

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Progresivní technologie pro energetické využívání biomasy**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2011/2012

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Michal CHLUMSKÝ  
Osobní číslo: E09B0471P  
Studijní program: B2612 Elektrotechnika a informatika  
Studijní obor: Technická ekologie  
Název tématu: Progresivní technologie pro energetické využívání biomasy  
Zadávající katedra: Katedra elektroenergetiky a ekologie

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

1. Popište současný stav technologií pro energetické využívání biomasy.
2. Zhodnoťte jejich využívání z hlediska energetické účinnosti a environmentální a ekonomické přijatelnosti.
3. Porovnejte současné trendy ve vývoji technologií.
4. Navrhněte vhodnou technologii pro rodinný dům.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

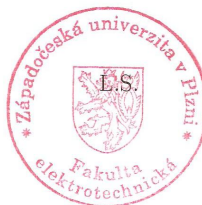
Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.


Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 17. října 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 3. června 2012

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

## **Abstrakt**

V první části této práce jsou popsány technologie pro energetické zpracování biomasy, které jsou v současnosti využívány. Ve druhé části jsou tyto technologie porovnány z různých hledisek. Následující část popisuje nové možnosti využití energie biomasy, z nichž některé jsou stále ve fázi vývoje. Poslední část obsahuje návrh systému využívajícího biomasu pro vytápění rodinného domu.

## **Klíčová slova**

Biomasa, dendromasa, dřevo, energetika, energetická bilance, vytápění, pyrolýza, emise, pelety, kamna, kotel, bioplynová stanice

## **Abstract**

The first part of this work describes technologies for processing of biomass energy, which are currently used. In the second part these technologies are compared from various aspects. The following section describes new possibilities for utilization of biomass energy, some of which are still under development. The last part contains draft technology utilizing biomass to heat a house.

## **Key words**

Biomass, dendromass, wood, power engineering, energetic balance, heating, pyrolysis, emissions, pellets, stove, boiler, biogas station

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne 8.6.2012

Michal Chlumský

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval především vedoucímu práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D. za cenné rady pro vypracování. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a sestře za podporu při zpracovávání daného tématu a panu Milanu Kadlecovi za možnost seznámit se s jeho domácím systémem pro vytápění.

## Obsah

ÚVOD.....	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	10
SEZNAM JEDNOTEK.....	10
<b>1 BIOMASA .....</b>	<b>11</b>
1.1 DÉLENÍ BIOMASY.....	11
1.1.1 Biomasa odpadní.....	11
1.1.2 Biomasa cíleně pěstovaná.....	12
<b>2 TECHNOLOGIE PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY .....</b>	<b>12</b>
2.1 TERMOCHEMICKÁ KONVERZE .....	13
2.1.1 Spalování - proces.....	13
2.1.2 Spalování – zařízení.....	14
2.1.3 Zplyňování.....	15
2.1.4 Pyrolýza.....	17
2.2 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ KONVERZE.....	18
2.3 BIOCHEMICKÁ KONVERZE.....	19
2.3.1 Alkoholové kvašení.....	19
2.3.2 Aerobní fermentace - kompostování.....	20
2.3.3 Anaerobní fermentace – vyhnívání.....	20
2.3.4 Bioplynová stanice - BPS.....	20
<b>3 ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIÍ PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY .....</b>	<b>22</b>
3.1 VÝHŘEVNOST PALIV A ENERGETICKÁ ÚČINNOST .....	22
3.2 LOKÁLNÍ VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY .....	23
3.3 ĚMISE .....	23
3.4 ENERGETICKÁ BILANCE .....	24
3.5 SKLADOVÁNÍ BIOMASY.....	25
3.6 EKOLOGICKÁ RIZIKA .....	25
<b>4 SOUČASNÉ TRENDY.....</b>	<b>26</b>
4.1 TERMOFOTOVOLTAIKA .....	26
4.2 VÝROBA BIOPALIV POMOCÍ E. COLI .....	26
4.3 ŘASOVÁ BIOMASA .....	27
4.4 KATALYTICKÉ ZKAPALŇOVÁNÍ - HYDROLÝZA.....	28
4.5 BIOVODÍK .....	28
4.6 ORGANICKÝ RANKINŮV CYKLUS - ORC .....	29
4.7 HYDROTERMÁLNÍ KARBONIZACE .....	30
<b>5 NÁVRH SYSTÉMU VYUŽÍVAJÍCÍHO BIOMASU PRO RODINNÝ DŮM.....</b>	<b>30</b>
5.1 ZAŘÍZENÍ PRO SPALOVÁNÍ BIOMASY V RODINNÝCH DOMECH .....	30
5.2 VÝHŘEVNOSTI A CENY PALIV .....	35
5.3 VHODNÉ ZAŘÍZENÍ PRO RODINNÝ DŮM DLE ZATEPLENÍ.....	35
5.4 NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO RODINNÝ DŮM .....	38
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ .....</b>	<b>46</b>



## Úvod

Díky neuváženému využívání fosilních paliv v minulosti i dnes je třeba hledat nová paliva a technologie, pomocí kterých lze získávat teplo a elektrickou energii, které jsou v současnosti tolik nezbytné pro pohodlný lidský život. Klade se důraz především na obnovitelné zdroje energie a jejich co nejefektivnější využití. S biomasou se můžeme setkat v nejrůznějších podobách a možnosti pro její využití jsou více než rozmanité.

V této práci postupně rozebírám současné technologie pro energetické využití biomasy a pro její přeměnu na paliva. Práce se neomezuje pouze na průmyslové použití, její součástí je návrh energetického systému, který lze provozovat v domácnostech, protože používáním vhodných technologií a paliv pro vytápění je možné omezit například emise oxidu siřičitého, vznikajícího při spalování nekvalitní uhlí, a celkově přispět ke kvalitě ovzduší v okolí našich obydlí.

Ne každá technologie je použitelná ve všech případech, u biomasy toto platí obzvlášť. Chceme-li využívat palivo ekologicky i ekonomicky zároveň, je nutné brát v potaz některé aspekty jejich používání a těmi se předložená práce také zabývá.

Díky své propojenosti se spoustou vědních a průmyslových oborů, například chemií, biologií, fyzikou a strojírenstvím, se energetika neustále vyvíjí, proto práce uvádí i nejnovější způsoby zpracování biomasy pro energetické účely.

## Seznam symbolů a zkratk

CO <sub>2</sub> .....	Oxid uhličitý
CO .....	Oxid uhelnatý
NO <sub>x</sub> .....	Oxidy dusíku
C .....	Uhlík
H <sub>2</sub> .....	Vodík
H <sub>2</sub> O .....	Voda
BFB .....	Bubbling fluidised bed – Fludní vrstva stacionární
CFB .....	Circulating fluidised bed – Fludní vrstva cirkulující
CH <sub>4</sub> .....	Metan
BPS .....	Bioplynová stanice
ORC .....	Organický Rankinův cyklus
JTV .....	Jmenovitý tepelný výkon
MEŘO .....	Methylestery mastných kyselin řepkového oleje
SOME .....	Soya methyl ester – Methylestery sojového oleje
ČOV .....	Čistírna odpadních vod
MHD .....	Magnetohydrodynamické

## Seznam jednotek

mol .....	mol	kg .....	kilogram
µm .....	mikrometr	t .....	tuna
mm .....	milimetr	Kč .....	Koruna česká
m .....	metr	MJ .....	megajoul
m <sup>2</sup> .....	metr čtvereční	GJ .....	gigajoul
m <sup>3</sup> .....	metr krychlový	% .....	procenta
g .....	gram	°C .....	stupně Celsia
kW .....	kilowatt	MW .....	megawatt hodina
kWh .....	kilowatt hodina	MPa .....	megapascal
MW .....	megawatt		

# 1 Biomasa

Biomasou se rozumí veškerá organická hmota na Zemi, která přijímá energii ze Slunce ve formě slunečního záření. Proto se jedná o obnovitelný zdroj energie. Řadíme sem jak rostliny, tak živočichy a houby. Biomasa, především dendromasa, je nejstarší zdroj energie využívaný člověkem, ale i dnes je dřevo nejrozšířenějším palivem pro vytápění, především na venkově. Z energetického hlediska se za biomasu považují rostliny pěstované za účelem získávání energie, komunální odpad a odpady vznikající v potravinářském průmyslu, lesní výrobě nebo zemědělství.

## 1.1 Dělení biomasy

Biomasu lze dělit na odpadní a záměrně pěstovanou, odpadní dále rozlišujeme na suchou (obsah vody < 40%) a mokrou, záměrně pěstovaná biomasa se nazývá také speciální nebo energetická.

### 1.1.1 Biomasa odpadní

- ***Odpady z rostlin a rostlinné výroby***

Odpady z údržby krajiny, zeleně a travnatých ploch nebo nepotřebné zbytky z rostlinné výroby jako např. kukuřičná, řepková a obilná sláma, seno, odpady z vinic.

- ***Odpady z lesů a zpracování dřeva***

Též nazývány dendromasa. Zbytky z těžby a zpracování dřeva. Např. větve z očištěných kmenů, kůra, odřezky z pily, hobliny.

- ***Průmyslové odpady organického původu***

Odpady vznikající při opracování dřeva v dřevařských provozech (kůra, odřezky, hobliny, piliny) a potravinářském průmyslu (odpady z jatek, mlékáren, cukrovarů a lihovarů)

- ***Odpady z chovu zvířat***

Odpady produkované buď samotnými zvířaty, nebo vznikajícími při jejich chovu, případně kombinací obojího - hnůj (směs výkalů a podestýlky), kejda (částečně zkvašené výkaly se zbytky krmiv a vody), suchý trus lisovaný do peletek (králíčí, koňský).

- ***Komunální odpady organického původu***

Kaly z čistíren odpadních vod, tuhý komunální odpad.

### 1.1.2 Biomasa cíleně pěstovaná

- *Plodiny lignocelulózové*

Rychle rostoucí dřeviny (japonský topol, vrba Smidtova) a šřovík Uteuša (speciálně vyšlechtěné), travní porosty (sloní tráva, chrastice rákosovitá), konopí seté.

- *Plodiny olejnaté*

Řepka olejná, slunečnice, len.

- *Plodiny škrobno-cukernaté*

Cukrová třtina, lilek brambor, obilná zrna, topinambur, kukuřice setá.

## 2 Technologie pro energetické využití biomasy

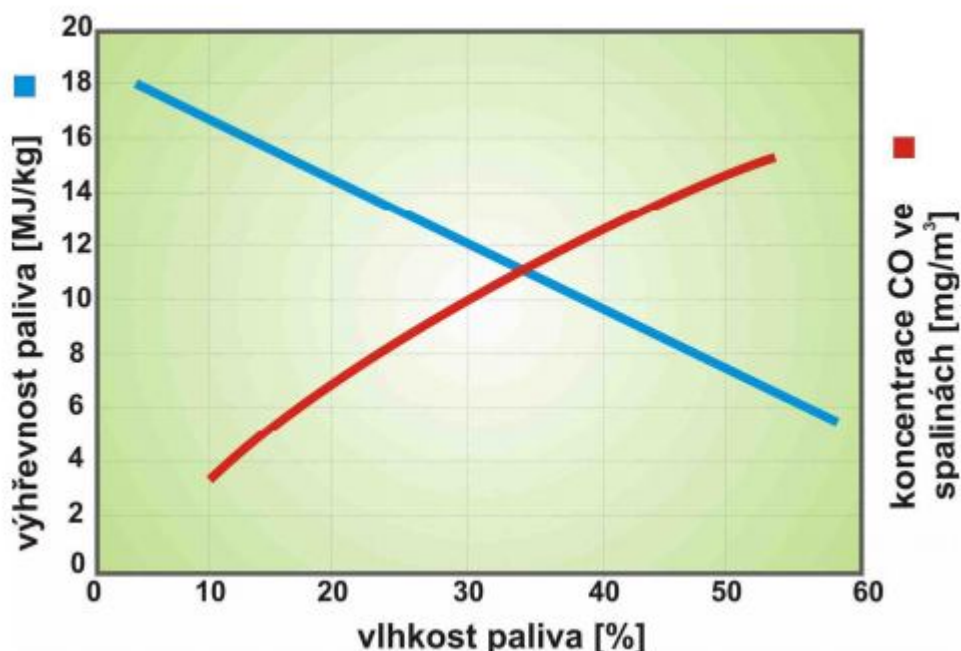
	VHODNÁ BIOMASA	TECHNOLOGIE	ENERG. VÝSTUP	ODPADNÍ LÁTKY
<b>TERMOCHEMICKÁ KONVERZE (SUŠÉ PROCESY)</b>	ENERGETICKÉ PLODINY, KOMUNÁLNÍ ODPADY, DENDROMASA (I ODPADNÍ)	SPALOVÁNÍ	TEPLO	POPEL
	DENDROMASA	ZPLYŇOVÁNÍ	PLYN	DEHTOVÝ OLEJ, UHLÍKATÉ ZBYTKY PALIVA
	DENDROMASA	RYCHLÁ PYROLÝZA	BIOOLEJ	HOŘLAVÝ PLYN, ZUHELNATĚLÉ ZBYTKY PALIVA
<b>FYZIKÁLNĚ–CHEMICKÁ KONVERZE</b>	ENERGETICKÉ PLODINY, ODPADY Z POTRAVIN. PRŮMYSLU	ESTERIFIKACE	METYLESTER, BIOOLEJ	GLYCERIN
<b>BIOCHEMICKÁ KONVERZE (MOKRÉ PROCESY)</b>	ZBYTKY FYTOMASY, ODPADY Z POTRAVIN. PRŮMYSLU	AEROBNÍ FERMENTACE	TEPLO	HNOJIVO
	ODPADY Z ČOV, POTRAVIN. PRŮMYSLU A ŽIVOČIŠNÉ VÝROBY	ANAEROBNÍ FERMENTACE	BIOPLYN	HNOJIVO

**Tabulka 2-1** Přehled technologií pro využití biomasy [2] [4]

## 2.1 Termochemická konverze

### 2.1.1 Spalování - proces

Nejstarší způsob přeměny biomasy na energii, používá se od pravěku dodnes. Výhřevnost závisí na množství vody v palivu. Maximální možný podíl vody je 50%, čím menší objem vody dřevo obsahuje, tím větší je výhřevnost (nedochází k ochlazování dřeva při spalování), proto je v některých případech žádoucí palivo předem větší části vlhkosti zbavit, buď rychlým sušením těsně před použitím (odpadním teplem v teplárnách - štěpka), nebo pomalým sušením, kdy máme palivo připraveno s dostatečným časovým předstihem, aby mohlo vyschnout přirozeně (palivové dřevo u rodinného domu). Se vzrůstající vlhkostí navíc stoupá i množství oxidu uhelnatého vyloučeného při spalování.



Obrázek 2.1-1 Vliv vlhkosti paliva na výhřevnosti a emise CO [23]

Spalování probíhá ve 4 fázích:

**Sušení** - palivo se hořením zahřívá a odpařuje se vlhkost v něm obsažená, která palivo zároveň ochlazuje.

**Pyrolýza** - v palivu zahřátém na zápalnou teplotu dochází k tepelnému rozkladu organického materiálu, při kterém se uvolňují hořlavé plyny do prostoru spalovací komory, a na roštu zůstávají zuhelnatělé zbytky paliva. Pro proběhnutí této reakce je potřeba určité množství vzduchu ve spalovací komoře. Není-li přivedeno dostatečné množství kyslíku, dojde k uvolňování plynu, který je potřeba odvádět, nebo odděleně spalovat.

**Spalování plynné složky** - dochází k hoření plynů uvolněných při pyrolýze v podobě dlouhého plamene (tzv. primární spalování) a zahřívání plynných spalin.

**Spalování pevných složek** - spalují se zuhelnatělé zbytky, jejich hořením vzniká oxid uhelnatý (CO) a ten se posléze oxiduje na oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). Není-li zajištěn dostatečný přísun vzduchu, nedojde k oxidaci na oxid uhličitý a bude vznikat pouze nežádoucí oxid uhelnatý.

### 2.1.2 Spalování – zařízení

- **Spalování na roštu**

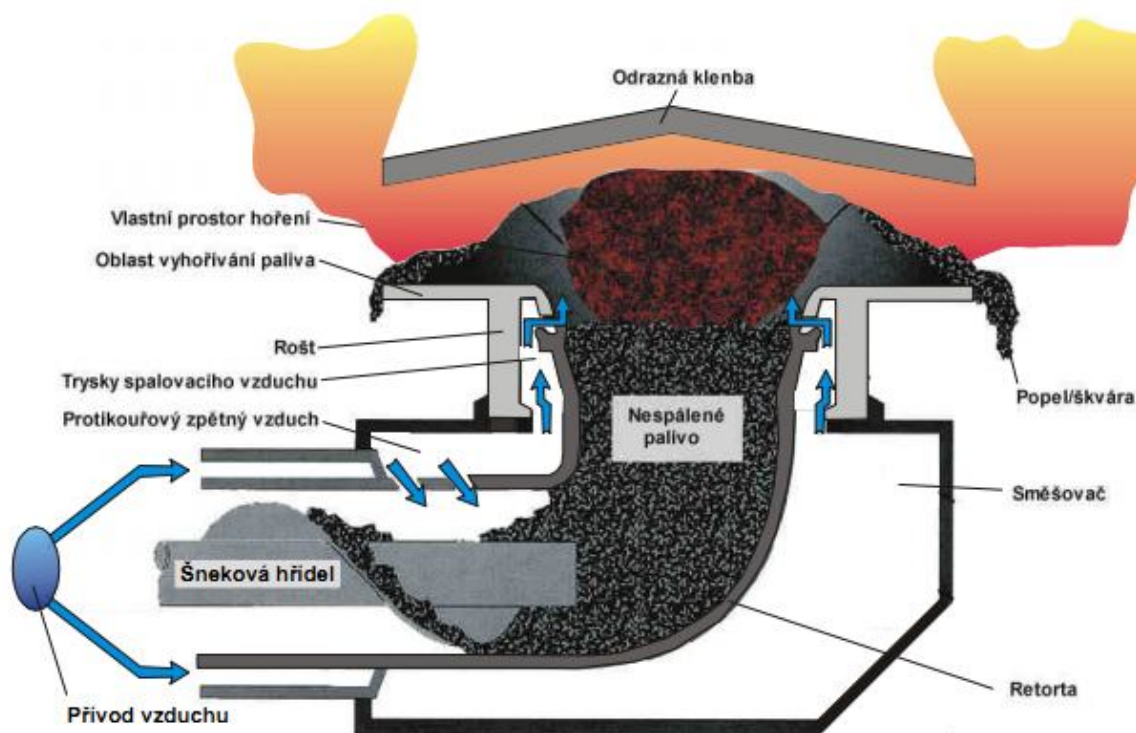
Palivo je rozprostřeno ve vrstvě na roštu a vzduch potřebný ke spalování je přiváděn bodově do všech míst plochy, tudíž spalování probíhá za ideálního přebytku vzduchu ve všech fázích hoření (jednotlivé fáze probíhají postupně ve vertikálním směru vrstvy). Navíc lze dobře regulovat výkon zařízení a odstraňovat popel (např. vibracemi roštu). Rošt může být posuvný (jednotlivé fáze probíhají postupně v horizontálním směru vrstvy).

- **Speciální hořáky**

Tyto hořáky byly vyvinuty ve Švédsku primárně ke spalování obilí, ale jsou vhodné i pro spalování biopellet. Lze jimi osadit i kotle původně určené ke spalování dřeva, ovšem je nutné počítat s větší tvorbou popelu (cca 7%). Po demontáži hořáku může být kotel používán opět ke spalování dřeva.

- **Spalování se spodním přívodem paliva**

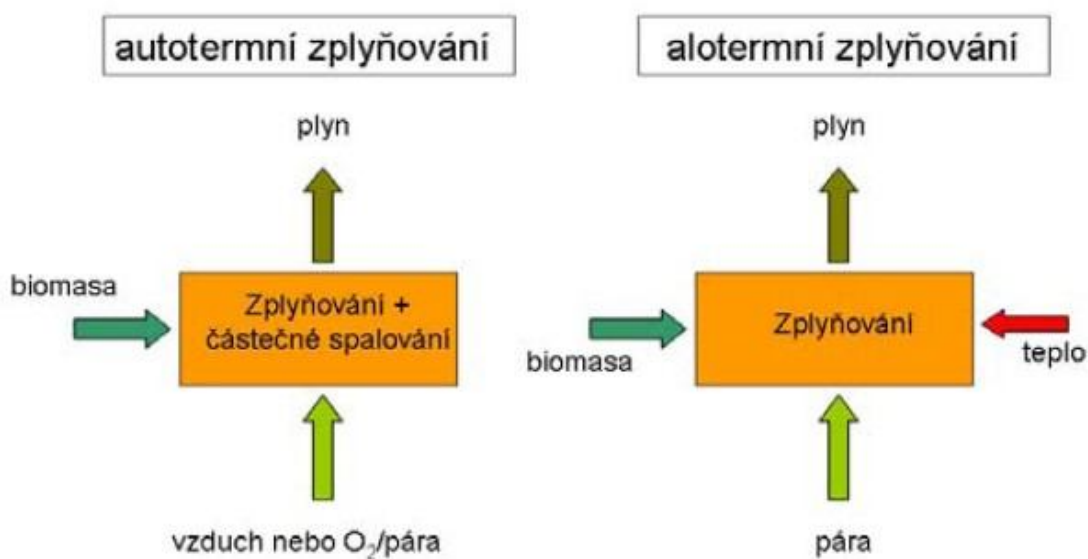
*„Principiálně se jedná o systém, kdy je palivo přiváděno pod hořící vrstvu. U této koncepce je nezbytné reflexní keramické těleso, které odráží tepelné záření hořící vrstvy a plamene zpět do ohniště, a pomáhá tak při zapalování a stabilizaci hoření. Palivo je dopravováno šnekovým dopravníkem. Pomocí litinového kolena a retorty je směr pohybu paliva převeden do vertikálního směru. Na retortu navazuje rošt, přičemž mezera mezi rostem a retortou dává prostor pro proudění spalovacího vzduchu. [2] s. 9*



Obrázek 2.1-2 Schéma ohniště se spodním přívodem paliva [23]

### 2.1.3 Zplyňování

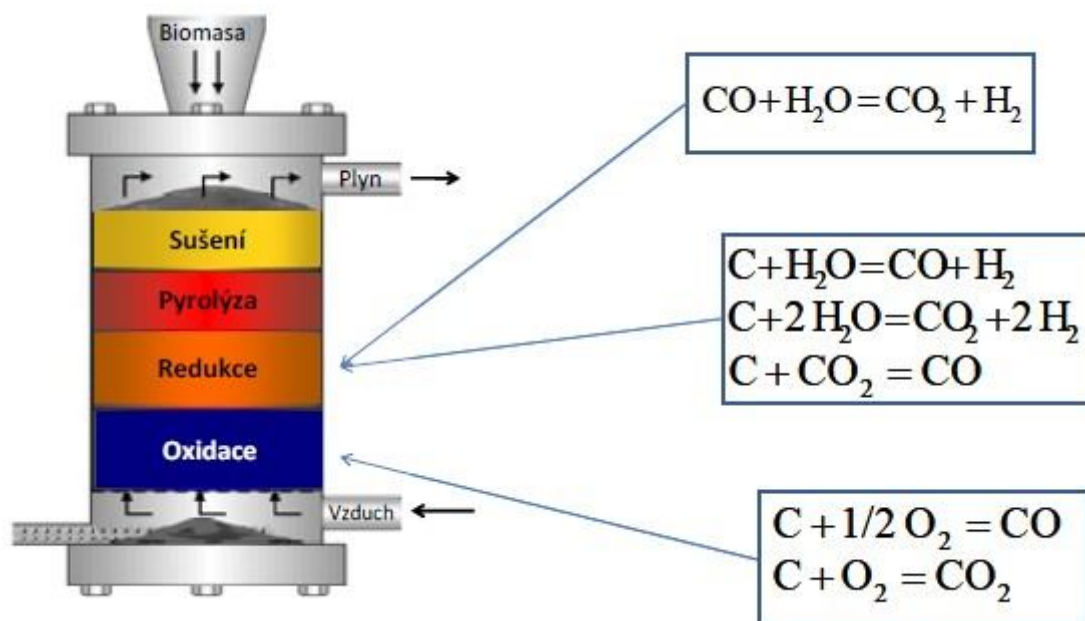
Při pyrolyze dochází k tepelné přeměně pevné či tekuté biomasy na plyn. Pro průběh této reakce je potřeba přivádět zplyňovací médium (kyslík případně vodní páru) a teplo. Podle způsobu přivádění paliva rozlišujeme zplyňování na přímé (=autotermní, teplo potřebné pro reakci se získává spalováním části zplyňované biomasy) a nepřímé (=alotermní, teplo je přiváděno externě).



Obrázek 2.1-3 Rozdělení zplyňovačů podle přívodu tepla [5]

- **Protiproudé zplyňovače (pevné lože)**

Velmi jednoduché a levné zařízení, které dokáže zplyňovat i biomasu s vysokým obsahem vlhkosti, ovšem za cenu vyššího obsahu dehtu v produkovaném plynu a je tedy potřeba ho před použitím čistit. Vzduch potřebný k reakci je přiváděn do spodní části nádoby a biomasa do vrchní, odtud název protiproudý. Vznikající plyn stoupá nahoru a je odebírán ve vrchní části zplyňovače, popel naopak padá dolů.



Obrázek 2.1-4 Sesuvný protiproudý zplyňovač [5]

- **Souproudé zplyňovače (pevné lože)**

Přívod biomasy je opět z vrchu a kyslík je také přiváděn vrchem, případně z boku. Díky této konstrukci je zaměněno pořadí oxidační a redukční zóny oproti protiproudému zplyňovači, vznikající dehet se dostává do spalovací zóny a dochází k jeho přeměně na lehčí uhlovodíky a jejich následné spálení. Odvod plynu je v dolní části a obsah dehtu je velmi nízký.

- **Souproudé zplyňovače s otevřeným jádrem (pevné lože)**

Zvláštní typ souproudého zplyňovače, který je konstruován pro zplyňování biomasy v podobě malých částic, především odpadů ze zemědělství a dřezpracujícího průmyslu.

- **Vícestupňové souproudé zplyňovače (pevné lože)**

Modifikovaný souproudý zplyňovač, u kterého jsou kvůli snížení obsahu dehtu jednotlivé zóny separovány do oddělených nádob.

- **Zplyňovače s křížovým proudem (pevné lože)**

U tohoto typu zplyňovače se jako palivo používá výhradně dřevěné uhlí.



- **Fluidní vrstva stacionární**

„(BFB – bubbling fluidised bed) - Stacionární vrstva má zřetelné rozhraní mezi vrstvou a prostorem nad vrstvou, jinými slovy, fluidní vrstva je ukončena hladinou. Úroveň dehtů se pohybuje od 1 do 2%. Průměr reaktoru je dán rychlostí plynu nad vrstvou, tím se vyhneme úletu částic.“ [2] s. 12

- **Fluidní vrstva cirkulující**

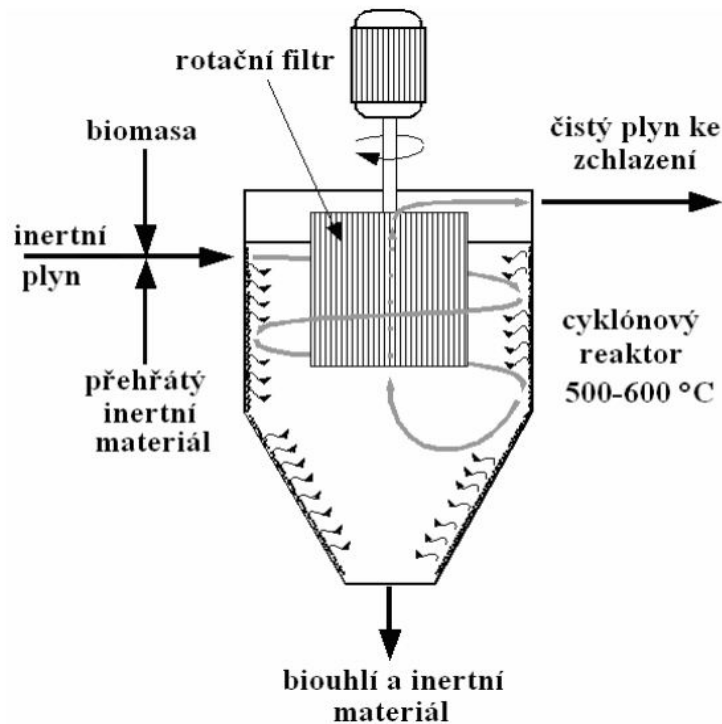
„(CFB – circulating fluidised bed) - Zplyňovače s cirkulující fluidní vrstvou nemají zřetelnou hladinu vrstvy, vrstva je omezena stropem reaktoru. Vrstva má po výšce odlišnou hustotu, u dna je nejvyšší, u stropu naopak nejnižší. Unášené částice jsou zachyceny v cyklónu a vráceny zpět přes sifon do dna fluidní vrstvy. Konverze paliva je dokonalejší a vyhoření uhlíku je mnohem větší než u BFB.“ [2] s. 12

#### 2.1.4 Pyrolýza

Při pyrolýze dochází k tepelnému rozkládání organických látek v biomase bez přístupu oxidačního činidla a vznikají paliva s odlišnými vlastnosti oproti původní látce – s vyšší výhřevností, menším objemem, v některých případech dochází ke změně skupenství části objemu původní látky.

- **Rychlá pyrolýza - zkapalňování**

Rychlou pyrolýzou jsou dřevo a některé typy odpadní biomasy tepelně přeměněny na bioolej. Proces musí probíhat velmi rychle, proto jsou vstupní látky před použitím drceny na vhodnou velikost pro daný typ kotle, následně jsou zahřány na teplotu od 500°C do 600°C a vzniklé páry společně s aerosoly jsou během několika vteřin odvedeny mimo reakční zónu kotle a rychle zchlazeny. Ochlazením dojde ke kondenzaci, při které vznikají biooleje s nízkým obsahem vody a vysokou výhřevností (16 – 22 MJ/kg). Nízkého obsahu vody výsledného paliva je dosaženo sušením vstupní biomasy. Při rychlé pyrolýze vznikají také odpadní látky – hořlavý plyn (cca 13%) a pevné zuhelnatělé zbytky (cca 12%). Tento proces je stále ve vývoji.



Obrázek 2.1-2 Cyklonový pyrolýzní reaktor [2]

## 2.2 Fyzikálně-chemická konverze

- **Pevná paliva**

V některých případech je biomasa před použitím mechanicky upravována, především za účelem zmenšení jejího objemu a zvýšení výhřevnosti na jednotku váhy, ale i kvůli lepší manipulaci s výsledným palivem. Dendromasu lze drtit na štěpku a poté ji rovnou spalovat, nebo rozemlít na jemný šrot, z kterého jsou následně lisovány pelety. U dendromasy slouží jako pojivo lignin (látka obsažená ve dřevě, díky ní jsou dřevěné pelety velmi pevné a odolné vůči otěru), při peletaci nedřevěné biomasy (byliny, obilí, kaly z ČOV) je nutno pojivo přidat ve formě škrobu, melasy nebo kukuřičné mouky. Pelety jsou hojně využívány kvůli možnosti automatického přikládání šnekovým podavačem, lze je použít v kamnech nebo v kotlích v domácnostech, ale i v průmyslových kotlích o výkonech nad 100kW.

Sláma, seno a některé traviny bývají lisovány do válcových nebo hranatých balíků, které lze spalovat vcelku ve specializovaných kotlích o velkých výkonech. V menších kotlích je možné tyto balíky používat také, většinou ve spojení s rozduřovačem balíků a šnekovým podavačem.

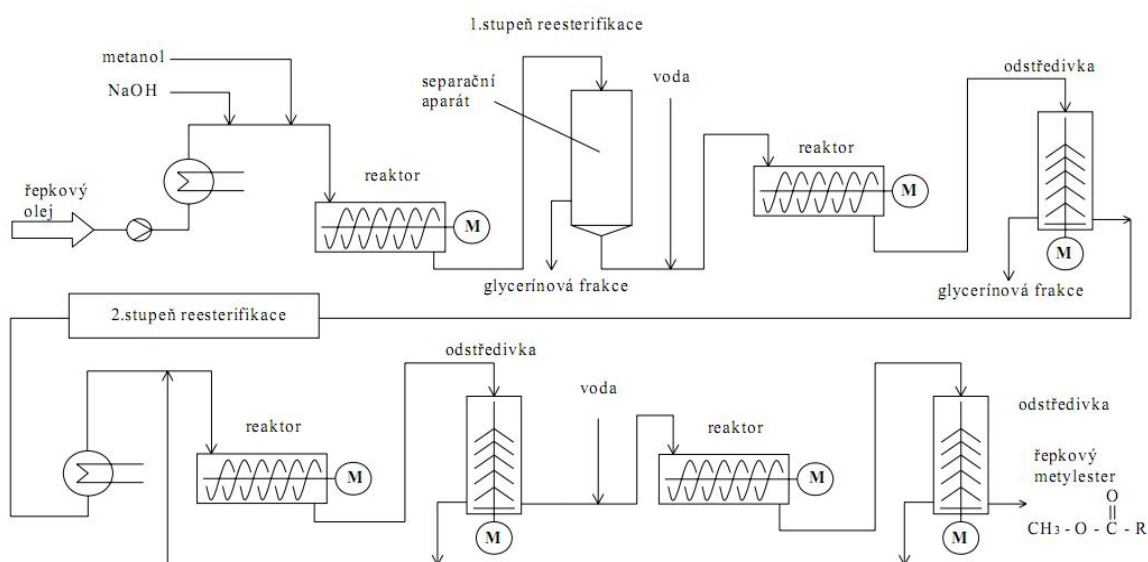
Brikety se lisují z dřevěného odpadu (hoblíny, piliny), jsou větší než pelety a mohou být spalovány v běžných kotlích na dřevo.

- **Lisování**

Olejnata semena různých plodin jsou lisována ve šnekových lisech na olej za teploty od 80 do 90°C. Oproti lisování za studena dochází navíc v palivu k deaktivaci enzymů a snižování obsahu vody. Lisováním získáme cca 50% obsaženého oleje, zbytek lze vyextrahovat v extraktoru za použití rozpouštědla. Po tomto procesu obsahuje původní plodina už pouze 1,5 – 2% oleje.

- **Esterifikace**

Esterifikací se zušlechťuje olej získaný lisováním, který je poté možné použít jako palivo do vznětových motorů namísto klasické nafty. Esterifikací lze získat metylestery a biooleje, zároveň vzniká glycerín jako vedlejší produkt.



**Obrázek 2.2-1** Technologické schéma výroby řepkového metylesteru [2]

## 2.3 Biochemická konverze

### 2.3.1 Alkoholové kvašení

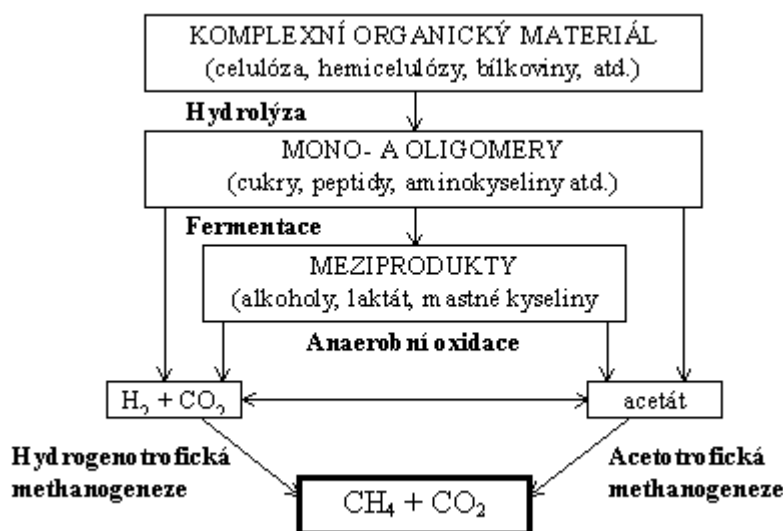
Alkoholové kvašení je reakce, při které je biomasa s vysokým obsahem sacharidů (např. cukrová třtina, brambory nebo obilí) přeměňována na líh a ten lze používat jako palivo do spalovacích motorů. K reakci dochází díky katalyzátoru (kvasinkám) za nepřístupu vzduchu.

### 2.3.2 Aerobní fermentace - kompostování

Kompostování se primárně používá k likvidaci odpadů, které se tím přemění na hnojivo. Lze ale odebrat odpadní teplo, vznikající rozkladem organických látek mikroorganismy (octovými bakteriemi), a využít ho k energetickým účelům. Proces kompostování je navíc možné řídit, resp. urychlit oproti neřízenému procesu.

### 2.3.3 Anaerobní fermentace – vyhnívání

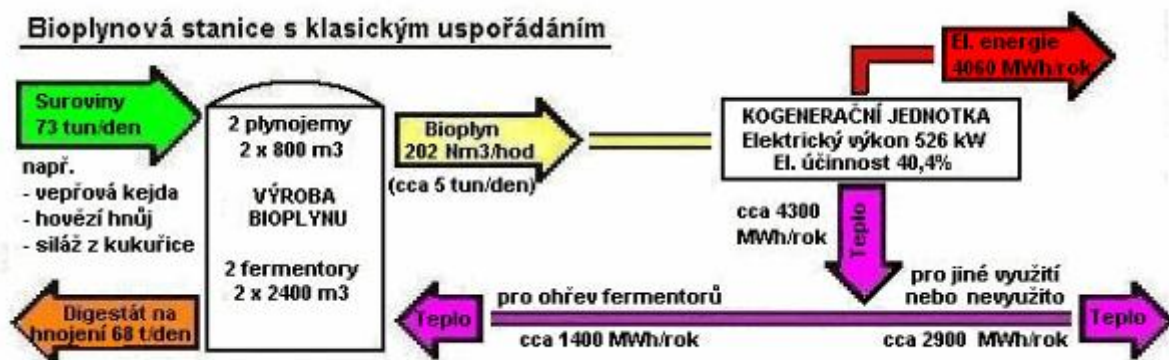
Při vyhnívání dochází k přeměně odpadní biomasy pomocí mikroorganismů na bioplyn s výhřevností 18 – 26 MJ.m<sup>-3</sup> a vyhníly substrát (hnojivo). Proces probíhá bez přístupu vzduchu za teploty cca 35 – 55 °C. Vzniklý bioplyn se skládá převážně z metanu (cca 60%), dále z oxidu uhličitého (cca 40%) a z velmi malého množství dalších plynů (sirovodík, dusík a vodík).



Obrázek 2.3-1 Vyhnívání [33]

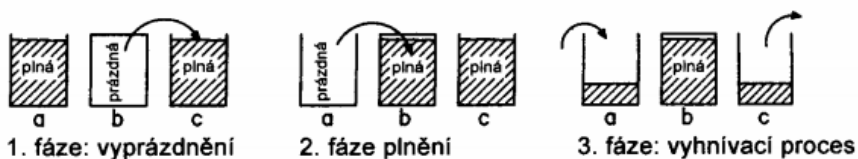
### 2.3.4 Bioplynová stanice - BPS

Pro využití v energetice probíhá vyhnívání za řízené teploty a pravidelného míchání v zařízení nazývaném fermentor. Vzniklý plyn se ukládá do nádrží a odtud se poté přivádí do kogenerační jednotky. Zde jeho spálením vzniká elektrická energie a teplo, které se využívá k vyhřívání fermentoru. Tato zařízení dohromady tvoří celek nazývaný bioplynová stanice (BPS). V BPS lze energeticky využít odpady z chovu zvířat nebo organických složek komunálních odpadů a čistírenských kalů, ale také odpad z jatek, mlékáren a zbytky jídel.

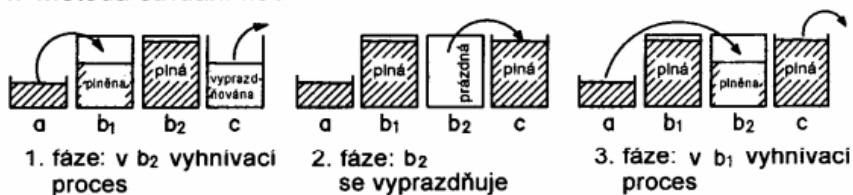


Obrázek 2.3-2 Schéma BPS s klasickým uspořádáním [17]

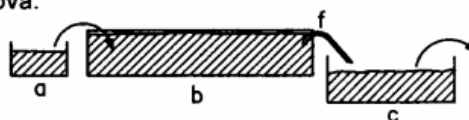
I Dávková metoda:



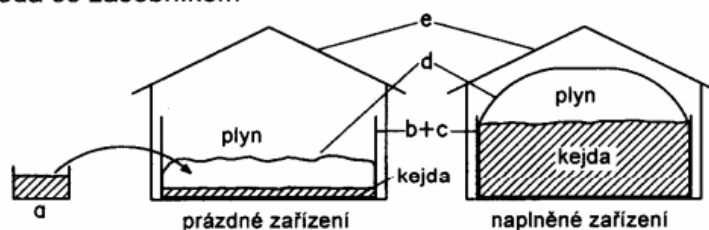
II Metoda střídání nádrží:



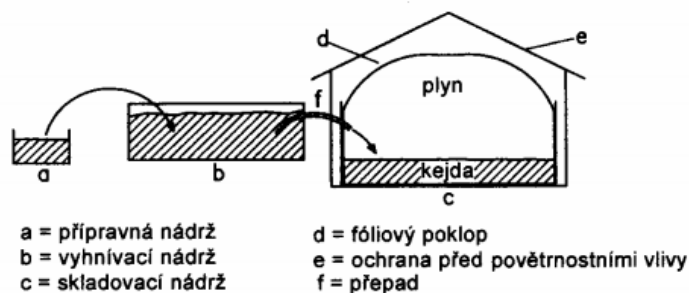
III Metoda průtoková:



IV Metoda se zásobníkem



V Metoda průtoková se zásobníkem na konci



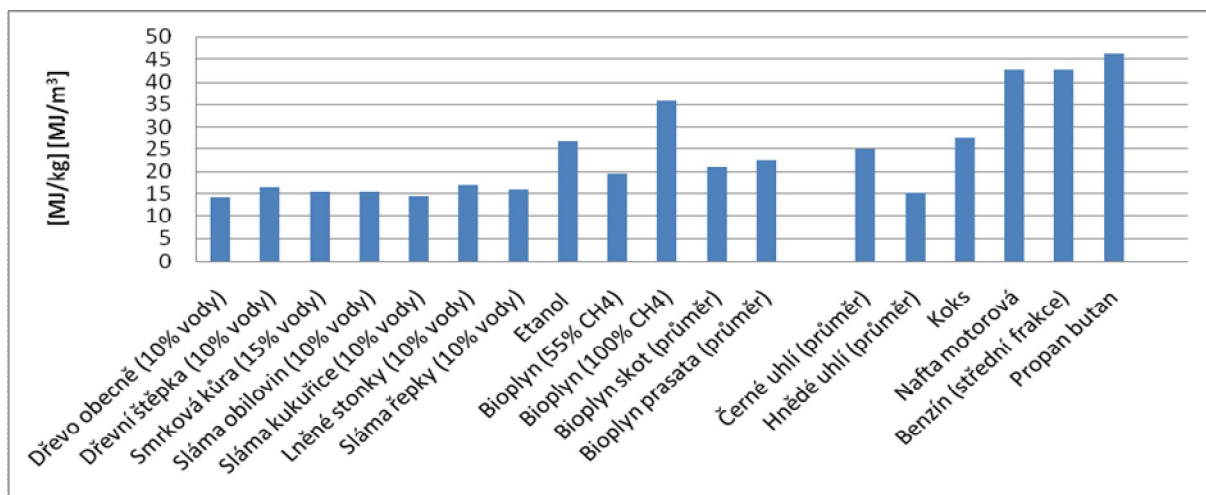
Obrázek 2.3-3 Metody zásobování BPS [2]

### 3 Zhodnocení technologií pro energetické využití biomasy

Technologie pro energetické využití biomasy lze hodnotit z různých pohledů, ať už z pohledu ekonomiky či energetické bilance, nebo podle jejich dopadu na životní prostředí. Ideální technologie by měla být dokonalá ve všech aspektech, levná, s téměř stoprocentní účinností a neměla by zanechat žádné následky. U reálně používaných systémů musíme volit kompromis a zvolit správnou technologii pro danou situaci podle následujících kritérií.

#### 3.1 Výhřevnost paliv a energetická účinnost

Výhřevnost vyjadřuje, jaké množství energie se uvolní při spálení jednotkového množství paliva. U biopaliv je nejvíce ovlivněna vlhkostí, u bioplynu je rozhodující množství metanu v celkovém objemu plynu



Obrázek 3.1-1 Porovnání výhřevnosti paliv [3]

V tabulce pod textem jsou uvedeny účinnosti pro různé typy zařízení. Díky využití kogeneračních jednotek je celková účinnost (podíl energie uvolněné spálením paliva k energii uložené v palivu) velmi vysoká.

TYP TEPLÁRNY	PODÍL VÝROBY ELEKTRINY A TEPLA	ÚČINNOST ELEKTRICKÁ [%]	ÚČINNOST TEPELNÁ [%]	ÚČINNOST CELKOVÁ [%]	EL. VÝKON TEPLÁRNY [MW]
S PARNÍM STROJEM	0,16-0,25	8-12	60-67	68-87	0,1-2
S PARNÍMI TURBÍNAMI	0,24-0,34	12-15	60-80	72-80	0,15-100
SE SPAL. MOTORY	0,7-1	32-41	44-53	82-90	0,1-10
SE SPAL. TURBÍNAMI	0,5-0,8	23-38	36-50	68-85	2-100
PARO-PLYNOVÉ	0,5-1,5	35-44	32-50	78-87	5-200 A VÍCE

Tabulka 3.1-1 Účinnost kogenerace [18]

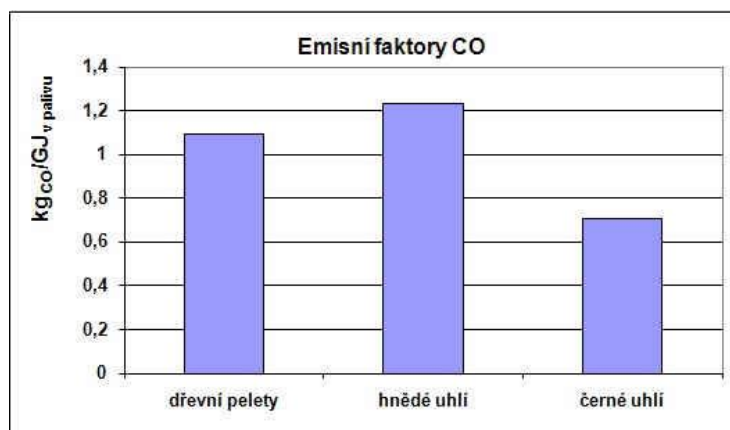
## 3.2 Lokální využívání biomasy

U uhelných elektráren a tepláren častokrát není jiná možnost, než palivo dovážet z velké vzdálenosti, např. Plzeňská teplárenská a.s. musí uhlí dovážet každý den vlaky ze Sokolova vzdáleného cca 100km. U energetických zařízení, která nejsou omezena na jeden typ paliva a dosahují menších výkonů, se tedy nabízí možnost decentralizované lokální výroby elektrické energie či tepla blízko místa odbytu a přizpůsobení tohoto zařízení přímo podle dostupného paliva. Lze takto nejen zlevnit výrobu elektrické energie ušetřením za dovážení paliva a snížit emise, ale i vytvořit nová pracovní místa a častokrát i efektivně likvidovat odpad (respektive levně získávat palivo). Dalším důležitým aspektem používání různorodých paliv ve velkém množství malých elektráren je snížení rizika nedostatku elektrické energie při výpadku centrálního (strategického) zdroje, ať už z důvodu přerušení dodávek paliva či nutného odstavení samotného zařízení.

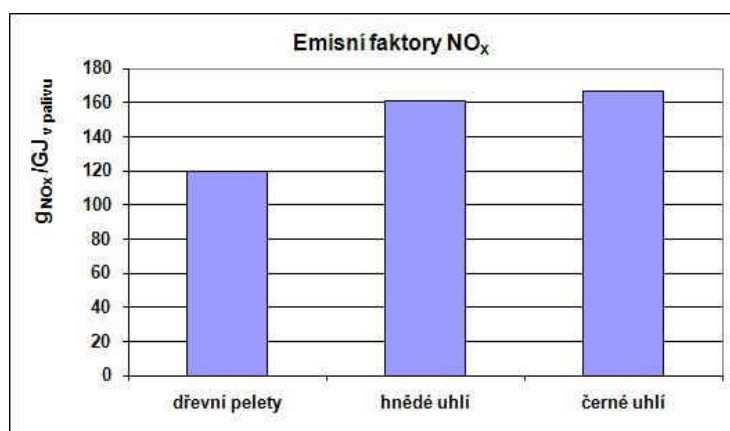
## 3.3 Emise

V současné době se klade velký důraz na snižování emisí CO<sub>2</sub>, především za účelem omezení skleníkového efektu a okyselování oceánů. Při spalování biomasy se na rozdíl od konvenčních paliv neberou emise oxidu uhličitého v potaz, protože objem vyprodukovaného plynu je přibližně stejný, jako objem plynu, který rostlina využila během svého vývoje. Je třeba ale sledovat emise jiných látek, zejména oxidu uhelnatého (CO vzniká při nedokonalém spalování, a proto je dobrým indikátorem kvality spalování) a oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>, vznikají buď díky dusíku již obsaženému v palivu, nebo při vysoké teplotě a dlouhé době setrvání paliva v ohništi, poté jsou nazývány termické). Emise CO lze ovlivnit například dostatečným přísunem vzduchu a vhodnou volbou paliva pro daný typ zařízení. Vznik oxidů dusíku lze snížit použitím paliva, které obsahuje méně dusíku. U termických oxidů dusíku lze omezit jejich množství snížením teploty (proto nevznikají v kotlích malých výkonů) nebo zkrácením doby setrvání paliva.

Další výhodou spalování biomasy (dendromasy) je velmi nízký obsah síry, díky tomu není potřeba odsiřovat spaliny. Je však také potřeba počítat s emisemi (a finančními náklady) vznikajícími při převozu biomasy, respektive paliva z ní vyrobeného. Zde se již může projevit vliv CO<sub>2</sub>.



Obrázek 3.3-1 Emisní faktory CO (přepočtené na výhřevnost paliva) [16]



Obrázek 3.3-2 Emisní faktory NO<sub>x</sub> (přepočtené na výhřevnost paliva) [16]

### 3.4 Energetická bilance

Při výrobě paliv z biomasy je nutné brát také v potaz jejich energetickou bilanci, resp. poměr energie vložené na vstupu k energii získané na výstupu. Vstupní energií se myslí energie spotřebovaná při samotném procesu dodaná ve formě tepla, elektřiny, nebo třeba lidské práce a pohonných hmot. Výstupní energie je energie získaná tímto procesem. Je-li poměr energie na vstupu/energie na výstupu větší než 1, proces je ztrátový a vložíme do něj více energie, než ve výsledku získáme. Je-li tento poměr menší než 1, proces vykazuje energetický zisk.

TYP PALIVA	MEŘO (ZÁKLAD BIONAFETY)	RECYK. KUCHYŇSKÝ OLEJ	SOME	VÝROBA PELET ZE DŘEVA	MOTOROVÁ NAFTA (FOSIL.)
ENERG. BILANCE	0,531-0,333	0,181	0,312	0,75	1,176

Tabulka 3.4-1 Energetická bilance vybraných technologií [19] [34]



### 3.5 Skladování biomasy

Ze všech obnovitelných zdrojů lze pouze u dvou akumulovat energii a využívat ji později, u přečerpávacích vodních elektráren a u biomasy. Je však třeba dát pozor na některé vlastnosti biomasy, které skladování znesnadňují, resp. prodražují. Díky nízké energetické hustotě biomasy je potřeba, aby byly skladovací prostory dostatečně rozsáhlé. Navíc je nutné dávat pozor na houby a plísně, které mohou palivo degradovat. Zhoršit výhřevnost může i vlhkost, tomu se většinou zabráňuje dodatečným sušením před použitím (např. odpadním teplem). Také záleží na vzdálenosti skladu od místa využití, jsou-li prostory vlastněny nebo pronajímány a na některých dalších faktorech.

### 3.6 Ekologická rizika

Paliva a energii získané z biomasy nelze posuzovat pouze podle výše uvedených kritérií. Emise oxidů dusíku sledujeme při používání biopaliv ve spalovacích motorech, ale nesmíme zapomínat na to, že dusík obsahují i hnojiva, kterými se hnojí plodiny na výrobu biopaliv (řepka a kukuřice), a ten posléze se uvolňuje do ovzduší. Podle některých studií, které brali v potaz i tyto emise, je dopad biopaliv vyrobených z takto pěstované řepky a kukuřice ještě horší než u fosilních paliv.

Dalším aspektem je dopad na životní prostředí po stránce ohrožení ekosystémů kolem nás, narušení biodiverzity a ohrožení přirozeného prostředí některých živočišných druhů, nebo třeba z pohledu člověka (řepka pěstovaná v blízkosti obydlených oblastí), viz citace pojednávající o situaci v Brazílii, kde je velmi rozšířený biolih nahrazující fosilní pohonné hmoty.

*„Například biolih z cukrové třtiny je z hlediska energetické bilance i úspory emisí oxidu uhličitého bezesporu jedním z nejekologičtějších paliv. To však přestává platit, pokud se nové plantáže zakládají vymýcením tropického deštného lesa. Biomasa tropického lesa je bohatá na uhlík a jejím spálením se vyprodukuje tolik oxidu uhličitého, že to ekologický efekt vyprodukovaného biolihu zcela zvrátí. Pokud vezmeme v úvahu i samotnou ztrátu nenarušeného tropického deštného lesa, pak jsou napáchané škody ještě mnohem vyšší. Biopaliva jsou produkována za cenu narušení biodiverzity, hydrologického režimu a dramaticky narůstajícího rizika půdní eroze. Náprava těchto škod je velmi obtížná, ne-li nemožná.“ [22]*

## 4 Současné trendy

V současné době můžeme pozorovat snahu o nahrazení části energie vyráběné pomocí fosilních paliv energií vyráběnou z biomasy a vytvoření trvale udržitelného a soběstačného energetického systému. S tím souvisí i snaha o zvýšení účinnosti technologických procesů, snížení emisí a dopadu energetického průmyslu na životní prostředí a v neposlední řadě i zlevnění výroby elektrické energie a tepla z biomasy. Namísto používání klasických zemědělských plodin jsou šlechtěny nové energetické plodiny a rychle rostoucí dřeviny s lepší energetickou bilancí, které lze využít téměř celé energeticky, nebo v kombinaci s jinými odvětvími průmyslu (přechod z biopaliv I. generace na biopaliva II. generace). Také se klade čím dál větší důraz na používání odpadní biomasy. Stále častěji se namísto klasických generátorů používají kogenerační a trigenerační jednotky, aby bylo možné využít co největší část uvolněné energie a minimalizovaly se ztráty, případně aby bylo možné dané zařízení využívat celoročně. V případě trigenerace lze v zimě topit a eventuálně vyrábět elektrickou energii (není-li všechn výkon využit pro topení) a v létě vyrábět elektrickou energii a chlad.

### 4.1 Termofotovoltaika

*„Takzvaná termofotovoltaika využívá jednoduchý spalovací princip, kde horké spaliny z hořáku proudí kolem fotovoltaických prvků citlivých na infračervené záření (na rozdíl od běžných fotovoltaických panelů, které využívají viditelné části spektra).*

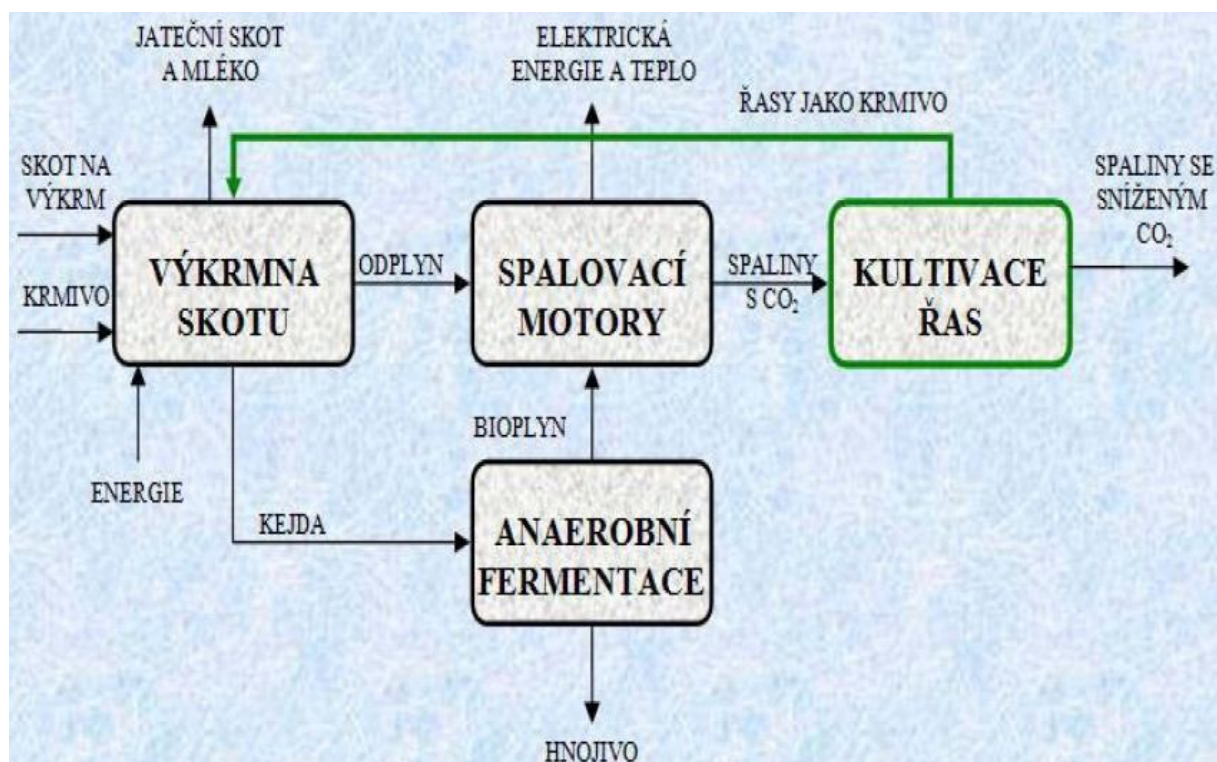
*Na podobných principech jsou konstruovány i tzv. MHD (magnetohydrodynamické) generátory, u nichž proud ionizovaných spalin protéká mezi silnými magnety, na nichž je ve vinutí generován elektrický proud. Je to vlastně opačný princip tzv. lineárních elektromotorů zkoušených pro trakční pohony. Systémy MHD se zatím pro využití bioplynu nikde prakticky nerealizovaly.“ [7]*

### 4.2 Výroba biopaliv pomocí E. coli

Jedná se technologii využívající bakterie *Escherichia coli* s upraveným metabolismem, které umí velmi rychle rozkládat cukry obsažené v biomase bez přítomnosti enzymů, a produkují etyl estery mastných kyselin (bionafta), butanol (biobenzín) a pinen (tryskové pohony). Tyto látky mohou být použity k výrobě biopaliv nahrazujících klasická fosilní paliva. Technologie je stále ve vývoji, ale jeví se jako velmi perspektivní.

### 4.3 Řasová biomasa

Spaliny vzniklé spalováním jak biomasy, tak fosilních paliv, obsahují  $\text{CO}_2$ , který poté uniká do atmosféry. Jedna z možností, jak tento plyn využít a snížit tedy jeho emise, je kultivace řas. Řasová suspenze je v zařízení nazvaném bioreaktor probublávána oxidem uhličitým a vystavena slunečnímu světlu, takže v bioreaktoru dochází k fotosyntéze a ke vzniku řasové biomasy. Díky vysokému obsahu oxidu uhličitého a nízkému obsahu kyslíku v bioreaktoru v kombinaci s vhodným typem řasy (zvolena kultura rodu *Chlorella*) je dosaženo vysoké rychlosti růstu. Ze 2kg  $\text{CO}_2$  lze pomocí fotosyntézy vyprodukovat až 1kg řasové biomasy (váha je již bez obsahu vody) a jako vedlejší produkt vznikne cca 2,5kg kyslíku, který se postupně uvolňuje do vzduchu. Vzniklou biomasu lze využít energeticky buď k výrobě bioetanolu (až 50% hmotnosti suchých řas tvoří škroby), nebo nepřímo, kdy se řasy používají jako krmivo pro skot, který produkuje kejdu a z kejdy se následně v BPS vyrábí bioplyn, jehož spalování vzniká teplo, příp. elektrická energie a spaliny v podobě  $\text{CO}_2$ . Oxid uhličitý vznikající v BPS lze využít k vyživování řasové suspenze, je tedy velmi výhodné situovat výkrmnu skotu, BPS a bioreaktor co nejbliže k sobě, a dosáhnout tak dalšího snížení produkce oxidu uhličitého a úspory nákladů spojených s dopravou.



**Obrázek 4.3-1** Schéma využití bioreaktoru ve spojení s výkrmnou skotu a BPS v ZD Dublovice [9]

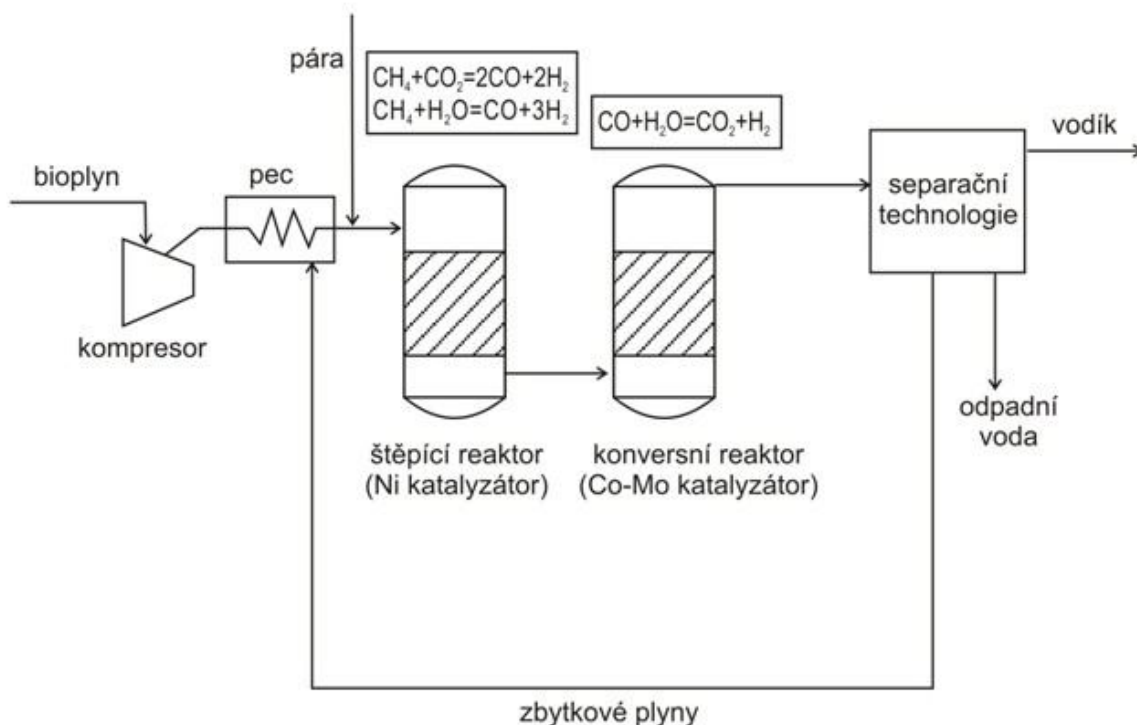
#### 4.4 Katalytické zkapalňování - hydrolýza

Hydrolýza je termochemický proces, který ke svému průběhu nepotřebuje vysokou teplotu (cca 300 – 350°C), ale vyžaduje vysoký tlak 12 – 20MPa a vodní prostředí. Dále je nutné použití chemického katalyzátoru, buď hydroxidu sodného, nebo v podobě vysokého parciálního tlaku vodíku. Takto lze získávat kvalitní bio-olej s vysokou energetickou hustotou a nízkým obsahem kyslíku (cca 10%). Zároveň vzniká odpadní voda s vysokým obsahem rozpustných organických látek, kterou lze dále používat v jiných procesech.

Tato technologie je stále ve vývoji.

#### 4.5 Biovodík

Biovodík lze získávat chemicky z metanu obsaženého v bioplynu, ale jedná se o energeticky i technologicky náročnou metodu, při které je navíc produkován oxid uhličitý (1 mol CO<sub>2</sub> na každý mol metanu). Nejčistší (avšak ne nejlevnější) způsob výroby vodíku je pomocí elektrolýzy s použitím elektřiny z jaderných elektráren, případně větrných nebo vodních.



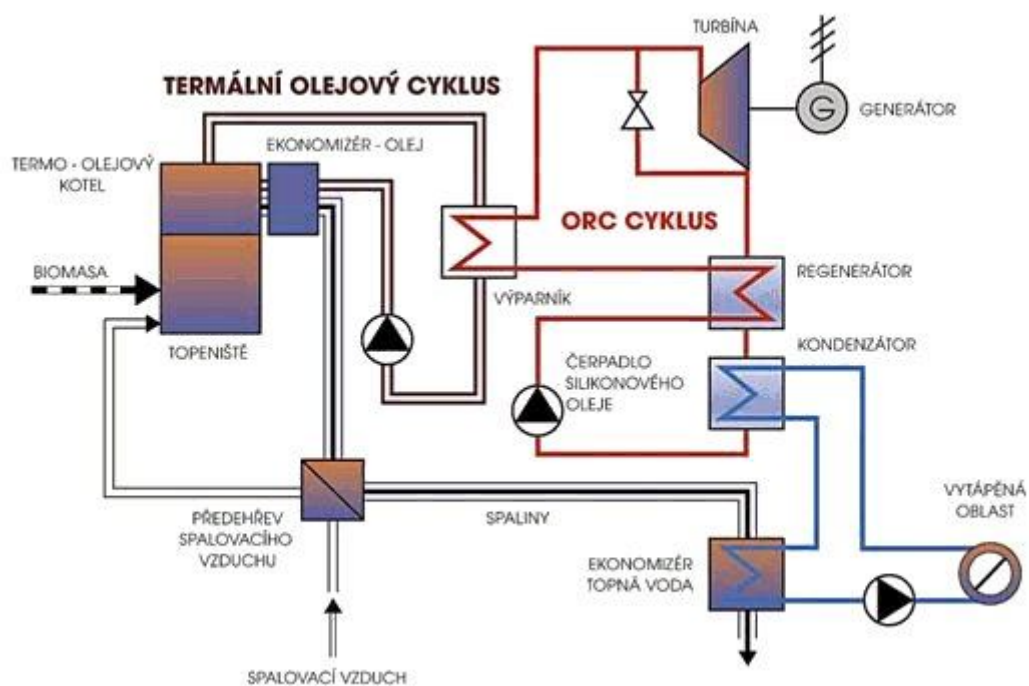
Obrázek 4.5-1 Výroba biovodíku z bioplynu [7]

## 4.6 Organický Rankinův cyklus - ORC

Organický Rankinův cyklus k výrobě elektrické energie využívá odpadní teplo různých zařízení, jak energetických (odpadní teplo z BPS), tak průmyslových (spaliny z motorů nebo chladící vodu). Odpadní teplo bývá velmi často bez jakéhokoliv užítu vypouštěno do okolí, proto lze ORC považovat za jednu z technologií s největším potenciálem pro budoucí masové využití.

Tento cyklus pracuje velmi podobně jako standardní kondenzační cyklus v tepelné elektrárně, namísto tepla ze spalování paliva však ORC dokáže využít nízko potenciální teplo vyrobené jiným zařízením v jakékoliv podobě (pára, kapalina, sálání) k ohřevu provozního media (různé těkavé oleje, nejčastěji silikonové), kterým lze navíc díky jeho vlastnostem promazávat turbínu. Další výhodou použití těkavého oleje jako teponosného media v ORC cyklu je, že nezpůsobuje korozi kovových součástí a lze s ním pracovat při nižším tlaku než s vodou.

Tento systém lze kupříkladu připojit k bioplynové stanici, kde se část odpadního tepla používá k vyhřívání fermentoru, a zbytek použit jako palivo pro ORC. Tím se zvýší celková účinnost výroby elektrické energie z biomasy s minimálním zvýšením provozních nákladů.



Obrázek 4.6-1 Schéma ORC [12]

## 4.7 Hydrotermální karbonizace

Tato technologie je sice známa již téměř 100 let (1913 Fridrich Bergius a spol.), uplatnění pro ni však nacházíme až dnes. Hodí se pro zpracování i nekvalitní a mokré biomasy (mokrý proces). Jde o přeměnu uhlíku obsaženého v biomase na biouhli během několika hodin pomocí katalyzátoru (kyseliny citrónové). Proces pobíhá za teploty 220 °C a při tlaku 2,5 MPa, nevznikají při něm žádné emise, zápach ani hluk. Navíc je tento proces exotermický, takže lze využít jeho odpadní teplo. Výsledná uhelná kaše se posléze suší (odpadním teplem z karbonizace) na požadovanou vlhkost (5 – 25%) a poté se lisuje na samotné biouhli o rozměrech a tvaru dle požadavku odběratele.

## 5 Návrh systému využívajícího biomasu pro rodinný dům

Technologií pro využití biomasy v rodinném domě existuje několik, nejpoužívanější je stále spalování dřeva. Tato zařízení jsou většinou využívány pouze pro vytápění a není-li potřeba topit, tak nejsou v provozu. Může se tedy stát, že zařízení je používáno jen několik měsíců v roce. V současné době se výrobci snaží uživatelům vytápění co nejvíce usnadnit a snížit náklady na provoz zařízení pro domácí použití, existují například automatické kotle s řízeným spalováním a s podavačem, který palivo do ohniště dodává podle potřeby.

### 5.1 Zařízení pro spalování biomasy v rodinných domech

- *Kamna a sporáky*

Zařízení velmi jednoduché konstrukce, které v minulosti používala téměř každá rodina na venkově i ve městech. Vrchní část tvoří litinové plotny, pod kterými se na roštu topí dřevem. Skrz rošt je přiváděn vzduch k ohništi a zároveň jím propadáva popel do odděleného prostoru, který je uzavřen dvířky. Pomocí těchto dvířek nebo šoupátka na nich lze regulovat přísun vzduchu. Klasický sporák na dřevo dnes už využívá málokdo, ale například na chatách a v různých rekreačních objektech lze použít jeho modernizovanou podobu, kde jsou kamna s plotnou na vaření kombinována s elektrickým sporákem. V zimě, kdy je potřeba vytápět a zároveň vařit, se používají kamna, v létě elektrický sporák, aby nedocházelo ke zbytečnému zahřívání místnosti.

- **Krby a krbová kamna**

Krby patří mezi nejstarší zařízení pro vytápění obytných prostor. Během své historie byly různě vylepšovány a modernizovány. I přes to však klasické krby dosahují účinnosti pouze do 20%, produkují velké množství emisí a lze s nimi vytápět pouze místnost, ve které se nachází. Důvodem je jejich otevřená konstrukce, u které není možné řídit množství přivedeného vzduchu, který je navíc odebírán z vytápěné místnosti a tím dochází k jejímu ochlazení. Průchod tohoto vzduchu přes ohniště způsobuje další ztráty tepla, protože tlačí teplý vzduch od plamene do komína. Tato zařízení je nejvhodnější používat v objektech, kde se netopí dlouhodobě, ale třeba jen o víkendu a kde je potřeba získat teplo rychle.

Krbová kamna jsou interiérová kamna s prosklenými dvířky, u kterých lze regulovat množství přiváděného vzduchu, a proto dosahují mnohem větší účinnosti než klasické krby. Navíc mohou být napojeny na teplovodný nebo teplovzdušný rozvod. V současnosti se vyrábí i krbová kamna na pelety, které díky dostatečně velkým násypkám umožňují provoz s příkládáním pouze jednou denně. Lze se setkat i s automatickými verzemi. Nevýhodou krbů a kamen je nutnost manipulovat s popelem a s palivem v obytných místnostech.



**Obrázek 5.1-1** Krbová kamna s kachlovým obložením THORMA BORGHOLM, vlastní foto

- **Krbové vložky**

Nedostatky otevřeného krbu lze odstranit použitím uzavřené krbové vložky, kde je přívod vzduchu řešen odděleným kanálem, který nasává vzduch zvenčí a jeho množství je možné regulovat. Dále lze ohřátý vzduch od plamene přivádět do tepelného výměníku, který může být teplovzdušný nebo teplovodní. Teplovzdušný výměník může předáváním tepla do vzduchu vytápět přímo místnost, ve které je umístěn, ale je také možné teplo přivádět do dalších místností pomocí soustavy potrubí a ventilátorů. Teplovodní výměník je možné připojit na rozvod ústředního topení a vytápět tak další místnosti radiátory, nebo jeho pomocí ohřívat zásobník teplé vody. Použitím krbové vložky se účinnost zvýší až na 70%.

*„V poslední době se objevily takzvané interiérové kotle, což je jakýsi hybrid mezi krbovou vložkou a kotlem. Například interiérový kotel VERNER 13/10.1 (na kusové dřevo) lze obsluhovat z přilehlé místnosti (má příkládací dvířka na zadní straně, čímž odpadá nutnost manipulace s popelem v místnosti). Předává velký podíl výkonu do tepelné soustavy (min. 77%) a nedochází tedy k přetápění místnosti, v níž je umístěn. Na tento kotel lze získat dotaci z programu Zelená úsporám, protože na rozdíl od většiny běžných krbových vložek na dřevo splňuje poměrně přísné požadavky na účinnost a emise.“ [1] s. 32*



**Obrázek 5.1-2** Krbová vložka Stuv 16 s opláštěním [32]



- **Americká kamna**

Litinová kamna vyráběná od 2. poloviny 19. století do 1. poloviny 20. století, získala jméno podle země původu, avšak ve velkém množství se vyráběla i v Československé republice, kde byla dokonce vylepšena a poté dovážena zpět do USA. Sériově se již nevyrábí, ale je možné zakoupit kamna zrenovovaná, protože jsou dodnes vyhledávána kvůli svému vzhledu a vytápěcí schopnostem. Cena se odvíjí od zdobenosti a výhřevnosti, která se pohybuje od 100 do 800 m<sup>3</sup> v závislosti na velikosti kamen a zvoleném palivu. Takto vysoké výhřevnosti bylo dosaženo zavřením komínové záklopky nad ohništěm u roztopených kamen. Horké plyny jsou pláštěm odváděny do dutého prostoru pod ohništěm a odtud teprve jsou vedeny pláštěm do komína. Kamna lze regulovat pomocí komínové, protitahové a vzduchové záklopky. Vzhledem k nemožnosti připojení na rozvod ústředního topení je lze ideální využít ve velkých prostorech, např. restauračních sálech, kde se využije jak jejich vysoká výhřevnost, tak estetická stránka. Celková účinnost dosahuje až 80%.



**Obrázek 5.1-3** Americká kamna [29]

- ***Kachlová kamna***

Kachlová kamna se používají již od 15. století, po krbu se jedná o druhé nejstarší zařízení k vytápění domácností. Nazývají se také akumulční, protože mohou naakumulovat teplo do kachlového obložení a přestane-li se v kamnech topit, začnou toto předem nashromážděné teplo postupně uvolňovat a dodávají ho do vytápěné místnosti až po dobu několika hodin. Moderní kachlová kamna pracují s účinností blížící se 80%. Spalovací komora je velmi dobře tepelně izolována, přísun vzduchu lze regulovat a vznikající teplý kouř cestou do komína odevzdá velkou část svého tepla, protože je veden soustavou několika kanálů a setrvává tedy v kamnech delší dobu. Kachlová kamna je také možné použít k centrálnímu vytápění pomocí rozvodů teplého vzduchu. I přes velmi dobré vytápěcí schopnosti není na kachlová kamna poskytována dotace, protože oproti pyrolýzám kotlům a některých kotlům pro centrální vytápění dosahují menší účinnosti a produkují větší množství emisí.

- ***Pyrolýzní kotel***

U pyrolýzního kotle je ohniště rozděleno do dvou oddělených komor. V horní části ohniště s nedostatečným přísunem vzduchu dochází k zahřívání paliva (dřeva) a k uvolňování hořlavých plynů, které jsou pomocí keramické trysky odváděny do spodní komory. V této části ohniště je již dostatečný přísun vzduchu a přivedené plyny zde mohou být spáleny při teplotě přesahující 1000°C, proto bývá spodní komora keramická, ale existují i kotle, které keramiku z finančních důvodů neobsahují. U tohoto typu kotle lze v širokém rozmezí regulovat výkon, ale nízkému výkonu je třeba přidat volbu paliva (dřevěné uhlí), protože při použití dřeva by docházelo k zanášení kotle dehtem. Pyrolýzní kotle lze připojit k centrálnímu rozvodu tepla i k ohřevu vody a vyrábějí se ve výkonech od 10 do 100kW, proto jsou vhodné k vytápění rodinných i bytových domů a v poslední době lze zakoupit i automatické zplyňovací kotle.

- ***Kotle pro ústřední vytápění s manuálním přikládáním***

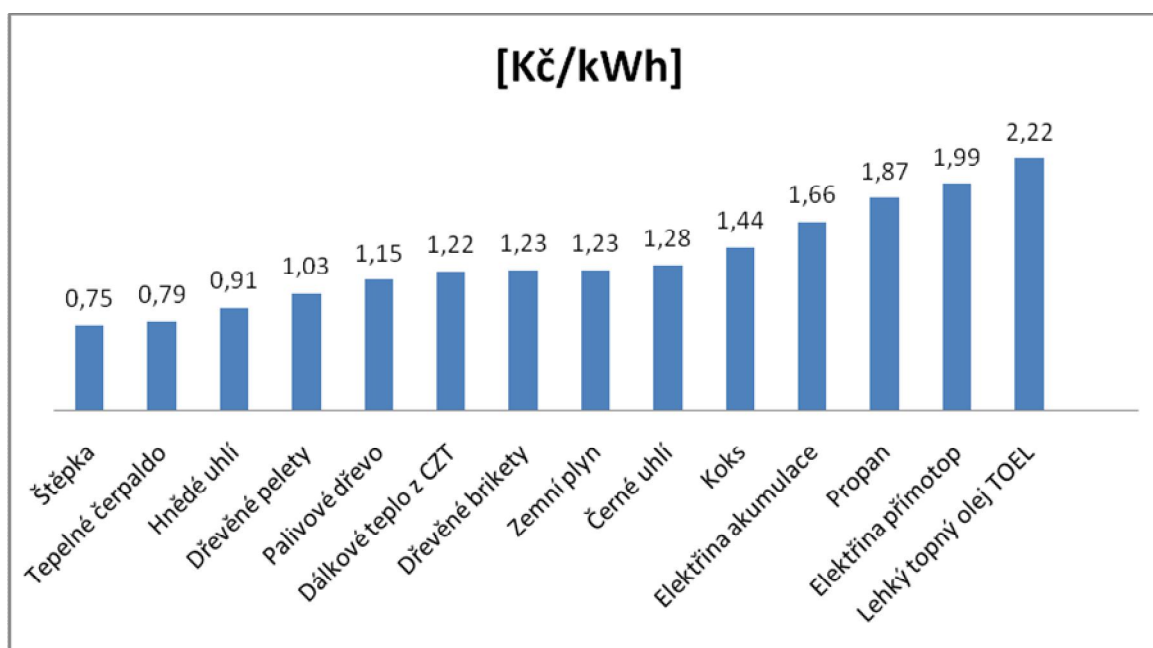
Kotle s velkým spalovacím prostorem, do kterého se palivo přidává ručně a může se tedy stát, že během topení úplně vyhoří, protože se na něj zapomene nebo není možnost dojít přiložit. Palivo nehoří rovnoměrně a může docházet k nedokonalému k hoření.

- ***Kotle pro ústřední vytápění s automatickým přikládáním***

Do tohoto typu kotlů je palivo (pelety) přiváděno kontinuálně podavačem ze zásobníku v množství dle aktuální potřeby. Některé kotle obsahují i automatické vynášení popelu a čištění tepelného výměníku, takže mohou běžet i několik dní bez přestání. Další výhodou těchto kotlů je vysoká účinnost spalování díky velkému rozsahu regulace, nevýhodou je vyšší pořizovací cena.

## 5.2 Výhřevnosti a ceny paliv

Pro spoustu zájemců o vytápění pomocí biomasy bude jedno z hlavních kritérií cena paliva a jeho dostupnost. Ceny jednotlivých paliv jsou porovnány v tabulce pod textem, pro srovnání jsou zde uvedeny i ceny klasických paliv. V tabulce se nepočítá s cenou dopravy ani s jakýmkoliv ekvivalentním vyjádřením lidské práce spojené s jednotlivými palivy. I nejlevnější palivo může být pro někoho nevhodné, pokud ho bude muset dovážet z velké dálky a svépomocí zpracovávat a uskladňovat.



**Obrázek 5.2-1** Ceny paliv při vytápění rodinného domu se spotřebou 20MWh/rok (ústřední vytápění + teplá voda) [1]

## 5.3 Vhodné zařízení pro rodinný dům dle zateplení

- *Nezateplený dům*

Jedná se zejména o starší rodinné domy, kde se tepelná ztráta pohybuje od 10 do 20kW. Vybírat lze z několika typů zařízení na spalování biomasy v různých cenových relacích s automatickým či manuálním přikládáním, volbu vhodného zařízení lze tedy podřídit především dostupnosti paliva a prostoru na jeho skladování. Jedná-li se o dům na vesnici, kde má majitel prostor na skladování a přístup k levnému či vlastnímu dřevu (které si eventuelně i sám připraví na požadovanou velikost), nejlepším řešením pro něj bude kotel na kusové dřevno, ať už klasický, s akumulací nádrží, nebo třeba pyrolýzní kotel. Další volbou může být kotel na štěpku nebo na pelety, vlastní-li majitel kotle zařízení na jejich výrobu,

díky čemuž pro něj bude tato možnost finančně zajímavější, než kdyby pelety či štěpku musel kupovat.



**Obrázek 5.3-1** Nezateplený dům na vesnici, vlastní foto

Ve městech, kde je většinou potřeba palivo kupovat již připravené, lze využít například kotle na pelety nebo brikety, které můžeme skladovat v přílehlé místnosti ve sklepě poblíž kotelny. V případě použití pelet tuto místnost lze navíc využívat i jako samotný zásobník automatického kotle na celou topnou sezonu a pomocí dopravníku podávat palivo přímo do kotle. Pelety lze zakoupit v menších baleních (obvykle 15kg) na paletách, ve větších baleních (Big-Bag až 1t) nebo volně ložené. Volně ložené pelety jsou rozváženy ve velkém množství (v rádech tun, tedy v dostatečném množství na celou sezonu) cisternami, některé cisterny jsou vybaveny výpustní hadicí, pomocí které je možné dopravit pelety z cisterny stojící na silnici do skladu vzdáleného až 25m. Palety nebo Big-Boxy bývají při odběru dováženy nákladními automobily a na místě rozváženy terénními manipulátory. Při odběru velkého množství navíc někteří prodejci nabízejí množstevní slevu nebo odvoz zdarma do určité vzdálenosti.

- **Nízkoenergetický dům**

Nízkoenergetické domy bývají dobře zateplené, jejich výpočtová tepelná ztráta bývá v rozmezí od 5 do 10kW, proto pro jejich vytápění dostačuje zařízení s menším výkonem, nejlépe dobře regulovatelné, aby nedocházelo k přetápění. Velmi zajímavou možností jsou automatická krbová kamna na pelety, která díky zásobníku vydrží hořet několik hodin, jsou regulovány řídicí jednotkou (např. podle denní doby) a umí i zapálit nasypané palivo, je tedy možné je nastavit, aby začala topit například hodinu před očekávaným příjezdem ze zaměstnání, nebo aby hodinu před odjezdem topit přestala. Další možností je použití krbových kamen nebo krbové vložky v kombinaci s teplovodním výměníkem a podlahovým vytápěním.

Na následujícím obrázku jsou kamna domácí výroby, která jsou připojena k radiátorům pro vytápění okolních místností. Navíc jsou napojena i na teplovzdušný výměník. Vzduch ohřátý výměníkem a kamny stoupá skrz otvor ve stropě do ložnice v podkroví. Obložení komínu, který je situován do středu objektu, akumuluje teplo během topení a po vyhasnutí kamen ho ještě nějakou dobu uvolňuje, takže je i částečně využito teplo spalin.



**Obrázek 5.3-2** Kamna domácí výroby, vlastní foto

Pokud však kamna v interiéru nejsou z nějakého důvodu žádoucí, ať už z estetických důvodů, kvůli přítomnosti malých dětí, nebo majitel nechce nosit palivo do obytných místností (či vůbec s palivem manuálně zacházet), lze zvolit automatický kotel na pelety s nižším výkonem.



**Obrázek 5.3-3** Nízkoenergetický dům - novostavba, vlastní foto

#### **5.4 Návrh zařízení pro rodinný dům**

Pro nezateplený dům (100m<sup>2</sup>, dvě patra) jsem zvolil teplovodní pyrolýzní kotel Ekonomtop TKP 28 (prodáváný též jako Horal TKP 28). Díky čtyřcestnému teplovodnímu ventilu může kotel běžet v útlumovém režimu (udržovat stálou teplotu, např. při mírné zimě) a na vyšší výkon najíždět pouze v okamžiku, kdy požadujeme zvýšení teploty. Velká spalovací komora pojme i větší kusy dřeva (až do délky 0,5m), což jistě ocení majitel, který si dřevo připravuje sám a nemusí ho tedy štípat na malé kusy. Volba dřeva jako hlavního paliva nemusí vyhovovat každému, protože je třeba ho ke kotli, který bývá umístěn ve sklepě, nanosit. Tento kotel však zvládá spalovat i dřevěnou štěpku a brikety z nejrůznějších surovin, lze tedy volbu paliva podřídit vlastním možnostem. Jeho výkon je možné po zakoupení přednastavit na hodnotu od 10 do 28kW, lze jej tedy přizpůsobit podle tepelných ztrát objektu.



**Obrázek 5.4-1** Ocelový pyrolýzní kotel Ekonomtop TKP 28 [27]

U nízkoenergetického domu (100m<sup>2</sup>, dvě patra) jsem taktéž zvolil teplovodní kotel, ale v tomto případě automatický kotel na pelety Ponast KP10, který nabízí téměř bezobslužný provoz s automatickým řízením a podáváním paliva. Díky tomu je ovšem pořizovací cena oproti předchozí možnosti i přes téměř poloviční výkon dvojnásobná.



**Obrázek 5.4-2** Automatický kotel na pelety a obilí Verner A251 [21]

	<b>Pyrolýzní kotel Ekonomtop TKP 28</b>	<b>Automatický kotel na pelety Ponast KP 10</b>
<b>Výkon</b>	28kW JTV, lze nastavit 10 - 28kW dle paliva	14,9kW JTV, rozsah 4,5 - 14,9kW
<b>Řízení spalování</b>	termostat	automatické - řídicí jednotka
<b>Palivo</b>	dřevo do délky 0,5m, štěpka, brikety	pelety, obilí, průměr 4 - 10mm
<b>Skladovací prostor</b>	velký	velký
<b>Obsluha</b>	nutnost přikládat po cca 8 - 12 hodinách	podle zásobníku (1 až několik dní) lze použít jako zásobník část místnosti a vytvořit tak zásobník na celou sezonu
<b>Vzdálená regulace</b>	ano, regulační termostat v místnosti	ano, lze i pomocí mobilního telefonu
<b>Údržba</b>	čištění popelu před zatápním  1x měsíčně kontrola průduchu spalin 1x za 2 - 3 roky nutno vyměnit roštovou žárnici (není třeba odborná montáž)	čištění popelu 1x za 2 týdny - měsíc  1x týdně čištění výměníku spalin 1x za 2 měsíce čištění keramického roštu 1 x ročně odborná revize
<b>Účinnost</b>	89 - 95%	85 - 88%
<b>Tepelná regulace</b>	40° - 90°C	40° - 85°C
<b>Roční spotřeba paliva</b>	11 000kg dřeva	4800kg pelet
<b>Cena za tunu paliva</b>	1000-3000Kč/t	5500kč/t
<b>Spotřeba elektřiny</b>	0,015kWh, ročně 22,5kWh	0,18 kWh, ročně 270kWh
<b>Roční náklady</b>	22 000Kč dřevo + 112,5Kč elektřina	26 400Kč + 1 350Kč elektřina
<b>Životnost kotle</b>	12 - 18 let	až 25 let
<b>Dotace Zelená úsporám</b>	ne	ano
<b>Pořizovací náklady</b>	43 200 Kč	88 680Kč (bez dotace)

**Tabulka 5.4-1** Porovnání pyrolýzního a automatického kotle na pelety [26] [27]

Poznámka k tabulce: Topná sezona = 1 500 hodin, cena dřeva pro výpočet ročních nákladů 2 000Kč/t, cena elektrické energie 5 Kč/kWh, výpočty jsou uváděny pro jmenovitý topný výkon – JTV pro výhřevnost dřeva 15GJ/t, resp 4,2kWh/kg a výhřevnost pelet 18GJ/t, resp. 5kWh/kg. Kotel Ekonomtop bohužel těsně nesplňuje kritéria pro dotaci Zelená úsporám, ale chystá se jeho modernizovaná verze, na kterou již bude možné dotaci uplatnit.



Reálnou spotřebu paliva nelze přesně určit výpočtem, záleží na mnoha faktorech kupříkladu na počasí během sezony, nastavení kotle, vlhkosti dřeva (pelety podléhají normám), bude však menší než vypočtená, protože kotel v běžném provozu nepracuje neustále na plný výkon. Náklady lze ovlivnit i včasným zakoupením paliv, např. pelety jsou na jaře v létě levnější než těsně před zimou.



**Obrázek 5.4-3** Jeden ze způsobů uskladnění a sušení palivového dřeva, vlastní foto

## **Závěr**

Osobně se domnívám, že biomasa je jedním z nejperspektivnějších zdrojů energie, který v budoucnosti při vhodném zpracování dokáže nahradit větší část používaných fosilních paliv. Kromě toho se jedná o obnovitelný zdroj, při jeho šetrném a uváženém využívání by nemělo hrozit, že ho bude nedostatek. Již v současnosti dokážeme biomasu efektivně využít a s příchodem nových paliv a technologií pro jejich využití se bude situace nadále zlepšovat, především po stránce ekonomie a dopadu na životní prostředí. Je ovšem třeba ohlídat, aby nedocházelo k používání nevhodných technologií z důvodů finanční zainteresovanosti osob a firem využívajících tohoto průmyslového odvětví ke svému obohacení, avšak bez ohledu na životní prostředí a společnost.

Používání biomasy jako paliva pro vytápění rodinných domů také shledávám velmi prospěšným. Je to levný a při správném zpracování čistý zdroj tepla. Jeho využíváním navíc přispíváme k rozvoji lokální ekonomiky. Pořizovací ceny zařízení pro vytápění pomocí biomasy lze navíc snížit pomocí dotací. Při vypracovávání návrhů pro rodinné domy jsem vycházel z vlastních zkušeností s vytápěním domů a chat.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. *Energie z biomasy*. 1. vyd. Brno: EkoWATT, 2011 [cit. 2012-04-25], 106 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-2916-6.
- [2] OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Michal BRANC. VÝZKUMNÉ ENERGETICKÉ CENTRUM. *Metodická příručka ke studii - Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2012-04-29], 30 s
- [3] BERANOVSKÝ, Jiří. *Alternativní energie pro váš dům*. 2., aktualiz. vyd. Brno: EkoWATT, 2004, 125 s. ISBN 80-865-1789-6.
- [4] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: *Biomasa pro energii (2) Technologie*. Biom.cz [online]. 2002-02-06 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-2-technologie>>. ISSN: 1801-2655.
- [5] POHOŘELÝ, Michael, JEREMIAŠ, Michal: *Zplyňování biomasy – možnosti uplatnění*. (kolektiv autorů), Výsledky výzkumu, vývoje a inovací pro obnovitelné zdroje energie (OZE 2010)
- [6] MUŽÍK, Oldřich, SLEJŠKA, Antonín: *Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy*. Biom.cz [online]. 2003-07-14 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] STRAKA, František, DOUCHA, Jiří: *Nové možnosti energetického využití bioplynu*. Biom.cz [online]. 2011-07-11 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-moznosti-energetickeho-vyuziti-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [8] VÁŇA, Jaroslav: *Nové cíle v energetickém využití biomasy a příprava high-technologií k jejich zabezpečování*. Biom.cz [online]. 2001-11-29 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z WWW: <[http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-cile-v-energetickem-vyuziti-biomasy-a-priprava-high-technologii-k-jejich-zabezpecovani?all\\_ids=1](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-cile-v-energetickem-vyuziti-biomasy-a-priprava-high-technologii-k-jejich-zabezpecovani?all_ids=1)>. ISSN: 1801-2655.
- [9] NOVÁK, Petr: *Pokrok v produkci řasové biomasy využívající spalínový CO<sub>2</sub> z bioplynové stanice na farmě skotu (projekt EUREKA ALGANOL)*. Biom.cz [online]. 2012-01-30 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pokrok-v-produkci-rasove-biomasy-vyuzivajici-spalinovy-co2-z-bioplynovy-stance-na-farme-skotu-projekt-eureka-alganol>>. ISSN: 1801-2655.
- [10] STRAKA, František: *Výrobu biopaliv z odpadu spalovny umí jenom řasy? (II)*. Biom.cz [online]. 2010-01-20 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyrobu-biopaliv-z-odpadu-spalovny-umi-jenom-rasy-ii>>. ISSN: 1801-2655.

- [11] JAKUBES, Jaroslav, Helena BELLINGOVÁ a Michal ŠVÁB. ČESKÁ ENERGETICKÁ AGENTURA. *Moderní využití biomasy: Technologické a logistické možnosti* [elektronický]. 2006, 66 s. [cit. 2.5.2012]. Dostupné z: [www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf)
- [12] KUNC, Jan a Libor NOVÁK. STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Biomasa - efektivní palivo pro ORC technologii* [online]. 2005 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/2455-biomasa-efektivni-palivo-pro-orc-technologie>
- [13] OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Michal BRANC. *Ekonomika při energetickém využívání biomasy*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008, 115 s. ISBN 978-80-248-1751-4.
- [14] ŠKORPÍK, Jiří. *Biomasa jako zdroj energie, Transformační technologie*, 2006. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <http://www.transformacni-technologie.cz/biomasa-jako-zdroj-energie.html>.
- [15] TOMÁŠEK, Karel: *BPS zvýší podíl čisté energie*. Biom.cz [online]. 2007-04-16 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bps-zvysi-podil-ciste-energie>>. ISSN: 1801-2655.
- [16] KOLONIČNÝ, Jan: *Emise při spalování biomasy*. Biom.cz [online]. 2010-06-07 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/emise-pri-spalovani-biomasy-2>>. ISSN: 1801-2655.
- [17] BECHNÍK, Bronislav a Pavel BLÁHA. *Bioplynová stanice s kogenerační jednotkou pro dodávky elektřiny ve špičkách* [online]. 2009 [cit. 10.4.2012]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/kogenerace/5776-bioplynova-stance-s-kogeneracni-jednotkou-pro-dodavky-elektriny-ve-spickach>
- [18] KOLEKTIV AUTORŮ. EKOWATT. *Kombinovaná výroba elektřiny a tepla* [online]. 2007 [cit. 11.5.2012]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elektriny-a-tepla>
- [19] LYČKA, Zdeněk: *Energetická náročnost výroby pelet z biomasy*. Biom.cz [online]. 2011-02-02 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z WWW: <[http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-narocnost-vyroby-pelet-z-biomasy?all\\_ids=1](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-narocnost-vyroby-pelet-z-biomasy?all_ids=1)>. ISSN: 1801-2655.
- [20] STUPAVSKÝ, Vladimír: *Zplynovací kotel na kusové dřevo, polena a dřevěné brikety*. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovaci-kotel-na-kusove-drevo-polena-a-drevene-brikety>>. ISSN: 1801-2655.
- [21] STUPAVSKÝ, Vladimír: *Kotel na pelety - peletový kotel pro ústřední vytápění*. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-pelety-peletovy-kotel-pro-ustredni-vytapeni>>. ISSN: 1801-2655.

- [22] PETR, Jaroslav: *Jak ekologická jsou biopaliva?* Biom.cz [online]. 2008-11-12 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z WWW: <[http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jak-ekologicka-jsou-biopaliva?all\\_ids=1](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jak-ekologicka-jsou-biopaliva?all_ids=1)>. ISSN: 1801-2655.
- [23] KOLONIČNÝ, Jan, Jiří HORÁK a Silvie PETRÁNKOVÁ ŠEVČÍKOVÁ. *Kotle malých výkonů na pevná paliva*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 105 s. ISBN 978-80-248-2542-7.
- [24] MIHULKA, Stanislav. *Geneticky upravená E. coli energetickým všeučlem* [online]. 5.3.2012 [cit. 10.5.2012]. Dostupné z: <http://www.gate2biotech.cz/geneticky-upravena-e-coli-energeticky-m-vseumelem/>
- [25] Dřevěné pelety a brikety až do domu za jednotné jarní ceny v celé ČR [online]. 15.5.2010 [cit. 10.5.2012]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/drevene-pelety-a-brikety-az-do-domu-za-jednotne-jarni-ceny-v-cele-cr.aspx>
- [26] PONAŠT - Automatický teplovodní kotel KP 10 [online]. [cit. 26.5.2012]. Dostupné z: <http://www.vseprokotelny.cz/automaticke-kotle/ponast-automaticky-teplovodni-kotel-kp-10/>
- [27] Pyrolýzní ocelový teplovodní kotel na biomasu a tuhá paliva Ekonomtop TKP 28 [online]. 1.6.2012 [cit. 2.6.2012]. Dost. z: <http://www.bazealfa.cz/bazealfa/kotel.aspx>
- [28] Technologie HTC proces: Hydrotermální karbonizace – HTC [online]. 2012 [cit. 28.5.2012]. Dostupné z: <http://www.biouhli.com/technologie/technologie-htc-proces-hydrotermalni-karbonizace-htc/>
- [29] Americká kamna [online]. 2008 [cit. 1.3.2012]. Dostupné z: <http://www.americkakamna.cz/katalog/americka-kamna.html>
- [30] Americká kamna - Vacek, renovace, nákup, prodej amerických kamen [online]. 5.12.2011 [cit. 1.3.2012]. Dostupné z: <http://www.americka-kamna.cz/uvod.htm>
- [31] Americká kamna a krby [online]. 2007 [cit. 1.3.2012]. Dostupné z: <http://www.starakamna.cz/americka-kamna-a-krby.htm>
- [32] STUV 16 krbová vložka [online]. [cit. 3.6.2012]. Dostupné z: <http://www.krby-kamna-pece.cz/krby-stuv/krb-16-94.html>
- [33] Bioplynové stanice [online]. [cit. 28.5.2012]. Dostupné z: <http://www.green-t.cz/informace/technologie/bioplynove-stance/>
- [34] JEVIČ, Petr: *Energetická bilance a životní cykly biogenních pohonných hmot – 2*. Biom.cz [online]. 2010-11-15 [cit. 2012-06-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-bilance-a-zivotni-cykly-biogennich-pohonných-hmot-2>>. ISSN: 1801-2655.

## Seznam tabulek a obrázků

<b>Tabulka 2-1</b>	Přehled technologií využití biomasy	strana 12
<b>Tabulka 3.1-1</b>	Účinnost kogenerace	strana 22
<b>Tabulka 3.4-1</b>	Energetická bilance vybraných technologií	strana 24
<b>Tabulka 5.4-1</b>	Porovnání pyrolýzního a automatického kotle na pelety	strana 40
<b>Obrázek 2.1-1</b>	Vliv vlhkosti paliva na výhřevnosti a emise CO	strana 13
<b>Obrázek 2.1-2</b>	Schéma ohniště se spodním přívodem paliva	strana 15
<b>Obrázek 2.1-3</b>	Rozdělení zplyňovačů podle přívodu tepla	strana 15
<b>Obrázek 2.1-4</b>	Sesuvný protiproudý zplyňovač	strana 16
<b>Obrázek 2.1-5</b>	Cyklónový pyrolýzní reaktor	strana 18
<b>Obrázek 2.2-1</b>	Technologické schéma výroby řepkového metylesteru	strana 19
<b>Obrázek 2.3-1</b>	Vyhnívání	strana 20
<b>Obrázek 2.3-2</b>	Schéma BPS s klasickým uspořádáním	strana 21
<b>Obrázek 2.3-3</b>	Metody zásobování BPS	strana 21
<b>Obrázek 3.1-1</b>	Porovnání výhřevnosti paliv	strana 22
<b>Obrázek 3.3-1</b>	Emisní faktory CO (přepočtené na výhřevnost paliva)	strana 24
<b>Obrázek 3.3-2</b>	Emisní faktory NOx (přepočtené na výhřevnost paliva)	strana 24
<b>Obrázek 4.3-1</b>	Schéma využití bioreaktoru ve spojení s výkrmnou skotou a BPS v ZD Dublovice	strana 27
<b>Obrázek 4.5-1</b>	Výroba biovodíku z bioplynu	strana 28
<b>Obrázek 4.6-1</b>	Schéma ORC	strana 29
<b>Obrázek 5.1-1</b>	Krbová kamna s kachlovým obložení	strana 31
<b>Obrázek 5.1-2</b>	Krbová vložka Stuv 16 s opláštěním	strana 32
<b>Obrázek 5.1-3</b>	Americká kamna	strana 33
<b>Obrázek 5.2-1</b>	Ceny paliv při vytápění rodinného domu se spotřebou 20MWh/rok (ústřední vytápění + teplá voda)	strana 35
<b>Obrázek 5.3-1</b>	Nezateplený dům na vesnici	strana 36
<b>Obrázek 5.3-2</b>	Kamna domácí výroby	strana 37
<b>Obrázek 5.3-3</b>	Nízkoenergetický dům – novostavba	strana 38
<b>Obrázek 5.4-1</b>	Ocelový pyrolýzní kotel Ekonomtop TKP 28	strana 39
<b>Obrázek 5.4-2</b>	Automatický kotel na pelety a obilí Verner A251	strana 39
<b>Obrázek 5.4-3</b>	Jeden ze způsobů uskladnění a sušení palivového dřeva	strana 41

