



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V ČR RENEWABLE ENERGY SOURCES IN CR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN ŽALOUDEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. JAN FIEDLER, DR.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Žaloudek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Obnovitelné zdroje energie v ČR

v anglickém jazyce:

Renewable energy sources in CR

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Odborná rešerše využívání biomasy v ČR

Cíle bakalářské práce:

Obecná rešerše využití biomasy jako energetického zdroje

Ilustrační příklad využití biomasy

Zhodnocení významu biomasy jako energetického zdroje ČR

Seznam odborné literatury:

Kára, J.: Využití biomasy, skripta ČVUT Praha 1998

Sbírka zákonů ČR

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Práce sestává z definice biomasy a jejího využití jako obnovitelného zdroje. Popisuje jednotlivé druhy biomasy a jejich vliv na zpracování a konverzi k energetickým potřebám. Uvádí možnosti výroby elektrické energie a tepla z této suroviny, jež je doplněno příkladem ilustrujícím použitelnost biomasy jako vhodného paliva. Na závěr práce zhodnocuje význam biomasy jako energetického zdroje pro ČR.

Klíčová slova

Biomasa, konverze biomasy, suché procesy, mokré procesy, bioplyn, obnovitelné zdroje.

Abstract

The thesis consists of the definition of biomass and its exploitation as a sustainable resource. It describes different types of biomass and their influence on the process of transformation to use for energy needs. It also introduces possibilities of electric energy and heat production out of this raw material, accompanied by an illustrating example of biomass as a suitable fuel. The end of the thesis evaluates the importance of biomass as an energy resource for the Czech Republic.

Key words

Biomass, biomass conversion, dry processes, wet processes, biogas, renewable sources.

Citace

ŽALOUDEK, M. *Obnovitelné zdroje energie v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 27 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím pramenů uvedených v Bibliografii.

V Brně dne 20.5.2009

Martin Žaloudek

Poděkování

Rád bych poděkoval Doc. Ing. Janu Fiedlerovi, Dr. za ochotu a
přínosné konzultace k mé práci.
A také Haničce za morální podporu.

Obsah:

Článek I.	Abstrakt	1
	Poděkování	5
1.	Úvod	8
2.	Biomasa	9
3.	Energeticky využitelné plodiny	9
4.	Suché procesy	11
4.1.	Spalování biomasy	11
4.2.	Karbonizace	12
4.3.	Zplyňování	12
4.4.	Pyrolýza	13
4.5.	Mechanické zpracování biomasy	14
5.	Mokrý procesy	14
5.1.	Anaerobní fermentace	14
5.1.1.	Skladování bioplynu	15
5.2.	Aerobní fermentace	16
5.3.	Alkoholová fermentace	16
6.	Fyzikálně-chemická přeměna	17
6.1.	Esterifikace Bioolejů	17
7.	Motorová Biopaliva	17
7.1.1.	Druhy alternativních biopaliv	17
8.	Vlastnosti biopaliv	18
8.1.	Výhřevnost pevných biopaliv	18
8.2.	Výhřevnost bioplynu	19
8.3.	Popeloviny	19
9.	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla z biomasy	20
9.1.	KVET s parní turbínou	20
9.2.	KVET s parním strojem	20
9.3.	KVET s plynovými motory	21
9.4.	KVET se spalovací turbínou	21
9.5.	KVET s organickým Rankinovým cyklem	21
10.	Ilustrační příklad využití biomasy	21
11.	Význam biomasy jako energetického zdroje ČR	23
12.	Závěr	24
Článek II.	A - Seznam použitých zdrojů:	25
Článek III.	B - Seznam použitých zkratk a symbolů	26
Článek IV.	Seznam volných příloh	27

1. Úvod

Spalování biomasy patří mezi nejstarší technologie získávání tepelné energie. Provází člověka celou jeho historií ve větší či menší míře. V současnosti prožívá energetické využití biomasy nebývalý rozvoj. Snaha o zmírnění dopadů užívání fosilních paliv či zmírnění závislosti na těchto palivech vyúsťuje v podpoře a rozvoji alternativních zdrojů energie. Energetické využití biomasy nabízí nespočet technologií pro zpracování a výrobu tepla a elektrické energie, ať už se jedná o léta prověřené technologie, nebo novější postupy probíhající intenzivním vývojem.

Biomasa a její energetické využití patří mezi obnovitelné zdroje a může být zajímavou alternativou nebo doplňkem k jiným způsobům získávání energií.

2. Biomasa

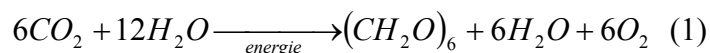
Pojem biomasa označuje látku organického původu, která může vzniknout jako chtěný nebo odpadní produkt (např. pěstování rostlin pro energetické účely či odpad z lesního hospodářství).

Biomasa jako obecné označení organické látky se dále dělí na tyto podskupiny:

- dendromasa (dřevěná biomasa)
- fytomasa (biomasa rostlinného původu)
- zoomasa (živočišné produkty, hnůj apod.)

Největší podíl biomasy vzniká z biochemických reakcí, transformací energie záření ze Slunce na energii chemickou. Anorganické sloučeniny uhlíku se redukují na uhlík, který je pak zabudován do organických sloučenin.

Princip fotosyntézy znázorňuje rovnice (1) a zjednodušeně se dá říci, že se jedná o přeměnu oxidu uhličitého a vody chlorofylem, kde za působení sluneční energie vznikají cukry, voda a kyslík.



Živé organismy přeměnou oxidu uhličitého udržují rovnováhu v tzv. koloběhu uhlíku. Anorganické sloučeniny uhlíku se fotosyntézou redukují a uhlík se zabudovává do těl živých organismů. Tento se pak vrací buď přirozenými biologickými procesy, tj. rozkladem za pomoci bakterií, nebo oxidačními ději (hořením či dýcháním), zpátky do atmosféry.

Energetické využití biomasy je možno přeměnou biomasy na pevná, kapalná či plynná paliva. Výhodou je, že uhlík obsažený v energetické biomase je součástí přirozeného koloběhu uhlíku na rozdíl od spalování fosilních paliv, které tento přirozený cyklus narušuje.

Spalování biomasy je také jedním ze zástupců obnovitelných zdrojů energie, jež v současnosti získávají na významu i vzhledem k současnému vývoji pohledu na globální klima.

3. Energeticky využitelné plodiny

Biomasu vhodnou pro energetické využití můžeme rozdělit na:

1. fytomasu s vysokým obsahem lignocelulózy
2. fytomasu olejnatých plodin
3. fytomasu s vysokým obsahem škrobu a cukru
4. organické odpady a produkty živočišného původu
5. směsi organických odpadů

Tato biomasa může být pěstovaná buď záměrně, nebo jako vedlejší produkt lidského hospodářství.

Zvláštní místo zaujímá energetická biomasa. Jedná se o zvláštní odrůdy plodin s co nejvyšší výnosností z hektaru a snadným tepelným využitím. Příkladem takové energetické rostliny může být „sloní“ tráva či krmný šťovík. Některé vhodné energetické plodiny s výnosy z hektaru jsou uvedeny v tabulce (2).

Tab. 2. Výnos z pěstování některých typů rostlin [3]

Rostliny	Výnos (t.ha ⁻¹)
Jednoleté	
Konopí seté	12,05
Hyso	19,33
vytrvalé	
Křídlatka	37,50
Šťovík krmný	43,00
Bělotrn	16,50

Způsob energetického využití biomasy je úzce závislý na druhu použité biomasy. Důležitým parametrem, který ovlivňuje volbu užitého procesu zpracování, je obsah sušiny v biomase. Padesátiprocentní podíl sušiny rozděluje její zpracování na oblast suchých a mokrých procesů, jak je uvedeno níže. Praktickou použitelnost jednotlivých technologií pro konkrétní druhy biomasy popisuje následující tabulka (3).

Procesy přeměny biomasy dle jejich parametrů můžeme dělit na:

- 1) Přímá termochemická přeměna (suché procesy)
 - spalování
 - zplynování
 - pyrolýza
- 2) Biochemická přeměna (mokrý procesy)
 - alkoholové kvašení
 - metanové kvašení (anaerobní fermentace)
 - aerobní fermentace
- 3) Fyzikálně-chemická přeměna
 - esterifikace bioolejů

Tab. 3. Vhodnost jednotlivých procesů pro různé druhy biomasy [2,3]

Druh biomasy	Suché procesy			Mokrý procesy		
	Spalo-vání	zplynování	pyrolýza	Alkoholová fermentace	Aerobní fermentace	Anaerobní fermentace
Energetické technické plodiny	***	*	*	*	**	**
Olejnate plodiny	**					**
Odpady z živočišné výroby	*	*	*		**	***
Kaly z čistíren odpadních vod	*	*			*	***
Komunální organické odpady	***	**	**		*	***
Organické odpady z potravin	*			**	**	***
Odpady z dřevařských provozů	***	**	**			
Lesní		***	**	**	*	**

Legenda:

- *** často používaná technologie
- ** méně vhodná technologie, jen pro některé technicko-ekonomické podmínky
- * zvládnutelná, ale nepoužívaná technologie

4. Suché procesy

Tyto procesy patří k nerozšířenějšímu způsobu energetického využití biomasy.

Pro spalování biomasy ať už ve formě dřevěného uhlí, nebo v mechanicky upraveném stavu se používají lignocelulózové plodiny, jako je např. dřevo, sláma, obiloviny apod.

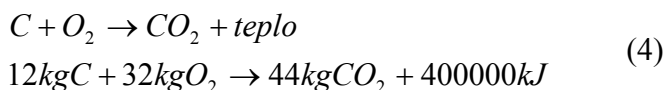
Zplynováním olejnatých plodin (řepka, slunečnice nebo len) vzniká plyn, který je pak nositelem tepla.

Pyrolýzou či termickým rozkladem organických látek na nízkomolekulární sloučeniny získáme z biomasy topný olej, případně topný plyn. Pro pyrolýzu se používají odpady z lesního hospodářství, dřevozpracujících závodů či organický materiál z komunálních odpadů. Avšak jen tam, kde to dovolují technické a ekonomické podmínky.

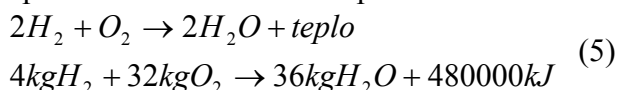
4.1. Spalování biomasy

Spalování patří k nejstaršímu energetickému využití biomasy. Při spalování za vysokých teplot a dostatečnému přístupu kyslíku dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavý plyn, tuhý zbytek a oxidací se slučují hořlavé prvky za vzniku tepla. Rovnice (4,5,6) udávají velikost vzniklého tepla po spálení 1 kmol prvků.

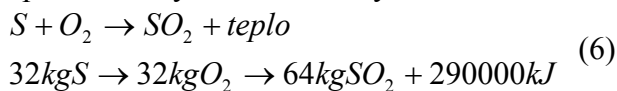
Oxidace uhlíku



Spalování vodíku na vodní páru



Spalování síry na oxid siřičitý



Jednotlivé spalovací rovnice se používají k výpočtu stechiometrického množství kyslíku nebo vzduchu potřebného pro dokonalé spálení kilogramu paliva.

Teoretické minimální množství vzduchu stanoví vzorec (7):

$$Q'_{\text{vzs}} = \frac{22,40}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) \quad (7)$$

C,H,S,O...poměrná hmotnostní množství jednotlivých prvků

Q_{vzs} ...teoretické množství suchého vzduchu $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$

Spalovaná biomasa má nižší obsah síry, sodíku a popelovin než fosilní paliva, avšak některé druhy biomasy vykazují vyšší obsahy těžkých kovů, síry či chloru v závislosti na místě původu a stavu tamějšího ovzduší.

V porovnání se spalováním fosilních paliv vykazuje spalování biomasy tzv. nulovou bilanci oxidu uhličitého. Při spálení se vrací oxid uhličitý, jež byl krátkodobě využit rostlinou k jejímu růstu zpět do atmosféry. Kdežto při spalování fosilních paliv se uvolňuje uhlík ve formě oxidu uhličitého, nahromaděný po miliony let v těchto palivech. Z toho důvodu se i u některých větších energetických zařízení experimentuje se spalováním biomasy spolu s uhlím. Jedná se o jednoduché a levné řešení, avšak poměr spalované biomasy ku fosilnímu palivu nepřekračuje 15 %. Spoluspalování má své výhody: dojde ke snížení jak plyných emisí, tak i prachových částic. Nižší popelnatost biomasy přispívá ke snižování ztrát mechanickým nedopalem.

4.2. Karbonizace

Jedná se o nejstarší metodu přeměny dřeva k energetickému využití. Vývoj karbonizačních metod časem postupoval od tepelného rozkladu dřeva bez přístupu vzduchu v redukční atmosféře v tzv. milířích k suché destilaci v karbonizačních pecích či retortách. Výroba dřevěného uhlí v retortách vykazuje nejvyšší chemickou čistotu uhlí.

Z výroby dřevěného uhlí vzniká až 35 % dřevěného uhlí, 8 % dehtu, 16 % plynů CO_x a 6 % kyseliny octové a 2 % metanolu. Zbytek připadá na chemické sloučeniny, jejichž podíl nepřekračuje 1 %.

4.3. Zplyňování

Zplyňování představuje thermochemickou přeměnu biomasy v nízko výhřevný plyn obsahující přibližný podíl 40 % N_2 , 25 % CO , 20 % H_2 , 10 % CO_2 , 3 % CH_4 . Zplyňování probíhá typicky při teplotách 750 – 1000 °C za omezeného přívodu kyslíku. Plyn je vhodný pro provoz kotlů, motorů a spalovacích turbín.

Zplyňování probíhá na etapy sušení, pyrolýzy, oxidace a redukce. V současné době existuje zplyňování v generátorech s pevným ložem a zplyňování ve fluidních reaktorech.

Konstrukční rozdíl ukazuje obrázek (8).

Výhody a nevýhody jednotlivých typů konstrukcí:

Protiproudý zplyňovač

- levný, jednodušší konstrukce, může zplyňovat biomasu s vyšší relativní vlhkostí, avšak výstupný plyn obsahuje větší obsah dehtu

Souproudý zplyňovač

- rozkládá dehet na lehčí uhlovodíky, konstrukčně je upraven tak, že redukční zóna se nachází pod oxidační oproti protiproudému zplyňovači

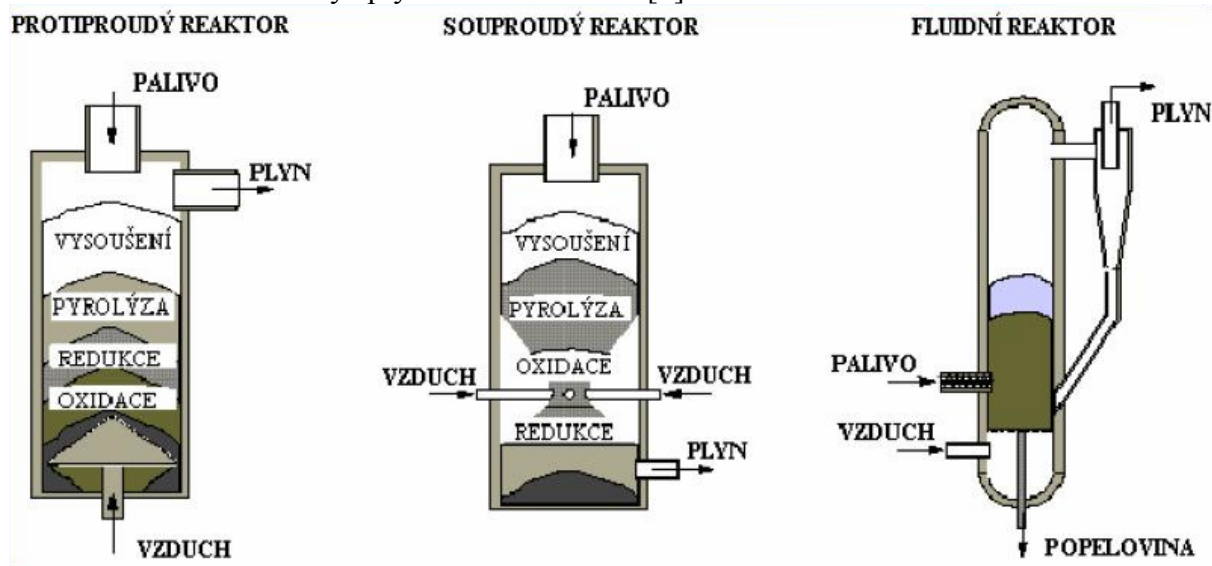
Fluidní zplyňovač

- při tomto typu zplyňování se spaluje biomasa ve formě pilin či štěpky ve vznosu účinkem přehřátého vzduchu. Poměrem paliva a vzduchu se reguluje vliv exotermických a endotermických-zplyňovacích reakcí

Plazmové zplyňování

- vyrábí takzvaný syntézní plyn, nová a drahá technologie. Generátor syntézního plynu je plněn vrstvou koksu a odpadním materiálem pro zplyňování. Zplyňuje se za velmi vysokých teplot kolem 200 °C. Jediný odpad z této technologie je malé množství popela.

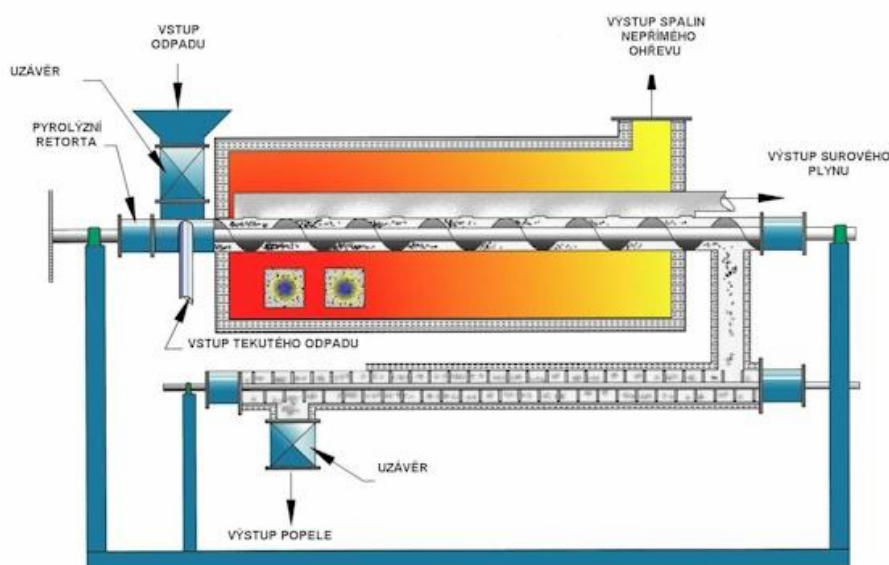
Obr. 8. Rozdíl mezi druhy zplyňovacích reaktorů [6]



4.4. Pyrolýza

Proces, při kterém se organické látky rozkládají na nízkomolekulární sloučeniny bez působení oxidačních činitelů (plyny O_2 , CO_2 , vodní páry). Při pyrolýze vzniká pyrolýzní plyn, olej, tuhý zbytek a pyrolýzní voda pocházející z vlhkosti zpracované biomasy. Proces pyrolýzy probíhá při teplotách 500-1000°C. Dle výše teplot se pyrolýza dělí na nízkoteplotní (do 500°C), středně teplotní (500-800°C) a vysokoteplotní (nad 800°C), přičemž volba pyrolýzní teploty ovlivňuje výslednou konverzi. U nižších teplot je výsledkem pyrolýzního procesu tuhý zbytek, zatímco s vyšší teplotou vrůstá podíl pyrolýzního plynu. Produkt pyrolýzy lze pak energeticky dále využít. Pyrolýza je v porovnání se zplyňováním a spalováním novější technologie. Pyrolýzou je možno zpracovávat odpady z lesního hospodářství či organický podíl komunálních odpadů. Příklad konstrukčního řešení poskytuje obr. (9).

Obr. 9. Pyrolýzní zpracování organických odpadů firmy Envicrack



4.5. Mechanické zpracování biomasy

Do této skupiny patří technologie sklizně pevné biomasy, sekačky, lisy na balíky, zařízení na briketování a peletování a podobně. Snahou je dostat biomasu do takového stavu, aby byla dobře manipulovatelná a použitelná pro energetické využití.

Některé druhy paliv upravené ke spalování jsou popsány níže.

Peletky ze stébelnin či dřevin

-mechanicky pod tlakem zpracované suché stébelniny nebo drcené dřeviny do tvaru malých válečků o průměru 6-20 mm. Spotřeba energie na jejich výrobu nepřekračuje 5% jejich tepelného obsahu. Vhodné palivo pro domácí užití a kotle menších výkonů.

Brikety ze stébelnin a dřevin

- mechanicky pod tlakem slisované stébelniny či drcené dřeviny o rozměrech 40-100mm. Použití v domácích kamnech s ručním přikládáním

Balíky ze stébelnin

- válcové či hranolové balíky stébelnin do 500 kg, použití pro spalování biomasy v kotelnách s automatickým podavači balíků.

5. Mokré procesy

Mezi mokré procesy řadíme alkoholové a metanové kvašení. Při alkoholovém kvašení způsobují konverzi biomasy kvasinky. V procesu metanového kvašení jsou to anaerobní a aerobní bakterie. Podle jejich podílu, a tedy i přístupu či nepřístupu vzduchu, můžeme rozdělit metanové kvašení na aerobní a anaerobní. Anaerobním procesem rozkládají bakterie organickou hmotu a vytváří plyn metan při absenci kyslíku.

5.1. Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace je rozklad organických látek bakteriemi bez přístupu kyslíku a za vzniku bioplynu. Využití pro odpadové produkty, fytomasu.

Fermentace má tyto fáze:

Hydrolýza

- změna polymerů na jednodušší organické látky, za přístupu kyslíku, nutnost vlhkosti nad 50%

Acidogeneze

- dochází k vytvoření anaerobního (bezokyslíkatého) prostředí. Hlavní podíl přeměny biomasy přebírají anaerobní organismy

Acetogeneze

- transformace vyšších organických kyselin na kyselinu octovou

Metanogeneze

- konečné stádium, metanogenní bakterie rozkládají kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý a hydrogení produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého. Metanogenní fáze je ze všech nejpomalejší, probíhá asi 5x pomaleji než předešlé fáze.

Anaerobní fermentací je možno zpracovávat biomasu o obsahu sušiny do 12 % tzv. metodou mokré fermentace, ale i biomasu s obsahem sušiny 20-60 % technologií suché fermentace.

Anaerobní procesy se rozdělují dle reakčních teplot vhodných pro mikroorganismy na procesy: psychrofilní (5-30°C), mezofilní (30-40°C), termofilní (45-60°C), extrémně termofilní (>60°C)

Fermentace se provádí ve vyhřívaných a míchaných nádržích jako kontinuální nebo semikontinuální proces. Ve fermentorech dochází k rozkladu až 70% organického materiálu.

Fermentací vzniká bioplyn skládající se z methanu (asi 55-70%) a oxidu uhličitého (25-45%). Chemické složení bioplynu je úzce závislé na fermentovaném. Obsahuje i další složky jako N₂, H₂S, NH₃, H₂O, ethan a nižší uhlovodíky v různých koncentracích.. Vedlejším produktem vzniká fermentační zbytek (digestát), který se využívá jako hnojivo.

5.1.1. Skladování bioplynu

Pro energetické využití bioplynu vzniká nutnost tento plyn v optimální míře skladovat. Nevýhodou bioplynu je jeho malá měrná hustota. Pro beztlakové nebo nízkotlaké skladování bioplynu je pak potřeba větších objemů bioplynových stanic, aby bylo zajištěno optimální rezervy. Pro výrobu elektrické energie je potřeba plynojemu jímajících až 50% denní produkce plynu, při nepřetržité výrobě elektřiny.

Bioplynové zásobníky lze rozdělit na:

Nízkotlaké zásobníky

- jedná se o nejrozšířenější typ zásobníků, mohou být kovové, avšak v současné době jsou často nahrazovány foliovými plynojemy, jež jsou investičně i realizačně výhodnější.

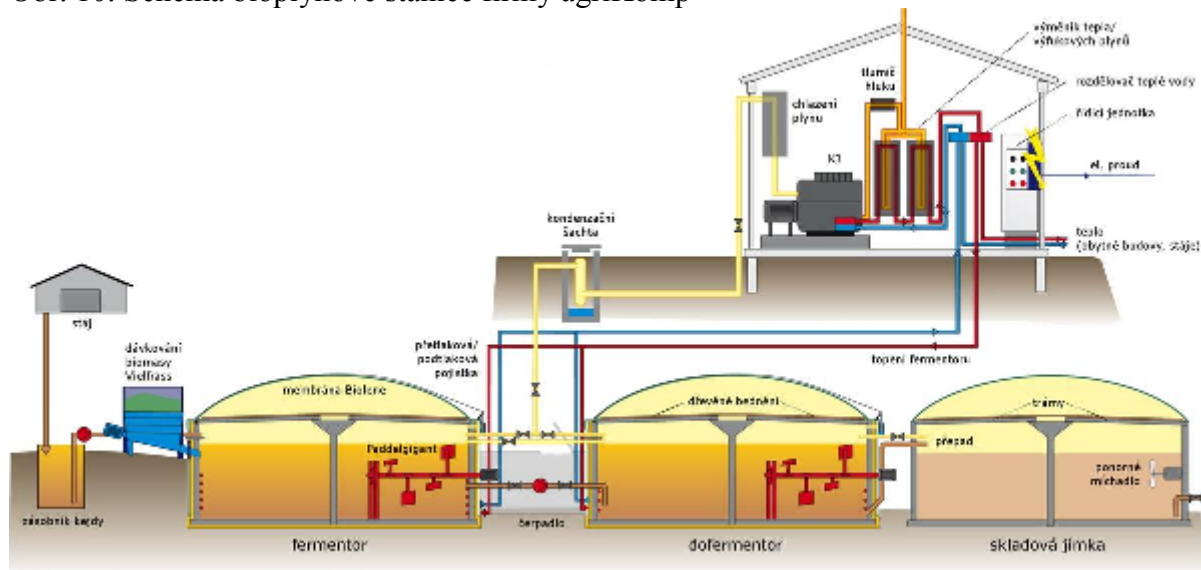
Středotlaké a vysokotlaké zásobníky

- zásobníky z oceli o jmenovitých tlacích 5-20 bar. Tyto zásobníky umožňují skladovat několikanásobně větší množství plynu. Avšak vyžadují regulaci tlaku a jsou investičně nákladnější. Z tohoto se v zemědělství příliš nevyskytují.

Plyn z fermentace obsahuje velké množství vodní páry a sirovodíku. Proto je nutné před jeho skladováním odstranit kondenzát a odsířit, aby se zabránilo vzniku koroze v armaturách a vlastním plynojemu.

Bioplyn může být použit v oblastech jako je výroba elektřiny a tepla, čištěný pro pohon dopravní techniky apod. Nejčastěji se v ČR využívá pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách. Vzorové schéma bioplynové stanice znázorňuje obr. (10).

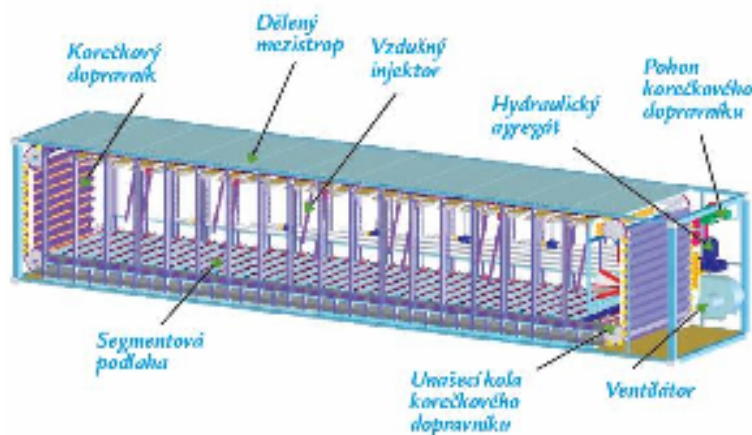
Obr. 10. Schéma bioplynové stanice firmy agriKomp



5.2. Aerobní fermentace

Tato technologie zpracování biomasy využívá jejího rozkladu aerobními bakteriemi. Zpracovávají s takto kaly, biologicky rozložitelné odpady, vedlejší živočišné produkty. Výsledkem procesu bývá kompost, který můžeme zpracovat jako energetickou surovinu či agrotechnicky. Princip zpracování znázorňuje obr. (11).

Obr. 11. Příklad aerobního fermentoru firmy Agroeco



5.3. Alkoholová fermentace

Jedná se o biochemický proces-kvašení, při kterém jsou sacharidy rostlinného původu přeměňovány na alkohol-ethanol a methanol za přítomnosti kvasinek. Nejčastěji se k tomuto účelu v Evropě využívá obilí, cukrová řepa a brambory. Ve světě převládá výroba bioethanolu z cukrové třtiny a kukuřice. Etanol vzniklý tímto kvašením se přimíchává jako ekologické palivo k fosilním pohonným hmotám. V České republice s tímto podílem:

- ve výši 3,5 % objemových z množství motorových benzinů
- ve výši 4,5 % objemových z množství motorové nafty

6. Fyzikálně-chemická přeměna

6.1. Esterifikace Bioolejů

Je proces extrakce oleje lisováním olejnatých plodin (řepková semínka) a následné působení katalyzátoru a vysoké teploty. Tímto procesem vzniká metylester řepkového oleje, označovaný jako bionafta první generace. Následným mícháním s motorovou naftou o obsahu minimálně 30 % metylesteru vzniká bionafta druhé generace.

7. Motorová Biopaliva

Zvyšováním podílu užívaných biopaliv v dopravě může přispívat k omezení závislosti na dovážené energii v podobě ropných produktů, ve snižování emisí CO₂, podpory zemědělství či faktem, že se jedná o obnovitelný zdroj energie. Avšak výroba biopaliv zabírá místo pěstování plodin k potravinářskému účelu.

7.1.1. Druhy alternativních biopaliv:

a) Bionafta

metylester rostlinných olejů, vzniká metylesterifikací. Jedná se o záměnu metanolu za glycerin v molekulách mastných kyselin. Vedlejším produktem tohoto procesu je glycerin. Vzniklé palivo má podobnou výhřevnost a vlastnosti jako nafta. Bionafta se dá vyrábět z řepky olejné, lněného či slunečnicového oleje. Bionafta má výborné samomazací schopnosti a je rychle odbouratelná. Bionafta se přimíchává k ropné v poměru 30 % / 70 %. Tato směs se pak tvoří bionaftu druhé generace.

b) Bioetanol

alkohol, vyrábí se z rostlinných i živočišných surovin s obsahem cukrů a škrobů. Samotný bioethanol představuje hodnotné motorové palivo.

c) Bioplyn

vyčištěný bioplyn do kvality zemního plynu může být využit pro pohon motorů

d) Biometanol

metanol vyrobený alkoholovou fermentací

e) Bio-MTBE, ETBE

palivo vyráběné na bázi biometanolu respektive bioetanolu

f) Biovodík

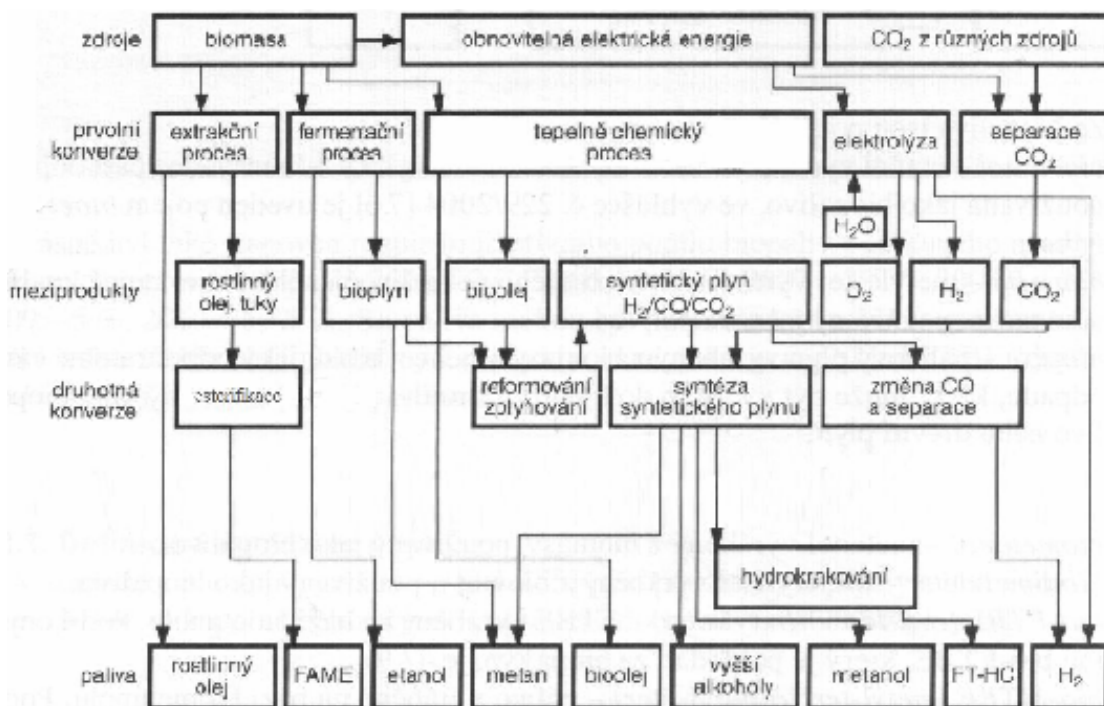
vodík získaný z biomasy

g) Rostlinný olej

olej vyrobený lisováním z olejových plodin

Způsoby přeměny biomasy na motorová biopaliva znázorňuje obrázek (12)

Obr. 12. Způsoby přeměny biomasy na motorová paliva [3]



8. Vlastnosti biopaliv

8.1. Výhřevnost pevných biopaliv

Výhřevnost paliva udává izobaricko-izotermické reakční teplo při dokonalém spálení 1kg paliva s kyslíkem, zmenšeném o výparné teplo kapaliny obsažené v palivu. Výhřevnost paliv je lineárně závislá na procentuálním obsahu vody. U suchého dřeva a stébelnatých plodin dosahuje výhřevnost až 19 MJ.kg^{-1} . V porovnání s některými ropnými produkty paliva jako je koks (29 MJ.kg^{-1}), petrolej (43 MJ.kg^{-1}) či mazut (42 MJ.kg^{-1}) jsou tyto hodnoty zhruba poloviční. Avšak biomasa v provozních podmínkách vždy obsahuje jistý podíl vody (od 10 %), který teoretickou výhřevnost značně snižuje. Skutečnou výhřevnost potom počítáme ze vzorce (13):

$$H_p = \frac{H_s \cdot (100 - w) - (r \cdot w)}{100} \quad (13)$$

H_s ...výhřevnost sušiny MJ.kg^{-1}

w ...procentuální obsah vody v palivu

r ...výparné teplo pro 1kg vody.

Dřevozpracující průmysl užívá vlhkost měrnou- u , založenou na podílu hmotnosti vody ku sušině, kdežto energetické pojetí vlhkosti uvažuje hmotnostní podíl vody ku hmotnosti vlhkého vzorku. Proto je v některých případech nutno použít přepočít (14).

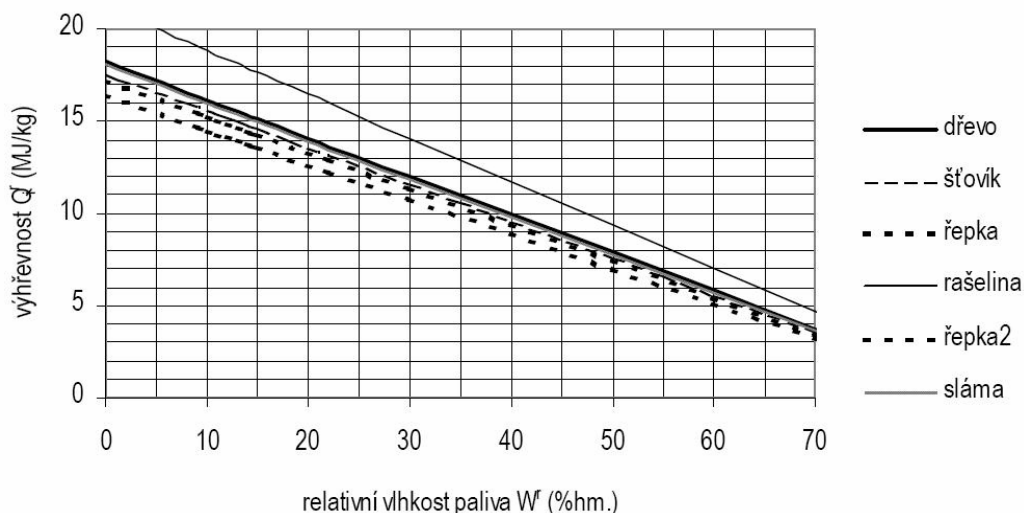
$$w = \frac{u}{u + 1} \quad (14)$$

u ... absolutní vlhkost

w ...relativní vlhkost

Vliv vlhkosti na výhřevnosti paliva znázorňuje graf. S touto vlhkostí je pak třeba počítat i při volbě procesu zpracování biomasy.

Obr. 15. Vliv relativní vlhkosti na výhřevnost paliva [5]



8.2. Výhřevnost bioplynu

Výhřevnost bioplynu je především určena obsahem metanu- CH_4 a pohybuje se v rozmezí 18-25 MJ.m^3 . Čištěný bioplyn či samotný metan má výhřevnost 35,8 MJ.m^3 . Objemová koncentrace metanu v bioplynu je určena především vlastnostmi biomasy. Pro některé druhy organických materiálů je přibližný obsah získaného metanu uveden v tabulce (15).

Tab. 15. Závislost obsahu metanu na původu bioplynu [2]

Bioplyn	Obsah CH_4 [obj. %]
Čištění odpadních vod	55-80
Stabilizace kalů	60-70
Agroodpady	55-75
Skládky	35-55

8.3. Popeloviny

Spalování biopaliv se vyznačuje nízkou produkcí popelovin. Složení a množství popelovin má vliv na životnost spalovacího zařízení a vlivem tohoto nízkého obsahu popelu v biopalivu je možno konstruovat méně složité soustavy pro odvod popelovin než u kotlů na klasická paliva. Důležitým faktorem pro provoz kotle na spalování biomasy jsou charakteristické teploty popelovin pro danou biomasu. V konstrukčním návrhu kotle by nemělo docházet ke spékání popelovin vlivem intenzivního plamene a růstu teploty nad teplotu měknutí. Nad touto teplotou se vytváří sklovitý, těžko odstranitelný povlak, zejména se tak děje při spalování stébelnatých rostlin. K zamezení tohoto jevu je možno například zvětšit spalovací komoru či zajistit dostatečný přebytek vzduchu.

9. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla z biomasy

Společná výroba elektřiny a tepla v moderních kogeneračních jednotkách představuje účinný způsob využití energie. Princip kogenerace spočívá ve využití tepla, které by při samostatné výrobě elektřiny bylo bez užitku odvedeno chladicí soustavou. Použití biomasy jako energetického zdroje má nejvyšší potenciál u malých a středních výkonů. U vyšších výkonů je užití biomasy podmíněno spoluspalováním fosilních paliv kvůli vysokým nárokům na místní zdroje biomasy.

Obr. 13. Parametry jednotlivých typů kombinované výroby elektřiny a tepla. [8]

Typ teplárny	Podíl výroby elektřiny a tepla Q_{el}/Q_t	Elektrická účinnost	Tepelná účinnost	Celková účinnost	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	60-68	72-80	0,15-100
Se spalovacími motory	0,7-1	32-41	44-53	82-90	0,1-10
Se spalovacími turbínami	0,5-0,8	23-38	36-50	68-85	2-100
Paroplyn	0,5-1,5	35-44	32-50	78-87	5-200+

Dodatek k tab.13:

Elektrická účinnost:

$$\eta_t^{el} = \frac{P_{el}}{Q_{priv}}$$

Q_{priv} ...přivedené teplo

Q_{dod} ...dodané teplo

P_{el} ...elektrický výkon

Tepelná účinnost:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_{priv}}{Q_{odv}}$$

Celková účinnost:

$$\eta_C^T = \frac{P_{el} + Q_{DOD}}{Q_{při}}$$

9.1. KVET s parní turbínou

Klasický parní cyklus je nečastějším způsobem získávání tepla z biomasy. Za zdroj páry jsou užity kotle na pevnou biomasu či spoluspalující fosilní paliva a biomasu. Biomasa může být využita třemi způsoby. Spalováním biomasy v kotlích s připojenou parní turbínou, spoluspalováním s fosilními palivy, nebo paralelním spalováním. U systémů kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET) do výkonů v řádu jednotek MW je používáno jednostupňových protitlakých turbín napojených na generátor či vysokootáčkových radiálních turbín s integrovanou převodovkou.

9.2. KVET s parním strojem

Při menších výkonech 10-300 kW je možné místo parní turbíny užití parního stroje. Jedná se rychloběžné pístové stroje. Výhoda parního stroje spočívá v jeho vysoké životnosti. Použití je

vhodné v oblastech, kde by se instalace parní turbíny nevyplatila. Parní stroj má v těchto výkonových parametrech lepší termodynamickou účinnost jak turbína.

9.3. Kvet s plynovými motory

Je nejrozšířenějším způsobem pro spalování plyných produktů konverze biomasy s výkonovou řadou od desítek kW po MW.

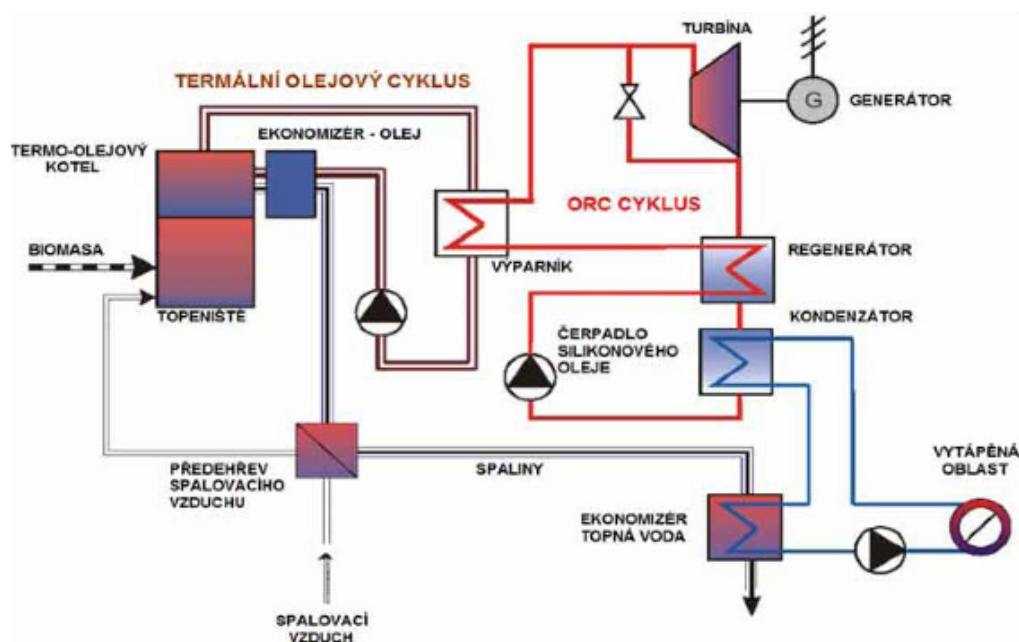
9.4. Kvet se spalovací turbínou

Spalování plyných produktů.

9.5. Kvet s organickým Rankinovým cyklem

Místo páry jako pracovní látky využívá směs organických sloučenin vhodných k použití v tepelném oběhu. Olej ohřátý v kotli slouží jako teponosná látka, jež předává teplo v tepelném výměníku pracovní látce v uzavřeném sekundárním okruhu. Ta se vypařuje a je odváděna do axiální parní turbíny, kde expanduje a pohání turbínu napojenou na generátor elektrické energie. Výkony těchto jednotek bývají od stovek kW po MW.

Obr. 14. Kvet s organickým Rankinovým cyklem [2]

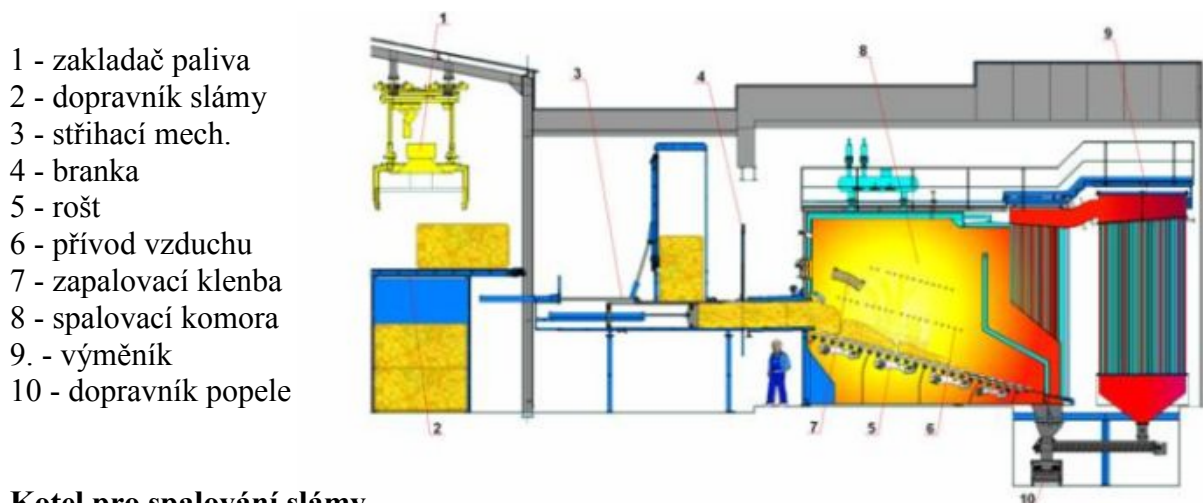


10. Ilustrační příklad využití biomasy

Řada měst se snaží řešit svoji problematiku centrálního vytápění či výroby teplé užitkové vody výstavbou nových nebo nahrazování starých výtopen kogeneračními jednotkami spalujícími alternativní paliva. Instalace doplňkového kotle na biomasu snižuje v místě výroby emisní limity, nebo v případě výroby energie z plynových kotlů odstraňuje závislost na této strategické surovině, jež ČR ve větší míře dováží.

Takovýmto příkladem může být třeba zásobování částí města Třebíče teplem. Vzorovým příkladem může být kotel pro spalování obilné a řepkové slámy. Tento kotel je znázorňuje obr. (13).

Obr.13.Kotel Vesko-S pro spalování balíků slámy firmy TTS



Kotel pro spalování slámy

Kotel o jmenovitém tepelném výkonu 5 MW spaluje obilnou či řepkovou slámu ve formě lisovaných balíků s rozměry 1,2x1,2x1.5 m a hmotností až 350 kg na kus.

Parametry slámy:

Minimální výhřevnost sušiny: 17,2 MJ kg⁻¹

Maximální vlhkost w=17 %

Popelnatost 5,3 %

Parametry kotle:

Účinnost při jmenovitém výkonu: $\eta=87\%$

Výstupní teplota spalín 150°C

Vodní obsah kotle 23,5 m³

Výstupní teplota vody max. 190°C

Výhřevnost vlhké biomasy (15)

$$H_p = \frac{H_s \cdot (100 - w) - (r \cdot w)}{100} = \frac{17,2 \cdot (100 - 17) - (2,44 \cdot 17)}{100} = 13,9 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (15)$$

Hodinová spotřeba paliva (15):

$$s_h = \frac{P}{\eta \cdot H_p} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 3600}{0,87 \cdot 13,9 \cdot 10^6} = 1488 \text{ kg} \cdot \text{hod}^{-1} \quad (16)$$

Roční spotřeba (16):

$$s_r = S \cdot 24 \cdot 365 = 1,488 \cdot 24 \cdot 365 = 13035 \text{ tun} \quad (17)$$

Roční výnos pěstování slámy z hektaru činí: 5 t.ha⁻¹

Rozloha zemědělské půdy pro pokrytí ročního provozu kotle:

$$S = \frac{s_r}{v} = \frac{13035}{5} = 2607 \text{ ha} = 126,1 \text{ km}^2 \quad (18)$$

11. Význam biomasy jako energetického zdroje ČR

Získávání energie z biomasy má v ČR dlouhodobě výhodnou pozici vzhledem k ostatním alternativním zdrojům. Česká republika se v přístupovém jednání k členství v Evropské unii zavázala zvýšit podíl výroby energie z obnovitelných zdrojů na 8 % do roku 2010. Tuto skutečnost posléze převzala státní energetická koncepce z roku 2004. Avšak vlivem pozdního zavádění podpor pro výrobu energií z alternativních zdrojů a řadou administrativních překážek se nepředpokládá dosažení této hranice v roce 2010. Podíl spotřeby energie z obnovitelných zdrojů činil v roce 2007 jen 4.7 %. Z hlediska současné výrobní kapacity zaujímá biomasa druhé místo za výrobou z vodních elektráren. Teoretický potenciál biomasy v ČR je odhadován na 700 PJ avšak jedná se orientační hodnotu, jež zahrnuje veškerou biomasu v ČR. Reálnější odhad nabízí tabulka ročního dostupného potenciálu biomasy (19). Tuto biomasu je možno energeticky využít jak pro výrobu elektřiny a tepla tak i biopaliv. Dle nezávislé energetické komise, jež posuzovala dlouhodobý výhled využití energie z biomasy, je tento jejich výhled znázorněn v tabulce (20).

Tab. 19. Roční dostupný potenciál biomasy v ČR [7]

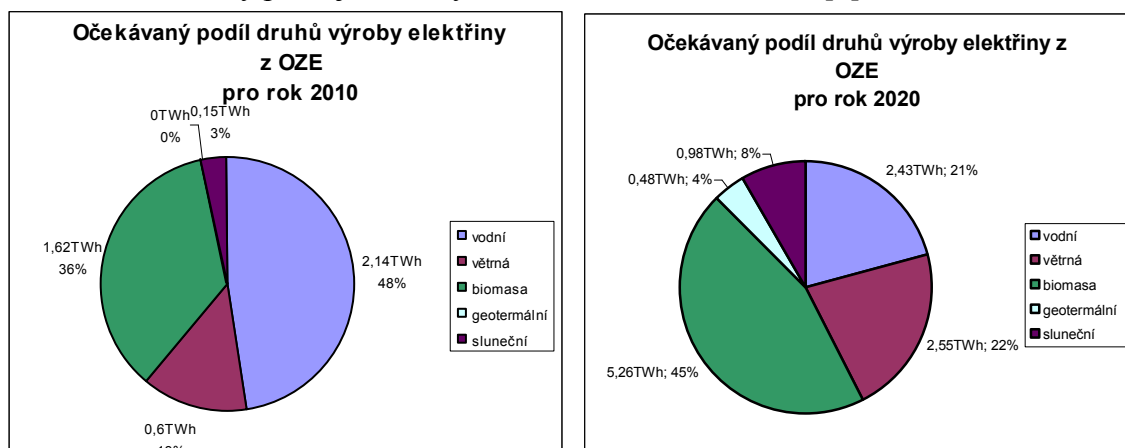
Druh biomasy	Energetický potenciál [PJ]
lesní	50
zemědělská	194
zbytková	32
celkem	276

Tab. 20. Dlouhodobý výhled využití energie z biomasy [7]

období	2007	2010	2020	2030	2040	2050
PJ	82	108	214	246	263	276

Vzhledem k současnému trendu zvýšení podílu OZE lze očekávat i rozvoj výroby energie z biomasy. Tato by mohla mít významnější podíl mezi obnovitelnými zdroji, jež uvádí výhledové grafy (21). Avšak i kdyby se podařilo významným způsobem navýšit výrobu energie z biomasy, tato nenahradí konvenční výrobu. Pro představu JE Dukovany vyrobí ročně kolem 13-14 TWh elektrické energie.

Obr. 21. Očekávaný podíl jednotlivých OZE v roce 2010, 2020 [7]



12. Závěr

Biomasa představuje významný druh obnovitelné energie. V současné době, zaměřené na rozvoji ochrany životního prostředí a podpory trvale udržitelného rozvoje, se dá očekávat dlouhodobý rozvoj využívání biomasy jako energetického zdroje. Tato se nejvíce uplatní lokálně v zařízeních s menším a středním výkonem, jež částečně eliminují vysokou náročnost na místní produkci organické hmoty. Dopravu biomasy z větších vzdáleností znevýhodňuje její nízká objemová hustota. Avšak rozvoj využití biomasy zmenšuje závislost na strategických fosilních palivech a umožňuje smysluplné využití ladem ležící zemědělské půdy či zpracování biologických odpadů.

Článek I. A - Seznam použitých zdrojů:

- [1] ANDERT, David; Sladký, Václav; Abraham, Zdeněk. *Energetické využití pevné biomasy*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2006. 59s. ISBN 80-86884-19-8.
- [2] JAKUBES, Jaroslav; Bellingová, Helena; Šváb, Michal. *Moderní využití biomasy*. Česká energetická agentura, 2006.
- [3] KÁRA, Jaroslav; Pastorek, Zdeněk; Jevič, Petr. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. 288s. ISBN 80-86534-06-5.
- [4] KUBÍČEK, Jiří. *Vlastnosti biopaliv k jejich spalování a zplynování*. In Energie z biomasy-seminář. Brno 2003.
- [5] MOTLÍK, Jan. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění*. Praha: ČEZ a.s., 2007.
- [6] OCHOTEK, Tadeáš. *Přehled technologií pro energetické využití biomas*. In Biomasa jako zdroj energie-seminář, Ostravice 2006
- [7] PAČES, Václav. *Zpráva nezávislé odborné komise pro posouzení energetických potřeb České republiky v dlouhodobém časovém horizontu*. Praha, 2008.
- [8] VARGOVČÍK, Vladimír. *Energetické využití biomasy*. In Energie z biomasy-seminář, Brno, 2003.
- [9] I-Ekis: *Internetové energetické konzultační a informační středisko ČEA* [online]. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla [cit. 18. května 2009], dostupné z <<http://www.i-ekis.cz/?page=kogenerace>>.

Článek II. Seznam použitých zkratk a symbolů

Seznam použitých zkratk	
ETBE	Etyl-tercio-butyl-éter
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
MTBE	Metyl-tercio-butyl-éter
OZE	Obnovitelné zdroje energie
Seznam použitých symbolů	
H_s	Výhřevnost sušiny
P_{el}	Elektrický výkon
Q_{dod}	Dodané teplo
Q_{priv}	Přivedené teplo
Q_{vz}	Teoretické množství suchého vzduchu
r	Měrné výparné teplo
s_h	Hodinová spotřeba paliva
s_r	Roční spotřeba paliva
u	Absolutní vlhkost
v	Výnos z hektaru
w	Relativní vlhkost

Článek III. Seznam volných příloh

Licenční smlouva

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy