

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

## BIOPLYNOVÉ TECHNOLOGIE

BIOGAS TECHNOLOGIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTANOVÁ IVETA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. ZDENĚK BEŇO

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2009/10

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Martanová Iveta

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:

### **Bioplynové technologie**

v anglickém jazyce:

### **Biogas technologies**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je věnována popisu vzniku bioplynu, popisu jednotlivých bioplynových technologií a jejich využití v praxi.

Cíle bakalářské práce:

Seznámení s problematikou bioplynu a jeho využitím v praxi.

Seznam odborné literatury:

Straka, F. a kol.: Bioplyn. 2. vyd. GAS s.r.o., Praha 2006. 706 s. ISBN 80-7328-090-6.

Schulz, H., Eder, B.: Bioplyn v praxi. 1. české vyd. HEL, Ostrava 2004. 168 s. ISBN 80-86167-21-6.

Dohányos, M. a kol.: Anaerobní čistírenské technologie. 1. vyd. NOEL 2000 s.r.o., Brno 1998. 345 s. ISBN 80-860020-19-3.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Beňo

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne

L.S.



prof. Ing. Petr Stehlik, CSc.  
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá technologií vzniku a výroby bioplynu z biologicky rozložitelných odpadů. V úvodní části jsou zpracována fakta o bioplynu, principu vzniku bioplynu a využití bioplynu v praxi.

Hlavní část práce je věnována jednotlivým technologiím tvorby bioplynu. Jsou zde popsána technologická zařízení na výrobu plynu a popsány jednotlivé metody zpracování odpadů s uvedením jejich výhod a nevýhod.

Klíčová slova:

Bioplyn, methan, anaerobní fermentace, aerobní fermentace, bioplynová stanice, fermentor, vyhnívací nádrž, biomasa, kogenerační jednotka, kogenerace, biologicky rozložitelný odpad, kompostování, skládka odpadu.

## **ABSTRACT**

This bachelor's work deals with technology of conception and production of biogas from biodegradable waste. In the introductory part there is elaboration of biogas facts, the principle of biogas origin and the usage of biogas in practice.

The main part is dedicated to individual technology of the biogas production. There are descriptions of technological equipment for gas producing and descriptions of individual methods of waste processing indicating their advantages and disadvantages.

Key words:

Biogas, methane, anaerobic digestion, aerobic fermentation, biogas, fermenter, a digester, biomass, cogeneration units, cogeneration, biodegradable waste, composting, landfill waste.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MARTANOVÁ, I. *Bioplynové technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 51s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Beňo.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila pouze literatury uvedené v příloženém seznamu.

V Brně dne 30. ledna 2010

Martanová Iveta

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Zdeňku Beňovi za odborné vedení a připomínky při zpracování daného tématu.

## OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. POPIS VZNIKU BIOPLYNU.....	11
2.1. VZNIK BIOPLYNU.....	11
2.2. VLIVY A FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VZNIK BIOPLYNU.....	12
2.2.1. VLIVY TEPLoty .....	13
2.2.2. VLIVY PH .....	13
2.2.3. PŘÍTOMNOST NUTRIENTŮ.....	13
2.2.4. PŘÍTOMNOST TOXICKÝCH A INHIBUJÍCÍCH LÁTEK.....	14
2.2.5. VLIV TECHNOLOGICKÝCH FAKTORŮ.....	14
2.2.6. ZAPRACOVÁNÍ BIOPLYNOVÉHO REAKTORU.....	14
2.2.7. VELIČINY SLOUŽÍCÍ PRO ŘÍZENÍ PROCESU.....	14
3. TECHNOLOGIE TVORBY BIOPLYNU.....	15
3.1. ANAEROBNÍ FERMENTACE.....	15
3.1.1. MOKRÁ FERMENTACE.....	16
3.1.2. SUCHÁ FERMENTACE.....	21
3.1.3. SROVNÁNÍ SUCHÉ A MOKRÉ FERMENTACE.....	22
3.2. AEROBNÍ FERMENTACE.....	23
4. VÝTĚŽNOST BIOPLYNU Z JEDNOTLIVÝCH MATERIÁLŮ.....	23
5. ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU BIOPLYNU.....	25
5.1. KOMUNÁLNÍ ČOV.....	25
5.2. ZEMĚDĚLSKÉ BIOPLYNOVÉ STANICE.....	28
5.3. KOMPOSTÁRNY.....	29
5.4. SKLÁDKY.....	32
6. VYUŽITÍ BIOPLYNU.....	35
6.1. VYUŽITÍ BIOPLYNU V EU.....	36
7. PROBLEMATIKA BIOPLYNOVÝCH TECHNOLOGIÍ V ČR .....	38
7.1. INVESTIČNÍ NÁKLADY.....	38
7.2. PROVOZNÍ NÁKLADY.....	38
7.3. VÝNOSY A ZISKY.....	38
8. MOŽNOSTI SNÍŽENÍ NÁKLADŮ.....	39
8.1. PŘÍNOSY VÝROBY BIOPLYNU Z BIOLOGICKÝCH ODPADŮ.....	39

---

9. PŘÍKLADY BIOPLYNOVÝCH STANIC V ČR.....	40
10. PŘÍKLADY BIOPLYNOVÝCH STANIC V EU.....	42
11. ZÁVĚR.....	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	46
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	51
SEZNAM TABULEK.....	51

## 1. ÚVOD

V současné době, kdy se počet obyvatel na Zemi neustále prudce zvyšuje, dochází k nárůstu energetických požadavků obyvatelstva. Protože se lidstvo stále opírá z velké části o zásoby fosilních paliv a tyto zásoby se rychle ztenčují, musí se lidstvo poohlížet i po jiných zdrojích energie, které by se měly stát stěžejními body jeho energetické politiky. Řešením těchto problémů jsou právě obnovitelné zdroje energie.

Bioplyn je jeden ze zástupců obnovitelných zdrojů energie. Tento obnovitelný zdroj energie nám nabízí perspektivní možnost zpracování biologicky rozložitelných odpadů z potravinářského, zemědělského, hospodářského a ostatního průmyslu v bioplynových stanicích. Hlavním využitím bioplynu je výroba elektrické energie a využití jako paliva v dopravě. Nedílnou součástí při přeměně bioplynu na elektrickou energii je i výroba tepelné energie, kterou je možné dále využívat, čímž se zlepšuje ekonomická výnosnost bioplynových stanic. Nesporný je také ekologický přínos biologické přeměny.

Záměrem České republiky je zvýšit výrobu do roku 2010 na celých 12% z původních 5,75% a do roku 2020 o dalších 10% [1]. Do konce roku 2010 by mělo vzniknout 160 nových bioplynových stanic a do roku 2020 by počet vzrostl až na 1000 nových bioplynových stanic [1]. Tyto stanice by vyprodukovaly 7,5 milionu MWh elektřiny a tepla, které by zužitkovaly úrodu ze 300 000 hektarů orné půdy [2].

## 2. POPIS VZNIKU BIOPLYNU

Biologický rozklad organických látek je složitý vícestupňový proces, na jehož konci působením methanogenních, acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů vzniká bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou plynných složek, methanu ( $\text{CH}_4$ ) a oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ). 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]

### 2.1. VZNIK BIOPLYNU

Tento proces rozkladu organických látek je rozdělen do 4 fází:

#### Hydrolyza

V této fázi dochází k rozkladu složitých vazeb (polysacharidy, lipidy, proteiny) na vazby jednodušší rozpustné ve vodě. Tento stupeň je intenzivní u technologií tzv. mokrých, které zpracovávají biomasu v tekuté formě (s obsahem sušiny do 14%) a méně intenzivní až nedostatečný u tzv. suchých technologií, zpracovávajících biomasu v tuhém stavu (obsah sušiny max. do 65%) [4].

#### Acidogeneze

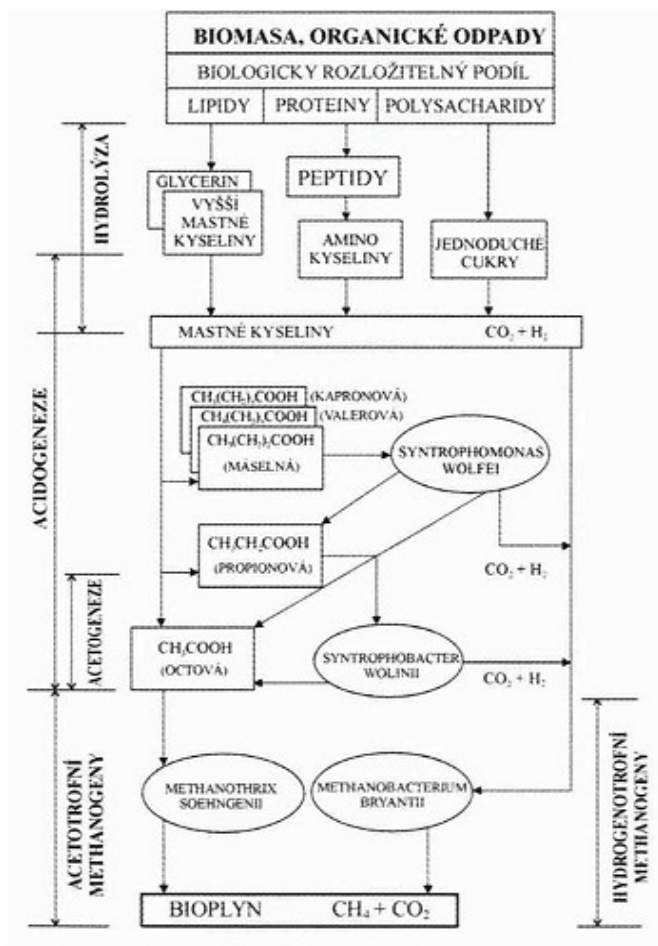
V této fázi dochází k odstranění zbytků vzdušného kyslíku a vytvoření anaerobního prostředí. Tuto přeměnu umožní anaerobní mikroorganismy (produkty hydrolyzy), které jsou štěpeny na jednodušší látky (kyseliny, alkoholy,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ), schopné aktivace v obou prostředích [5][6].

#### Acetogeneze

Během této fáze převádějí acidogenní kmeny bakterií vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou, vodík a oxid uhčitý. Tím dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové [6].

#### Methanogeneze

Závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové,  $\text{H}_2$  a  $\text{CO}_2$  vzniká methan -  $\text{CH}_4$ , tento krok provádějí methanogenní bakterie, což jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy [6].



Obr. 1 Schéma vzniku bioplynu z biologicky rozložitelných odpadů [7].

## 2.2. VLIVY A FAKTORY VZNIKU BIOPLYNU

Průběh anaerobních procesů ovlivňuje velká řada vlivů a faktorů, jakými jsou například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, pH neboli kyselost materiálů, absence inhibičních látek a mnoho dalších.

### 2.2.1. VLIVY TEPLoty

Teplota podstatně ovlivňuje interakce mezi jednotlivými druhy mikroorganismů. Změnou teploty se mění rychlosti probíhajících pochodů, což má za následek porušení dynamické rovnováhy procesu, a může vést až k úplnému zastavení procesu. Dlouhodobá změna teploty vede ke změně zastoupení jednotlivých druhů mikroorganismů.

Tvorba methanu probíhá v širokém rozmezí teplot (přibližně od 5 do 95°C). Většina anaerobních reaktorů pracuje při teplotách v mezofilní oblasti tj. při 35 až 40°C, a část v termofilní oblasti tj. při 50 až 60°C, v obou případech jsou reaktory vyhřívány.

Pro udržení stability procesu je nutné zabezpečit konstantní teplotu. Změny teploty jsou tím nebezpečnější, čím je proces zatíženější, tj. čím je kratší doba zdržení a menší koncentrace biomasy v reaktoru [8].

teplota °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80
psychofilní	■	■							
tolerantní mezofily		■	■						
mezofilní			■	■	■				
tolerantní termofily					■	■			
termofilní						■	■	■	
extrémní termofily								■	■

Obr. 2 Teplotní rozdělení mikroorganismů [7].

### 2.2.2. VLIVY pH

Další závažný limitující faktor procesu je úzký rozsah pH optimálního pro růst methanogenních mikroorganismů. Většinou vyžadují pH v neutrální oblasti (6,5 - 7,5), které je nutné uvnitř reaktoru udržovat, pod pH 6 a nad 8 je jejich činnost silně inhibována. Nejčastější příčinou výkyvu pH je jeho pokles vlivem přetížení reaktoru, kdy produkce kyselin rychlejšími mikroorganismy předmethanační fáze (první a druhá skupina) je vyšší než jejich spotřeba a dochází k jejich akumulaci v systému, avšak při vysoké koncentraci amoniaku tj. při vysokých hodnotách alkality, pH není citlivým ukazatelem. Proto je třeba řídit zatížení podle množství a složení mastných kyselin v médiu, aby nedošlo ke zhroucení procesu nebo udržovat dostatečnou neutralizační kapacitu přidávkem alkalizačních činidel [8].

### 2.2.3. PŘÍTOMNOST NUTRIENTŮ

Pro zpracování a provoz reaktorů je nutný správný poměr N a P k organickým látkám. Z bilance produkce biomasy se udává potřebný poměr živin. Vedle dusíku a fosforu je žádoucí přítomnost řady mikronutrientů - Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, W, důležitá je také přítomnost řady růstových faktorů. Většinou u substrátů přirozeného původu je množství nutrientů postačující [8].

#### 2.2.4. PŘÍTOMNOST TOXICKÝCH A INHIBITUJÍCÍCH LÁTEK

Naopak při anaerobní fermentaci kejdy nebo jiných živočišných produktů bývá vysoký přebytek amoniaku, který za zvýšeného pH může působit inhibičně až toxicky. Za toxické nebo inhibující látky pokládáme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičním působením nižších mastných kyselin a amoniaku. Zde je nutno upozornit, že v obou případech inhibičně působí tyto látky v nedisociované formě. To znamená, že inhibice těmito látkami bude závislá na pH a jejich celkové koncentraci v systému. Při nízkém pH mohou inhibičně působit mastné kyseliny, při vysokém amoniak.

Dlouhodobou adaptací lze vypěstovat biomasu tolerující i vyšší koncentrace amoniaku. Například při zpracování slepičího trusu nebo prasečí kejdy může koncentrace amoniaku dosahovat v závislosti na koncentraci vstupujícího materiálu hodnot 6 g/l i více [8].

#### 2.2.5. VLIV TECHNOLOGICKÝCH FAKTORŮ

Z technologických faktorů jsou nejdůležitější míchání a doba zdržení. Obsah reaktoru musí být homogenní, tj. dobře promícháván tak, aby byl umožněn co nejrychlejší a nejdokonalejší kontakt mikroorganismů se substrátem.

Doba zdržení musí být dostatečně dlouhá, aby nedocházelo k vyplavování potřebných mikroorganismů a aby bylo dosaženo potřebné účinnosti rozkladu. Vzhledem k tomu, že generační doby anaerobních mikroorganismů jsou relativně dlouhé, a to 0,5 až 12 dní pro různé skupiny mikroorganismů, udržuje se doba zdržení v bioplynových reaktorech 20 až 40 dní. Přitom platí, že čím hůře je rozložitelný daný substrát, tím je generační doba příslušných bakterií delší [8].

#### 2.2.6. ZAPRACOVÁNÍ BIOPLYNOVÉHO REAKTORU

Zpracování je prakticky nejdůležitější fází provozu anaerobního reaktoru. Na něm závisí doba, za kterou je dosaženo ustáleného stavu provozu a v neposlední řadě i stabilita a účinnost provozu.

Zpracování zahrnuje tyto důležité fáze:

- adaptaci biomasy na daný substrát a dané podmínky,
- nahromadění (akumulaci) takového množství aktivní biomasy, aby reaktor byl schopný zpracovávat požadované zatížení [8].

#### 2.2.7. VELIČINY SLOUŽÍCÍ PRO ŘÍZENÍ PROCESU

Veličiny sloužící pro řízení procesu - jsou takové veličiny, jejichž změnou můžeme ovlivňovat průběh procesu. Mezi tyto veličiny patří kontrola a regulace teploty, zatížení reaktoru, tj. dávkování substrátu do reaktoru a jeho regulace. Třetí proměnnou je dávkování chemikálií, využívá se při doplňování nutrientů a k úpravě neutralizační kapacity reakční směsi.

Stav procesu můžeme sledovat řadou veličin nazývaných „indikátory stavu procesu“ charakterizujícími průběh dílčích procesů nebo celkový průběh procesu anaerobního rozkladu. Tyto veličiny mohou charakterizovat plynnou, kapalnou nebo pevnou fázi reakční směsi.

**V plynné fázi sledujeme:** množství produkovaného bioplynu, složení bioplynu - obsah  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

**V kapalně fázi sledujeme především:** pH, celkovou koncentraci mastných kyselin nejlépe však jednotlivé mastné kyseliny, kyselinovou a zásadovou neutralizační kapacitu, koncentraci amoniaku.

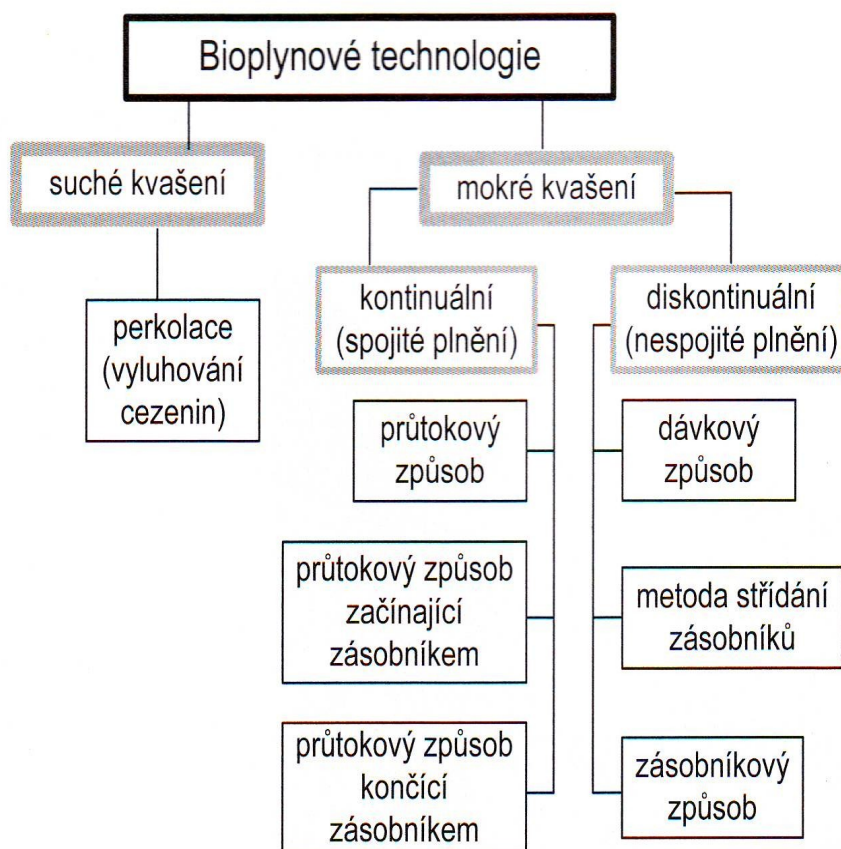
**V tuhé fázi sledujeme:** koncentraci suspendovaných látek a jejich organickou frakci, koncentraci organického dusíku (často slouží jako měřítko množství biomasy), sedimentační a filtrační vlastnosti suspendovaných látek [8] [9].

### 3. TECHNOLOGIE VÝROBY BIOPLYNU

Velký počet bioplynových zařízení lze zredukovat na několik technologických postupů, které lze rozlišovat podle způsobu plnění (dávkový a průtokový postup), dále podle toho, zda je proces jednostupňový nebo vícestupňový a podle konzistence substrátu (pevný a kapalný).

#### 3.1. ANAEROBNÍ FERMENTACE

Anaerobní fermentace je soubor na sebe navazujících procesů, při kterých směs mikroorganismů rozkládá organickou hmotu bez přístupu vzduchu za optimálně řízených podmínek (podíl obsahu sušiny, reakční teplota, pH). Na tomto procesu se podílí různé skupiny anaerobních mikroorganismů. Celý proces probíhá nejčastěji mezi teplotami  $0\text{ }^\circ\text{C}$  a  $70\text{ }^\circ\text{C}$ . Při samotném procesu nevzniká teplo a je ho proto třeba dodat. Konečným produktem anaerobní fermentace je bioplyn a digestát, který lze využít jako kvalitní hnojivo v zemědělství nebo jako surovinu pro výrobu kompostu.



Obr. 3 Rozdělení technologií [10].

### 3.1.1. MOKRÁ FERMENTACE

Mokrý fermentace zpracovává substráty s obsahem sušiny menším než 14%. Obsahuje-li substrát větší množství sušiny, pak je nutné jej naředit. Mokrý anaerobní fermentace probíhá v uzavřených velkoobjemových nádobách, které jsou vyhřívány na danou teplotu a míchány. Tato metoda je nejčastěji využívána na ČOV nebo v zemědělství.

#### **Dávkový způsob (batch process)**

U této metody se vyhnívací nádrž (fermentor) naplní najednou. Dávka pak vyhnívá do konce doby kontaktu, aniž se další substrát přidává nebo odnímá. Produkce plynu po naplnění pomalu roste, dosahuje maxima a pak klesá. Po skončení doby kontaktu se vyhnívací nádrž najednou vyprázdní. Menší množství kalu (cca 5 až 10 %) se ponechá v nádrži, aby se nová dávka naočkovala bakteriemi.

K vyprazdňování a naplňování fermentoru je zapotřebí mít vedle vyhnívací nádrže skladovací nádrž. Skladovací nádrž musí být stejné velikosti jako fermentor, což tento postup prodražuje. Rušivý element představuje také nerovnoměrná výroba, kterou lze

vyrovnat, pracuje-li se pouze se dvěma menšími fermentory, které se střídavě plní a vyprazdňují vždy po uplynutí poloviny doby kontaktu.

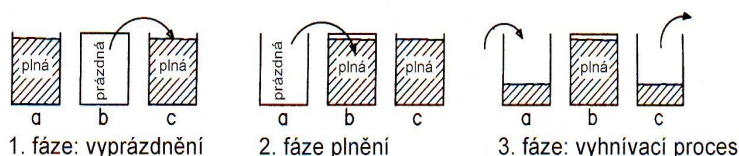
#### ***Nevýhody této metody:***

Toto zařízení je dražší, neboť dvě malé nádrže jsou podstatně nákladnější než jedna větší. Další nevýhodou je, že než se obsah přípravné nádrže přemístí do vyhnivací nádrže, uplyne dlouhá doba, během níž už v přípravné nádrži probíhá proces rozkladu, což s sebou nese ztráty na dusíku a methanu.

#### ***Nejčastější využití:***

Nejčastěji se využívá v laboratorních experimentech, kde je tato metoda optimální z hygienického hlediska - nedochází ke smíchání s čerstvým substrátem.

I Dávková metoda:



Obr. 4 Dávková metoda [10].

#### **Metoda střídání zásobníků**

Tato technologie pracuje se dvěma vyhnivacími nádržemi. Přípravná nádrž pojme substrát získaný za 1 až 2 dny. Prázdná vyhnivací nádrž se pomalu, ale rovnoměrně plní, zatím co v druhé probíhá vyhnivací proces. Když je první nádrž naplněna, obsah druhé nádrže se přesune do skladovací nádrže a následně se tato vyprázdněná druhá nádrž začne plnit z přípravné nádrže. Mezi tím se vyhníly kal ze skladovací nádrže vyváží na vhodné plochy, takže tato nádrž se průběžně zcela nebo částečně vyprazdňuje. Její kapacita by proto měla být větší než kapacita jedné vyhnivací nádrže.

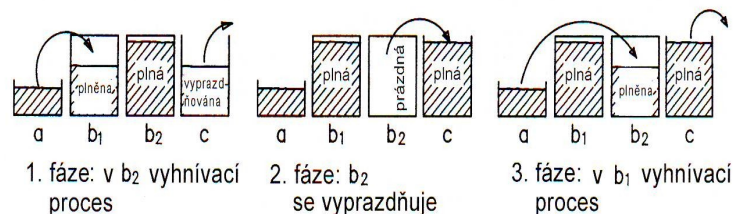
#### ***Výhoda této metody:***

Tento postup se vyznačuje velmi rovnoměrnou výrobou plynu a dobrým hygienizačním účinkem, neboť během celé doby vyhnívání není doplňován čerstvý substrát.

#### ***Nevýhoda této metody:***

Nevýhodou jsou velké pořizovací náklady a vyšší tepelné ztráty. Další nevýhoda je, že nádrž se při vyprazdňování musí zavzdušňovat, pokud zásobník plynu není dostatečně velký a naplněný tak, aby zaplnil plynem prostor po odebraném vyhníleém substrátu.

## II Metoda střídání nádrží:



Obr. 5 Metoda střídání nádrží [10].

## Zásobníkový způsob

U zásobníkové metody jsou fermentory a skladovací nádrž spojeny do jedné nádrže. Při vyvážení vyhřívací kejdě se zásobník vyprázdní až na malý zbytek, který je nutný k naočkování další náplně. Poté se vyhřívací a skladovací nádrž pomalu plní z přípravné nádrže nebo stálým přítokem kejdě přes přirozený přepad.

U zásobníkových zařízení s pevným krytem musí být obsah plynojemu tak velký, aby při vyvážení kejdě nevzniklo nebezpečí vniknutí vzduchu.

U zásobníkových zařízení s fóliovým poklopem je nezbytné zajistit ochranu před povětrnostními vlivy (přístřešek nebo dvojitý fóliový kryt).

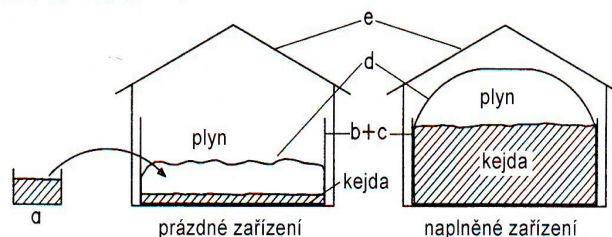
### ***Výhody této metody:***

U této metody je potřeba pouze velká a tedy relativně levná nádrž. Provoz těchto zařízení je jednoduchý a přehledný.

### ***Nevýhody této metody:***

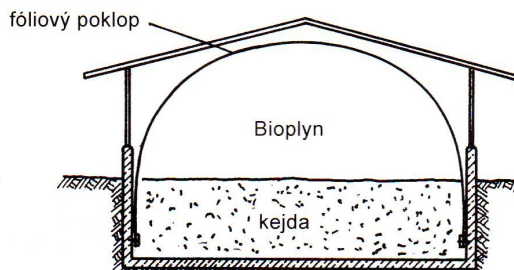
U zásobníkových zařízení s fóliovým krytem jsou problémem vysoké tepelné ztráty, a proto jsou tato zařízení provozována většinou v oblastech s nižšími teplotami (20 až 25 °C). Výroba je odvislá od množství plynu v nádobě.

## IV Metoda se zásobníkem

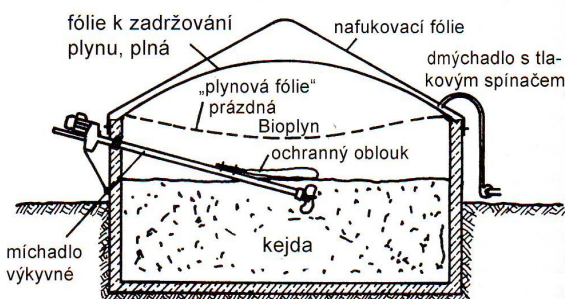


Obr. 6 Metoda se zásobníkem [10].

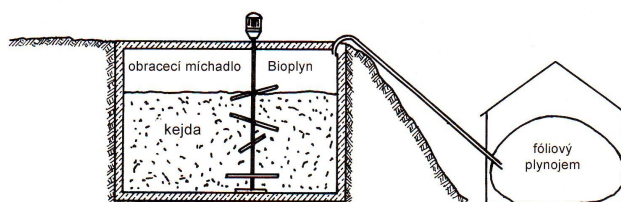
## Zásobníková bioplynová zařízení



Obr. 7 Fermentor s fóliovým poklopem a zastřešením [10].



Obr. 8 Fermentor s dvojitým fóliovým poklopem [10].



Obr. 9 Fermentor s pevným stropem a externím fóliovým plynojemem [10].

### Průtokový způsob

Většina bioplynových stanic na světě pracuje průtokovým způsobem. Způsob průtokové metody: vyhnívací nádrž je stále naplněna a vyprazdňuje se pouze příležitostně kvůli opravám nebo odstranění usazenin. Z malé přípravné nádrže je čerstvý substrát (většinou jednou až dvakrát denně) dodáván do vyhnívací nádrže, přičemž zároveň automaticky odchází odpovídající množství vyhnílého substrátu přepadem do skladovací nádrže.

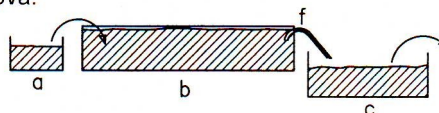
### ***Výhody této metody:***

Rovnoměrná výroba plynu, dobré vytižení vyhnívacího prostoru, a tím také cenově příznivá, kompaktní konstrukce s nízkými tepelnými ztrátami. Proces lze plně automatizovat, například plovákovým spínačem v přípravné nádrži nebo prostřednictvím časového spínače na plnicím čerpadle.

### ***Nevýhody této metody:***

Může dojít ke smíchání čerstvého substrátu s vyhnívaným materiálem, čímž se znehodnotí hygienizační efekt v závislosti na míchací technice a typu nádrže.

III Metoda průtoková:



Obr. 10 Metoda průtoková [10].

### **Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem**

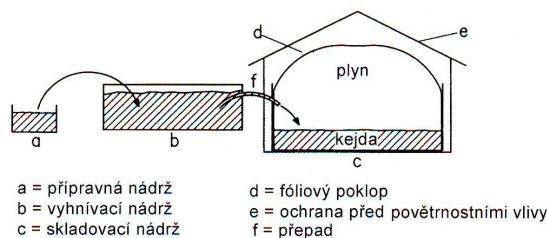
Kombinovaná zásobníková zařízení reprezentují současný nejvyšší vývojový stupeň bioplynové technologie. Vznikly tak, že k průtokovému fermentoru byly připojeny dříve otevřené skladovací nádrže na vyhnílou kejdu dodatečně opatřené fóliovým poklopem nebo pevným krytem, a to zabrání ztrátám na dusíku způsobenými aerobními rozkladnými procesy a získá dodatečný bioplyn. Při dnešních obvyklých dobách skladování, což je zhruba 7 měsíců, pochází 20 až 40 % celkového výnosu plynu ze skladovací nádrže.

Když je prostor na skladování kejdy přesně vyměřen nebo když se kvůli hnojení vyváží najednou větší množství kejdy, lze i průtokový fermentor využít jako zásobník a částečně ho vyprázdnit. Také zde je třeba dbát na to, aby při vyprazdňování bylo v zásobníku takové množství bioplynu, které nahradí odebraný objem materiálu a zabrání tomu, aby působením podtlaku došlo k nasání venkovního vzduchu do nádrže. Tato metoda může začínat či končit zásobníkem.

### ***Výhody této metody:***

Tato nádrž zpravidla není izolována, ani ohřívána nebo promíchávána, takže její náklady na dodatečný zisk plynu jsou relativně malé.

V Metoda průtoková se zásobníkem na konci



Obr. 11 Metoda průtoková se zásobníkem na konci [10].



Obr. 12 Stanice pro mokrou fermentaci [11].

### 3.1.2. SUCHÁ FERMENTACE

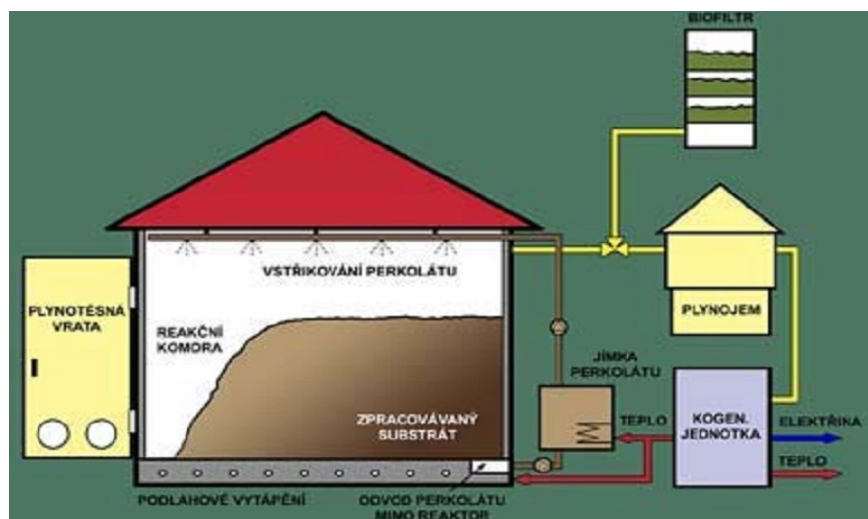
Suchá fermentace je vývojově mladší než mokrá fermentace, nicméně některé její typy již našly perspektivní uplatnění v praxi. Suchou fermentaci lze navíc dle obsahu sušiny substrátu rozdělit na:

- suchý proces (25 - 45 % sušiny),
- vysokосуšinový proces (nad 40 % sušiny).

Suchá fermentace probíhá ve fermentorech garážového typu, který se jednorázově po 28 dnech vyprázdňuje. Jedná se o konstrukčně jednoduchá zařízení na zpracování vysokосуšinových substrátů (až 60 %) se vsázkovým způsobem plnění fermentoru pomocí čelního nakladače. Aby byla zajištěna kontinuita vyrobeného množství substrátu, je nutno mít nejméně čtyři fermentory garážového typu. Substrát se po vyprázdnění smíchá s novým v konkrétním poměru a znovu se naskladní.

### ***Nevýhody této metody:***

Tato metoda je stále ve fázi vývoje a množství takto provozovaných stanic je velmi nízké. Dosavadní zkušenosti s touto metodou nabádají k obezřetnosti.



Obr. 13 Schéma suché fermentace [12].

### **3.1.3. SROVNÁNÍ SUCHÉ A MOKRÉ FERMENTACE**

Mokrý technologie mají širší uplatnění, jsou historicky rozšířenější, technicky propracovanější a jsou dobře provozně prověřené. Bohatší technologická výbava a příslušenství (např. míchadla, čerpadla, drtiče, separace, ...) zvyšuje provozní náklady (spotřeba elektřiny, servis a údržba) a četnosti poruch.

Suché technologie byly původně navrženy pro zpracování komunálních bioodpadů. Vzhledem k nové přísnější legislativě, bude v podmínkách ČR využitelná především v zemědělských provozech, kde jsou k dispozici pouze vysokosušivé substráty. Problematictější bude uplatnění v komunálních a průmyslových projektech (technicky obtížnější splnění legislativních požadavků). Největším problémem je malý počet realizací (nedostatek „referenčních informací“), což se však může časem změnit.

Z hlediska četnosti lze konstatovat, že silně převažují aplikace mokré fermentace nad suchou. Suché technologie jsou zpravidla využívány u bioplynových stanic, které zpracovávají komunální a domovní odpady. V zemědělství ji lze zaznamenat jen zcela výjimečně. Nicméně každá technologie má své výhody a nevýhody. Např. suchou fermentaci lze použít i u fermentace, kterou nelze mokrou cestou jednoduše zpracovat (např. podestýlky na bázi pilin – v mokré cestě tvoří krusty, ucpávají čerpadla).

### 3.2. AEROBNÍ FERMENTACE

Jde o známý postup výroby kompostů provzdušňováním, který trvá řádově měsíce až roky. Průběh aerobní fermentace je charakterizován rychlým růstem teploty při startu a postupnou dekompozicí organické hmoty. Produkty aerobní fermentace jsou: fermentační zbytek, resp. hnojivý substrát (výroba kompostů a certifikovaných hnojiv), plynný  $\text{CO}_2$  a vodní pára. U aerobního procesu při zpracovávání odpadu dochází kromě emisí pachových látek i k emisím dalších nežádoucích plynů (např.  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_4$ , skleníkové plyny apod.). Proces lze řídit obracením, provzdušňováním a převrstvováním.

Při aerobní fermentaci nevzniká nadměrný hluk, nevznikají znečištěné odpadní vody ani tuhé odpady. Z fermentoru, který pracuje v optimálním režimu odchází pouze pára a oxid uhličitý. Pro zpracování zápachotvorných odpadů je možné použití biologického filtru. Filtrační náplň tvoří aktivní fermentát, který se po ztrátě filtrační schopnosti zpracuje ve fermentoru [13].

Většina čistíren odpadních vod je založena na aerobním způsobu čištění odpadních vod, kdy je organická hmota rozkládána směsí mikroorganismů, ke svému životu potřebujících kyslík ze vzduchu. Aktivovaný kal (odpadní voda s mikroorganismy) přeměňuje organické sloučeniny v surové vodě na kysličník uhličitý, vodu a čpavek a dalším zpracováním na dusičnany. Vzniklý kysličník uhličitý je uvolněn do atmosféry v odvzdušňovací části systému. Organické sloučeniny, měnící se na mikroorganismy jsou použity v systému čištění jako vratný aktivovaný kal, přebytečné množství těchto mikroorganismů se odvádí ze systému v podobě přebytečného kalu. Systém aerobního zpracování odpadních vod je uspořádán tak, aby probíhal kontinuálně v několika nádržích nebo diskontinuálně v jedné nádrži.

**Kontinuální systém:** Míchání, provzdušňování (denitrifikace, nitrifikace a odbourávání fosfátů) a usazování jsou samostatné procesy, které probíhají v různých částech ČOV.

**Diskontinuální systém:** Všechny procesy aerobní fermentace probíhají v jedné nádrži, postupně a samostatně. Tato koncepce umožňuje kontrolovat a řídit postup čištění jednoduchým řídicím systémem.

## 4. VÝTĚŽNOST BIOPLYNU Z JENOTLIVÝCH MATERIÁLŮ

Výtěžnost bioplynu závisí na vlastnostech, faktorech a kvalitě vstupního materiálu a na vstupních podmínkách, jako je např. způsob provozu řízení, výše a stabilita teploty v reaktoru, doba zdržení, míchání, přítomnost toxických nebo inhibujících látek, uspořádání fermentace, atd. Mezi další důležité faktory patří i biologická rozložitelnost zpracovávaného materiálu.

Suroviny pro výrobu bioplynu lze rozdělit na dvě základní skupiny a to na odpadní a účelně pěstované. Odpadní materiály pro výrobu bioplynu lze dále rozdělit na zvířecí exkrementy (různé hnoje a kejdy), rostlinné odpady (různé druhy slámy, sečené

trávy, zbytky natí). Dalším odpadním zdrojem jsou substráty produkované lidmi, jde převážně o kaly z ČOV a o organickou složku komunálního odpadu. Pro účelně pěstovanou biomasu se využívá rychle rostoucích dřevin a rostlin.

Pro správnou výtěžnost je velmi důležité dodržení jednotlivých složení vstupních surovin a dodržení pozvolného přechodu mezi jinými materiály, kde by vstupní suroviny neměly obsahovat vysoké množství bílkovin a dusíku.

Typ substrátu	Substrát	Výtěžek methanu [m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VL]
Zvířecí exkrementy	hovězí hnůj	0,13
	hovězí hnůj + sláma	0,09
	prasečí kejda	0,28 - 0,48
	kuřecí trus	0,2
	prasečí kejda + kal ČOV	0,30 - 0,40
Odpady	kal z ČOV	0,28
	biodegradabilní frakce TKO	0,12
Rostlinné odpady	kukuřice řezaná celá	0,4
	kukuřičná nať	0,18
	kukuřičná siláž	0,37
	pšeničná sláma	0,2
	ječná sláma	0,15
	ovesná sláma	0,17
	tráva čerstvě sečená	0,31
	nať z cukrové třtiny	0,24
	nať z brambor	0,31
	jetel sečený	0,26
	stébla trávy a staré seno	0,19
Biomasa	vodní hyacint	0,14
	směs zel. kukuřice, brambory, kapusta, oves	0,3
	prutová biomasa	0,16
	dřevní biomasa	0,18 - 0,28

Tab. 1 Výtěžnost methanu z různých typů substrátu [14].

## 5. ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU BIOPLYNU

Z hlediska produkce a energetického využití bioplynu lze rozdělit zdroje výroby bioplynu podle převažujícího zpracovaného substrátu na:

- komunální čistírny odpadních vod,
- zemědělské bioplynové stanice,
- kompostárny,
- skládky.

### 5.1. KOMUNÁLNÍ ČOV

Pro výběr technologie čistírny odpadních vod je základním parametrem množství a charakter čištěných odpadních vod, způsob jejich čištění a množství produkovaných kalů. Anaerobní fermentace s produkcí bioplynu je nejrozšířenějším způsobem zpracování čistírenských kalů, která je i ekonomicky a energeticky nejvýhodnější.

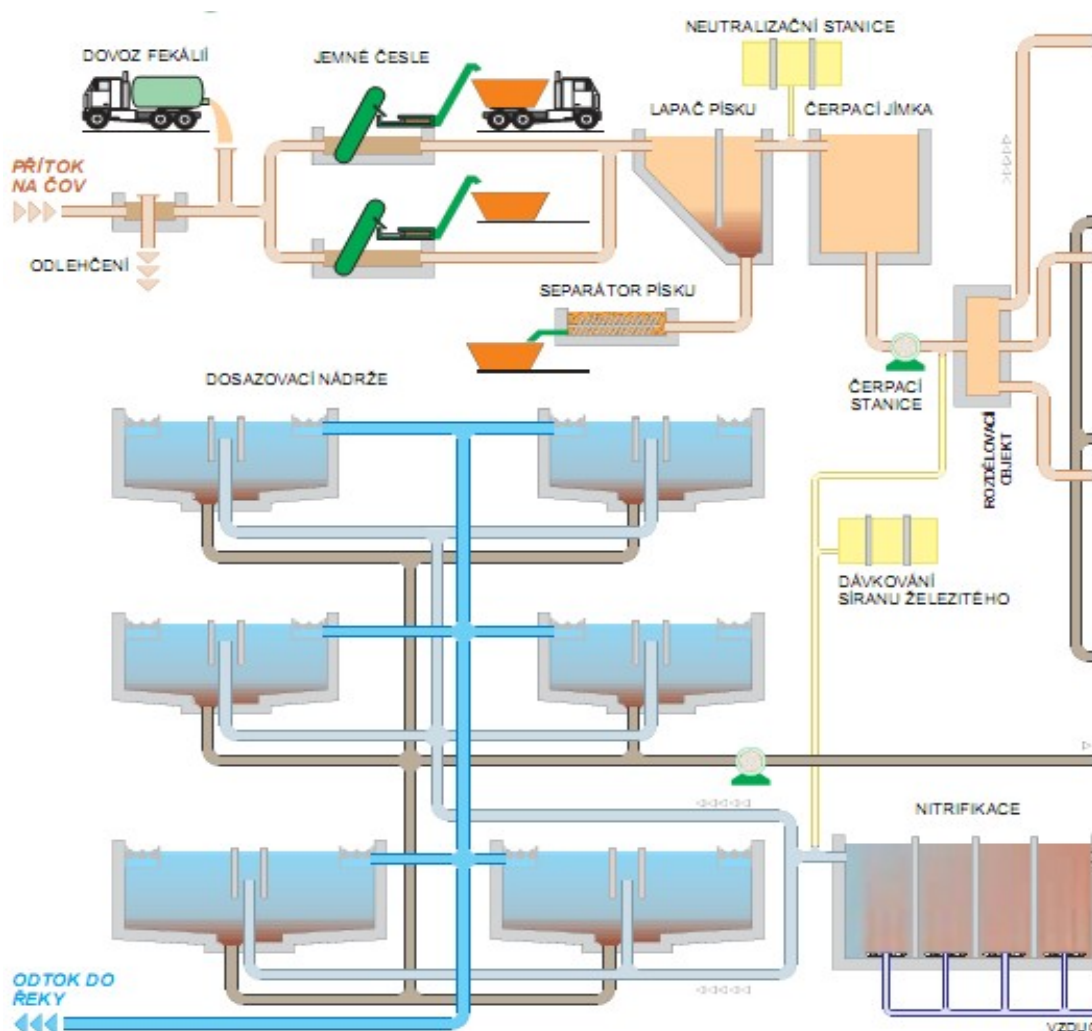
Každá čistírna se obvykle skládá ze tří částí - hrubé předčištění (oddělení hrubých nečistot od odpadní vody), aerobní stupeň (biologické čištění s následným oddělením kalu) a prostor na skladování produktů čištění.

**Hrubé předčištění** - Na přítoku do čistírny prochází voda mechanickým stupněm. Nejprve jsou využity česle, kde dochází k odstranění hrubých nečistot. Tento hrubší odpad bývá skladován, nebo spalován při vyšších teplotách. Následuje lapák písku, kde je z vody odstraněn písek jdoucí na skládku. Další částí je I. sedimentace. Odpadní voda je zde rozdělena na 3 frakce. Na dno sedimentuje tzv. surový kal, který je odčerpáván a odváděn do anaerobního stupně. Uprostřed se nachází mechanicky vyčištěná voda, obsahující pouze 10 % nečistot. Tato voda postupuje do biologického (aerobního) stupně. Zcela na povrchu se nachází lehké usazeniny, které jsou shrnovány a skladovány či páleny [15].

**Aerobní stupeň** - Do tohoto stupně vstupuje voda po hrubém předčištění. Principem je využití aerobních bakterií, které ve svém metabolismu odbourají 99 % organického znečištění vody. Mezi hlavní procesy tohoto stupně patří mineralizace, kde se v aerobním procesu odbourávají uhlíkaté organické látky za vzniku CO<sub>2</sub> a vody. Další částí mineralizace je amonifikace, kdy dojde k odbourání dusíkatých organických látek na amonný iont. Dalšími procesy jsou nitrifikace (přeměna amonného iontu na dusičnany), imobilizace a detoxikace. Takto zpracovaná voda vstupuje do II. sedimentace. Zde vzniká čistá voda, která opouští čistírnu a aktivovaný kal. Aktivovaný kal je následně využit v anaerobním stupni (přebytečný aktivovaný kal), nebo k zaočkování biologického stupně (vratný aktivovaný kal) [15] [16].

**Anaerobní stupeň** - Celý proces anaerobní fermentace je mezofilní, největší účinnosti dosahuje při teplotě 35°C. Největší výhodou při aplikaci této technologie ve srovnání s klasickým aerobním rozkladem je úspora na provozních nákladech. Na klasické aerobní

ČOV probíhá oxidace organických znečišťujících látek pomocí aerobních bakterií, které spotřebovávají vzdušný kyslík. Spotřeba elektrické energie na provzdušňování nádrží a finální likvidace přebytečného kalu jsou dvě nejdůležitější položky tvořící provozní náklady ČOV. Anaerobní technologie jsou právě v těchto bodech velmi účinné, jednak proto, že proces probíhá bez přítomnosti vzdušného kyslíku a šetří se tím náklady na elektrickou energii, dále produkce kalu je velmi nízká a tím je i nízká spotřeba nutrientů (pokud daný typ odpadních vod dávkování nutrientů vyžaduje). Nespornou výhodou je pak produkce bioplynu. Při nižších teplotách čištěné odpadní vody se bioplyn částečně spotřebuje spalováním na ohřev odpadní vody na optimální teplotu 35°C. Velká část produkovaného bioplynu je pak využitelná pro výrobu tepla, případně "zelené" elektrické energie v kogeneračních jednotkách. Neposlední výhodou je kompaktnost celého systému díky vyššímu aplikovatelnému objemovému zatížení.



Obr. 14 Schéma ČOV [17].

	Počet zařízení	Instalovaný elektrický výkon (kW)	Výroba elektřiny (MWh)	Dodávka do sítě (MWh)	Vlastní spotřeba vč. ztrát (MWh)
Komunální ČOV	205	16 413	71 446,50	14 857,90	56 588,60
Skládky	46	16 928	78 298,80	72 440,70	5 142,70
Zemědělské stanice	17	1 954	8 242,50	5 613,50	2 163,20
Průmyslové	5	976	2 869,10	501,3	2 367,80
<b>Celkem</b>	<b>135</b>	<b>36 271</b>	<b>160 856,90</b>	<b>93 413,40</b>	<b>66 262,30</b>

Tab. 2 Výroba elektřiny z bioplynu v roce 2005 [18].

	Počet zařízení	Instalovaný tepelný výkon (kW)	Výroba tepla (GJ)	Dodávka do sítě (GJ)	Vlastní spotřeba vč. ztrát (GJ)
Komunální ČOV	205	88 703	791 462,80	0	791 462,80
Skládky	12	8 675	91 140	77 272	13 868
Zemědělské stanice	18	3 569	67 222,50	0	67 222,50
Průmyslové	17	67 865	60 076,80	4279	55 797,80
<b>Celkem</b>	<b>252</b>	<b>168 812</b>	<b>1 009 902,10</b>	<b>81 551</b>	<b>928 351,10</b>

Tab. 3 Výroba tepla z bioplynu v roce 2005 [18].

### Příklady zařízení bioplynových zdrojů v ČR:

#### Aš - ČOV (Zdroj slouží pro potřebu technologie.)

Zdroj bioplynu: kalové hospodářství ČOV  
Roční produkce bioplynu: 150 000 m<sup>3</sup>  
V provozu od roku: 1984

#### Karlovy Vary - ČOV (zdroj je ČOV Karlovy Vary a teplo je používáno pro technologický ohřev a částečné vytápění objektu.)

Zdroj bioplynu: kalové hospodářství ČOV  
Roční produkce bioplynu: 480 000 m<sup>3</sup>

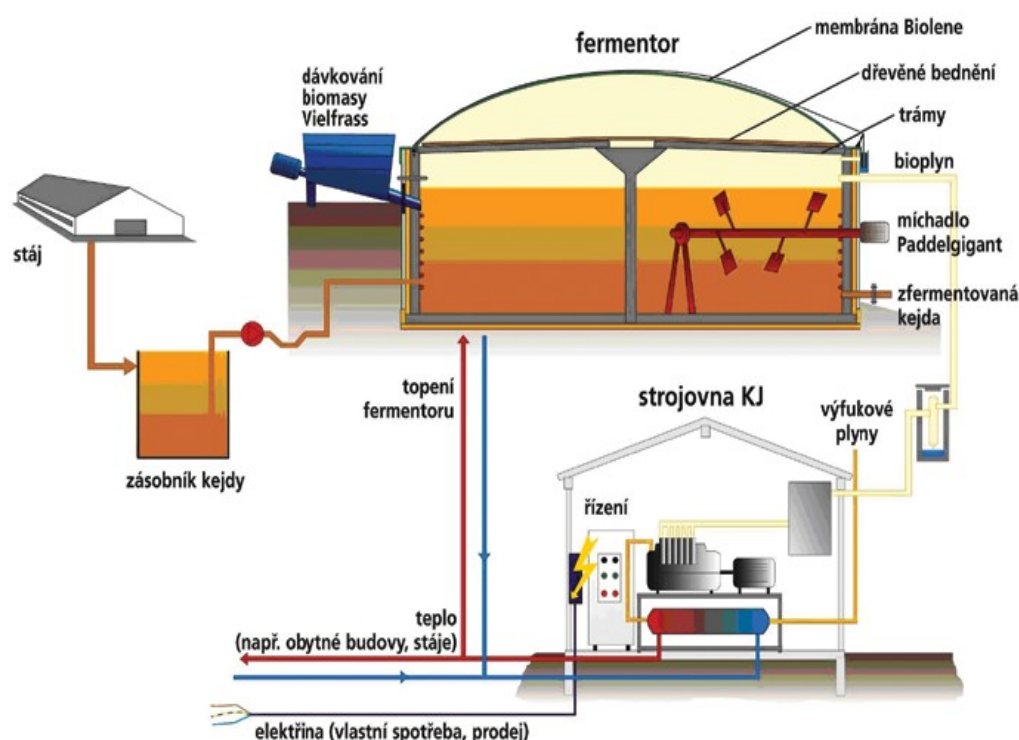
#### Kladruby - Integro a.s. (zdroj bioplynu je umístěn v ČOV pod porodnou prasat -středisko Vítání, Kladruby)

Zdroj bioplynu: kalové hospodářství ČOV  
Roční produkce bioplynu: 750 000 m<sup>3</sup>  
V provozu od roku: 1990

## 5.2. ZEMĚDĚLSKÉ BIOPLYNOVÉ STANICE

Největší podíl odpadů vznikajících při zemědělské činnosti představují zbytky rostlin a exkrementy zvířat. V těchto případech se tedy jedná o odpady s vysokým podílem organické hmoty a minerálních vod. Nejstarší a nejjednodušší nakládání s těmito odpady je jejich rozptýlení na půdu a následné zaorání. Tento druh odpadu je ale vhodný i ke zpracování v bioplynových stanicích.

Schéma bioplynové stanice

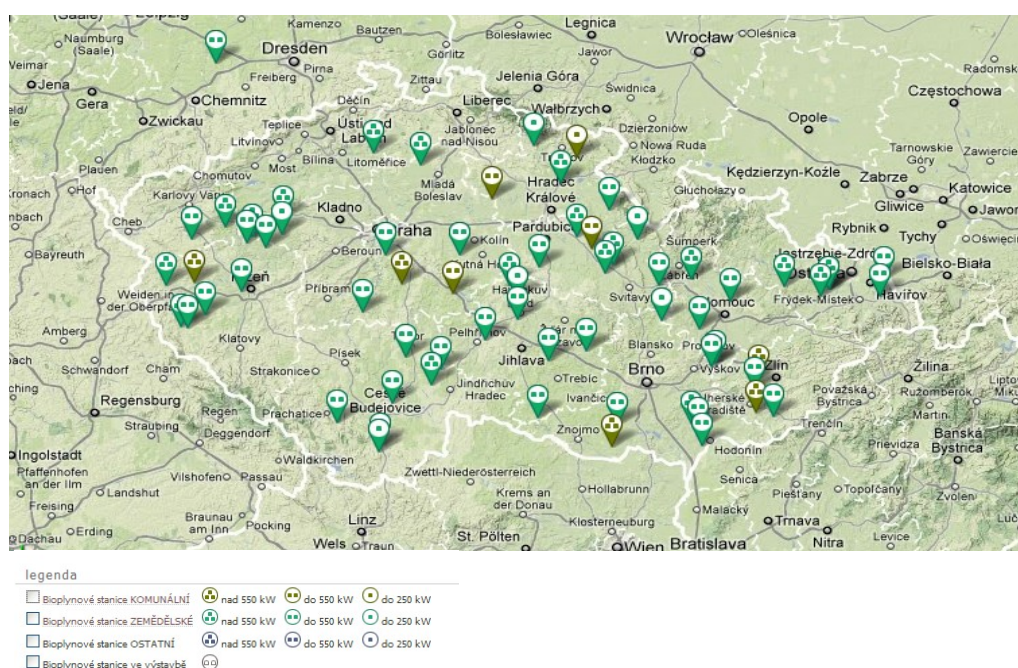


Obr. 15 Schéma bioplynové stanice [19].

Bioplynová stanice je složena ze vstupní jímky tekutých substrátů (kejdy, močůvky, sil, šťáv), dále z fermentoru (může jich být více), vkládacího zařízení na pevné substráty (travní senáž, obilí atd.), strojovny s kogeneračními jednotkami a skladovou jímku digestátu. Množství tekutých vstupů, které má zemědělec k dispozici, se několikrát denně čerpá v malých dávkách do fermentoru. Suché vstupy (hnůj, senáže) se naplní do vkládacího zařízení, které je následně vkládá rovněž v malých dávkách (cca. 3x za hodinu po 200 kg) do fermentoru, kde se následně promíchávají s původním substrátem. Protože hladina musí zůstat konstantní, stejné množství tekutého digestátu přeteče současně do fermentační nádrže nebo do skladovací jímky.

Ve fermentorech se jedná o kontinuální nebo semikontinuální proces. Pracovní sušina suspenze se dle materiálu a použitého míchacího systému pohybuje mezi 4 – 12 %. Ve fermentorech dochází k odbourání cca 50 – 70 % organické sušiny materiálu. Velikost nádrží je dána množstvím a kvalitou materiálu, množstvím aktivní biomasy v reaktoru a požadovanou dobou zdržení. Tyto parametry významně ovlivňují produkci bioplynu i kvalitu výstupního materiálu.

### Příklady bioplynových stanic nacházejících se v EU a v ČR:



Obr. 16 Mapa bioplynových stanic v ČR [21].

### Příklad zařízení bioplynových zdrojů v ČR:

**Chroboly** (Bioplynová stanice je v objektu farmy v Chrobotech na Prachaticku.)

Zdroj bioplynu: 60-70% travní siláž, dále chlévská mrva a zbytkový podíl kukuřičná siláž

Roční produkce bioplynu: 3 mil. m<sup>3</sup>

V provozu od roku: 2007

## 5.3. KOMPOSTÁRNY

Kompostování představuje významný způsob zpracování biologicky rozložitelných odpadů. I když se přímo nejedná o bioplynovou technologii, lze na kompostárnách bioplyn vyrábět v tzv. bioreaktorech. Kompostování je rozklad organických látek (bioodpadů) na humusové látky za přítomnosti mikroorganismů. Vyžralý kompost je velice stabilní

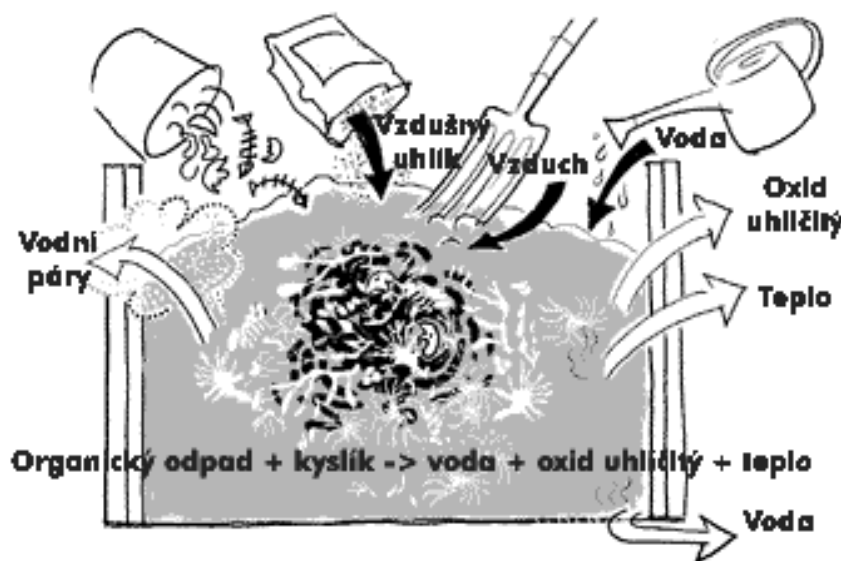
hnojivo, což znamená, že živiny v něm obsažené jsou do půdy uvolňovány jen velmi pomalu a nehrozí tudíž jejich vyluhování do podzemních vod. Navíc kompost obohacuje půdu o bohatou mikroflóru, která zabezpečuje vyšší odolnost půdy (i rostlin) proti patogenním mikroorganismům. Kompost rovněž zlepšuje některé mechanicko-fyzikální či fyzikálně-chemické vlastnosti půdy jako je vododržnost, struktura, atd. U tohoto procesu je podstatná příprava surovin (drcení), optimalizace surovinové skladby za správné teploty, vlhkost a provzdušňování.

Zelená hmota a komunální odpad se přirozenou samovolnou tepelnou fermentací přeměňují v průběhu čtyř až šesti měsíců v kvalitní stabilizovaný kompost, následně upravovaný na různé pěstební substráty. Vzniká při tom i methan, podstatná složka bioplynu [20].

### Technologie kompostování:

- technologii můžeme rozdělit do třech fází:

- 1) **Fáze odbourávání (hygienizace), 1.-3. týden** - Mikrobiologickou činností probíhá rozklad v prvních dnech velmi rychle. Teplota může dosáhnout (v závislosti na vstupních materiálech) až 70°C. Lehko odbouratelné makromolekuly, jako bílkoviny a škrob, podporují rozmnožování a činnost bakterií. Jejich látkovou výměnou vzniká teplo. Jednoduché molekuly, které vznikly rozkladem makromolekul odcházejí z kompostu jako plyny nebo ve výluhu nebo jsou využité pro tvorbu buněk mikroorganismů či humusových látek (v dalších fázích). Při dodržení základních zásad kompostování zůstává převážná většina živin v kompostu. Po 3 - 6 týdnech tyto odbourávací bakterie odumírají a slouží dalším mikroorganismům a houbám jako potrava. Teplota postupně klesá.

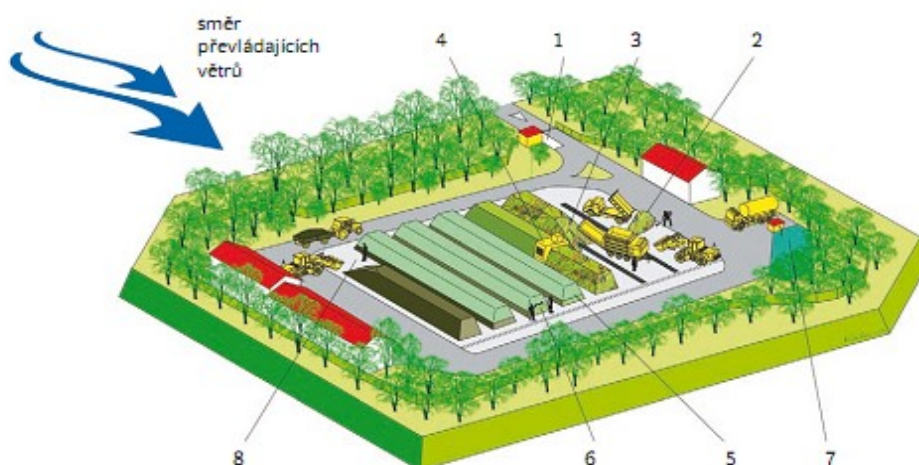


Obr.17 Kompostování [22].

- 2) **Fáze přestavby, 3.-7. týden** - Těžko stravitelné látky (krystalická celulóza a lignin) jsou rozkládány houbami. Mikrobiologická činnost ustupuje. Při procesech přestavby bílkovinného materiálu se uvolňuje amoniak. Nastupuje tvorba dusičnanů. Teplota se pohybuje mezi 30 - 45°C. Už částečně rozložený kompost postupně klesá (sesedá).
- 3) **Fáze výstavby (malí živočichové), 8.-12. týden** - Nastupuje tvorba humusových látek a hromadné rozmnožování malých živočichů jako roztočů, chvostoskoků, nematodů, které brzdí růst hub. Přicházejí i některé druhy dešťovek, zodpovědné za tvorbu stabilních hrudek nebo koprolýtů, což jsou dešťovkové výkaly, které mají skvělé hnojivové a fytosanitární vlastnosti.
- 4) **Fáze stabilizace a dozrávání** - Přechod do poslední fáze je plynulý. Tvorba humusu a mineralizace končí. Kompostovací dešťovky opouštějí kompostovací kupu. Vzniklý zralý kompost obsahuje dlouhodobě vázané živiny a přispívá k vylepšení půdy. Humusové látky mu dávají tmavohnědou barvu. Lehká a hrudkovitá struktura napovídá o dokončeném procesu rozkladu.

### Kompostování v pásových hromadách:

Klasickou technologií kompostování je kompostování v tzv. pásových hromadách. Odpady jsou po nadrcení formovány obvykle za pomoci čelního nakladače do podélné hromady, která je následně aerována pomocí překopávače. Výhodou jsou relativně nízké provozní i investiční náklady [22].



1 – mostová váha, 2- zabezpečená plocha, 3 – pásová hromada, 4 – překopávač,  
5 – kompostovací plocha, 6 – teploměr kompostu, 7 – vodní jímka, 8 – hotový kompost

Obr. 18 Stálá kompostárna na zabezpečené ploše [23].

### **Malé kompostárny:**

Jedná se o kompostování v otevřených pásových hromadách, sestavou řady kompostérů. Při zpracování bioodpadů typu travní biomasa z údržby veřejné a soukromé zeleně, sportovišť a golfových hřišť a řady dalších rostlinných odpadů umožňuje nový právní předpis – Vyhláška č. 341/2008 Sb. – budování a provozování malých kompostáren do roční kapacity 150 t rostlinných odpadů bez nutnosti vodohospodářského zabezpečení, provozovaných na základě souhlasu obecního úřadu obce s rozšířenou působností. Zařízení však musí být umístěna tak, aby neobtěžovala okolí případným zápachem [23].

### **Kompostování v uzavřených boxech:**

Uzavřené boxy umožňují čištění odpadního vzduchu od případných zápašných látek a zkrápění kompostu v průběhu procesu, ale vyžadují vyšší investiční náklady. Využívá se tam, kde okolnosti nebo požadavky nedovolí použít technologii otevřených pásových hromad [23].

### **Využití kompostu:**

V obcích lze kompost většinou uplatnit ke hnojení obecní zeleně a různým terénním úpravám. Pokud je však kompostu více, je třeba hledat další způsoby využití. V našich podmínkách je bohužel nedocenen jako kvalitní hnojivo a jeho používání v zemědělství je zatím spíše raritou. Bylo by žádoucí tento stav změnit. Průkopníky by mohly být především ekologické farmy, kterým se nabízí kompost jako vhodná alternativa organického hnojení. Dalším způsobem je využití kompostu mezi zahradníky a zahrádkáře. Je vhodnou alternativou k používání rašeliny, která je neobnovitelným přírodním zdrojem. Je zřejmě jen otázkou času, než si kompost vybuduje své stabilní místo na trhu s hnojivy a substráty [24].

## **5.4. SKLÁDKY**

Skládky jsou zařízení, které mají za úkol oddělit na dostatečně dlouhou dobu odpady od okolního prostředí a zachytit veškeré škodliviny, které při procesu jejich skládkování mohou vznikat.

Na rozvoj procesů a kvalitu skládkového plynu má vliv organické a anorganické složení odpadu, vlhkost, stupeň hutnění tělesa skládky a teplota uvnitř skládky. Složení obsahu skládek závisí na druhu ukládaného odpadu. Sušina obsahu skládky je 30 – 60 %. Odpad na skládce podléhá samovolnému rozkladu, který časem přechází v anaerobní fermentaci. Rozklad organických látek je rozdělen do 4 stádií:

1. Aerobní stádium:

Organické látky za přítomnosti vzdušného kyslíku jsou rozkládány aerobními mikroorganismy na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ , za vzniku tepla. Tím se těleso skládky prohřívá a dosahuje 40 – 60 °C.

2. Anaerobní stádium acidogenní:

Po vyčerpání kyslíku začínají procesy hydrolyza a acidogeneze. Hlavními produkty této fáze jsou alifatické mastné kyseliny, další nízkomolekulární látky a  $\text{CO}_2$ .

3. Anaerobní stádium methanogenní nestabilizované:

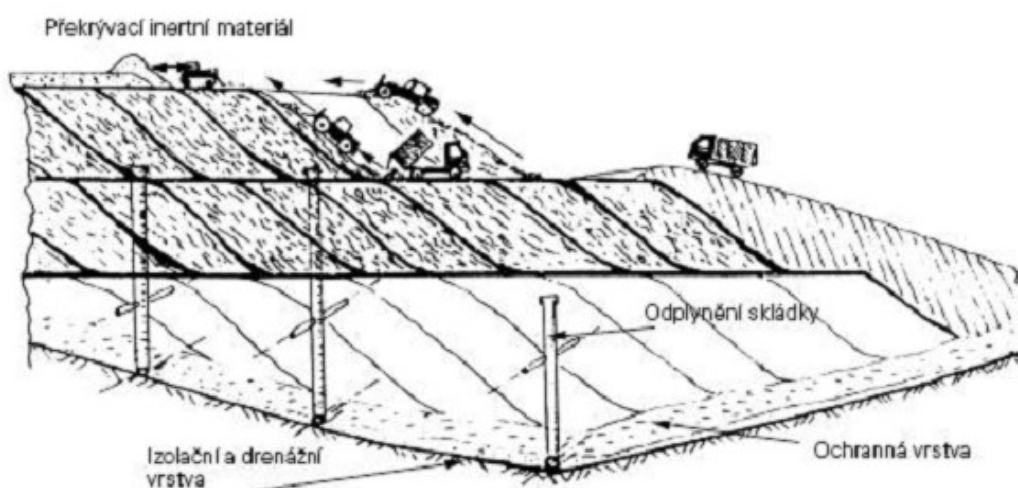
Počáteční stádium rozvoje methanogenních mikroorganismů, spojené s produkcí bioplynu. Koncentrace methanu v bioplynu postupně vzrůstá.

4. Anaerobní stádium methanogenní stabilizované:

Fáze trvá až do úplného vyčerpání biologicky rozložitelných organických látek. Rychlost produkce, složení bioplynu, acidogenní a methanogenní procesy jsou konstantní.

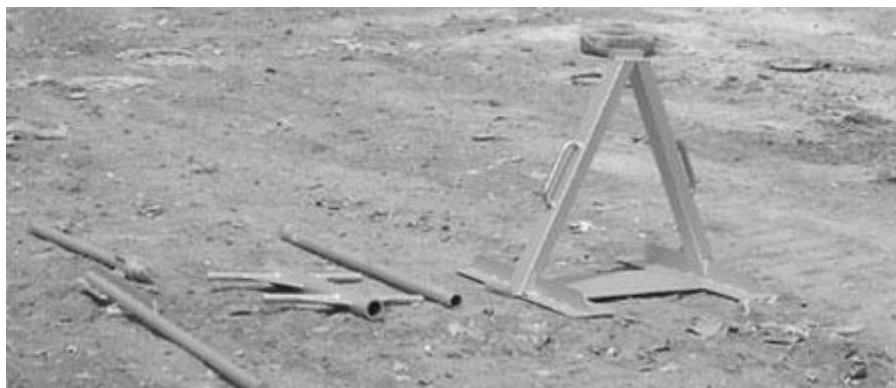
Ze skládek se přirozeně a samovolně uvolňuje methan (skládkový plyn), který má negativní vliv na ozónovou vrstvu a skleníkový efekt. Skládky proto musí zabránit úniku methanu. Z tohoto důvodu jsou ve skládce sběrné drenáže a potrubí, ve kterých se bioplyn zachytává a následně se odvádí na povrch. Skládkový plyn pak může být likvidován, či využíván následovně:

- a) spalování na skládce bez energetického zisku, pouze likvidace methanu,
- b) zachytávání v jímkách, čerpací stanice, úprava, možnost využití pro energetické účely (výtopna, kogenerace).

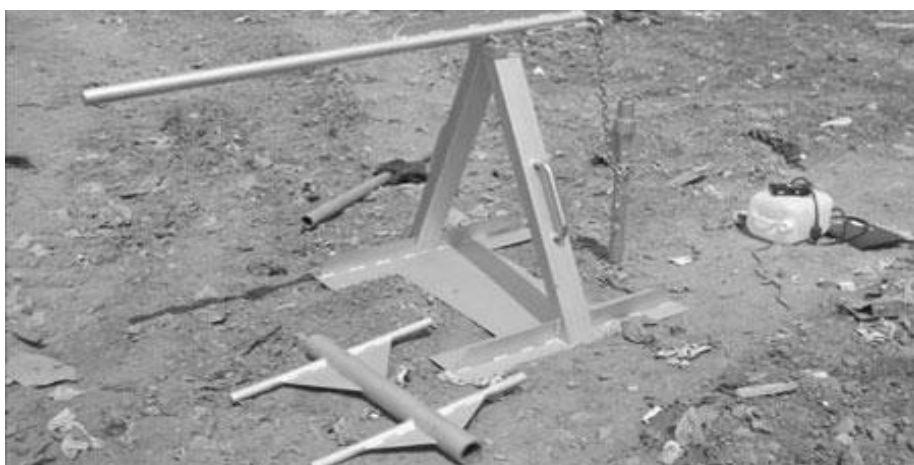


Obr. 19 Schéma skládky [25].

Za nepříznivých podmínek, jako je špatné rozložení, odpad málo vlhčený a obtížně definované množství inertních příměsí, lze špatně odhadnout produkci bioplynu, a proto se skládky testují malou sondou, která se zavádí do hloubky až 60 cm a je sledováno složení plynu [18].



Obr. 20 Sonda pro odběr vzorku plynu [26].



Obr. 21 Vytahování sondy z terénu [26].

### Příklady zařízení bioplynových zdrojů v ČR:

**Borek u Dačic** - skládka odpadů (kogenerační jednotka pracuje na skládce odpadů u Borku východně od Dačic, elektřina je dodávána do sítě.)

Zdroj bioplynu:	skládka odpadů
Roční produkce bioplynu:	38 tis. m <sup>3</sup>
V provozu od roku:	2007

**Jindřichův Hradec** - skládka Fedrpuš (kogenerační jednotka využívá skládkový plyn ze skládky odpadů Fedrpuš jihovýchodně od Jindřichova Hradce. Elektřina je dodávána do sítě.)

Zdroj bioplynu: skládka odpadů  
V provozu od roku: 2007

## 6. VYUŽITÍ BIOPLYNU

Bioplyn je možné využít pro výrobu elektřiny a tepla, v dopravě, jako dodávku do plynárenských sítí nebo výrobcům tepla:

- **výroba elektřiny a tepla**

Stejně jako u jiných zdrojů lze při zpracování bioplynu využít kogenerace. U některých bioplynových stanic je využívána i mechanická energie, čímž se dosahuje až 95 % účinnosti přeměny energie. Asi 1/3 vyprodukované energie bývá ale spotřebována na vlastní provoz bioplynové stanice. Velké statické motory přeměňují energii paliva na energii mechanickou. Při tomto procesu běžně vzniká odpadní teplo, které se v případě kogeneračních jednotek odvádí jako další vyprodukovaná energie. Vyrobená mechanická energie může být využita jako hnací energie elektrických generátorů [27].

- **v dopravě**

Klasickým příkladem využívání bioplynu v dopravě jsou skandinávské země. V těchto zemích je využití bioplynu v dopravě výhodné díky cenové situaci na jejich energetickém trhu, tradicí a v některých případech dokonce i daňovou politikou. Ekonomické zhodnocení bioplynu v dopravě je zhruba 1,5 x vyšší než při jeho využití pro výrobu elektřiny.



Obr. 22 Čerpací stanice na bioplyn upravený pro pohon automobilů ve švédském Boras [28].

- **dodávky do plynárenské sítě**  
Využití bioplynu jako dodávku do plynárenských sítí a jako prodej městským nebo průmyslovým teplárnám uskutečnili zatím pouze tři státy v Evropě, kterými jsou: Švédsko, Švýcarsko a Holandsko [29].

#### **Bioplynové stanice je možné využít pro:**

- **likvidace zemědělských odpadů a přebytků**
- **zužitkování zbytků rostlinné výroby**  
odpad ze zeleniny, lihové výpalky, bramborové slupky, zbytky z čištění obilí
- **zužitkování odpadů živočišné výroby**  
exkrementy zvířat, hnojívka, kejda
- **odstranění biologické složky komunálního odpadu obcí a měst**  
likvidace tříděného komunálního odpadu  
likvidace kuchyňského odpadu  
likvidace prošlých potravin a zeleniny  
likvidace travních pokosů parků a zahrad  
(u některých odpadů nutná hygienizace)
- **soběstačnost v dodávce tepla a možnost prodeje jeho přebytku**  
zužitkování odpadního tepla z bioplynové stanice  
ohřev teplé užitkové vody  
vytápění hal a budov  
sušení komodit  
přidružená výroba se spotřebou tepla  
vytápění obecních bytů a dalších prostor
- **eliminace kolísání výkupní ceny zemědělské výroby**  
nízké výkupní ceny komodit  
téměř žádná garance ceny produkce  
zvýšené náklady na likvidaci přebytků

## **6.1. VYUŽITÍ BIOPLYNU V EU**

V následujících tabulkách je uveden přehled využití bioplynu v Evropské unii v roce 2006.

V tab. 4 je uvedené množství využitého bioplynu ze skládek, z kalů a jiných zdrojů v jednotlivých zemích EU.

<b>Bioplyn v EU 2006 (Gwh)</b>				
<b>Země</b>	<b>Celkem</b>	<b>Skládky</b>	<b>Kal</b>	<b>Jiný</b>
<i>Německo</i>	22 370	6 670	4 300	11 400
<i>UK</i>	19 720	17 620	100	0
<i>Itálie</i>	4 110	610	10	490
<i>Španělsko</i>	890	930	660	300
<i>Francie</i>	640	720	870	50
<i>Nizozemsko</i>	1 380	450	590	340
<i>Rakousko</i>	1 370	130	40	1 200
<i>Dánsko</i>	1 100	170	270	660
<i>Polsko</i>	1 090	320	770	10
<i>Belgie</i>	970	590	290	90
<i>Řecko</i>	810	630	180	0
<i>Finsko</i>	740	590	150	0
<i>Česká republika</i>	700	300	360	40
<i>Irsko</i>	400	290	60	50
<i>Švédsko</i>	390	130	250	10
<i>Maďarsko</i>	120	0	90	40
<i>Portugalsko</i>	110	0	0	110
<i>Lucembursko</i>	100	0	0	100
<i>Slovinsko</i>	100	80	10	10
<i>Slovensko</i>	60	0	50	10
<i>Estonsko</i>	10	10	0	0
<i>Malta</i>	0	0	0	0
<b>EU (GWh)</b>	<b>62200</b>	<b>36250</b>	<b>11050</b>	<b>14900</b>

Tab. 4 Bioplyn v EU 2006 [3].

V tab. 5 je uvedené využití elektřiny z bioplynu v jednotlivých zemích EU:

<b>Elektřina z bioplynu (Gwh)</b>		
<b>Země</b>	<b>2006</b>	<b>2005</b>
<i>Německo</i>	338	708
<i>UK</i>	997	690
<i>Itálie</i>	234	189
<i>Španělsko</i>	675	620
<i>Řecko</i>	579	179
<i>Francie</i>	501	483
<i>Rakousko</i>	410	70
<i>Nizozemsko</i>	286	286
<i>Dánsko</i>	285	275
<i>Polsko</i>	241	175
<i>Belgie</i>	237	240
<i>Česká republika</i>	175	161
<i>Irsko</i>	108	106
<i>Švédsko</i>	54	54
<i>Portugalsko</i>	33	35
<i>Lucembursko</i>	33	27

<i>Slovinsko</i>	32	32
<i>Maďarsko</i>	22	25
<i>Finsko</i>	22	22
<i>Estonsko</i>	7	7
<i>Slovensko</i>	4	4
<i>Malta</i>	0	0
<i>EU (GWh)</i>	<i>17272</i>	<i>13397</i>

Tab. 5 Elektřina z bioplynu [3].

## 7. PROBLEMATIKA BIOPLYNOVÝCH STANIC V ČR

Zásadní problematikou bioplynových stanic jsou investiční náklady na jejich výstavbu, provoz, atd. Náklady na vybudování bioplynové stanice činí zhruba 21 až 100 milionů korun. Farmáři na ně mohou čerpat dotace z Programu rozvoje venkova, který má na starosti ministerstvo zemědělství a z programů ministerstva životního prostředí a ministerstva průmyslu a obchodu. Dotace mohou dosáhnout přibližně 40 % ceny na vybudování stanice, doba návratnosti investice je 10 až 12 let.

### 7.1. INVESTIČNÍ NÁKLADY

Investiční náklady pro malé, střední a velké bioplynové stanice:

- bioplynová stanice o výkonu 190 kW na kejdu cca 21,5 mil. Kč (s DPH),
- bioplynová stanice o výkonu 526 kW na kejdu a pevnou vsázku cca 60 mil. Kč (s DPH),
- bioplynová stanice o výkonu 716 kW na kejdu a pevnou vsázku cca 65 mil. Kč (s DPH) [30].

### 7.2. PROVOZNÍ NÁKLADY

Vznikají následující provozní náklady:

- náklady na substrát (45 % provozních nákladu),
- údržba bioplynové stanice,
- servis a údržba kogenerační jednotky,
- náklady na vyskladnění digestátu,
- náklady na podporu biologických procesů,
- náklady na plnění pevné vsázky,
- mzda zaměstnanců bioplynové stanice,
- pojištění [30].

### 7.3. VÝNOSY A ZISKY

V závislosti na stanovišti a technickém vybavení lze dosáhnout následujících výnosů:

- prodej elektřiny,
- prodej tepla,
- náhrada minerálních hnojiv [30].

Pro rok 2010 je výkupní cena elektřiny 58,81 Kč/MWh a cena tepla (pokud dodavatel zvýší celkovou výši stálých nákladů a zisku v kalkulaci ceny tepelné energie a po zvýšení cena tepelné energie bude přesahovat 650 Kč/GJ) 2,34 Kč/kWh včetně DPH a nebo stálé náklady a zisk na jednotkové množství tepelné energie přesahujících 200 Kč/GJ je cena 0,72 Kč/kWh bez DPH [31].

Výše zisku každé bioplynové stanice závisí na hospodářských faktorech (stanoviště, cena substrátu, výkupní cena elektřiny atd.)

## 8. MOŽNOSTI SNÍŽENÍ NÁKLADŮ

Snížení nákladů je možné docílit zjednodušením technologií, využíváním běžně dostupných zařízení a materiálů, přestavbou či repasí starých zařízení - nevyužívané silážní, senážní a kejdomé věže, cisterny na lehký topný olej apod. mohou být přestavěny na anaerobní reaktory, žumpy je možné přebudovat na vstupní a nebo výstupní zásobník organického materiálu, naftové motor - generátory (např. staré záložní generátory el. proudu) je možné po úpravě nasadit jako kogenerační zařízení atd.

Základní hodnota	Specifické investice	Celková investice
<b>Paušální hodnoty</b>		
Investice na dobytčí jednotku	751 až 1750 €/DJ	75 000 až 175 000 €
Investice na m <sup>3</sup> fermentačního prostoru	251 až 400 €/m <sup>3</sup>	100 000 až 160 000 €
Investice na kW instalovaného výkonu	2 500 až 4 000 €/kW	101 000 až 160 000 €
Investice na vyrobenou kWh elektrického proudu	0,4 až 0,6 €/kWh	116 000 až 174 000 €
<b>Kombinovaný výpočet</b>		
Investice na m <sup>3</sup> fermentačního prostoru +	250 až 300 €/m <sup>3</sup> +	80 000 až 120 000 € +
Investice na kW instalovaného výkonu	450 €/kW	18 000 €
<b>Celková investice</b>		<b>98 000 až 138 000 €</b>

Tab. 6 Náklady pro zemědělské bioplynové stanice [10].

### 8.1. PŘÍNOSY VÝROBY BIOPLYNU Z BIOLOGICKÝCH ODPADŮ

Přínosy výroby:

- Zisk energie.
- Nezávislost na externích dodávkách energie.
- Vracení živin a organických látek do půdy prostřednictvím kvalitního organo-minerálního hnojiva (kompostu).
- Omezení skládkování odpadů.

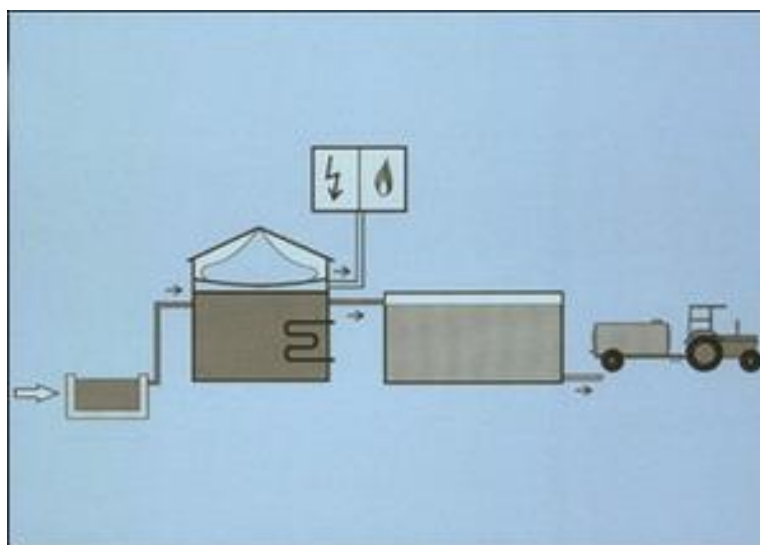
- Snížení emisí skleníkových plynů.
- Zvýšení zaměstnanosti.
- Minimalizace hygienických problémů a zápachu.

## 9. PŘÍKLADY BIOPLYNOVÝCH STANIC V ČR

### Bioplynová stanice Velký Karlov

K výrobě energie využívá energetického potenciálu organických odpadů jako jsou kejda, drůbeží hnůj, senáž, siláž, vedlejší živočišné produkty atd. Celkový výkon bioplynové stanice je 4 MW. Využívá anaerobní technologie.

Kompletní zařízení na výrobu bioplynu tvoří nádrž na sbírání a přípravu surového substrátu, anaerobní fermentor, vyrovnávací přechodová nádrž pro výsledný bioplyn, skladovací nádrž na vyhnílý substrát. Využití bioplynu: kogenerace - výroba elektrické energie a tepla.



Obr. 23 Modulární systém [32].

Zjednodušený technologický postup vlastního průběhu výroby bioplynu. Na počátku je vstupní jímka (homogenizační jímka), do které dopravíme vstupní vsázku buď kejdu, hnůj, nebo další odpady organického původu. Z této homogenizační jímky jde vsázka přes řezací čerpadla do anaerobního fermentoru, zde proběhne anaerobní fermentace, jejímž výsledkem je na jednom výstupu bioplyn a na druhém hnojivo. Hnojivo je aplikováno na pole, bioplyn je spalován v kogenerační jednotce za současné výroby elektrické energie a tepla.

### **Bioplynová stanice Pustějov**

Výroba energie z rostlinných a živočišných produktů.

Bioplynová stanice pracuje na principu mokré fermentace - dva fermentory ze smaltovaných plechů, každý o pracovním objemu 2 100 m<sup>3</sup>, na každém z nich je speciální ocelová šroubovaná střecha s membránovým plynojemem o celkovém objemu plynového prostoru 700 m<sup>3</sup>.

Výkon bioplynové stanice je 680 kW.



Obr. 24 Bioplynová stanice Pustějov [33].

### **Bioplynová stanice Zavodiv**

K výrobě energie se využívá drůbeží podestýlky a energetických rostlin.

Výkon bioplynové stanice je 50 kW.

Celkové náklady na projekt a realizaci přesáhly 10 mil. korun.

Výroba v kombinovaném anaerobním reaktoru o objemu 500 m<sup>3</sup> s vestavěným membránovým plynojemem s kapacitou 150 m<sup>3</sup>.



Obr. 25 Bioplynová stanice Zavodiv [34].

### **Drůbežárna Š+L Vejprnice**

K výrobě energie se využívá trus od 25 000 slepic a siláž z kukuřice.

Výkon bioplynové stanice je 536 kW.

Cena stanice se vyšplhala na 70 mil. korun.

Technologie od firmy Biogas Hochreiter.

### **Bioplynová stanice v Deštné u Jindřichova Hradce**

K výrobě energie se využívá hnoje, kejdy a dalších zemědělských odpadů, které jsou například ve spojení s travní a kukuřičnou siláží.

Výkon bioplynové stanice je 536 kW.

Technologie od firmy Biogas Hochreiter.

## 10. PŘÍKLADY BIOPLYNOVÝCH STANIC V EU

### Německo

#### **Bioplynová stanice Hoxfeld**

Místo: Borken, Kreis Borken, Nordrhein-Westfalen, Německo.  
Výkon bioplynové stanice je 500 kW.  
Využívá mokré fermentace.



Obr. 26, 27, 28 Bioplynová stanice Hoxfeld [35].

#### **Bioplynová stanice Rieste**

Místo: Borken Kreis Osnabrück, Niedersachsen, Německo.  
Výkon bioplynové stanice je 340 kW.  
Využívá mokré fermentace.



Obr. 29, 30, 31 Bioplynová stanice Rieste [36].

### Rakousko

#### **Bioplynová stanice Dosendorf**

Místo: Dosendorf, Rakousko.  
Výkon bioplynové stanice je 500 kW.  
Využívá mokré fermentace.  
Výroba energie z fytomasy ( kukuřičná siláž, siláž z vojtěšky), žádná kejda.



Obr. 32 Bioplynová stanice [37]. Obr. 33 Uskladnění neseparovaného  
fermentačního zbytku [37].

### **Bioplynová stanice Utzenaich**

Místo: Utzenaich, Rakousko.

Výkon bioplynové stanice je 500 kW.

Využívá mokré fermentace.

Výroba energie z fytomasy ve formě siláže (kukuřice, slunečnice) +  
drcený oves a kejdu (hlavně hovězí).



Obr. 34 Pohled na reaktor [38].

## **Švédsko**

### **Bioplynová stanice Karpalund**

Místo: Karpuland – Kristianstad, Švédsko

Využívá mokré fermentace.

Výroba energie z domovního tříděného odpadu, průmyslový odpad (např.  
jatká), odpady z kuchyní a jídelen, kejda.

Roční produkce bioplynu je 5 500 000 m<sup>3</sup>.

## **Maďarsko**

### **Bioplynová stanice Klara falva**

Výkon bioplynové stanice je 526 kW.

Výroba energie ze zeleniny, hnoje a kejdy.



Obr. 35 Bioplynová stanice Klarafálva [39].

## Čína

### **Bioplynová stanice BPS Gu An, Čína**

Denní množství kejdy  $100 \text{ m}^3$

Denní produkce bioplynu  $2\,275 \text{ m}^3$

El. výkon stanice  $1,670 \text{ kWh/den}$

Tep. výkon stanice  $21,5 \text{ MJ/m}^3$



Obr. 36, 37 Bioplynová stanice BPS Gu An, Čína [40].

## 11. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo seznámení s problematikou výroby bioplynu a jeho dalším využitím. Práce se zabývá problematikou zpracováním biologicky rozložitelných odpadů různými bioplynovými technologiemi a základními technologickými procesy výroby bioplynu. Je popsán proces anaerobní fermentace a jsou popsány metody mokré i suché fermentace včetně jejich hlavních výhod i nevýhod.

Problematicke produkce bioplynu je věnována vysoká pozornost. Zatížení životního prostředí, způsobené velkou měrou spalováním fosilních paliv, se v posledních letech zvyšuje a způsobuje nárůst průměrných teplot na Zemi se všemi jeho negativními dopady. Je proto nutné, aby se lidstvo stále snažilo objevovat nové a zdokonalovat stávající technologie, což by nejen z velké části nahradilo fosilní paliva, ale také by to přispělo ke zlepšení současného neuspokojivého stavu životního prostředí.

Mezi hlavní přínosy anaerobní fermentace patří mimo výroby bioplynu i produkce jiných, zejména pro zemědělskou produkci důležitých a někdy i nedostatkových složek a také likvidace vedlejších, v zemědělství nebo i potravinářství vznikajících produktů, které mohou v surovém nezpracovaném stavu představovat zátěž pro životní prostředí.

Česká republika je jako člen Evropské unie vázána unijními předpisy, které členskými státy v následujících letech předepisují produkci energie z obnovitelných zdrojů energie, mezi které bioplyn nesporně patří a zařadila se tak mezi státy, které se vydaly na cestu postupného snižování zátěže životního prostředí.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Významný přínos výroby bioplynu [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyznamny-prinos-vyroby-bioplynu>>.
- [2] Soběstačnost ČR u živočišných komodit klesá, u rostlinných roste [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.agris.cz/detail.php?id=166581&iSub=518>>.
- [3] Biogas [online]. [cit. 2010-01-26]. Dostupný z WWW: <[http://translate.google.cz/translate?prev=hp&hl=cs&js=y&u=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FBiogas&sl=en&tl=cs&history\\_state0](http://translate.google.cz/translate?prev=hp&hl=cs&js=y&u=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FBiogas&sl=en&tl=cs&history_state0)>.
- [4] Jak vzniká bioplyn [online]. [cit. 2008-10-26]. Dostupný z WWW: <<http://kogenerace.tedom.cz/magazin-08-1-jak-vznika-bioplyn.html>>.
- [5] Co je to bioplynová stanice? [online]. [cit. 2008-10-26]. Dostupný z WWW: <[http://www.enviweb.cz/page/co\\_je\\_to\\_bioplynka](http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka)>.
- [6] Bioplyn – energie ze zemědělství [online]. [cit. 2010-03-17]. Dostupný z WWW: <[www.agronavigator.cz/attachments/Studie\\_bioplyn.pdf](http://www.agronavigator.cz/attachments/Studie_bioplyn.pdf)>.
- [7] Straka, F. a kol.: Bioplyn. 2. vyd. GAS s.r.o., Praha 2006. 706 s. ISBN 80-7328-090-6.
- [8] Teoretické základy anaerobní fermentace [online]. [cit. 2009-05-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.czba.cz/index.php?art=page&parent=vse-o-bioplynu&nid=teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>.
- [9] Bioplyn [online]. [cit. 2010-01-20]. Dostupný z WWW: <[www.strukturalnifondy.info/data/Bioplyn.pdf](http://www.strukturalnifondy.info/data/Bioplyn.pdf)>.
- [10] Schulz, H., Eder, B.: Bioplyn v praxi. 1. české vyd. HEL, Ostrava 2004. 168 s. ISBN 80-86167-21-6.
- [11] Dejte šanci biodpadu! [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <[www.biosance.cz/fileadmin/...DSB/prezentace\\_Jan\\_Habart.pdf](http://www.biosance.cz/fileadmin/...DSB/prezentace_Jan_Habart.pdf)>.
- [12] Bioplyn [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <[www.scienceshop.cz/UserFiles/File/Holasova/Prezentace\\_BIOPLYN\\_1.pdf](http://www.scienceshop.cz/UserFiles/File/Holasova/Prezentace_BIOPLYN_1.pdf)>.
- [13] AGRO EKO GROUP [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <[www.agro-eko.cz/attachments/.../AGROEKO-2007-EWA-CZ.pdf](http://www.agro-eko.cz/attachments/.../AGROEKO-2007-EWA-CZ.pdf)>.

- [14] Lavický, J.: Výtěžnost bioplynu z různých druhů substrátů [online]. [cit. 2009-05-07]. Dostupný z WWW: <[https://www.vutbr.cz/index.php?wapp=intraportal&parent=999&gm=gm\\_prohlizeni\\_zp&lang=0](https://www.vutbr.cz/index.php?wapp=intraportal&parent=999&gm=gm_prohlizeni_zp&lang=0)>.
- [15] Čistírna odpadních vod [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cist%C3%ADrna\\_odpadn%C3%ADch\\_vod](http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cist%C3%ADrna_odpadn%C3%ADch_vod)>
- [16] Čistírna odpadních vod [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.inovace.cz/for-high-tech/biotechnologie/clanek/biotechnologicke-postupy-pri-cisteni-odpadnich-vod/>>
- [17] Čistírna odpadních vod [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <[www.vsozc.cz/html/infra/fotogalerie/cov\\_drahovice.pdf](http://www.vsozc.cz/html/infra/fotogalerie/cov_drahovice.pdf)>
- [18] Možnost zvýšení výroby bioplynu na stávajících zařízení [online]. [cit. 2010-01-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/30.pdf>>.
- [19] ČIŽP: Bioplynové stanice z pohledu České inspekce životního prostředí [online]. [cit. 2008-10-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.setrime-energie.cz/clanky/bioplyn/bioplynove-stanice-z-pohledu-ceske-inspekce-zivotniho-prostredi>>.
- [20] Bioplyn [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?i=3799&t=2>>
- [21] Mapa – bioplyn, bioplynové stanice, bioplynové elektrárny [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/bioplynove-stanice>>.
- [22] Kompostování [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.eko-toalety.cz/kompostovani.html>>.
- [23] Příprava a výstavba kompostáren [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.ozp.cz/soubor-ke-stazeni/20/6021-08\\_2009\\_kompost\\_09\\_11\\_18web.pdf](http://www.ozp.cz/soubor-ke-stazeni/20/6021-08_2009_kompost_09_11_18web.pdf)>.
- [24] Budování kompostárny musí předejít podrobná analýza [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.eurochem.cz/index.php?LA=CS&MN=Budov%ED+kompost%ED+rny+mus%ED+p%F8edej%EDt+podrobn%ED+anal%FDza&ProdID=00028F0667F064860002E8C6&DT=4097&TXTID=2099&PHPESSID=fa>>.
- [25] Zpracování odpadů [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <[etext.czu.cz/img/skripta/64/pef\\_218-1.pdf](http://etext.czu.cz/img/skripta/64/pef_218-1.pdf)>.

- [26] Sondy pro měření [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <[http://odpady.ihned.cz/c4-10066060-20164220-E00000\\_d-novy-typ-sondy-pro-mereni-skladkoveho-plynu](http://odpady.ihned.cz/c4-10066060-20164220-E00000_d-novy-typ-sondy-pro-mereni-skladkoveho-plynu)>.
- [27] Eneris – O kogeneraci [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.eneris.eu/?sekce=o-kogeneraci>>.
- [28] Desatero bioplynových stanic [online]. [cit. 2009-05-07]. Dostupný z WWW: <[www.czbiom.cz/data/Upload/PDF/Desatero%20bioplynovych%20stanic.pdf](http://www.czbiom.cz/data/Upload/PDF/Desatero%20bioplynovych%20stanic.pdf)>.
- [29] Metody úpravy bioplynu [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/metody-upravy-bioplynu-na-kvalitu-zemniho-plynu>>.
- [30] Bioplyn [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.dyjanka.webzdarma.cz/Bioplyn.pdf>>.
- [31] Energetický regulační úřad [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.eru.cz/dias-read\\_article.php?articleId=496](http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=496)>.
- [32] Bioplynová stanice Velký Karlov [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.zevo-jevisovice.cz/index.php?menu=bioplynova-stanice>>.
- [33] Cieslar, S: Vítkovice Power Engineering otevřely bioplynovou stanici [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.allforpower.cz/clanek/166-vitkovice-power-engineering-otevrely-bioplynovou-stanici/>>.
- [34] Bioplyn zajímavé projekty [online]. [cit. 2008-10-26]. Dostupný z WWW: <[http://www.bioplyn.cz/bs\\_projekty.htm](http://www.bioplyn.cz/bs_projekty.htm)>.
- [35] Biogasanlage Hoxfeld [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.bioconstruct.de/biogasanlagen/ueber-550-kw/biogasanlage-hoxfeld.html>>.
- [36] Biogasanlage Rieste [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.bioconstruct.de/biogasanlagen/bis-450-kw/biogasanlage-rieste.html>>.
- [37] Dosendorf [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.bioplyn.cz/files/dosendorf.pdf>>.
- [38] Utzenaichl [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.bioplyn.cz/files/utzenaichl.pdf>>.
- [39] Konferencj [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.kape.gov.pl/iee/docs/konferencja10122008/Sesja\\_ALTENER/10122008\\_4\\_MRogulska.pdf](http://www.kape.gov.pl/iee/docs/konferencja10122008/Sesja_ALTENER/10122008_4_MRogulska.pdf)>.

- [40] Ekoengineering seznam vybraných referencí [online]. [cit. 2009-10-26]. Dostupný z WWW: <[http://www.pole-position.cz/vtk/pdf/envi\\_reference.pdf](http://www.pole-position.cz/vtk/pdf/envi_reference.pdf)>.
- [41] Sequens, Edvard, 1966-, Halama, Martin. Atlas obnovitelných zdrojů energií : atlas energetických zařízení využívajících obnovitelné zdroje-region jižní Čechy. 2. dopl. vyd. České Budějovice : Sdružení pro záchranu prostředí Calla ; Energy Centre, 2000. 75 s. : il., rejstř.
- [42] Referenzen [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.envitec-biogas.de/referenzen.html?L=gkbjjqgotpkfq>>.
- [43] Biogasanlage Wietzen [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.bioconstruct.de/biogasanlagen/450-bis-550-kw/biogasanlage-wietzen.html>>.
- [44] Bioplynové stanice (BPS) jako alternativní zdroj energie a jejich provoz z pohledu ČIŽP [online]. [cit. 2010-01-20]. Dostupný z WWW: <[http://www.enviweb.cz/?secpart=\\_archiv\\_hdacj/Bioplynove\\_stanice\\_BPS\\_jako\\_alternivni\\_zdroj\\_energie\\_a\\_jejich\\_provoz\\_z\\_pohledu\\_CIZP.html](http://www.enviweb.cz/?secpart=_archiv_hdacj/Bioplynove_stanice_BPS_jako_alternivni_zdroj_energie_a_jejich_provoz_z_pohledu_CIZP.html)>.
- [45] Bioplynové stanice [online]. [cit. 2008-10-26]. Dostupný z WWW: <[http://www.agro-otrocin.cz/bioplynova\\_stanice.php](http://www.agro-otrocin.cz/bioplynova_stanice.php)>.
- [46] Anaerobní technologie [online]. [cit. 2008-10-26]. Dostupný z WWW: <[http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm)>.
- [47] Energetické využití biomasy [online]. [cit. 2010-01-26]. Dostupný z WWW: <[www.agro-envi-info.cz/files/dokumen/ML27\\_Energeticke%20vyuziti%20biomasy.pdf](http://www.agro-envi-info.cz/files/dokumen/ML27_Energeticke%20vyuziti%20biomasy.pdf)>.
- [48] Přínosy k životnímu prostředí [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.agrifair.cz/component.php?cocode=article&arid=39&acid=0>>.
- [49] Bioplynové stanice [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <[http://www.tirso.cz/02\\_bioplynovestanice.htm](http://www.tirso.cz/02_bioplynovestanice.htm)>.
- [50] Kulhánek, Z.: Kilowaty umí vyrábět z podestýlky [online]. [cit. 2010-01-20]. Dostupný z WWW: <[http://rakovnický.deník.cz/zpravy\\_region/zavidov20090119.html](http://rakovnický.deník.cz/zpravy_region/zavidov20090119.html)>.
- [51] Dohányos, M: Anaerobní reaktor není černou skříňkou - teoretické základy anaerobní fermentace [online]. [cit. 2009-03-02]. Dostupný z WWW: <[http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace?apc=/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace&nocache=invalidate&sh\\_itm=4c5863fabb9cf330d022de133456ec59&all\\_ids=1](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace?apc=/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace&nocache=invalidate&sh_itm=4c5863fabb9cf330d022de133456ec59&all_ids=1)>.

[52] Bradáč, K.: Desatero bioplynových stanic [online]. [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.enviweb.cz/clanek/bioplynky/75528/desatero-bioplynovych-stanic>>.

[53] Čistírna odpadních vod [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW <[www.lentikats.eu/cistirny\\_odpadnich\\_vod.ppt](http://www.lentikats.eu/cistirny_odpadnich_vod.ppt)>.

[54] Suchá fermentace [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW:<<http://www.fortexbioplyn.cz/cz/bioplynove-stanice-sucha-fermentace/>>.

[55] Bioplynová stanice [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.czp.cuni.cz/wiki/Bioplynov%C3%A1\\_stanice](http://www.czp.cuni.cz/wiki/Bioplynov%C3%A1_stanice)>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma vzniku bioplynu z biologicky rozložitelných odpadů</i> .....	12
<i>Obr. 2 Teplotní rozdělení mikroorganismů</i> .....	13
<i>Obr. 3 Rozdělení technologií</i> .....	16
<i>Obr. 4 Dávková metoda</i> .....	17
<i>Obr. 5 Metoda střídání nádrží</i> .....	18
<i>Obr. 6 Metoda se zásobníkem</i> .....	18
<i>Obr. 7 Fermentor s fóliovým poklopem a zastřešením</i> .....	19
<i>Obr. 8 Fermentor s dvojitým fóliovým poklopem</i> .....	19
<i>Obr. 9 Fermentor s pevným stropem a externím fóliovým plynojemem</i> .....	19
<i>Obr. 10 Metoda průtoková</i> .....	20
<i>Obr. 11 Metoda průtoková se zásobníkem na konci</i> .....	21
<i>Obr. 12 Stanice pro mokrou fermentaci</i> .....	21
<i>Obr. 13 Schéma suché fermentace</i> .....	22
<i>Obr. 14 Schéma ČOV</i> .....	26
<i>Obr. 15 Schéma bioplynové stanice</i> .....	28
<i>Obr. 16 Mapa bioplynových stanic v ČR</i> .....	29
<i>Obr. 17 Kompostování</i> .....	30
<i>Obr. 18 Stálá kompostárna na zabezpečené ploše</i> .....	31
<i>Obr. 19 Schéma skládky</i> .....	33
<i>Obr. 20 Sonda pro odběr vzorku</i> .....	34
<i>Obr. 21 Vytahování sondy z terénu</i> .....	34
<i>Obr. 22 Čerpací stanice na bioplyn upravený pro pohon automobilů ve švédském Boras</i> .....	35
<i>Obr. 21 Mapa bioplynových stanic v ČR</i> .....	39
<i>Obr. 23 Modulární systém</i> .....	40
<i>Obr. 24 Bioplynová stanice Pustějov</i> .....	41
<i>Obr. 25 Bioplynová stanice Zavodiv</i> .....	41
<i>Obr. 26, 27, 28 Bioplynová stanice Hoxfeld</i> .....	42
<i>Obr. 29, 30, 31 Bioplynová stanice Rieste</i> .....	42
<i>Obr. 32 Bioplynová stanice</i> .....	43
<i>Obr. 33 Uskladnění neseparovaného fermentačního zbytku</i> .....	43
<i>Obr. 34 Pohled na reaktor</i> .....	43
<i>Obr. 35 Bioplynová stanice Klarafalva</i> .....	44
<i>Obr. 36, 37 Bioplynová stanice BPS Gu An, Čína</i> .....	44

## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Výtěžnost metanu z různých typů substrátu</i> .....	24
<i>Tab. 2 Výroba elektřiny z bioplynu v roce 2005</i> .....	27
<i>Tab. 3 Výroba tepla z bioplynu v roce 2005</i> .....	27
<i>Tab. 4 Bioplyn v EU 2006</i> .....	36
<i>Tab. 5 Elektřina z bioplynu</i> .....	38
<i>Tab. 6 Náklady pro zemědělské bioplynové stanice</i> .....	39