

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

Využití bioplynu ve spojení s kogenerací

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

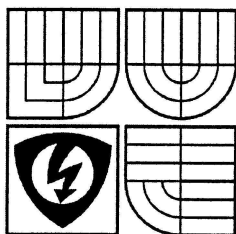
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN FOJTÍK

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Fojtík Martin

Ročník: 3

ID: 54255

Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Využití bioplynu ve spojení s kogenerací

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. bioplynový proces - vznik bioplynu, výroba a kvalita
2. bioplynové technologie, skladování bioplynu
3. kogenerace - princip
4. spojení kogenerační jednotky s bioplynovou stanicí - výhody a nevýhody spolupráce
5. energetické hodnocení provozu bioplynové kogenerace

DOPORUČENÁ LITERATURA:

dle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 17.12.2007

Termín odevzdání: 4.6.2008

Vedoucí projektu: Ing. Petr Mastný, Ph.D.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Martin Fojtík
Bytem: Koniklecová 8, 63400 Brno
Narozen/a (datum a místo): 18.6.1983 v Ivančicích
(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,
se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno,
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- ☐ disertační práce
 - ☐ diplomová práce
 - ☒ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:	Využití bioplynu ve spojení s kogenerací
Vedoucí/ školitel VŠKP:	Ing. Petr Mastný, Ph.D.
Ústav:	Ústav elektroenergetiky
Datum obhajoby VŠKP:	16.6.2008

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- | | | |
|----------------------|---|------------------------|
| ■ tištěné formě | – | počet exemplářů1 |
| ■ elektronické formě | – | počet exemplářů1 |

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Bibliografická citace práce:

FOJTÍK, M. Využití bioplynu ve spojení s kogenerací. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2008, 50 stran.

Prohlašuji, že jsem svou **bakalářskou práci** vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Mastnému, Ph.D. za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

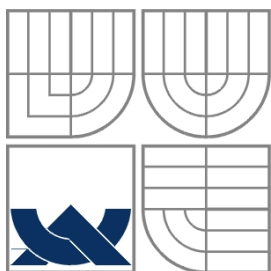
Využití bioplynu ve spojení s kogenerací

Martin Fojtík

vedoucí: Ing. Petr Mastný, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2008

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Bachelor's Thesis

Utilization biogas for combined heat and power

by

Martin Fojtík

Supervisor: Ing. Petr Mastný, Ph.D.

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na řešení aktuální problematiky využívání biologických odpadů s použitím kogenerace. Úkolem je navrhnout a zhodnotit provoz kogeneračního systému spolupracujícího s bioplynovou stanicí. První část je věnována vzniku bioplynu a biomase vhodné pro výrobu bioplynu a dále také bioplynové technologii. Principem kogenerace a komparací jednotlivých primárních jednotek se zabývá část druhá. V závěrečné části je zhodnocen provoz bioplynové kogenerace.

KLÍČOVÁ SLOVA: bioplyn, kogenerace, alternativní zdroj,

ABSTRACT

This bachelor's thesis is specialized on the solution of actual problems dealing with the exploitation of biological wastes usány combined heat and power. The task is to suggest and valorize the running of combined heat and power system cooperating with a bio-gas station. The first part is devoted to the rise of biogas and biomass which is fit for the production of biogas, further also to the biogas technology. The second part of of this work deals with the principle of combined heat and power, as well as with the comparison of single prime units. The running of biogas combined heat and power is reviewed in the final part.

KEY WORDS: biogas, combined heat and power, Non-conventional energy sources

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	13
SEZNAM TABULEK	14
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	15
1 ÚVOD	16
2 CÍLE A METODY	17
3 BIOPLYNOVÝ PROCES.....	18
3.1 VZNIK BIOPLYNU.....	18
3.1.1 HYDROLÝZA (HYDROLYSIS).....	18
3.1.2 ACIDOGENEZE (ACIDOGENESIS).....	18
3.1.3 ACETOGENEZE (ACETOGENESIS).....	18
3.1.4 METANOGENEZE (METHANOGENESIS)	18
3.2 VÝROBA	20
3.2.1 ZDROJE BIOMASY PRO VÝROBU BIOPLYNU.....	20
3.2.2 TEPLOTA SUBSTRÁTU	21
3.2.3 DOBA KONTAKTU	22
3.2.4 OPTIMÁLNÍ OBSAH SUŠINY	22
3.2.5 OPTIMÁLNÍ PH VSTUPNÍCH SUROVIN.....	22
3.2.6 POMĚR OBSAHU UHLÍKU A DUSÍKU (C: N).....	23
3.3 KVALITA	23
3.3.1 BIOPLYN SLOŽENÍ	24
3.3.2 SUŠENÍ BIOPLYNU	24
3.3.3 ČIŠTĚNÍ BIOPLYNU	24
4 BIOPLYNOVÁ TECHNOLOGIE	25
4.1 ROZDĚLENÍ BIOPLYNOVÝCH TECHNOLOGIÍ	26
4.1.1 PODLE ZPŮSOBU PLNĚNÍ	26
4.1.2 PODLE POČTU STUPŇŮ	27
4.1.3 PODLE KONZISTENCE SUBSTRÁTU	27
4.2 REAKTOR.....	27
4.2.1 HORIZONTÁLNÍ PRŮTOČNÝ REAKTOR (DARMSTADT SYSTÉM).....	28
4.2.2 VERTIKÁLNÍ REAKTORY	28
4.3 SKLADOVÁNÍ BIOPLYNU	29
5 KOGENERACE (CHP – COMBINED HEAT AND POWER).....	31
5.1 PRINCIP	31
5.2 ENERGETICKÉ MOŽNOSTI KOGENERACE	32
6 KOGENERAČNÍ TECHNOLOGIE.....	34
6.1 ROZDĚLENÍ KOGENERAČNÍCH TECHNOLOGIÍ	34
6.1.1 PODLE ZPŮSOBU PŘEMĚNY	34
6.1.2 ZAŘÍZENÍ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY	34
6.2 PÍSTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY	35

6.3 MIKROTURBÍNY	36
6.4 STIRLINGŮV MOTOR (STM POWER).....	37
6.4.1 VÝHODY STIRLINGOVA MOTORU OPROTI KLASICKÝM SPALOVACÍM MOTORŮM:.....	38
6.4.2 NEVÝHODY STIRLINGOVA MOTORU OPROTI KLASICKÝM SPALOVACÍM MOTORŮM:	38
6.5 PARNÍ ČLÁNEK (STEAMCELL)	39
6.6 PALIVOVÉ ČLÁNKY, HYBRIDNÍ SYSTÉMY (FC + PLYNOVÁ TURBÍNA).....	39
6.6.1 PODLE PROVOZNÍ TEPLoty SE PALIVOVÉ ČLÁNKY DĚLÍ NA:.....	40
6.6.2 PODLE TYPu ELEKTROLYTU SE PALIVOVÉ ČLÁNKY DĚLÍ NA ČLÁNKY S:.....	40
7 PROVOZ BIOPLYNOVÉ KOGENERACE	41
7.1 PROVOZNÍ PARAMETRY	41
7.1.1 VÝNOS BIOPLYNU	41
7.1.2 ELEKTRICKÝ A TEPELNÝ VÝKON.....	42
7.2 EKONOMICKÉ PARAMETRY	45
7.3 ŘÍZENÍ PROVOZU BPS	48
8 ZÁVĚR.....	49
POUŽITÁ LITERATURA	50
PŘÍLOHA A LEGISLATIVA VZTAHUJÍCÍ SE K PROVOZU BPS	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3–1 Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace [3]	19
Obr. 3–2 Metanogení bakterie	19
Obr. 3–3 Specifický výtěžek plynu při termofilním teplotním rozmezí v závislosti na druhu substrátu (slepičí trus, prasečí a hovězí Kejda a tuhý hnůj) a době kontaktu [1].....	21
Obr. 3–4 Vliv teploty vyhnívacího procesu a doby kontaktu na množství a složení vyrobeného plynu [1]	21
Obr. 4–1 Schématicky přehled bioplynových technologií [1]	25
Obr. 4–2 Schéma moderní bioplynové technologie.....	25
Obr. 4–3 Metody plnění fermentoru [1]	26
Obr. 4–4 Typy fermentorů [1]	27
Obr. 4–5 Horizontální průtočný reaktor [15]	28
Obr. 4–6 Horizontální průtočný reaktor [15]	29
Obr. 5–1 Porovnání účinnosti výroby energie [12]	31
Obr. 6–1 Pístový spalovací motor Tedom	35
Obr. 6–2 Uspořádání kogenerační jednotky s pístovým motorem [16]	36
Obr. 6–3 Mikroturbína [7]	36
Obr. 6–4 Mikroturbíny capstone	37
Obr. 6–5 Stirlingův motor [8]	38
Obr. 6–6 Parní článek	39
Obr. 6–7 Palivový článek	39
Obr. 7–1 Schéma toku energie	41
Obr. 7–2 Měrná produkce bioplynu z čerstvého materiálu [11]	41

SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1 Závislost produkce bioplynu na sušině vstupní suroviny.....	22
Tab. 3-2 Poměr obsahu uhlíku a dusíku v některých materiálech [11]	23
Tab. 3-3 Chemické a fyzikální vlastnosti bioplynu [10].....	24
Tab. 4–1 Typické provedení, velikosti a tlakové stupně plynojemů BPS [1]	30
Tab. 7–1 Měrná produkce bioplynu z čerstvého materiálu.....	42
Tab. 7-2 Provedení KJ tedom s pístovým spalovacím motorem.....	43
Tab. 7-3 Provedení KJ tedom s pístovým spalovacím motorem.....	43
Tab. 7-4 Vhodné jednotky pro kogenerací bioplynu [17]	44
Tab. 7-5 Investiční náklady na 1kW [17]	44
Tab. 7–6 Výkupní ceny a zelené bonusy pro spalování bioplynu[1].....	45
Tab. 7–7 Náklady bioplynové stanice.....	47
Tab. 7-8 Návratnost vložených investic.....	47

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

POUŽITÉ SYMBOLY

P_E	elektrický výkon
P_T	tepelný výkon
σ	modul teplárenské výroby
η_E	elektrická účinnost
η_T	tepelná účinnost
η_C	celková účinnost

POUŽITÉ ZKRATKY

OZE	Obnovitelný zdroj energie
BPS	Bioplynová stanice
KVET	Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie
KJ	Kogenerační jednotka
KS	Kogenerační systém
PJ	Primární jednotka
CHP	COMBINED HEAT AND POWER
SM	Spalovací motor
MT	Mikroturbína
STM	Stirlingův motor
PC	palivový článek
EU	Evropská unie
ČR	Česká republika

1 ÚVOD

Bioplyn obsahující metan je cenný produkt anaerobního vyhnívání, který může být zužitkovatelný v produkci obnovitelné energie. OZE v posledním období začínají tvořit v mnoha zemích poměrně významnou část primárních energetických zdrojů. Cílem Evropské unie (EU) je do roku 2010 pokrýt z obnovitelných zdrojů 12 % primární energetické bilance. Vzhledem k zdrojům biomasy, možnostem uplatnění produkce i zahraničním zkušenostem se jeví jako ideální spojení energetického i materiálového využívání biomasy. Anaerobní fermentace biomasy je dynamicky se rozvíjející technologie, při které dochází k přeměně surové organické hmoty na biologicky stabilizovaný substrát a bioplyn. Bioplynové stanice řeší zpracování a likvidaci bioodpadu. Vyprodukovaný bioplyn se zpracovává v kogenerační jednotce.

Kogenerační výroba je kombinovaná výroba elektrické energie a tepla. Principem kogenerace je využít teplo, které jinak při výrobě elektřiny odchází bez užitku. Kogenerační jednotku tvoří generátor na výrobu elektřiny, poháněný nejčastěji spalovacím motorem. Základní podmínkou pro použití kogenerace je tedy možnost využití tepla. Tím se výrazně zvýší energetická účinnost celého zařízení. Účinnost výroby elektřiny se u těchto zařízení pohybuje mezi 20 – 35%, tepelná účinnost mezi 50 – 60%. Celková účinnost dosahuje až 90%. Na rozdíl od výroby elektřiny ve velkých elektrárnách se využije necelých 30% energie obsažené v palivu, zbytek se bez užitku odvádí do vzduchu chladicími věžemi.

Na problematiku využití bioplynu ve spojení s kogenerací, která nabývá na významu v souvislosti s rozvojem energetiky v spojitosti s využíváním obnovitelných zdrojů energie, se zaměřuje bakalářská práce.

2 CÍLE A METODY

Cílem práce je zhodnotit provoz a výhody kogeneračních jednotek ve spolupráci s bioplynovou technologií. Zaměřuje se na bioplynovou technologii a vhodnosti použití kogenerační jednotky.

Práce je členěna do několika kapitol. V úvodu své práce popíši bioplynový proces, vhodnou biomasu pro výrobu bioplynu a parametry fermentačního procesu. V následující kapitole se zaměřím na klasifikaci bioplynových technologií, a popis relevantních typů reaktorů a skladování bioplynu. Samostatnou kapitolu věnuji principu kogenerace a energetickým možnostem kombinované výroby elektrické a tepelné energie.

Dále se budu věnovat jednotlivým typům primárních jednotek, jejich komparaci a posouzení výhod a nevýhod jejich nasazení. Závěrečnou kapitolu zaměřím na provoz bioplynové kogenerace, v této části také provedu její energetické a ekonomické posouzení.

Při psaní této práce budu vycházet z platné legislativy, která upravuje nakládání s biomasou pro bioplynový proces, dále z právní úpravy výroby elektřiny a tepla. Dále budu čerpat informace z technické dokumentace kogeneračních jednotek, z internetu, z odborné literatury a článků.

V této práci použiji při vymezení využití bioplynu ve spojení s kogenerací a s ní související spolupráce metodu deskripce. Budu analyzovat dostupné odborné publikace a technickou dokumentaci zabývající se danou problematikou. Při vymezení výhod a nevýhod nasazení kogeneračních jednotek použiji metodu indukce, v práci dále použiji také syntézu získaných poznatků.

3 BIOPLYNOVÝ PROCES

Bioplyn je plyn produkovaný během anaerobního vyhnívání organických materiálů. Skládá se zejména z metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2).

Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada dalších procesních a materiálových parametrů, například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, číslo pH neboli kyselost materiálu, anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd.

3.1 Vznik bioplynu

Anaerobní fermentace je proces přeměny látek za přítomnosti bakterií, především octových kyselinotvorných bakterií (acetogens) a metanotvorných bakterií (methanogens). K vyhnívání dochází bez přístupu vzduchu a ve vlhkém prostředí. Proces probíhá při teplotách od 0°C do 70°C a na rozdíl od jiných procesů nevzniká při anaerobním vyhnívání teplo, ale vyvíjí se hořlavý plyn – metan. Současně s ním se vytváří oxid uhličitý a voda.

Tento proces vzniku bioplynu lze rozdělit do čtyř částí (Sam-Soon et al., 1987).

3.1.1 Hydrolýza (Hydrolysis)

Je první důležitá fáze, na které závisí další procesy vzniku bioplynu. V této fázi dochází k rozkladu složitých vazeb (polysacharidy, lipidy, proteiny) na vazby jednodušší, rozpustné ve vodě. Tato fáze začíná v době, kdy je v prostředí vzdušný kyslík a dostatečná vlhkost přesahující 50 % hmotnostního podílu. V této fázi mikroorganismy ještě nevyžadují prostředí neobsahující kyslík. Tento stupeň je intenzivní u technologií tzv. mokrých, které zpracovávají vstupní látky v tekuté formě (s obsahem sušiny do 14%) a méně intenzivní až nedostatečný u tzv. suchých technologií, zpracovaných vstupních látek v tuhém stavu (obsah sušiny kolem max. 65%). [4]

3.1.2 Acidogeneze (Acidogenesis)

Ve druhém stupni dochází k odstranění zbytků vzdušného kyslíku a vytvoření anaerobního prostředí. Rozpuštěné látky se dále rozkládají na ještě jednodušší organické látky, které známe pod pojmy kyseliny, alkoholy, CO_2 a H_2 . Produkce těchto látek je závislá na složení vstupní organické hmoty, a proto se mimo jiné liší produkce bioplynu z různých materiálů. Tuto přeměnu provádějí fakultativní anaerobní mikroorganismy schopné aktivace v obou prostředích. [4]

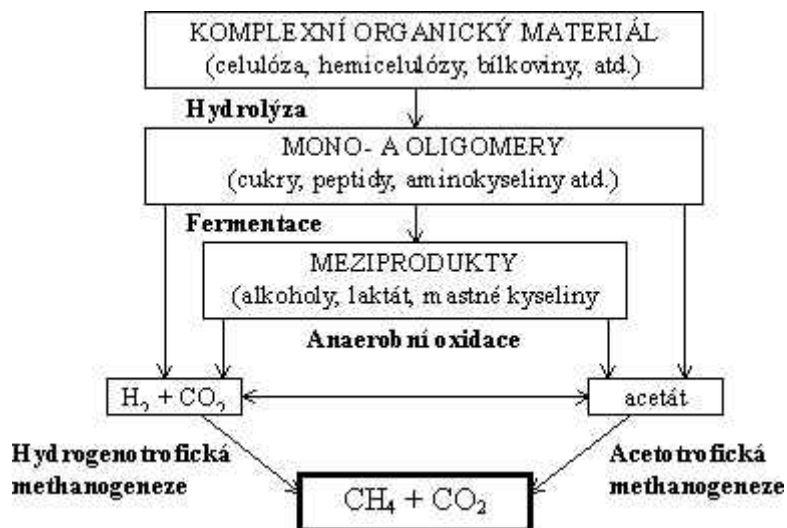
3.1.3 Acetogeneze (Acetogenesis)

Je další stupeň zjednodušení produktů předchozích stupňů až na kyselinu octovou, CO_2 a H_2 . V této fázi jsou přítomny i další mikrobiální činnosti, které jsou nezbytné pro udržení správného množství vodíku, ale z pohledu množství bioplynu jsou minoritní. Za zmínku snad stojí jen bakterie, které tvoří sloučeniny síry a vodíku, tzv. sirovodík, který poté omezuje možnosti využití bioplynu a činí z něj zapáchající až nebezpečný plyn. [4]

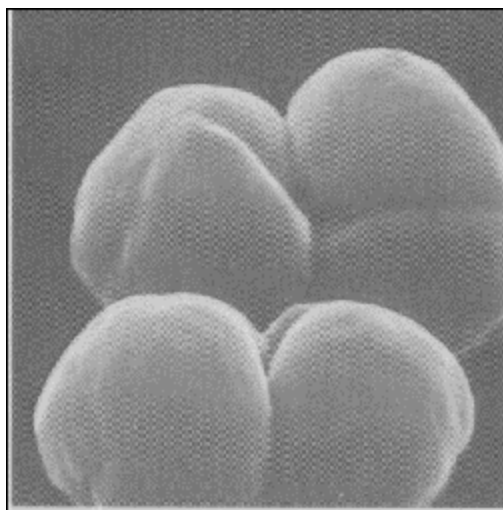
3.1.4 Metanogeneze (Methanogenesis)

V poslední fázi metanogéní acetotrofní bakterie rozkládají hlavně kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý, hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého. Všechny stupně jsou navzájem propojeny vstupy a výstupy, a proto nesprávná funkce jednoho stupně zapříčiní rozhození i stupně následujícího. Poslední stupeň probíhá nejpomaleji, a tak často dochází k zahlcení tohoto stupně produkty stupňů předchozích. Tato změna se pozná na

složení plynu či na změně pH a jde často o předávkování reaktoru organickou sušinou. Dojde k zahlcení reaktoru. Vznik bioplynu však ovlivňuje mnoho dalších faktorů. Mezi nejdůležitější patří průběh a stav pH, teplota substrátu (neměla by se měnit v řádech stupňů), doba zdržení v reaktoru, zatížení reaktoru, míchání a složení vstupního materiálu.

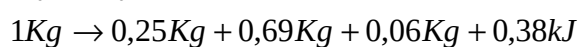
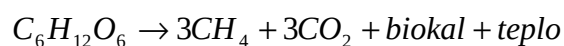


Obr. 3–1 Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace [3]



Obr. 3–2 Metanogení bakterie

Anaerobní proces



3.2 Výroba

3.2.1 Zdroje biomasy pro výrobu bioplynu

Zdroje biomasy pro výrobu bioplynu lze rozdělit na dvě skupiny záměrně pěstovanou a odpadovou.

Záměrně pěstované biomasy jsou:

- energetické plodiny (šťovík, tritikale, čirok, chrastice rákosovitá, křídlatka, vrby, topoly, olše, akáty a podobně),
- travní senáž,
- olejnin (např. řepka olejna),
- cukrovka, obilí, brambory, kukuřice.

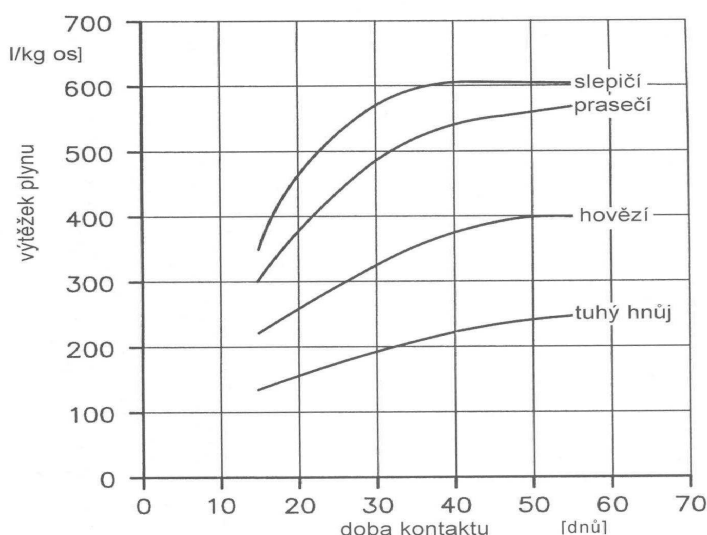
Biomasa odpadní:

- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (sláma kukuřice a obilovin, řepková sláma, zbytky z lučních areálů, zbytky po likvidaci náletových dřevin a odpady ze sadů a vinic),
- odpady z živočišné výroby (exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady z mléčnic a přidružených zpracovatelských kapacit),
- biologicky rozložitelné komunální odpady (separovaný sběrový papír, kuchyňské odpady, organické zbytky z údržby zeleně a podobně),
- organické odpady z průmyslových a potravinářských výrob (odpady z provozů na zpracování a skladování produktů rostlinné výroby, jateční a mlékárenské odpady, odpady z lihovarů a konzerváren, vinařských a dřevařských provozoven),
- lesní odpady je pro BPS méně vhodná (dřevní hmota z probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, klestí, odřezky atd.). [6]

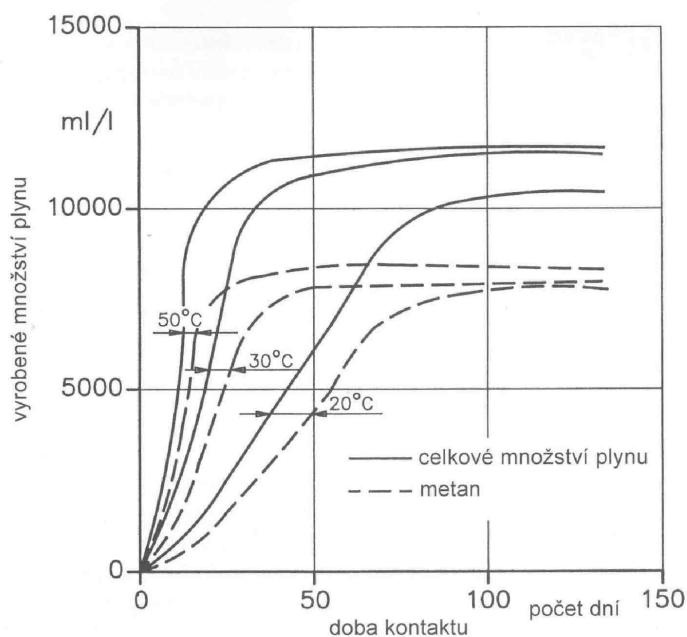
Produkce biomasy a biosurovin v hodnoceném území musí být posuzována na základě potenciálních dodavatelů.

3.2.2 Teplota substrátu

Z hlediska reakčních teplot rozdělujeme anaerobní procesy, podle optimální teploty pro mikroorganismy na psychrofilní (5-30°C), mezofilní (30-40°C), termofilní (45-60°C) a extrémně termofilní (nad 60°C). Výhodou procesů prováděných za vyšších teplot je hlavně vyšší účinnost hygienizace materiálu. Nejběžnější aplikací jsou zatím procesy mezofilní při teplotě cca 38°C.



Obr. 3-3 Specifický výtěžek plynu při termofilním teplotním rozmezí v závislosti na druhu substrátu (slepičí trus, prasečí a hovězí Kejda a tuhý hnůj) a době kontaktu [1]



Obr. 3-4 Vliv teploty vyhnívacího procesu a doby kontaktu na množství a složení vyrobeného plynu [1]

3.2.3 Doba kontaktu

Krátké doby kontaktu přinášejí vysoký plynový výkon, neboť dochází především k rozkladu snadno rozložitelných živin, ty jsou však na druhé straně s nízkým výkonem plynu a nízkým stupněm rozkladu. Při dlouhých dobách kontaktu klesá plynový výkon, zatímco výnos plynu a stupeň rozkladu se zvyšuje.

3.2.4 Optimální obsah sušiny

Pro zpracování pevných odpadů je 22 – 25 %, v případě tekutých odpadů 8 – 14 %. Tekuté odpady s obsahem sušiny menším než 3 % jsou zpracovávány anaerobní fermentací s negativní energetickou bilancí (proces je udržován na požadované provozní teplotě za předpokladu dodávky doplňkového tepla z externího zdroje). Pozitivní energetická bilance je dosahována zpravidla až při sušině tekutých odpadů vyšší než 3 – 5 %. Horní hranici optimálního obsahu sušiny tekutého odpadu tvoří vždy mez čerpatelnosti materiálu. Absolutní hranice obsahu sušiny, při které ještě probíhá anaerobní fermentace, je 50 %. Heterogenní vlhkostní pole v pevném organickém materiálu způsobuje, že v praktickém provozu je metanogeneze tlumena postupně a nikoliv rázově. [11]

Sušina (%)	Produkce BP	Potřeba BP pro ohřev		průměr rok	Průměrný přebytek BP	
		zima	léto		m ³ /den	m ³ /rok
3	10,8	9,5	6	7,8	3	1095
4	14,4	9,2	5,8	7,5	6,9	2518
5	18	8,9	5,6	7,2	10,7	3905
6	21,6	8,6	5,4	7	14,6	5329
8	28,8	8	5	6,5	22,3	8139

Tab. 3-1 Závislost produkce bioplynu na sušině vstupní suroviny

3.2.5 Optimální pH vstupních surovin

Významným faktorem ovlivňujícím metanogenní fermentaci je číslo pH (kyselost nebo zásaditost) materiálu. Za optimální hodnotu pH na vstupu do procesu se považuje interval blízký neutrální hodnotě $\text{pH} = 7 \div 7,8$. V průběhu procesu se tento parametr mění. Na začátku převažuje aktivita acidogenů a číslo pH může poklesnout na $4 \div 6$. Při hodnotách pH substrátu menších než 5 se mohou začít objevovat inhibiční účinky na některé kmeny metanogenů. Dojde-li však za příznivých podmínek k jejich rozvoji, zvýší svojí aktivitou číslo pH substrátu až na neutrální hodnotu $\text{pH} = 7$. Některé kmeny metanogenů jsou schopny se rozvíjet i v silně alkalickém prostředí ($\text{pH} = 8 \div 9$). V praxi se optimální hodnota pH materiálu na vstupu do procesu upravuje homogenizací směsných materiálů nebo alkalickými přísadami. [11]

Organickou hmotu dále dělíme na:

Kyselou: senáž, kukuřičná siláž, tráva, slepičí a krůtí trus, čerstvá biomasa

Neutrální: hovězí hnůj prasečí hnůj stará biomasa kejda

3.2.6 Poměr obsahu uhlíku a dusíku (C: N)

Jedním z velice důležitých faktorů pro rovnoměrný chod stanice je také důležitý poměr uhlíku a dusíku (C: N), který by se měl pohybovat v rozmezí 20:1 až 40:1. Vysoký obsah dusíkatých látek se může projevit negativně na složení bioplynu (obsah amoniaku, oxidu dusného atd.). Mezi materiály s vysokým obsahem N patří exkrementy všech druhů hospodářských zvířat, opačným extrémem (vysoký obsah C) tvoří materiály rostlinného původu. V praxi se optimálního poměru (C: N) dosahuje míšením různých materiálů.

Druh materiálu	C: N
Odpad z kuchyně	12 až 20 : 1
Odpad ze zeleniny	13 : 1
Posečená tráva	12 až 25 :1
Odpad ze zahrad	20 až 60 : 1
Listí	30 až 60 : 1
Drůbeží trus	10 : 1
Močůvka	2 : 1
Kejda skotu	10 :1
Sláma obilná	60 až 100 :1

Tab. 3-2 Poměr obsahu uhlíku a dusíku v některých materiálech [11]

3.3 Kvalita

Kvalita bioplynu je určena hlavně poměrem hořlavého metanu a oxidu uhličitého. Další důležitou složkou bioplynu je sirovodík (H_2S), jehož množství má velký vliv na korozi technologického zařízení a při vyšších podílech vyvolává potřebu jeho odsíření.

Kromě těchto složek se v bioplynu dále nacházejí amoniak, molekulární dusík, vodík a kyslík, jejichž podíl činí 6 až 8 %. Obecně se v literatuře za dosažitelný obsah metanu (CH_4) považuje hodnota 40 až 75 %. [1]

3.3.1 Bioplyn složení

Složení bioplynů se mění v závislosti na počátcích anaerobního procesu.

Charakteristika	Metan CH ₄	Oxid uhličitý CO ₂	Vodík H ₂	Sirovodík H ₂ S	Bioplyn CH ₄ 60%, CO ₂ 40%
objemový podíl [%]	40–75	27–47	1	3	100
výhřevnost [MJ.m ⁻³]	35,8	-	10,8	22,8	21,5
zápalná teplota [°C]	650–750	-	585	-	650–750
hustota [kg.m ⁻³]	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2

Tab. 3-3 Chemické a fyzikální vlastnosti bioplynu [10]

3.3.2 Sušení bioplynu

Je odstranění vlhkosti z bioplynu. Provádí se kvůli prevenci koroze zařízení pro využívání bioplynu. Nepříliš hluboké sušení bioplynu je možné zabezpečit prostřednictvím tepelného čerpadla. Bioplyn je ve výměníku tepla ochlazen chladícím agregátem a odloučená voda (kondenzát) je z plynu odstraněna. Poté je plyn opět zahříván teplotou (kompresní) částí chladícího agregátu. Tato technologie zabezpečí vzdálení vlhkosti bioplynu od rosného bodu. Je relativně jednoduchá, má nízkou spotřebu energie a ve většině případů je dostačující.

Při ochlazení bioplynu na 20°C dojde ke snížení obsahu vody při 100%-ním nasycení na 17,3 g/m³, což odpovídá 2,3 % objemovým.

3.3.3 Čištění bioplynu

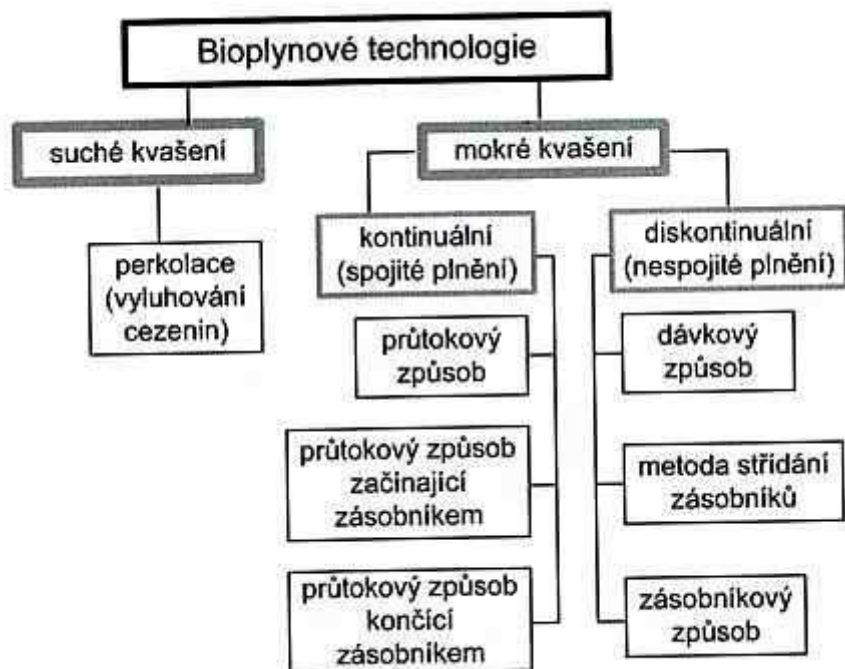
Ve fermentoru je bioplyn nasycený vodní parou a znečištěn stopami plynů. Aby se předešlo škodám na motorech, musí být bioplyn vyčištěn. Vodní pára a část sirovodíku mohou být odstraněny v kondenzační jednotce. V zemědělských bioplynových stanicích bývá množství sirovodíku v bioplynu snižován přidáváním malého množství vzduchu do reaktoru. To umožní mikrobiální přeměnu sirovodíku na nekorozivní síru.

U jednoduchých bioplynových stanic býval dříve vzduch do reaktoru pumpován. To znamenalo problém s dávkováním vzduchu, takže při velké produkci bioplynu bylo přeměněno stejné množství sirovodíku jako při malé produkci. Následkem toho mohlo při malé produkci bioplynu vzniknout nebezpečí vzniku vznětlivé / výbušné směsi. Při vyšší produkci bioplynu může zase zůstat příliš mnoho sirovodíku v bioplynu, což může poškodit motor. Proto by mělo být množství vzduchu dávkováno podle aktuální produkce bioplynu.

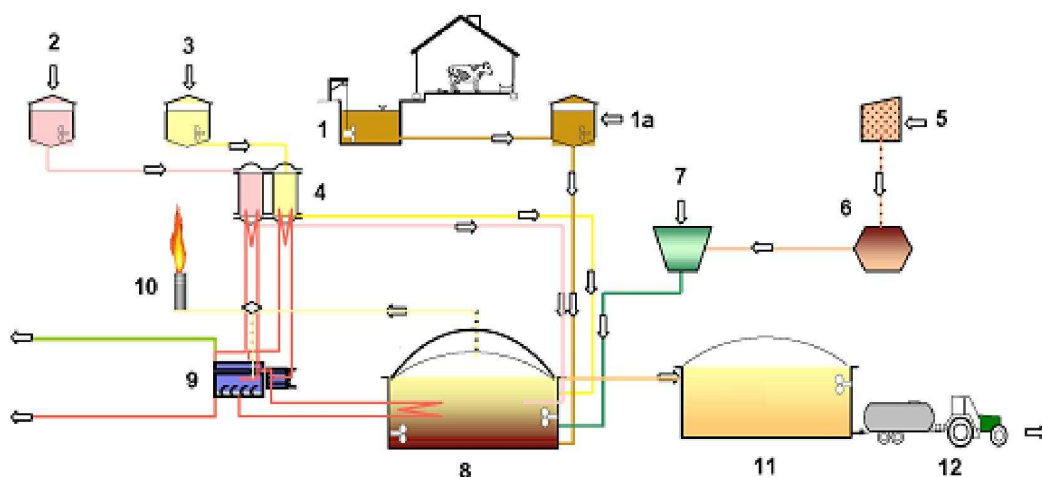
U větších bioplynových stanic je sirovodík odstraňován buď prostřednictvím suchých metod využívajících aktivní uhlí, oxidy železa, apod. nebo mokrých metod. Suché metody jsou vhodnější pro bioplyn s nižším obsahem sirovodíku. Jde např. o metodu SULOFF. Mokrě metody (např. systém ISET) jsou vhodnější spíše pro bioplyn s větším množstvím sirovodíku. Mokrě pračky mohou být např. pračka s vláknitou náplní, s pohyblivým ložem, s náplní, s děrovanými patry a nebo sprchová věž.

4 BIOPLYNOVÁ TECHNOLOGIE

Velký počet různých typů bioplynových stanic lze popsat na několika typických technologických procesech. Které jsou schématicky znázorněny na obrázku.



Obr. 4–1 Schématicky přehled bioplynových technologií [1]



Obr. 4–2 Schéma moderní bioplynové technologie

1-keřda ze stájí, 1a-keřda přivážená z okolních zemědělských podniků, 2-přijem jatečních odpadů, 3-přijem kuchyňských odpadů, 4-tepelná úprava rizikových substrátů 2 a 3, 5-přijmové místo, 6-mechanická úprava (mačkání, drcení, šrotování), 7-přijem a úprava zelené biomasy, 8-fermentor se střešním plynem 9-kogenerační jednotka, 10-hořák zbytkového plynu, 11-zásobní jímka na digestát, 12-odvoz digestátu jako hnojiva.

4.1 Rozdělení bioplynových technologií

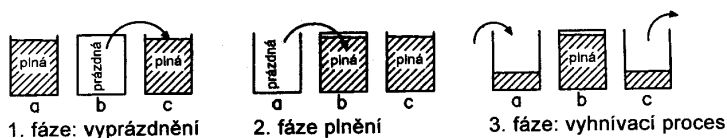
4.1.1 Podle způsobu plnění

Diskontinuální – s přerušovaným provozem, např. cyklické, dávkové atd., kdy doba jednoho pracovního cyklu je shodná s dobou zdržení ve fermentoru, tento způsob se používá především k suché fermentaci tuhých materiálů organického původu.

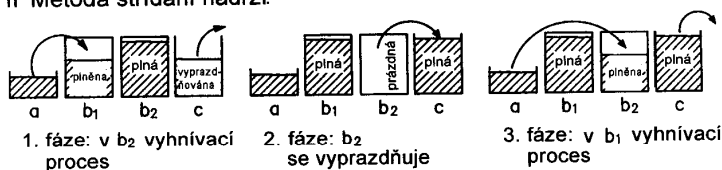
Semikontinuální – kdy je doba mezi jednotlivými dávkami kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru, tento způsob plnění patří k nejvíce používaným při zpracovávání tekutých materiálů organického původu, výhodou tohoto postupu je možnost snadné automatizace technologického procesu.

Kontinuální – se používá při plnění fermentoru, které zpracovávají organický materiál s velmi malým obsahem sušiny.

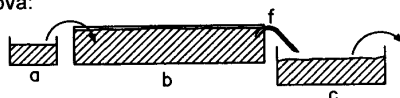
I Dávková metoda:



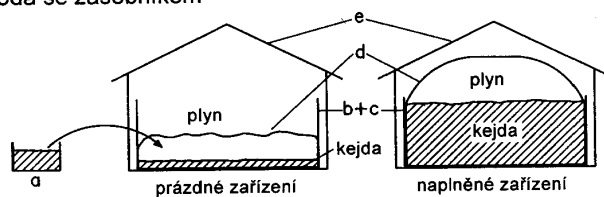
II Metoda střídání nádrží:



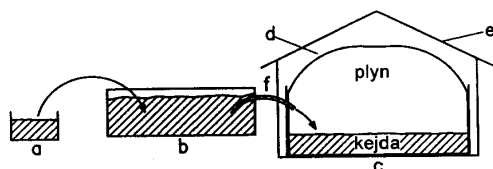
III Metoda průtoková:



IV Metoda se zásobníkem



V Metoda průtoková se zásobníkem na konci



a = přípravná nádrž
b = vyhnivací nádrž
c = skladovací nádrž

d = fóliový poklop
e = ochrana před povětrnostními vlivy
f = přepad

4.1.2 Podle počtu stupňů

jednostupňový

dvojstupňový

4.1.3 Podle konzistence substrátu

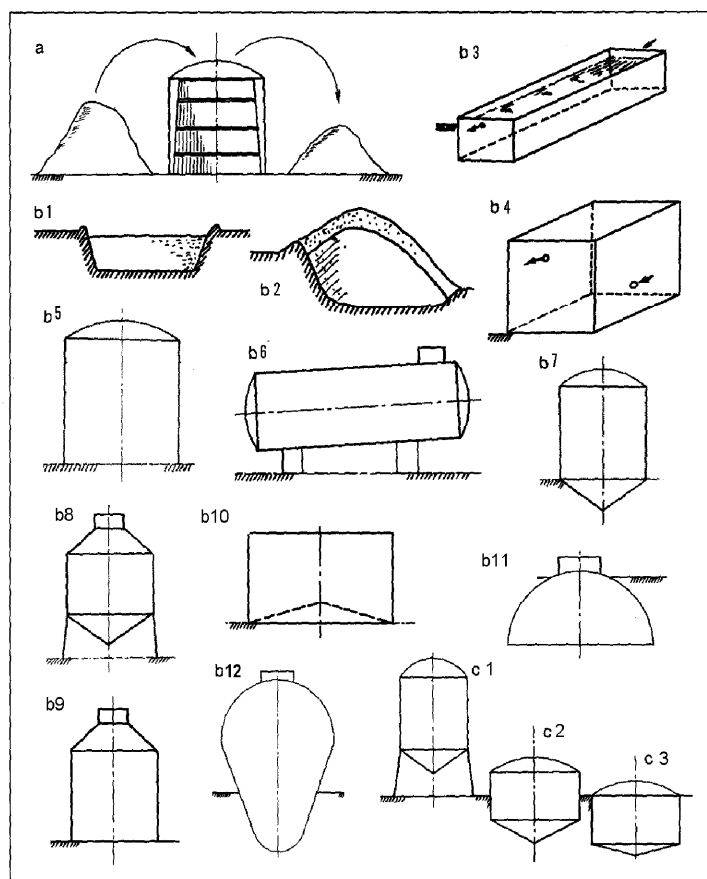
Technologie na zpracování tuhých materiálů (podíl sušiny 18 až 30 %, ve výjimečných případech i 50 %),

technologie na zpracování tekutých materiálů s nízkým podílem sušiny 0,5 až 3 % se zápornou energetickou bilancí anebo s vyšším podílem sušiny 3 až 14 % a kladnou energetickou bilancí,

technologie na výrobu bioplynu kombinované.

Schéma uvádí jednotlivé možnosti technologických zařízení na výrobu bioplynu. [8]

4.2 Reaktor

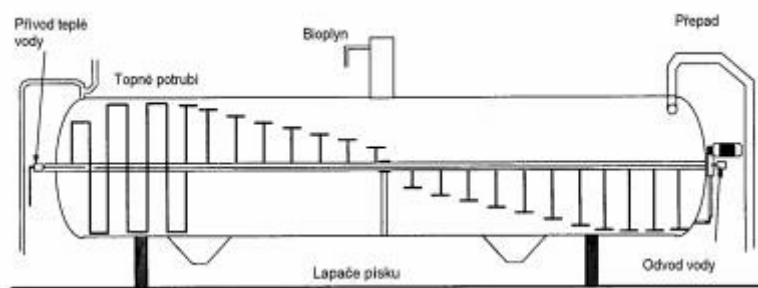


Obr. 4–4 Typy fermentorů [1]

třífázový systém (1. aerobní fáze 2 – 7 dní, anaerobní fáze 28 – 32 dní, 2. aerobní fáze stabilizace do doby aplikace), základní typy fermentorů (1 – laguna, 2 – reaktivní skládka, 3 – žlabový fermentor, 4 – hranolo-vitý fermentor, 5 – válcový fermentor s horizontální osou, 6 – válcový fermentor s vertikální osou, 7 – válcový fermentor s kuželovým dnem, 8 – válcový fermentor s kuželovým dnem i vrchní částí, 9 – válcový fermentor s kuželovou vrchní částí, 10 – válcový fermentor s negativním kuželovým dnem, 11 – polokulový fermentor, 12 – vejčitý fermentor) umístění fermentoru v terénu (1 – nadzemní, 2 – polozapuštěný, 3 – podzemní)

4.2.1 Horizontální průtočný reaktor (Darmstadt systém)

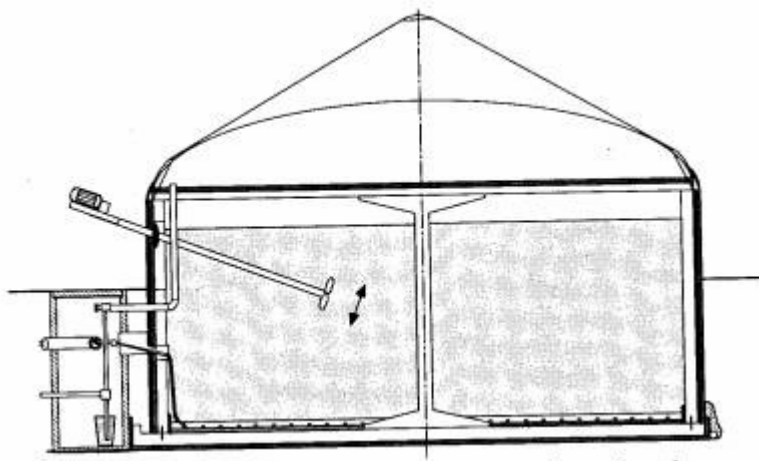
Reaktor je ocelová nebo plastová, tepelně izolovaná válcová nádrž v průměru zpravidla 2 – 3 m, délky dle potřebné kapacity reaktoru). V praxi se vzhledem k možnosti transportu používají reaktory objemů 50 – 100 m³. Často se využívají použité zásobníky na naftu. Nádrž je uložena na betonových podstavcích tak, aby její sklon byl 3 - 5 % . Kejda se čerpá do výše položené části. Promíchávání obsahu reaktoru a pohyb směsi směrem k druhému níže položenému konci, je zabezpečeno lopatkami umístěnými na hřídeli procházející horizontální osou reaktoru. Rychlost míchání je pomalá, 1 – 3 otáčky za minutu. Tomu odpovídá i nízká spotřeba energie na míchání, 700 – 900 wattový motor je dostatečný pro míchání 100 m³ kejdy obsahující slámu. Vznikající bioplyn se hromadí v horní části reaktoru, odkud je odváděn do plynojemu. Ve spodní části, v nejnižším bodě reaktoru, je jeden nebo více odkalovacích ventilů. Vytápění je řešeno rozvodem trubek uvnitř reaktoru. Běžné je i umístění ve dvojité stěně reaktoru, nebo je vytápění integrováno s mícháním a je umístěno v duté hřídeli míchadla. Vzhledem k poměrně velkým investičním nákladům, se tento typ reaktoru využívá hlavně k fermentaci "hustších odpadů" jako je drůbeží trus, domovní odpad nebo kejda s vyšším obsahem slámy, kdy se využívá vhodnosti tohoto typu míchacího zařízení.



Obr. 4–5 Horizontální průtočný reaktor [15]

4.2.2 Vertikální reaktory

Vertikální reaktory vycházejí ze standardních, ocelových nebo betonových, uskladňovacích nádrží na kejdu, případně obilí. Přestavění takovéto nádrže na reaktor, vyžaduje zabezpečit její plynotěsnost a tepelnou izolaci. K zabezpečení plynotěsnosti stačí kvalitní betonová konstrukce nádrže a střechy, případně doplněná plynotěsnou fólií. K tepelné izolaci se používají běžné izolační materiály jako je polystyrén, nebo skelná vata. V některých případech jsou nádrže umístěny pod úroveň terénu. Nádrže jsou vyráběny sériově, což se projevuje v nižší ceně za jednotku objemu. Používané objemy se pohybují v rozmezí 250 – 600 m³, i když existují reaktory s objemy až 1200 m³. Hloubka reaktorů bývá 3 – 6 m a průměr 8 – 18 m. Tyto reaktory jsou často používány dvojúčelově, kdy v průběhu roku pracují s různým harmonogramem dávkování. V létě a na podzim jsou naplněny jenom do úrovně zabezpečující minimální dobu zdržení 20 – 30 dnů. Tím se připravuje rezerva k uskladnění několika set m³ kejdy na zimní a jarní období, kdy se nemůže nebo nesmí kejda aplikovat na pole. Při naplněném reaktoru je doba zdržení přes 60 dnů, což zaručuje dostatečnou produkci bioplynu a stabilní chod fermentoru i v zimním období.



Obr. 4–6 Horizontální průtočný reaktor [15]

4.3 Skladování bioplynu

Velkou výhodou bioplynu oproti jiným nosičům energie je ta skutečnost, že ho lze skladovat a podle potřeby využívat v době, kdy je potřeba zapojit špičkové zdroje pro výrobu elektrické energie nebo tepla. Při jeho skladování nedochází ke ztrátám energie na rozdíl od "skladování" solární, elektrické a tepelné energie. Nevýhodou bioplynu je poměrně malá hustota energie v poměru k objemu, kdy 1 m³ bioplynu obsahuje takové množství energie, jako 0,6 až 0,7 l topného oleje. Pro beztlakové skladování jsou proto potřeba větší objemy zásobníkových plynojemů. Velikosti plynojemů je potřeba dimenzovat s patřičnou rezervou podle projektované předpokládané produkce bioplynu a podle způsobu využívání vyprodukovaného bioplynu. Tento zásobník je navržen pro kogenerační jednotku v nepřetržitém provozu. [1]

Bioplynové zásobníky lze rozdělit podle typu konstrukce a velikosti na:

Nízkotlaké zásobníky - nejvíce rozšířený druh zásobníků plynu, zastoupený především ocelovými zásobníky s vodním uzávěrem, který je výhodný také tím, že ve skladovaném plynu udržuje relativně stálý tlak, který je dostatečný pro přímé spalování v kotlích s atmosférickými hořáky a pohon plynových motorů, v poslední době se vzhledem k úspoře nákladů začínají prosazovat foliové plynojemy, jejichž pořizovací náklady jsou nižší a i jejich realizace je z hlediska pracnosti a náročnosti na provedení podstatně výhodnější

Středotlaké a vysokotlaké zásobníky – ocelové zásobníky s tlakem 5 až 20 bar, používají-li se ke stlačení jednostupňové kompresory, lze na rozdíl od nízkotlakých zásobníků při tlaku 10 bar dosáhnout desetinásobku skladovaného množství. Toto technické řešení ale již vyžaduje regulaci tlaku. Vysokotlaké zásobníky se v zemědělství u menších BPS pro své vysoké náklady nevyužívají.

Tlakový stupeň	Provozní tlak			Obvyklá velikost	Provedení
	mbar	mm Vodního sloupce	bar		
Nízký tlak	20 až 50	200 až 500	-	5 až 200	Plynojem s vodním uzávěrem Nádrže s fóliovým poklopem, fóliové plynojemy
	0,05 až 0,5	0,5 až 5		10 až 2000	
Střední tlak			5 až 20	1 až 100	Ocelové nádrže
Vysoký tlak			200 až 300	0,1 až 0,5	Ocelové lahve

Tab. 4–1 Typické provedení, velikosti a tlakové stupně plynojemů BPS [1]

5 KOGENERACE (CHP – COMBINED HEAT AND POWER)

5.1 Princip

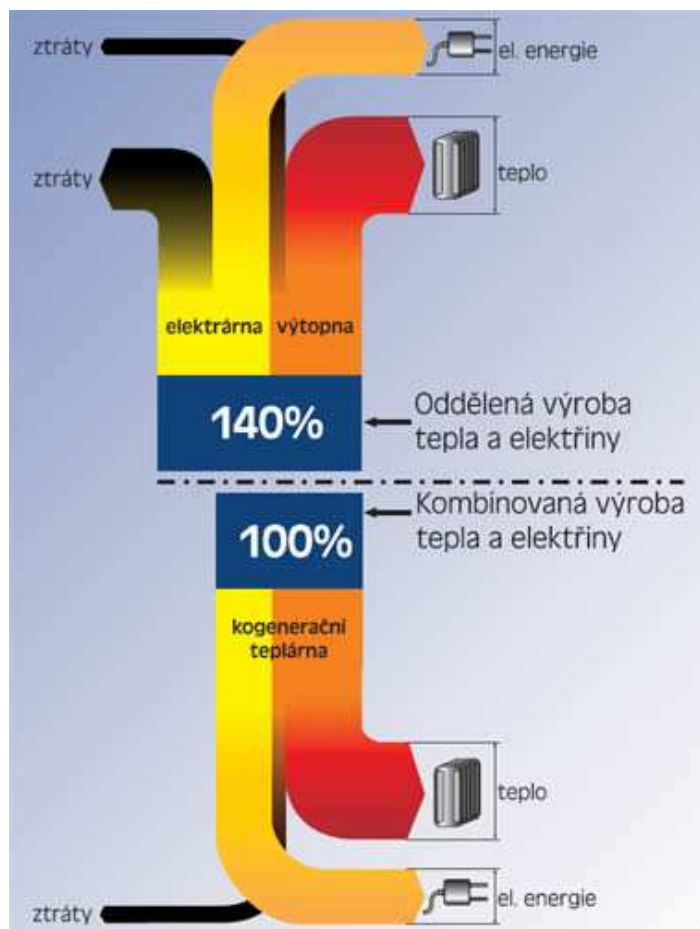
Kogenerace je výroba při níž vzniká energie elektrická a tepelná. Umožňuje zvýšení účinnosti využití energie paliv. Kombinovaná výroba se vyznačuje nižší spotřebou paliva v porovnání s oddělenou výrobou (vztaženo na stejné množství těchto dvou forem užité energie). Energetické využití paliva je proto podstatně vyšší.

Kombinované výroby tepla a elektrické energie je možno dosáhnout za pomoci několika typů zařízení na obě sledované složky (elektrická energie, teplo).

Výhodou kogenerace je nižší emise spalin vztaženo na vyrobený MW. V klasické elektrárně je účinnost výroby elektrického proudu asi 30 %, ostatní energie se odvede chladicí vodou a spaliny. Lepšího využití se dosáhne spojením s teplotněnským provozem, kdy se horký kondenzát využívá pro vytápění.

V kogenerační jednotce je účinnost výroby elektrické energie 45–50 % a s využitím tepla spalin stoupne účinnost využití na 80 %.

Teplo vzniklé z kogenerace lze využít k výrobě chladu pro technologické účely nebo klimatizaci. V takovém případě hovoříme o trigeneraci, kombinované výrobě elektřiny, tepla a chladu.



Obr. 5–1 Porovnání účinnosti výroby energie [12]

5.2 Energetické možnosti kogenerace

Popisují energetické parametry transformačního řetězce

Jsou dány energetickými parametry

- **elektrický výkon** $P_E(t)$ je okamžitý výkon, který může KJ vyrobit.

Jmenovitý výkon $P_{E,n}$ představuje hodnotu, při které výroba probíhá s maximální účinností a provoz KJ je nejehospodárnější. Ve většině případů je hodnota jmenovitého výkonu je stejná hodnota jako hodnota maximální

- **tepelný výkon** $P_T(t)$ je okamžitý tepelný výkon, který lze z KJ užitečně užít pro dodávku tepla. Množství tepelného výkonu je závislé na množství vyráběné elektrické energii.

- **poměr elektrického a tepelného výkonu** σ (teplárenské využití)

charakterizuje poměr elektrické a tepelné energie. Účinnost výroby elektrické a tepelné energie se může podstatně lišit, a proto hodnota teplárenského využití má podstatný vliv na vyhodnocení účinnosti KJ při porovnání s oddělenou výrobou. [17]

$$\sigma = \frac{E}{Q_{UV}} = \frac{P_E}{P_T} = \frac{P_{E,\%}}{P_{T,\%}} [-], \quad (5.1)$$

$P_{E,\%}$ - procentní zastoupení elektrického výkonu na celkovém výkonu KJ [%],

$P_{T,\%}$ - procentní zastoupení tepelného výkonu na celkovém výkonu KJ [%],

$E_{\%}$ - procentní zastoupení vyrobené elektrické energie na celkové výrobě KJ [%],

$Q_{UV,\%}$ - procentní zastoupení využití tepelné energie na celkové výrobě KJ [%].

- **kvalita tepelné energie** je dána její formou. Pro množství využití tepelné energie produkované KJ je rozhodující teplota.

- **účinnost transformace** je dána poměrem výstupní (využití) a vstupní (dodané) formy energie určitého energetického systému.

Účinnosti, které jsou zároveň parametry KJ:

elektrická účinnost η_E je účinnost přeměny energie přivedené v primárním palivu na elektrickou. Je dána vztahem (5.2).

$$\eta_E = \frac{E}{Q_{pal}} = \frac{E}{m_{pal} \cdot Q_i} = \frac{P_E}{M_{pal} \cdot Q_i} [-], \quad (5.2)$$

m_{pal} - objem paliva [m^3]

M_{pal} - objemový průtok paliva [m^3/s]

Q_i - energie v objemové jednotce paliva [J/m^3]

tepelná účinnost η_T je účinnost přeměny energie přivedené v primárním palivu na užitečnou využitou tepelnou energii.

$$\eta_T = \frac{Q_{UV}}{Q_{pol}}, = \frac{Q_{UV}}{m_{pal} \cdot Q_i} = \frac{P_T}{M_{pal} \cdot Q_i} [-], \quad (5.3)$$

celková účinnost η_C je účinnost přeměny energie přivedené v primárním palivu na užitečně využitou energii. Rovná se vzájemným součtem jednotlivých účinností.

$$\eta_C = \eta_E + \eta_T = \frac{E + Q_{UV}}{Q_{pal}} = \frac{E + Q_{UV}}{m_{pal} \cdot Q_i} [-], \quad (5.4)$$

$$\eta_C = \eta_E \left(1 + \frac{1}{\sigma} \right) [-]. \quad (5.5)$$

6 KOGENERAČNÍ TECHNOLOGIE

Existuje mnoho způsobů jak transformovat energii obsaženou v bioplynu na elektrickou energii při doprovodném využití tepla. Tyto způsoby se nezávazně kognitují kogenerační technologie.

Některé technologie jsou využívány už poměrně dlouhou dobu, některé jsou teprve na počátku rozvoje a jejich další vývoj bude závislý na rozšíření uplatnění KJ.

6.1 Rozdělení kogeneračních technologií

6.1.1 Podle způsobu přeměny

Kogenerační technologie lze rozdělit podle způsobu přeměny na přeměnu.

Nepřímým způsobem kdy se přeměna energie provádí prostřednictvím více energetických transformací. V současnosti nejvíce využívaný způsob se skládá ze tří transformací. Nejprve je provedeno uvolnění tepelné energie obsažené v palivu, a poté je získávána technická práce A, kterou lze využívat pro mechanický pohon spotřebičů. Mechanická energie se transformuje na elektrickou, u které se ještě případně upravují parametry.

Přímým způsobem se provádí přeměna energie bioplynu přímo na elektrickou. Elektrická energie se může upravovat na požadované parametry (napětí U, proud I). [17]

6.1.2 Zařízení kogenerační jednotky

Kogenerační jednotka může být principiálně složena:

Zařízení na úpravu parametrů bioplynu upravuje parametry vstupní formy energie na hodnoty, se kterými pracuje primární jednotka (PJ)

Primární jednotka

V PJ dochází k přeměně energie obsažené v palivu (bioplynu) na ušlechtlejší formu energie (elektrickou). Uvolněné nebo zbytkové teplo po transformaci lze užitečně využívat.

Zařízení pro výrobu a úpravu elektrické energie

- elektrický generátor
- elektrický kondicionér (měnič)

Zařízení pro rekuperaci tepelné energie transformuje odváděný tepelný výkon z KJ na požadované parametry a formu. Nejběžnějšími teplotními médii vystupujícími z rekuperačních výměníků jsou:

- nízkoteplotní voda o teplotě do 100 °C
- vysokoteplotní voda o teplotě 150 – 200 °C
- vodní pára
- teplý vzduch

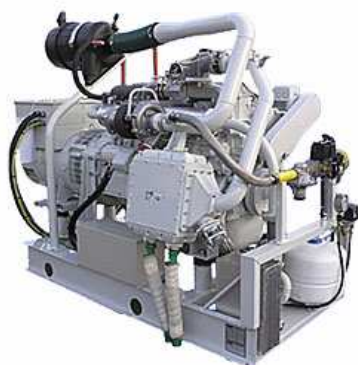
6.2 Pístové spalovací motory

Kogenerační jednotku tvoří pístový spalovací motor, pohánějící elektrický generátor, a soustava tepelných výměníků využívajících teplo z chlazení motoru nebo výfukových plynů. Spalovací motory, jsou technicky složitější a větší než spalovací turbíny, jsou vzhledem k vyšší sériovosti levnější a dosahují vyšší účinnosti. Ta je však kompenzována poněkud vyššími servisními náklady během životnosti motoru. Právě na zvyšování elektrické a celkové účinnosti a na snížení servisních nákladů se v posledních letech soustřeďuje vývoj v této oblasti. Velkým přínosem kogeneračních jednotek s plynovými motory je jejich vysoká elektrická účinnost a snadné využití tepla. Teplo z chlazení motoru a mazacího oleje se odvede z primárního okruhu jednoduchým výměníkem voda – voda. Vychlazení spalin je také mnohem jednodušší než u turbín, které jsou citlivé na protitlak (výměník pak musí být poměrně velký, a tím i drahý).

Výhody: vysoká účinnost, rychlý start, nízké investiční náklady pro malé jednotky, není potřeba velkého tlaku bioplynu, široká výkonová řada, spolehlivá a vyzkoušená technologie.

Nevýhody: vysoké náklady na údržbu, musí být chlazena, i když se nevyužívá tepelná energie, emise, velká hlučnost jednotek, nízkopotenciálové teplo.

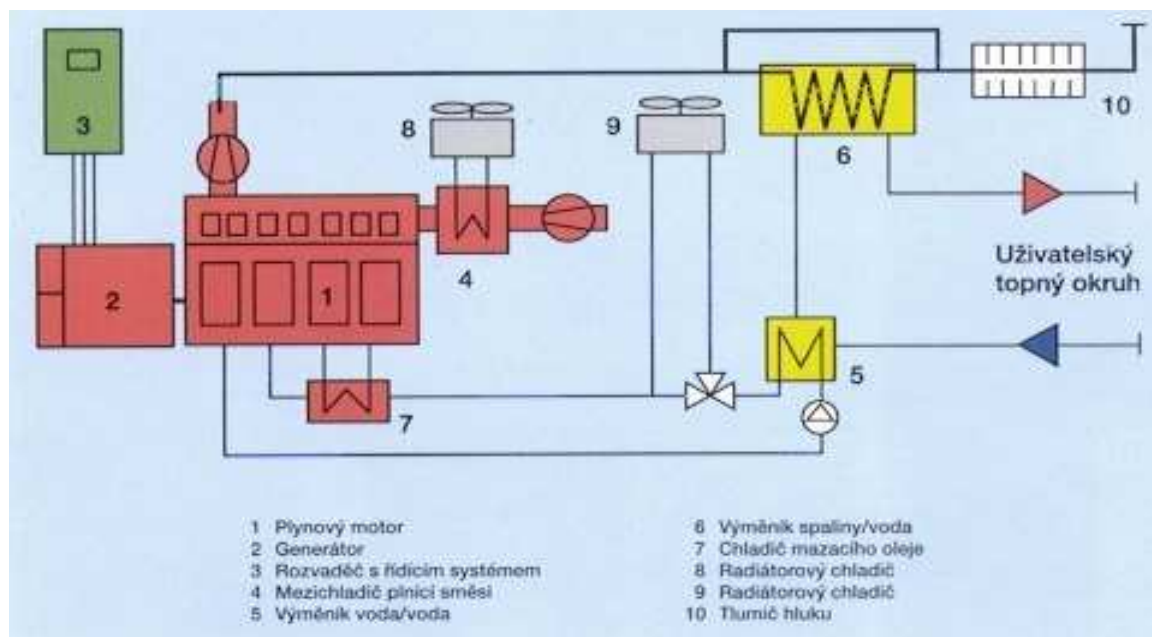
Výrobce těchto jednotek je např. Tedom, Motorgas nebo Jenbacher.



Obr. 6–1 Pístový spalovací motor Tedom

Požadované vlastnosti plynu

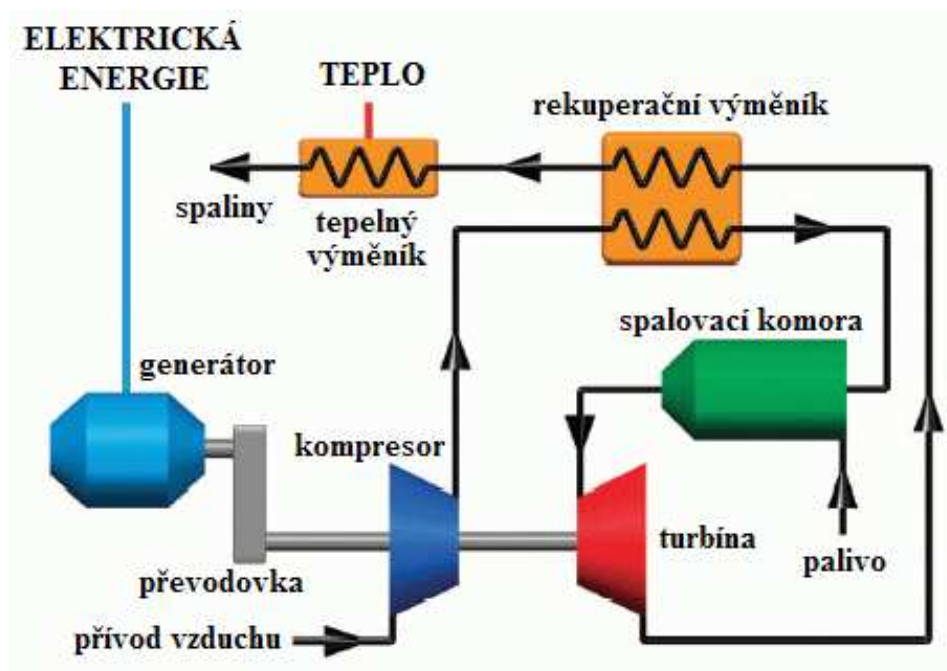
- tlak – standardně 80 až 200 mbar – může být i vyšší/nížší
- teplota < 40 °C
- relativní vlhkost < 80%
- kolísání výhřevnosti – max. 1% za 30 s
- nečistoty síra, halogeny, čpavek, křemík.



Obr. 6–2 Uspořádání kogenerační jednotky s pístovým motorem [16]

6.3 Mikroturbíny

Mikroturbíny pracují na stejném principu jako plynové turbíny. Jsou konstruovány pro malé výkony a velké otáčky. Pracují s Barytonovým oběhem. Tlakový poměr je větší, vstupní teploty vyšší a vstupní teplota do kompresoru je co nejnižší. Použitím salinového výměníku pro předehřev spalovacího vzduchu se výrazně zvyšuje účinnost, ale snižuje se teplota využitelná při dodávce tepla.



Obr. 6–3 Mikroturbína [7]

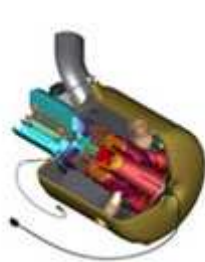
Výhodou mikroturbíny je vysoká efektivnost (celková účinnost 70 – 80 %, elektrická

účinnost 24 – 30 %).

Malé kompaktní spalovací turbíny (otáčky cca 80.000 min⁻¹).

Výhody: vysoká spolehlivost plynoucích z malého počtu pohybujících se součástí, nízké náklady na údržbu, malé rozměry malá hmotnost, menší čistota paliva, vysoká teplota spalin pro následné využití, nízký obsah emisí, malá hlučnost, velká dynamika změny zátěže.

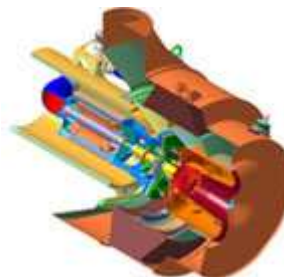
Nevýhody: náklady a závislost na vnějších parametrech (t, p).



C30 (30 kW)



C60/65 (60 a 65 kW)



C200 (200 kW)

Obr. 6–4 Mikroturbíny capstone

Zvláštností jsou dvouhřídelové spalovací turbíny, spojené jen proudem spalin. Jsou zvláště vhodné k spalování bioplynu. Jejich výhodou je další možnost výroby stlačeného vzduchu.

Mikroturbíny vyvíjí a vyrábí už řada firem. Nejznámější je mikroturbína firmy

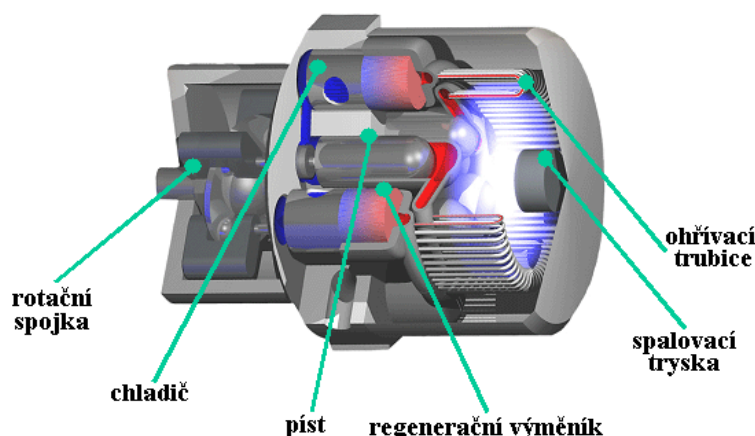
CAPSTONE z USA. Jsou známy i mikroturbíny ELLIOT, INGERSOLL-RAND z USA, TURBECAB ze Švédska, GENERAL ELECTRIC (USA) a česká mikroturbína BPS Velká Bíteš.

6.4 Stirlingův motor (STM Power)

Horkovzdušný motor s vnějším spalováním. Stirlingův motor má dva pracovní prostory, mezi nimiž může volně proudit plyn (je v nich prakticky stejný tlak). Jeden z prostorů je studený, druhý horký. Toho je docíleno buď přímým ohříváním a chlazením komor, a nebo častěji vnějším ohřívacem a chladičem. Mezi ohřívacem a chladičem je obvykle zařazen ještě regenerátor, akumulující teplo plynu procházejícího z ohříváče do chladiče nebo naopak. Existuje mnoho modifikací tohoto motoru – písty mohou být v samostatných válcích, nebo v jednom válci společném, kdy jeden z pístů pracuje v dvojčinném režimu. [9]

Výhody: oproti spalovacím motorům menší počet třecích pohyblivých součástí, nemá vnitřní spalovací komoru, vysoká teoretická účinnost, nízké emise, jednoduché řízení, malá hlučnost, nízké nároky na údržbu.

Nevýhody: zatím vysoké investiční náklady tato technologie je ve vývoji (nabízí velké uplatnění), nízká mechanická účinnost pro malé výkony, nízká dynamika změny zátěže.



Obr. 6–5 Stirlingův motor [8]

6.4.1 Výhody Stirlingova motoru oproti klasickým spalovacím motorům:

Díky vnějšímu přívodu tepla lze přímo využít prakticky jakéhokoli paliva (plynná, bioplyn).

Vyšší vnitřní tepelná účinnost.

Výrazně nižší servisní náklady, dané dlouhými servisními intervaly, který činí běžně

5 000 až 10 000 hodin; dlouhá životnost je dána hlavně skutečností, že olej není v přímém kontaktu se spaliny ani horkými díly motoru a náplň motoru je z výroby velmi čistým, k materiálům netečným plynem.

Nulová spotřeba oleje.

Velmi nízká hluchnost vlivem pozvolné změny tlaku během cyklu a absence cyklických zážehů či vznícení.

Při správné konstrukci spalovacího systému má motor díky vnějšímu spalování nižší emise škodlivin.

6.4.2 Nevýhody Stirlingova motoru oproti klasickým spalovacím motorům:

vyšší cena z důvodu malé sériovosti a náročné, čisté montáže vysoce kvalifikovanými pracovníky, nutnosti použití speciálních materiálů a některých technologií nevhodných pro sériovou výrobu.

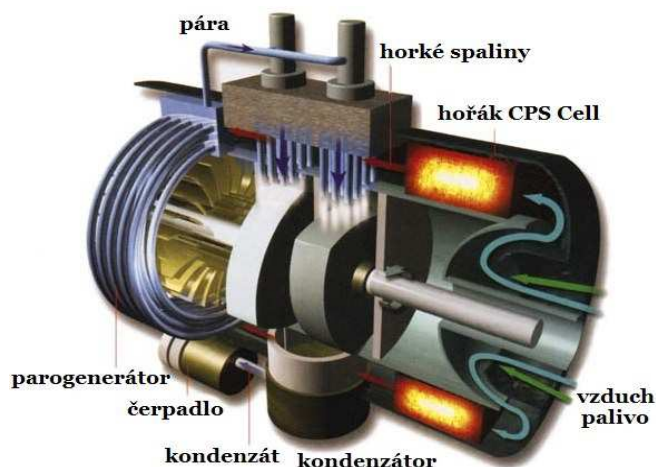
Pomalejší regulace výkonu – pro výrobu elektřiny a tepla to nepředstavuje žádný problém.

Vyšší měrná hmotnost na jednotku výkonu, opět není problémem pro výrobu elektřiny a tepla.

Většinou mírně nižší účinnost, která je však u malých výkonů bohatě kompenzována podstatně nižšími servisními náklady.

6.5 Parní článek (SteamCell)

Nový typ parního motoru – uzavřený parní cyklus, nízkoemisní hoření bez plamene v keramické pórovité látce.



Obr. 6–6 Parní článek

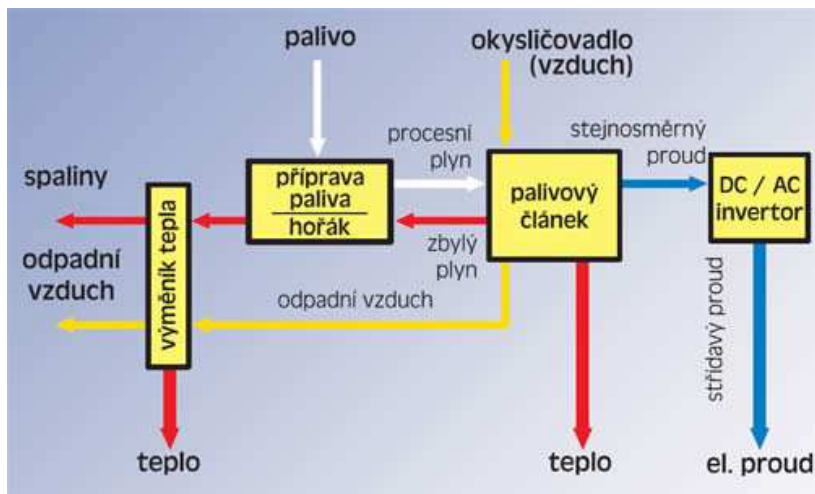
Výhody: nízké emise, malá hlučnost, nízké nároky na údržbu, kompaktnost, vysoká dynamika změny zátěže, vysoká regulovatelnost (Pelmin = 0,5 kw)

6.6 Palivové články, hybridní systémy (FC + plynová turbína)

Základem jsou elektrochemické procesy. Při chemické reakci vstupních látek se chemická energie přeměňuje na elektrickou energii. Palivové články pracují na podobném principu jako galvanické články. Rozdíl je v tom, že palivové články vyvíjejí energii nepřetržitě, díky plynulé dodávce paliva k anodě a okysličovače ke katodě.

Děj ve vodíko-kyslíkovém palivovém článku je v podstatě slučování vodíku a kyslíku za vzniku vody a energie. Chemická energie se přeměňuje na energii elektrickou.

Získávání vodíku z paliva = „reforming“, vysokoteplotní FC – vnitřní reforming (palivem přímo plyn), jinak vnější (snižuje účinnost)



Obr. 6–7 Palivový článek

6.6.1 Podle provozní teploty se palivové články dělí na:

nízkoteplotní $60 \div 130\text{ }^{\circ}\text{C}$

středněteplotní $160 \div 220\text{ }^{\circ}\text{C}$

vysokoteplotní $600 \div 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$

6.6.2 Podle typu elektrolytu se palivové články dělí na články s:

alkalickým elektrolytem (AFC – Alkaline Fuel Cell) KOH

polymerní elektrolytickou membránou (PEM – Polymer Electrolyte Membrane /Proton Exchange Membrane) katexová iontoměničová membrána

kyselinou fosforečnou (PAFC – Phosphoric Acid Fuel Cell) H_3PO_4

taveninou alkalických uhličitů (MCFC – Molten Carbonate Fuel Cell)

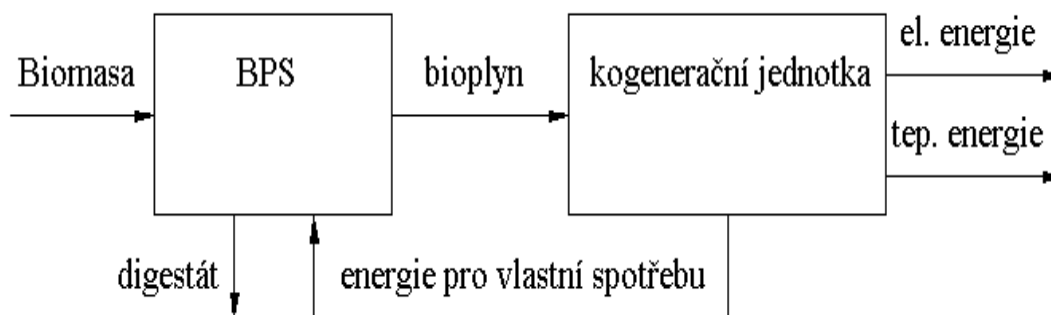
keramika z LiAlO_2 nasycená alkalickými uhličitany pevným oxidickým elektrolytem (SOFC – Solid Oxide Fuel Cell) obvykle Y_2O_3 nebo ZrO_2

Výhody: nízké emise, malá hlučnost, nízké nároky na údržbu, kompaktnost, bez rotujících částí, vysoká účinnost v celém pásmu zatížení, flexibilní energetický poměr, podle typu článku výroba nízkopotenciálového nebo vysokopotenciálového tepla.

Nevýhody: vyžaduje úpravu na čistý vodík, náklady, životnost zařízení, dlouhý náběh článku.

7 PROVOZ BIOPLYNOVÉ KOGENERACE

Bioplyn se vede do plynoměru, kde se vytvoří zásoba pro další použití. V závislosti na složení hmoty použité pro fermentaci může být v bioplynu obsažen i sirovodík, který je potřeba před dalším použitím odstranit, aby nepoškozoval strojní a motorové součásti. Bioplyn je možné vést dále do plynové kogenerační jednotky, kde se vyrábí kombinovaně teplo a elektřina. Teplo se zpětně používá pro udržování fermentační teploty, dále pro vytápění a přípravu teplé vody.

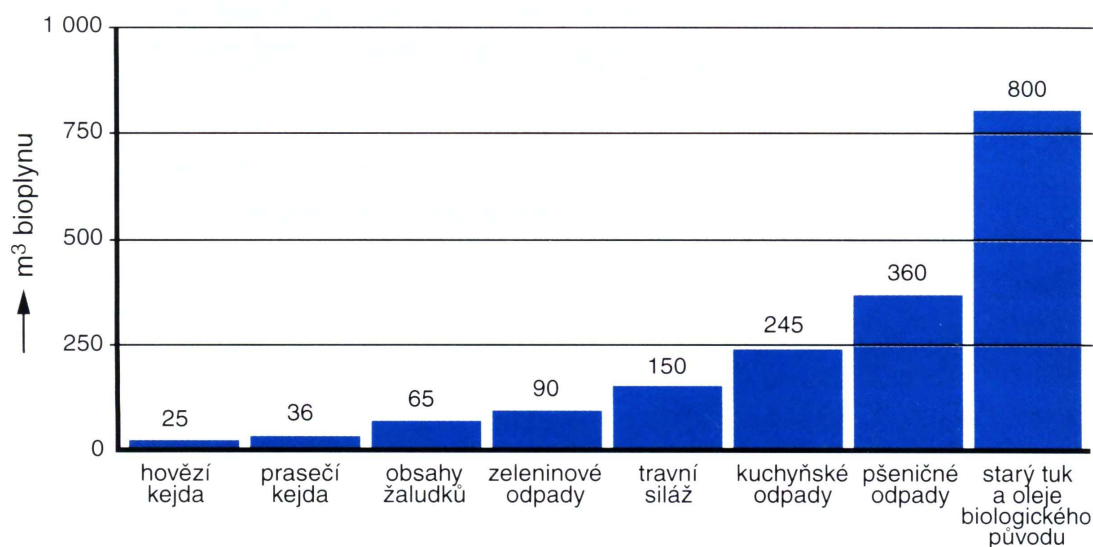


Obr. 7–1 Schéma toku energie

7.1 Provozní parametry

7.1.1 Výnos bioplynu

Pro dimenzování BPS je důležité, jaké množství materiálu má být zpracováno. Pro jednotlivou biomasu se výnos bioplynu liší, např. z jedné tuny hovězí kajdy lze vyrobit 25 m³ Bioplynu.



Obr. 7–2 Měrná produkce bioplynu z čerstvého materiálu [11]

7.1.2 elektrický a tepelný výkon

Vyrobená energie kogenerační jednotkou závisí na výhřevnosti a množství bioplynu.

V procesu přeměny je důležitá účinnost přeměny primárního paliva (bioplynu) na elektrickou a tepelnou energii. Tato účinnost se pohybuje okolo (80% až 90%) z toho elektrická je asi 30% a tepelná 60%. Hlavní složkou výroby v BPS je elektrická energie, která se dodává do elektrické sítě. Tepelná energie se z 30-40% využívá pro vyhřívání fermentoru. Pro zbývající tepelnou energii je vhodné najít uplatnění. Lze ji využít na ohřev užitkové vody, ohřev topné vody, absorpční chlazení, úprava vzduchu, tepelné potřeby technologických procesů. Možné množství vyrobené energie podle druhu biomasy udává tabulka Tab. 7–2.

biomasa	Q _k [kg]	Q _{bp} [m ³]	P _{el} [kW]
Hovězí kejda	1000	25	50
Obsahy žaludku	1000	36	72
Prasečí kejda	1000	65	130
Zeleninové odpady	1000	90	180
Travní siláž	1000	150	300
Kuchyňské odpady	1000	245	490
Pšeničné odpady	1000	360	720
Starý tuk a oleje biologického původu	1000	800	1600

Tab. 7–1 Měrná produkce bioplynu z čerstvého materiálu

Z množství vstupní biomasy v tunách za hodinu lze určit množství m³ za hodinu vyprodukovaného bioplynu, který je vstupní parametr do kogenerační jednotky. Dle katalogových listů např. fa TEDOM lze stanovit vhodnou jednotku z výkonové řady. Tato skupina spalovacích motorů je v Tab. 7-2.

	Elektrický výkon [kW]	Tepelný výkon [kW]	Spotřeba plynu [m ³ /h]
Micro T25	23	41,5	11,6
Cento T80	81	122	37,2
Cento T100	100	143	44,0
Cento T120	125	163	52,5
Cento T150	150	192	61,8
Cento T160	160	197	64,6
Cento T180	175	223	71,5
Cento T300	300	370	121,4
Quanto D580	537	622	206,3
Quanto D770	716	823	273,3
Quanto D1200	1021	1198	389
Quanto C770	785	1118	374
Quanto C1100	1100	1187	459

Tab. 7-2 Provedení KJ tedom s pístovým spalovacím motorem

Spotřeba je uvedena pro bioplyn s obsahem metanu 65% při normálních podmínkách (0°C, 101,325 kPa). V případě jiných podmínek mohou být údaje odlišné.

Jako vhodnou možnost jsem vybral tři KJ z výkonové řady. Z elektrického výkonu konkrétní kogenerační jednotky snadno určíme množství vyrobené elektrické energie, která je důležitá pro ekonomický výpočet.

KJ	Elektrický výkon [kW]	Spotřeba plynu za den [m ³ /den]	Roční využití instalovaného výkonu [kWh/kWe]	Roční výroba elektřiny [MWh]
Cento T100	100	1056	8000	800
Cento T150	150	1483,2	8000	1600
Cento T300	300	2913,6	8000	3200

Tab. 7-3 Provedení KJ tedom s pístovým spalovacím motorem

Pro kogeneraci v BPS je nejpoužívanější pístový spalovací motor. Srovnání s jinými vhodnými jednotkami je v Tab. 7-4. Vhodnou variantou pro větší výkony je mikroturbína, oproti spalovacím motorům má nižší emise ve spalínách a není háklivá na nečistoty v bioplynu.

Mezi výhody nasazení MT patří vysoká spolehlivost a nízké náklady na údržbu.

V budoucnu se počítá s uplatněním STM motoru, pro jeho využití nízkopotenciálového tepla a výhodné spalování mimo motor. Nejvhodnější je požití palivového článku. Tato technologie je zatím nákladná a vyžaduje úpravu bioplynu a čistý vodík.

Typ PJ	Elektrický výkon	Pohotovost	Elektrická účinnost [%]		Celková účinnost	Modul teplárenské výroby
	[MW]		Pe	0,5Pe		
Palivové články	0,04-50	90–92	37–45	37–45	85–90	0,8-1,0
Mikroturbína	0,025-0,25	90–95	30–40	20–30	65–85	0,6-0,85
STM motor	0,003-1,5	85–90	35–50	34–49	60–80	1,2-1,7
Spalovací motor	0,015-2	80-85	27-40	25-35	60-80	0,5-0,7

Tab. 7-4 Vhodné jednotky pro kogeneraci bioplynu [17]

Podle Tab. 7-5 investičních nákladů na 1kW je nejvhodnější nasazení spalovacího motoru. Mikroturbína má oproti spalovacímu motoru investiční náklady větší, ale nižší provozní náklady.

Typ PJ	Cena instalovaného výkonu [€/kW]
Palivový článek	2400-5000
mikroturbína	1400-2000
STM motor	700 €/W
Spalovací motor	900-1500

Tab. 7-5 Investiční náklady na 1kW [17]

Při přednostním důrazu na výrobu elektrické energie je důležitý modul (index) teplárenské výroby elektřiny

$$\sigma = \frac{P_E}{P_T}$$

což je poměr mezi elektrickým a tepelným výkonem kogenerační jednotky a pohybuje se od 0,45 u nejmenších až po 0,85 i více u největších jednotek. Z hlediska přednostní produkce elektrické energie jsou výhodnější pístové motory před plynovými turbínami a výkonnější agregáty před malými. Z technického hlediska jsou k dispozici plynové motory ve výkonovém rozmezí 20 kW až 4 000 kW, výjimečně až 10 MW. Rozsah výkonů plynových turbín, aplikovaných dosud v ČR, se pohybuje od 28 kW_e do 180 kW_e.

7.2 Ekonomické parametry

Náklady BPS jsou závislé na mnoha faktorech. Vztahují se nejen od velikosti zařízení a instalované technologie, ale také podle toho jestli je stavba realizována svépomocí nebo dodavatelsky. Podle dotazníkových šetření v Německu jsou tyto investiční náklady u BPS rozděleny na:

- Stavební část (fermentor, budovy) 43 %,
- Kogenerace (KJ, plynové hospodářství, el. přípojka) 23 %,
- Vytápění (vytápění fermentoru, skladování odpadního tepla a napájení TUV) 17 %,
- Kejdové hospodářství (čerpadla, míchadla, vstupní a výstupní technologie biomasy) 13 %,
- Plánování a externí mzdy 4 %.

Roční náklady bioplynové stanice se vypočtou z odpisů investičních nákladů při zohlednění zúročení, dále z nákladů na údržbu a opravy, z běžných provozních nákladů a ostatních nákladů na obsluhu BPS. Obsluha se odhaduje na 30min za den. Odpisy a údržba je rozdělena do dvou částí (technika a stavba). Tyto dvě skupiny se rozlišují jinými odpisy. Pro techniku se počítá s 60% a na stavbu se 40% investičních nákladů. Pojištění BPS je třeba počítat s 0,5% celkového objemu investic. [6]

Hlavní příjem je tvořen z prodeje elektrické energie. Garantovaná cena elektrické energie z bioplynu dodávaná do sítě je dle cenového rozhodnutí ERU č. 7/2007 ze dne 27. listopadu 2007.

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny spalováním bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroj uvedený do provozu po 1. lednu 2008 včetně využívající určenou biomasu.	3900	2620
Výroba elektřiny spalováním bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroj uvedený do provozu po 1. lednu 2008 včetně využívající ostatní biomasu.	3300	2020
Výroba elektřiny spalováním bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	3300	2020
Výroba elektřiny spalováním bioplynu ve výrobně uvedené do provozu od 1. ledna 2004 do 31. prosince 2005	2630	1350
Výroba elektřiny spalováním bioplynu ve výrobně uvedené do provozu před 1. lednem 2004	2740	1460

Tab. 7–6 Výkupní ceny a zelené bonusy pro spalování bioplynu[1]

Měrné náklady na instalovaný elektrický výkon jednoho kilowatu se pohybují přibližně od 70 do 120ti tisíc korun pro bioplynovou stanici o výkonu 500 kW_e. Základem provozu jsou vstupní suroviny, vstupní investice, ekonomika návratnosti, náklady na provoz BPS a garantovaná výkupní cena energie. Základem pro ekonomický provoz BPS je složení vstupních surovin v co nejlepším poměru k výrobě bioplynu.

Ekonomika návratnosti:

$$T_n = \frac{IN}{(V - N_r)} \quad [\text{roky}] \quad (7.1)$$

IN - investiční náklady [Kč]

V - výnosy z realizace [Kč]

N_r - Roční provozní výdaje [Kč]

Prostá návratnost je nejkratší návratnost vložených investic. Tato návratnost ale zanedbává řadu podstatných faktorů např. budoucí růst cen energie. Ekonomické efektivnosti nám proto dává pouze orientační představu.

Pro přesnější výpočet použijeme vztah, který vyjadřuje tzv. čistou současnou hodnotu hotovostních toků NPV. Hotovostní peněžní tok (cash flow) CF_T je v každém T-tém roce dán rozdílem očekávaných přínosů (kladné hodnoty) a výdajů na realizaci a provoz (záporné hodnoty). V počátečním roce odečítáme výdaje jednorázového, investičního charakteru. [14]

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t (1 + r)^{-t} - IN \quad (7.2)$$

IN - investiční náklady [Kč]

T_z - doba životnosti zařízení [roky]

$(1+r)^{-t}$ - odúročitel

Odúročitel a jeho hodnota pro každý rok udává budoucí částku úspor přepočtenou (diskontovanou) k prvnímu roku, tj. k okamžiku našeho rozhodování. [14]

Ekonomická efektivita se dá zvýšit možným prodejem tepla.

Pro stanovení ekonomické efektivnosti je třeba rozlišit roční náklady na jednotlivé složky. Přehled o těchto složkách podává následující tabulka, kde budu posuzovat tři různé úrovně investičních nákladů.

Roční náklady (v tis. Kč.rok ⁻¹)			
Investiční náklady	12000	20000	35000
Odpisy stavby	240	400	700
Odpisy techniky	1440	2400	4200
Úročení 8% . 0,5	480	800	1400
Opravy a údržba stavby	24	40	70
Opravy a údržba techniky	288	480	840
Pojištění	60	100	175
Osobní náklady	30	30	30
Roční náklady celkem	2562	4250	7415

Tab. 7-7 Náklady bioplynové stanice

Pokud dosadíme příjmy z dodání elektrické a vypočtené náklady do vzorce (7.1), zjistíme dobu návratnosti vložené investice.

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Investiční náklady IN [tis. Kč]	12000	20000	35000
Výnosy z realizace V [tis. Kč]	3120	6240	12480
Roční provozní výdaje [tis. Kč]	2562	4250	7415
Doba návratnost [roků]	22	11	7

Tab. 7-8 Návratnost vložených investic

Dobrych výsledků návratnosti investice u všech variant dosáhneme pouze při nízkých investičních nákladech. Snížení investičních nákladů můžeme provést několika způsoby. Jedná se zejména o možnost přestavby stávající stavby, svépomocným provedením stavby nebo získáním investiční dotace. S vyššími investičními náklady přichází nutnost vhodného využívání přebytečného tepla nebo možnosti získání dalších příjmů za likvidaci odpadů při kofermentaci. Ale i při odhadu investice u varianty 3 okolo 35. mil. Kč můžeme dosáhnout uspokojivé návratnosti pod 10 let. Ekonomiku bioplynové stanice vždy pozitivně ovlivňuje možnost vlastní financování investice.

7.3 Řízení provozu BPS

Správnou činnost BPS obstarává centrální spouštěcí a řídicí technika automatického provozu. Součástí je centrální ovládání míchadel a čerpadel, regulace tlaku ventilátorů, řízení bezpečnostního spalovacího zařízení stejně jako ukazatel provozních údajů. Veškeré agregáty je možné obsluhovat i manuálně. Na displeji je možné sledovat teploty jednotlivých fermentorů a topné větve.

Řízení je zajištěno:

- kompletní vizualizací,
- záznamem dat průběhu provozu,
- záznamem dat přísunu substrátu,
- záznamem dat produkce bioplynu.

V BPS se evidují parametry:

- hladiny nádrží, tlaku v zásobníku a signalizací při překročení nastavených parametrů,

Součástí automatického řízení provozu BPS jsou různá čidla a různé senzory nutné pro snímání hodnot potřebných pro vyhodnocování a následné ovládání.

8 ZÁVĚR

Vědeckotechnický vývoj v oblasti zvyšování účinnosti přeměn energií spolu se zaváděním obnovitelných zdrojů energie, omezování životního prostředí a politické faktory přispívají k možnostem nárůstu uplatnění kogenerační výroby.

Bakalářská práce byla zaměřena na zhodnocení provozu a výhody nasazení jednotlivých kogeneračních jednotek ve spolupráci s bioplynovou technologií. Zaměřuje se na vhodnost použití kogenerační jednotky ve spolupráci s bioplynovou stanicí a jejich hodnocení.

Pro výrobu bioplynu v BPS je důležitý bioplynový proces. Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada procesních a materiálových parametrů, například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, číslo pH neboli kyselost materiálu, anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, absence inhibičních biochemických látek. Vhodná biomasa pro bioplynový proces je buď záměrně pěstovaná (travní senáž, řepka olejna, cukrovka, obilí, brambory, kukuřice) nebo biomasa odpadní (rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby, odpady z živočišné výroby, organické odpady z průmyslových a potravinářských výroby). Množství biomasy a biosurovin se hodnotí na základě potencionálních dodavatelů v místě bioplynové stanice. Kvalita bioplynu je určena poměrem metanu, oxidu uhličitého a ostatními nežádoucími látkami. Bioplyn dále upravujeme na vodné parametry sušením a čištěním. Výslednými produkty bioplynového procesu jsou biologicky stabilizovaný substrát a bioplyn s obsahem 55-70% metanu a výhřevností cca 18-26MJ.m⁻³.

Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie je zajišťována kogenerační jednotkou, vzhledem k oddělené výrobě je o 40% efektivnější. Vhodné kogenerační jednotky pro vyžívání bioplynu jsou pístové spalovací motory (SM), mikroturbíny (MT), stirlingův motor (STM) a palivové články (PC). Nejpoužívanější je pístový spalovací motor. Ve srovnání s jinými jednotkami má širší výkonovou řadu a jeho investiční náklady jsou nejmenší, pohybují se od 900 do 1500 €/kW. Jeho nevýhody jsou vysoké emise ve spalínách, velká hlučnost, vysoké náklady na údržbu. Vhodnou alternativou nasazení je mikrotubína je nákladnější ale mezi jejich výhody patří vysoká spolehlivost, nízké náklady na údržbu, malé rozměry, malá hlučnost, menší emise ve spalínách. Když je posoudíme se spalovacím motorem, snesou větší obsah nečistot v bioplynu. Další dvě technologie jsou převážně ve vývoji, u stirlingůva motoru je snaha snížit finanční náklady a technické zpracování. Palivový článek nabízí široké možnosti, ale jeho nasazení mu brání jeho vysoká cena. Výhodou STM je využití nízkopotenciálního tepla a výhodné spalování mimo motor.

Zhodnocení provozních parametrů závisí na výnosu bioplynu, pohybuje se od 25 do 800 m³ z 1 t, v závislosti na použité biomase. Pro návrh kogenerace jsem použil kogenerační jednotky od Tedomu o výkonu 100, 150 a 300 kW. Spotřeba bioplynu se pohybuje od 1056 až 2913 m³ za den. Roční výroba elektrické energie je 800MWh u nejmenší a 3200MWh u největší jednotky.

Dobré ekonomické efektivnosti bioplynové stanice lze dosáhnout při nízkých investičních nákladech. S vyššími investičními náklady přichází nutnost vhodného využívání přebytečného tepla nebo možnosti získání dalších příjmů za likvidaci odpadů při kofermentaci. Při dobře nastavených energetických a ekonomických parametrech je využití bioplynu ve spojení z kogenerací velmi přínosná.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Schulz H., Eder B. Bioplyn v praxi: HEL, 2004 168 stran. ISBN 80–86167-21–6
- [2] Wikipedie, Bioplyn <http://en.wikipedia.org/wiki/Biogas>
- [3] Wikipedie, Anaerobní digesce [on line]. 2007, [cit. 2007-10-15].
http://cs.wikipedia.org/wiki/Anaerobn%C3%AD_digesce
- [4] Kogenerace [on line]. 2008, [cit. 2007-10-17]. <http://cogeneration.tedom.eu/>
- [5] Basic information on biomas [on line]. 2007, [cit. 2007-11-05].
<http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/en/enperus.html>
- [6] WEGER, J., HAVLICKOVÁ. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie v krajině*, 2003.
- [7] Mikroturbíny [on line]. 2007, [cit. 2007-11-16].
www.capstoneturbine.com
- [8] STM POWER [on line]. 2007, [cit. 2007-11-16].
<http://www.airmaticcompressor.com/STM%20Power%20New%20Brochure.pdf>
- [9] Stirlingův motor [on line]. 2007, [cit. 2007-11-16].
http://cs.wikipedia.org/wiki/Stirling%C5%AFv_motor
- [10] Wikipedie, Bioplyn [on line]. 2007, [cit. 2007-11-16]. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>
- [11] Pastorek Z., Kára J., Jevič P. *Biomasa: FCC PUBLIC*, 2004 208 stran.
ISBN 80-86534-06-5
- [12] Kombinovaná výroba elektřiny a tepla [on line]. 2008, [cit. 2008-04-10].
http://www.ekowatt.cz/kombinovana_vyroba_elektriny_a_tepla/
- [13] Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2007 [on line]. 2008, [cit. 2008-05-11]. http://www.eru.cz/edoc/cr_e/er_cr_7_2007_oze.pdf
- [14] Vašíček J.: Zásady ekonomického hodnocení energetických projektů. TZB-info [on line]. 2005, [cit. 2008-05-11]. <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2565&h=219&pl=39>
- [15] Kajan M. Bioplyn z odpadů živočišné výroby [on line]. 2005, [cit. 2008-05-11].
- [16] <http://biom.cz/clanky.stm?x=475365>
- [17] Uspořádání kogenerační jednotky s pístovým motorem [on line]. 2003, [cit. 2008-05-11].
<http://www.motorgas.cz/index.php?lang=0&disp=kogenerace>
- [18] Dvorský E., Hejtmánková P. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. BEN – technická literatura*, 1. vydání, Praha 2005, 288 stran, ISBN 80-7300-118-7

Příloha A Legislativa vztahující se k provozu BPS

Legislativa v oblasti nakládání s odpady

Zákon 185/2001 Sb., o odpadech Obecné zásady upřednostňující materiálové využití před ostatními způsoby nakládání.

Vyhláška 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady A změnů vyhlášky č.382/2001 Sb. O podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a vyhlášky 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Zákon 156/1998 Sb., o hnojivech

V případě materiálu pro bioplynovou stanici je nutné mít hlavně pod kontrolou vstupní materiály a zamezení vstupu rizikových látek.

Vyhláška 474/200 Sb., o požadavcích na hnojiva

Nitrátová směrnice (91/676/EHS) a zásady správné zemědělské praxe

Legislativní rámec výroby elektřiny a tepla, výběr z energetické související legislativy

Zákon č.485/2000 Sb. (energetický zákon), navazující předpisy

V rámci projektů výstavby nových zařízení na výrobu elektřiny je nutné dále respektovat podmínky pro připojení na distribuční a přenosovou síť dle Vyhlášky 51/2006 Sb.,o podmínkách připojení k elektrizační soustavě.

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z OZE, rozhodnutí ERÚ

Zákon 180/2005 Sb., zavádí dva hlavní momenty:

Dlouhodobou garanci výkupních cen elektřiny na 15 let

Způsoby podpor projektů OZE

Zvýhodněná výkupní cena – dle vyhlášky ERÚ Zelenými bonusy

Vyhláška č.475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání OZE

Vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy (ve znění Vyhlášky č.5/2007 Sb.).

Vyhláška č. 5002/2005 Sb., o stanovení způsobu vykazování množství elektřiny při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje

Zákon 406/2000 Sb., o hospodaření energií, navazující předpisy

Zákon č.86/2002 Sb., o ochraně ovzduší