

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH**  
**BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vliv vstupní suroviny (biomasy) na výkonnost bioplynové  
stanice**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor bakalářské práce: Vojtěch Brůžek

České Budějovice, 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv vstupní suroviny (biomasy) na výkonnost bioplynové stanice“ vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice, 03. 04. 2018

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval paní Ing. Marii Šístkové, CSc. za odborné vedení, přínosné rady, které mi pomohly při psaní této práce.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Miroslavu Heroutovi, Ph.D. za vysvětlení odborných témat a praktickou ukázkou.

## **Abstrakt**

V této bakalářské práci jsem se zaměřil na používanou biomasu, výrobu bioplynu, vzniklý produkt, technologické části a zařízení stanice a fungování bioplynových stanic.

Klíčová slova: biomasa, bioplyn, bioplynová stanice, surovina

## **Abstract**

In this bachelor thesis I focused on biomass used, biogas production, product, technological parts and station equipment and the operation of biogas stations.

Keywords: biomass, biogas, biogas plant, raw material

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod .....  | 7  |
| 2. Literární přehled.....                                | 8  |
| 2.1 Obnovitelné zdroje .....                             | 8  |
| 2.1.1 Biomasa .....                                      | 8  |
| 2.1.2 Historie biomasy.....                              | 8  |
| 2.1.3 Biomasa pro energetické účely.....                 | 9  |
| 2.1.4 Energetické plodiny.....                           | 9  |
| 2.1.5 Metody využití biomasy pro energetické účely ..... | 10 |
| 2.2 Historie bioplynu .....                              | 10 |
| 2.2.1 Bioplyn .....                                      | 11 |
| 2.2.2 Nejlepší podmínky pro tvorbu bioplynu .....        | 12 |
| 2.2.3 Anaerobní digesce .....                            | 13 |
| 2.2.3.1 Anaerobní digesce – mokřý proces.....            | 14 |
| 2.2.3.2 Anaerobní digesce – suchý proces.....            | 15 |
| 2.3 Bioplynové stanice (BPS).....                        | 15 |
| 2.3.1 Zemědělské bioplynové stanice.....                 | 17 |
| 2.3.2 Čistírenské bioplynové stanice .....               | 18 |
| 2.3.3 Ostatní bioplynové stanice .....                   | 18 |
| 2.4 Technologické části bioplynové stanice.....          | 18 |
| 2.4.1 Homogenizační jímky BPS .....                      | 19 |
| 2.4.2 Reaktor (vyhřívající jímka).....                   | 19 |
| 2.4.3 Horizontální fermentory .....                      | 19 |
| 2.4.4 Vertikální fermentory .....                        | 20 |
| 2.4.5 Míchání a teplota v reaktorech .....               | 21 |
| 2.4.6 Plynojemy.....                                     | 23 |
| 2.4.7 Zařízení pro zneškodnění zbytkového plynu.....     | 24 |
| 2.4.8 Spotřebiče bioplynu.....                           | 24 |
| 2.4.9 Fermentační zbytek .....                           | 25 |
| 4. Praktická část.....                                   | 27 |
| 4.1 Metodika .....                                       | 27 |
| 4.2 Sledovaný objekt .....                               | 27 |
| 4.2.1 Kompostárna Jarošovice .....                       | 27 |
| 4.2.2 BPS Jarošovice .....                               | 28 |
| 4.3 BPS – technologie .....                              | 28 |

|        |                                       |    |
|--------|---------------------------------------|----|
| 4.3.1. | Dávkovací zařízení .....              | 28 |
| 4.3.2. | Fermentor .....                       | 29 |
| 4.3.3. | Míchadla .....                        | 30 |
| 4.3.4. | Kogenerační jednotka .....            | 30 |
| 4.3.5. | Centrální čerpadlo a rozdělovač ..... | 31 |
| 4.4.   | <b>Vstupní suroviny</b> .....         | 31 |
| 4.4.1. | Kejda .....                           | 31 |
| 4.4.2. | Chlévský hnůj .....                   | 32 |
| 4.4.3. | Siláž .....                           | 32 |
| 4.4.4. | Senáž .....                           | 33 |
| 4.4.5. | Drůbeží trus .....                    | 33 |
| 4.4.6. | Přepracovaný bioodpad .....           | 33 |
| 4.4.7. | Suroviny z výroby .....               | 34 |
| 4.5.   | <b>Výtěžnost bioplynu</b> .....       | 34 |
| 5.     | <b>Závěr</b> .....                    | 37 |
|        | Seznam použitých zdrojů .....         | 38 |
|        | Seznam obrázků .....                  | 40 |
|        | Seznam tabulek .....                  | 40 |

## 1. Úvod

Velkým tématem je v současné době nedostatečná zásoba energií a paliv, kterou pocítí následující generace na této zemi. Pokud se počty populace budou zvyšovat stejným tempem jako nyní, bude se zvyšovat i spotřeba energie a tím pádem to razantně ohrozí zásoby fosilních paliv. Od 17. století se počet obyvatel zvýšil z 0,5 na 7,5 miliard, což je jasný důkaz.

Proto je naprosto nezbytné, aby se člověk zajímal i o jiné zdroje energie a paliva. Jedná se především o obnovitelné zdroje, které zároveň tolik nezatíží životní prostředí. Je důležité hledat a vyvíjet racionálnější způsoby využití energie a jak nejvýhodněji a nejekologičtěji používat obnovitelné zdroje.

S vývojem populace se zdokonaluje i lidská zručnost a technická vyspělost. Proto lze využít hlavně vodní energii, sluneční energii, větrnou energii a v dnešní době i energii z biomasy. Od roku 2010 byl zaznamenán velký nárůst bioplynových stanic v České republice. Dnes je jich na našem území zhruba 650. Tento trend k nám přišel ze zahraničí.

Bioplynové stanice můžeme dělit podle technologie výroby na zemědělské a komunální. U nás je nejrozšířenější zemědělská bioplynová stanice, kde vstupní surovinou je zejména hnůj, kejda, posklizňové zbytky, biomasa z travnatých ploch, energetické plodiny a další. Největším podnětem k vybudování takové stanice je produkce elektrické energie a následné použití nebo prodej do veřejné sítě.

## 2. Literární přehled

### 2.1 Obnovitelné zdroje

Jak dobře víme, sluneční záření je základem všech obnovitelných zdrojů. Jestliže by sluneční činnost měla trvat dalších pět miliard let, tak tento zdroj můžeme považovat za nevyčerpatelný.

V budoucnu by se energie z biomasy mohla stát velmi významným zdrojem energie nahrazující plyn, uhlí a ropu. Z biomasy můžeme získat energii dvěma metodami, suchým nebo mokřým procesem. Suchý proces vzniká spalováním biomasy (zplynováním). Mezi mokřé procesy zařazujeme anaerobní vyhnívání (bez přístupu vzduchu) a výsledek je vznik bioplynu.

(Nováček, 2011)

#### 2.1.1 Biomasa

Biomasa lze určit jako trvalý základ biologického původu, kam můžeme začlenit: chov živočichů, organické odpady, tvorbu organického původu a pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě.

Odborníci vypočítali, že produkce biomasy na světě je takřka pětkrát větší, než je spotřeba fosilních paliv za rok.

#### 2.1.2 Historie biomasy

Od doby, co se lidé naučili rozdělovat oheň a starat se o něj, začali využívat i biomasu. Proto je po slunečním záření biomasa jediným dostupným energetickým zdrojem po miliardu let. Když zapátráme v historii, narazíme na to, že jiné obnovitelné zdroje se využívají krátkou dobu oproti biomase. Energie vody a větru může být příkladem, který se používá pouze několik tisíc let. Za moderní zdroje považujeme třeba uhlí, které se používá stovky let a jaderná energie jen desítky let. Těmto zdrojům říkáme konvenční. Do 19. století byla převládajícím zdrojem biomasa. Postupem let začaly převládat fosilní zdroje.

Hlavním argumentem, proč se evropské státy se začaly zajímat o problematiku a vývoj fytoenergetiky, byly ropné krize. Nejvíce vyspělé země v tomto odvětví jsou severské státy Švédsko, Finsko, Dánsko a naši sousedé Německo a Rakousko.



### 2.1.3 Biomasa pro energetické účely

Biomasu lze rozdělit do pěti primárních skupin podle druhu a typu. Směs odpadů organické produkce, organické odpady a sekundární produkty živočišného původu, fytomasa olejnatých plodin, fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru.

K energetickým účelům se využívá:

1) Biomasa určená k pěstování pro energetické účely. Např.: obilí, cukrová řepa, olejninu, brambory, cukrová třtina, energetické dřeviny

2) Odpadní biomasa

Odpadní biomasou rozumíme jako biomasu, kterou už člověk nějakým způsobem použil nebo její primární účel je jiný než energetický. Většinou se jedná o odpady, které nějak souvisí s biomasou:

- Rostlinné odpady ze zemědělské výroby (sláma, seno)
- Odpady z prořezávek sadů a z údržby krajiny
- Odpady z údržby travnatých ploch
- Odpady po lesnické údržbě (kůra, větve, šišky, kořeny a podobně)
- Odpady z dřevozpracujících provozů (piliny, hobliny, odřezky)
- Nevyužité produkty z živočišné výroby (kejda, hnůj, zbytky krmiv)
- Komunální organické odpady

Oblast využití odpadní biomasy je však speciální obor, a proto více informací lze vyhledat na specializovaném portálu.

### 2.1.4 Energetické plodiny

Tímto spojením se nazývají rostliny, které se pěstují obzvláště pro energetické účely. V podstatě každou plodinu je možno využít energeticky, ale skutečný význam mají jen plodiny s určitými, pro energetické využití významnými atributy. Jsou to zejména:

- Velký obsah sušiny v období sklizně
- Vysoká výhřevnost a nízký obsah popela
- Dobrá účinnost transformace oxidu uhličitého na biomasu prostřednictvím slunečního záření
- Nenáročnost na živiny a vodu
- Imunita proti škůdcům a chorobám

Seznam rostlin, které jsou schválené za energetickým účelem, jsou dostupné a lze na ně také získat dotace od ministerstva zemědělství. Rostliny, které se nenachází na seznamu, je nejprve nutno nechat schválit.

(Murtinger & Beranovský, 2006)

### **2.1.5 Metody využití biomasy pro energetické účely**

Fyzikální a chemické vlastnosti biomasy mají velký vliv na kvalitativní proces využití k energetickým účelům. Nejvýznamnější parametr kvalitativního využití je obsah sušiny v produktu čili vlhkost. Při situaci, že obsah sušiny je větší než 50 %, jde o suchý proces využití biomasy. A pokud obsah sušiny je menší než 50 %, jedná se o mokré proces využití biomasy.

Existuje několik základních metod, jak lze rozdělit získávání energie z biomasy:

- Biochemická přeměna biomasy. Můžeme to zařadit do mokrého procesu využití biomasy a do této skupiny lze zahrnout například metanové kvašení nebo alkoholové kvašení.
- Termochemická přeměna biomasy. Sem lze řadit spalování a zplynování (suchý proces využití biomasy).
- Fyzikální a chemická přeměna biomasy. Nejjednodušší metoda, kterou nazýváme mechanickou (drcení, lisování, briketování, mletí apod.).

V praxi se nejvíce používá ze suchých procesů spalování biomasy a z mokrých procesů anaerobní fermentace. V České republice je možno vytvořit asi 8 milionu tun biomasy.

## **2.2 Historie bioplynu**

Už od středověku lidé věděli, že existuje hořlavý plyn. Leonardo da Vinci a vlámský vědec Van Helmot se pokoušeli použít bioplyn ke svícení. Jejich počínání bylo spíše ve stádiu objevování, experimentování a bádání.

Začátek skutečné výroby bioplynu se objevuje až na přelomu 19. a 20. století. Počáteční výroba bioplynu byla realizována z kalů splaškových čistíren odpadních vod. Kalový plyn, jak se dříve nazýval bioplyn, se využíval zejména v provozovnách čistíren a odpadních vod na vytápění a ke svícení.

Technologie pro zpracování čistírenských kalů se stále zdokonalovaly a modernizovaly už na počátku 20. let 20. století. Postupně se vyvíjela nová nezávislá zařízení pro anaerobní vyhnívání a počet zařízení se stále rozrůstal. Výrazně se

zvýšila efektivita anaerobního rozkladu pomocí vyhřívaných reaktorů. V roce 1922 zvládnuli v nizozemském Essenu umožnit dopravu bioplynu z čističky odpadních vod do městské plynárny. Tentýž rok byl upravený bioplyn použit i jako motorové palivo.

Ve 30. letech minulého století byl zahájen významný projekt, který byl cílen na problematiku anaerobní fermentace. V roce 1937 bylo v Německu podle informací osm tankovacích stanic na bioplyn. Bioplynové stanice se postupem času vyvíjely a k výrobě bioplynu se začali přidávat i odpady ze zemědělství a z potravinářství.

Od 70. let se záměrně začalo pěstování energetické biomasy (obilí, kukuřice, rychle rostoucí dřeviny, apod.). Tím pádem nebyla anaerobní fermentace závislá jen na odpadech.

(Straka, František & Dohányos, 2006)

V České republice byla první bioplynová stanice postavena v roce 1974 v Třeboni. První kroky vznikly ze zkušeností městských čistíren odpadních vod. Postupem času muselo dojít k řadě úprav, protože kejda prasat a exkrementy ostatních hospodářských zvířat se značně lišily od městských kalů. Projektanti a provozovatelé hledali řešení, které by zefektivnilo chod bioplynové stanice. Následně byla po roce provozu zvýšena teplota z 33 °C na 38 °C, což mělo za důsledek větší produkci bioplynu asi o 40 %.

(Hons, Černík, Liška & Venkrbec, 1990)

### **2.2.1 Bioplyn**

Bioplyn vzniká činností metanogenních bakterií a obsahuje metan s příměsí dalších plynů. Přeměna organických látek na metan se děje pouze v prostředí, v němž není přítomen kyslík (anaerobní prostředí), protože organismy, které tento rozklad vykonávají, jsou velmi citlivé na přítomnost kyslíku. Měřením se zjistilo, že bioplyn je tvořen z velké části z metanu, oxidu uhličitého a dalších látek, které mají jen malé zastoupení.

Někteří lidé tvrdí, že jako bioplyn můžeme označovat všechny druhy plynů, které se vyvinuly činností mikroorganismů. Z toho vyplývá, že všechny druhy bioplynů, které mají anaerobní původ, se teoreticky tvoří shodným způsobem. Avšak fyzické a chemické vlastnosti záleží na procentuálním zastoupení. Dokonalý bioplyn by obsahoval jen dva hlavní plyny, metan a oxid uhličitý. Obsah metanu se pohybuje okolo 50 % až 75 %. V menší zastoupení je obsah oxidu uhličitého, konkrétně okolo 50 % až 25 %.

Jestliže oxid uhličitý přesáhne hranici 50 % v bioplynu, znamená to, že nedošlo k vytvoření ideálních podmínek v procesu anaerobní fermentace.

(Pastorek, Kára & Jevič, 2004)

Tabulka 1: Složení bioplynu

|               |         |
|---------------|---------|
| Metan         | 40-75 % |
| Oxid uhličitý | 25-55 % |
| Vodní pára    | 0-10 %  |
| Dusík         | 0-5 %   |
| Kyslík        | 0-2 %   |
| Vodík         | 0-1 %   |
| Čpavek        | 0-1 %   |
| Sulfan        | 0-1 %   |

### 2.2.2 Nejlepší podmínky pro tvorbu bioplynu

K tvorbě bioplynu může dojít pouze za specifických podmínek, které splňují nezbytné parametry:

- Vlhké prostředí – Jen když je substrát dostatečně zalitý (minimálně 50 %), mohou metanové bakterie pracovat a množit se.
- Zabránění přístupu vzduchu – Metanové bakterie nedokážou pracovat za přítomnosti vzduchu. Například v čerstvé kejďě se nachází kyslík, proto ho nejprve musí anaerobní bakterie spotřebovat.
- Zabránění přístupu světla – Světlo nijak neničí bakterie, pouze zpomaluje jejich rozmnožování.
- Stálá teplota – Teplota ovlivňuje množství a rychlost uvolněného plynu. K rychlejšímu vyhnívání bude docházet, čím větší bude teplota. Metanové bakterie jsou činné při teplotě od 0 °C až 70 °C.
- Hodnota pH – Optimální hodnota se pohybuje okolo 7,5 ve slabě alkalickém prostředí. Když je potřeba hodnotu pH zvýšit, přidává se vápno.
- Přísun živin – Substrát musí obsahovat látky, které dokážou metanové bakterie zpracovat. Jsou to rozpustné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky, které jsou zapotřebí na buněčnou stavbu.

- Velké kontaktní plochy – Abychom zajistili rychlejší vyhnívání, je nutno zmenšit pevné části substrátu. Tím docílíme větších kontaktních ploch.
- Zatížení vyhnívacího prostoru – Dostatečné doplnění vyhnívacího procesu. Je nutné doplnit určité množství substrátu každý den, aby nedošlo k přerušení procesu.
- Rovnoměrný přísun substrátu – V co nejkratších intervalech se snažíme dodávat substrát, aby nedošlo k zatížení plnicí zóny fermentoru.
- Odplynování substrátu – Nebudeme-li odvádět plyn z vyhnívací nádrže, může dojít ke zvýšení tlaku a následným škodám na zařízení.
- Inhibitory – Proces může zabrzdit nebo úplně zastavit i nadbytečným používáním antibiotik, chemoterapeutikami a desinfekčními prostředky.

(Schulz & Eder, 2004)

### 2.2.3 Anaerobní digesce

Anaerobní digesce je prostý proces, který je závislý na linii technologických a biochemických podmínek. V přirozených anaerobních podmínkách se objevují producenti bakteriálního metanu. Vyvíjejí se v trávicích ústrojích, zamořených půdách, rýžových polích a i v sedimentech. Přepokládá se, že bakterie které produkují metan, existovaly dříve než samotný kyslík v zemské atmosféře. Konečným výsledkem anaerobní digesce je bioplyn a digestát. Podle literatury je digestát stanovený zbytek, který dodržuje všechny požadavky vyhlášky o zpracování rozložitelného odpadu.

V minulosti byl vývoj a průběh anaerobní digesce objasněn třemi modely. Podle výtěžnosti a efektivnosti je v dnešní době akceptován čtyřfázový model. Dle tohoto modelu bylo vyzkoumáno, že anaerobní rozklad organických látek potřebuje nepřetržitou kontrolu činnosti mikrobiálních skupin. Víme, že díky biochemickým reakcím, do kterých jsou zahrnuty hydrolýza, acidogeneze, autogeneze a melanogeneze, můžeme určit 9 různých metabolických kroků, vztahujících se na chování odlišných skupin bakterií.

#### **Proces anaerobní fermentace rozdělujeme na čtyři fáze:**

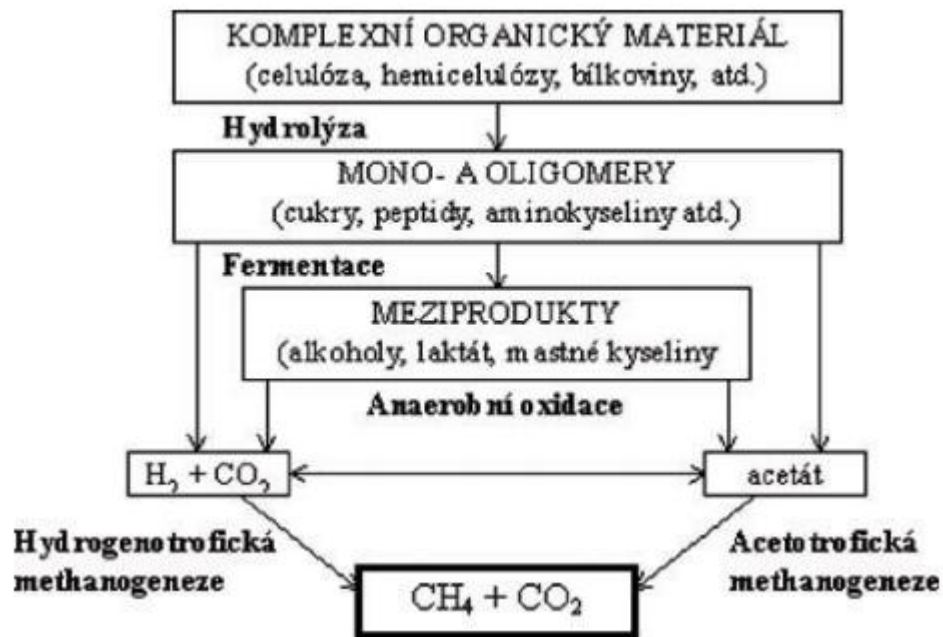
- Hydrolýza – V první fázi přeměňují anaerobní bakterie makromolekulární organické látky na látky jednodušší, jako jsou aminokyseliny, polysacharidy, lipidy a jednoduché cukry.
- Acidogeneze – Poté může dojít k tvorbě mastných kyselin pomocí acidofilních bakterií. Proces je zbaven kyslíku.
- Acetogeneze – V této fázi se organické látky oxidují, výsledkem je přeměna víceuhlíkatých látek na kyselinu octovou.

- Metanogeneze – Nakonec metanové bakterie vytvoří metan a oxid uhličitý a další látky, které jsou zastoupené v bioplynu v menším měřítku.

Největší vliv ve fázi metanizace mají bez pochyby bakterie, na počátku fermentace se uplatňují různé typy organismu. Avšak v počátečním stádiu jsou nenahraditelné i kvasinky, houby a bičíkovci.

(Benešová, Hnat'uková & Pivokonský, 2005)

Obrázek 1: Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace



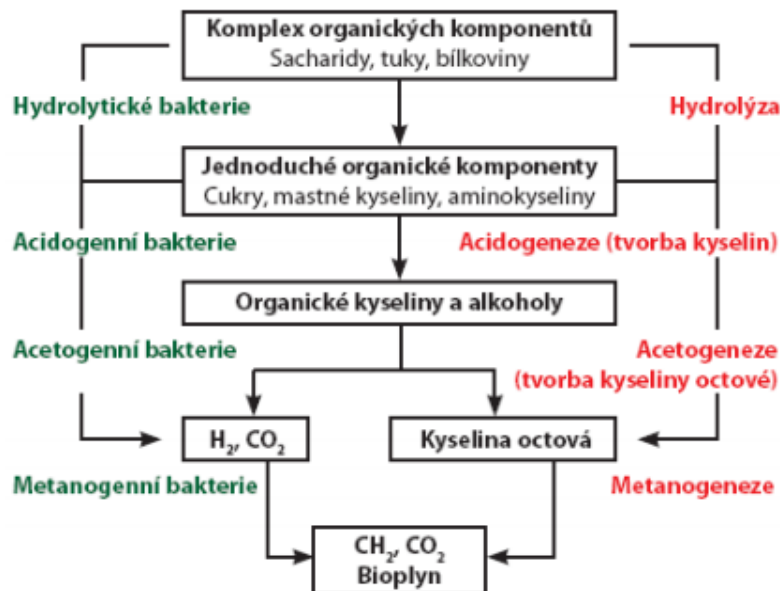
Zdroj: Benešová, Hnat'uková & Pivokonský, 2005

### 2.2.3.1 Anaerobní digesce – mokřý proces

Mokřý proces se využívá v případě, kdy se používá rozdílný organický materiál. V první fázi je materiál smíchán s vodou a homogenizován, tím docílíme, odstranění hrubých sedimentů. Pak lze směs přesunout do hydrolýzní nádrže, kde vzniká břečka. Břečka se přečerpá do bioreaktorů, kde začíná anaerobní rozklad organických látek. Cyklus vyhnívání ovlivňuje mnoho faktorů. Hlavní pozornost se klade na složení substrátu, přítomnost toxických látek, ideální pH, vliv teploty a koncentrace mastných kyselin. Celková doba procesu se pohybuje okolo od 2 až 6 týdnů. Teplota je jeden z nejdůležitějších parametrů, který ovlivňuje délku procesu. Při teplotě 55 °C se doba digesce zkracuje, zatímco při teplotách okolo 35 °C až 40 °C se digesce prodlužuje. Poté se vytvořený bioplyn dopravuje do plynojemu, kde se dále zpracovává.

(Benešová, Hnat'uková & Pivokonský, 2005)

Obrázek 2: Anaerobní digesce (mokrý proces), fáze tvorby



Zdroj: bioplyn.schaumann.cz

### 2.2.3.2 Anaerobní digesce – suchý proces

V tomto procesu je důležité mít organický materiál rozdrčen na požadovanou velikost. Velikost se pohybuje v rozmezí 8 až 50 mm a průměr částic se liší druhem použité technologie. Celý anaerobní rozklad probíhá v reaktoru a používaná dávka je často přehřívána. Získaný bioplyn se dopravuje do plynojemu, kde se dále zpracovává. Tato technologie není ještě tolik rozpracovaná, ale má velkou výhodu, protože vyprodukuje mnohem méně vyhnílého digestátu.

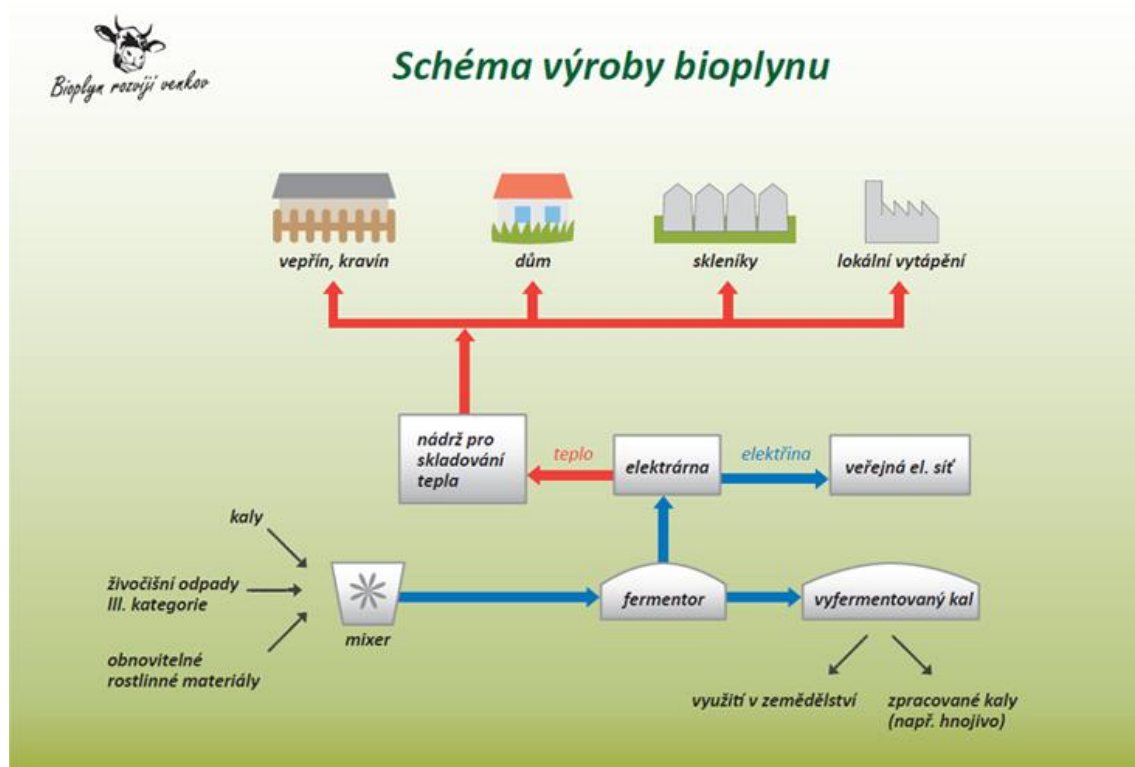
(Benešová, Hnaťuková & Pivokonský, 2005)

## 2.3 Bioplynové stanice (BPS)

Bioplynová stanice je technologické zařízení, které vychází z procesu anaerobní digesce. To znamená, že má za úkol zpracování biologicky rozložitelného odpadu. Konečným produktem bioplynové stanice je bioplyn, který je dále upraven a použit jako alternativní zdroj energie.

Konstrukční plocha bioplynových stanic závisí na množství zpracovávaného organického materiálu. Podle tohoto kritéria rozlišujeme bioplynové stanice v zemědělství na malé, velké a centralizované stanice.

Obrázek 3: Schéma bioplynové stanice



Zdroj: Bioplynrozvijivenkov.cz

Centralizované bioplynové stanice jsou odlišné, protože zvládnou zpracovat odpad z více farem. Tím pádem tyto bioplynové stanice vyprodukují mnohem více konečného bioplynu. V Dánsku se nachází jedna z největších centralizovaných bioplynových stanic, která zpracovává z okolních farem chlévskou mrvu, kejdu, organické odpady z potravinářského průmyslu a jiné organické odpady. Tato stanice za rok vyprodukuje 4,2 milionu m<sup>3</sup> bioplynu, 129 000 tun kapalných hnojiv pro zemědělství a 1000 tun tuhých anaerobních zbytků pro skládky.

- Centralizované bioplynové stanice mají několik výhod:
- Nižší jednotkové ceny investic
- Efektivnější využití investic
- Kvalifikovanější obsluha bioplynových stanic
- Vzhledem k větší produkci bioplynu, možnost komplexnějšího uplatnění přebytků tepla, elektrické energie



- Menší potřeba stavebních pozemků
- Lepší možnosti získání úvěrů a dotací

Zjednodušeně lze tvrdit, že v malých bioplynových stanicích produkují bioplyn z jednoho druhu biomasy. Většinou se jedná o samostatné zařízení, které zpracovává odpad vzniklý na farmě. Výsledný bioplyn se poté používá jako elektrická nebo tepelná energie na farmě. Tento provoz směřuje ke snížení provozních nákladů farmy. Pokud farma vyprodukuje přebytek energie než je sama schopna využít, může jej prodávat do veřejné sítě.

(Kajan, 2005)

### **2.3.1 Zemědělské bioplynové stanice**

Zemědělské bioplynové stanice se rozlišují podle rozdílného zpracování. Patří sem zařízení, které zpracovávají živočišné i rostlinné materiály. Podle zákona č. 185/2001 Sb., je na těchto stanicích zakázáno zpracovávat jiné materiály a odpady. V zemědělských bioplynových stanicích se pracuje především s těmito materiály:

#### Energetické plodiny:

- Obiloviny v mléčné zralosti, čerstvé i silážované
- Kukuřice vyzrálá, čerstvá i silážovaná
- Kukuřice ve voskové zralosti, čerstvé i silážované
- Krmná kapusta, čerstvá i silážovaná a další

#### Rostlinný materiál:

- Kukuřičná sláma a jádro kukuřice
- Bramborová nat' i slupka z brambor
- Sláma obilovin a olejnin
- Plevy a odpady z čištění obilovin
- Seno a další

#### Živočišný materiál:

- Drůbeží exkrementy
- Kejda prasat
- Hněj prasat
- Kejda skotu
- Hněj skotu
- Koňský hnůj

Od jiných bioplynových stanic se rozlišují tím, že mají minimální emise pachových látek. Provozovatel má povinnost zabezpečit dostatečnou velikost zásobníku na fermentační zbytky. Zásobníky nemusí být zakryté a obvykle se jedná o 4 měsíce uskladnění.

(Brandejsová & Příbyla 2009)

### **2.3.2 Čistírenské bioplynové stanice**

Tyto bioplynové stanice se specializují na zpracování kalů z čistíren odpadních vod. Výrobní technologie anaerobní digesce je produkována z hlediska stabilizace kalu tvořícího se v čistírnách odpadních vod. Do čistírenských bioplynových stanic je možno dávat jen kaly čističek odpadních vod, žump, septiků a odpadní voda. V případě, že by do těchto nádrží byly dodány jiné odpady, změnil by se i druh bioplynové stanice. U čistírenských bioplynových stanic není nutnost vlastnit nádrž na vyhnívací kal.

(Brandejsová & Příbyla, 2009)

### **2.3.3 Ostatní bioplynové stanice**

Do ostatních bioplynových stanic se dávají vedlejší produkty živočišné produkce a mají největší emise pachových látek. Porovnání můžeme najít v menších kafilériích. Problém u těchto bioplynových stanic je v řízení procesu. Zásobníky na digestát je nutné zakrýt, proto emisní pach dosahuje vysokých hodnot. Všechny suroviny, které jsou přepravovány do bioplynové stanice, se musí nacházet v kontejnerech. Do ovzduší nesmí unikat pachové látky, proto musí být všechny budovy patřičně uzavřeny. Mezi tento druh stanic počítáme i skládkové stanice, v těchto stanicích se zpracovává především komunální odpad.

(Brandejsová & Příbyla, 2009)

## **2.4 Technologické části bioplynové stanice**

Základní technologické složky bioplynové stanice jsou:

- Homogenizační jímky
- Reaktory
- Míchání a teplota v reaktorech
- Plynojemy
- Plynovody a technologické prvky

- Zařízení pro zneškodnění zbytkového plynu
- Spotřebiče bioplynu

(Schulz & Eder, 2004)

### **2.4.1 Homogenizační jímky BPS**

Pro homogenizační jímku je důležitá úprava vstupního materiálu z rostlinné či živočišné výroby. Jedná se o metodu, kde v nádržích dochází k modifikaci daného substrátu. Tyto nádrže jsou z materiálu jako ocel, plast nebo beton. Výbava těchto nádrží jsou především míchací a čerpací jednotky. Legislativa některých států ujednává o regulovatelnosti kejdy vyprodukované na farmě. Dané zbytky se posléze dávkuje do určitých reaktorů.

(Schulz & Eder, 2004)

### **2.4.2 Reaktor (vyhřívající jímka)**

Reaktor neboli fermentor je jedna z nejdůležitějších technologických složek celé bioplynové stanice, protože zvládne vytvořit dokonalé podmínky pro mikroorganismy. Vytvoření a udržení ideálních teplot fermentace je základním prvkem pro činnost anaerobních bakterií a výsledkem tohoto snažení je metan. Rozlišujeme dvě různá provedení fermentorů, horizontální a vertikální.

(Pastorek & Wolff, 1992)

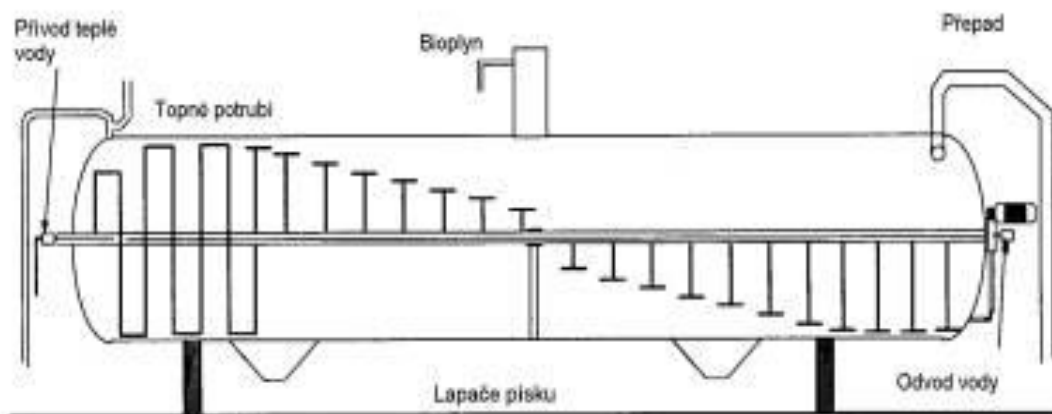
### **2.4.3 Horizontální fermentory**

Fermentor je tepelně izolovaná válcová nádrž z oceli nebo plastu o průměru 2 – 3 metry na délku. Podle potřebné kapacity se sestavují velikosti reaktoru, ale nejčastěji používaná velikost je 50 – 100 m<sup>3</sup> objemu reaktoru. V nouzových případech lze použít i použité nádrže na naftu. Podle konstrukčního řešení je třeba mít nádrž umístěnou na speciálních betonových podstavcích tak, aby daný sklon byl mezi hodnotami 3 až 5 %. Přepravená kejda se nasává do části, která je výše položená. Lopatky, které jsou osazeny na hřídeli procházející osou reaktoru, obstarávají promíchávání a pohyb směsí. Frekvence otáčení lopatek se pohybuje okolo dvou otáček za minutu. Vzniklý produkt se poté nashromáždí v horní části reaktoru, odkud je přepraven do plynojemu. Vyhřívání reaktoru zajišťují tepelné trubky, které jsou rozvedeny v reaktoru. Po finanční stránce je tento druh reaktoru velmi finančně

nákladný, proto se používá převážně u hustších odpadů jako drůbeží trus, kejda s vyšším obsahem slámy, domovní odpad a ostatní.

(Kajan, 2005)

Obrázek 4: Schéma horizontálního reaktoru



Zdroj: Biom.cz

Možnost instalace mechanického míchadla je velkou výhodou horizontální nádrže. Tato technologie lépe promíchá daný substrát. Čerstvá směs se nesmíchá s vyhnívací směsí, protože v takových reaktorech vzniká pístové proudění.

(Schulz & Eder, 2004)

#### 2.4.4 Vertikální fermentory

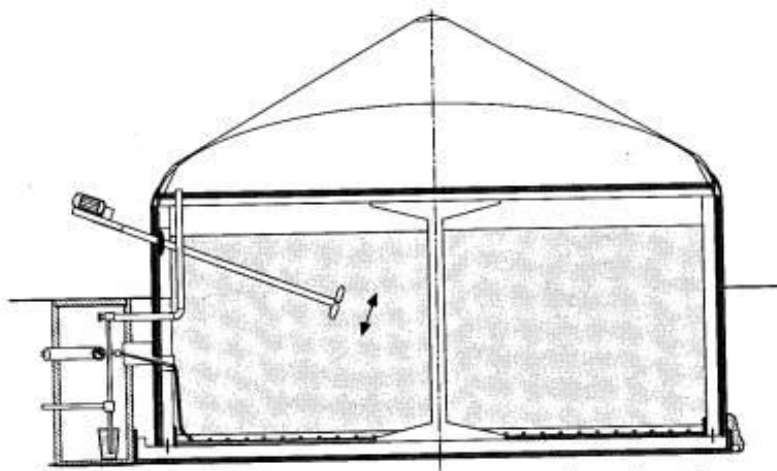
Vertikální typ reaktoru má ocelovou nebo betonovou konstrukci. Tento systém vychází ze zásobních nádrží na obilí a kejdu.

Nádrže tohoto typu mají svoje specifické zabezpečovací prvky. Podstatným kritériem je zaručit tepelnou izolaci a plynůstnost. Proto by kvalitní betonová konstrukce nádrže a střechy měla být doplněna o plynůstnou folii, abychom splnili podmínky. Nádrže by ještě měly poskytovat dobrou tepelnou funkci, tudíž musíme obstarat kvalitní tepelnou izolaci. Používají se izolační materiály jako je skelná vata, rohože z minerálního vlákna, pěnové hmoty, desky z expandovaného materiálu a polystyrén.

Výroba těchto nádrží se provádí sériově. Velikost nádrží se pohybuje okolo 250 – 600 m<sup>3</sup>. V některých případech jsou i nádrže, které mají objem až 1200 m<sup>3</sup>. Průměr fermentoru je udáván kolem 8 – 18 metry a hluboký 3 – 6 metrů. U těchto typů nádrží se může aplikovat víceúčelový systém. Podle ročního období se zachází s různým množstvím dávkování nádrže. V létě a na podzim je potřeba zabezpečit optimální dobu zdržení 20 -30 dnů, takže jsou naplněny pouze do určité úrovně.

Tímto systémem lze vytvářet zásobu kejdy na jaro a zimu, kdy se nehnojí na poli kejda. Když se celý reaktor zaplní, doba uložení materiálu snese více jak 60 dní. Proto nám tyto postupy zajistí dost bioplynu a efektivní chod fermentoru i v zimním čase.

Obrázek 5: Vertikální reaktor



Zdroj: Biom.cz

Od horizontálního reaktoru je výhodou lepší poměr mezi povrchem a objemem reaktoru. A jsou zde i menší tepelné ztráty. Naopak nevýhoda je, že promíchávání není tak dokonalé jako u horizontálního. Umístění reaktoru se může nacházet pod povrchem půdy nebo nad povrchem půdy, závidí to na hladině spodní vody. V reaktorech se nacházejí významná zařízení, čerpadla, míchadla, topení a další.

(Kajan, 2005)

### 2.4.5 Míchání a teplota v reaktorech

Míchání a teplota v reaktorech je důležitá část anaerobního procesu a ovlivňuje její funkci. Opět je více konstrukčních řešení a můžeme narazit na více způsobů míchání a vytápění fermentoru.

#### Míchání:

- U mechanického typu míchání můžeme mít různé typy míchadel (vrtulová, pádlová, lopatková). Recirkulace kalu je další typ míchání. Tato technologie pracuje na principu kalového čerpadla, které se nachází vně reaktoru nebo na dně nádrže. Čerpadlo odčerpá kal z dolní části nádrže a tlakem je navrácen

zpátky do nádrže. Tento chod zajistí ideální podmínky pro promíchání a nevytvoří tím předpoklad pro srážení kalu.

- U pneumatického typu míchání pracuje na principu proudění plynu pod určitým tlakem. Vyroběný bioplyn je pod tlakem dopraven z bioplynové stanice do různých míst nádrže, aby došlo k rovnoměrnému promíchání. Jsou dva způsoby míchání. První způsob pracuje na vtlačení stlačeného bioplynu do reaktoru jednou či více trubkami. Druhý způsob pracuje na způsobu stlačeného plynu, který je tlačěn do difuzorů, které se nachází na dně nebo po obvodu nádrže.

(Pastorek & Wolff, 1992)

### **Ohřev:**

Důležitou podmínkou pro výrobu bioplynu je vybudovat stálou teplotu ve fermentoru, tak aby suroviny mohly neustále fungovat. Neboť klimatické podmínky v naší zemi nedosahují takových teplot jako na jiných kontinentech, musíme bioplynové fermentory pořád vyhřívat, tak abychom měli požadovanou teplotu substrátu v reaktoru a docházelo k ideální digesci. Ve fermentoru jsou umístěny speciální topidla nebo tepelné výměníky, kterými zajišťujeme ohřev.

#### **1) Podlahové vytápění**

Systém podlahového vytápění můžeme popsat jako výhřevnou plochu, která je umístěná ve fermentoru nebo na něm. Principem tohoto systému je přečerpávání horké vody. Většinou se u fermentorů konstruuje plastové výhřevné trubky do podlahy. Proto musí být pod základovou deskou uspokojivá tepelná izolace, aby nedocházelo k tepelným ztrátám. V tomto systému musíme dávat pozor, aby se substrát neusazoval na dně reaktoru, protože by nedocházelo k dokonalému ohřevu. U lepších míchadel by se to nemělo stávat a neměli by vznikat žádné usazeniny.

#### **2) Vytápění na hřídeli míchadla**

Tento typ vytápění je nejrozšířenější u horizontálních fermentorů s lopatkovým míchadlem. Na boku odkud přitéká kejda do fermentoru, bývá vytvořena smyčka z ocelové trubky, kterou prochází horká voda. Otáčením míchadla na hřídeli vznikají hodnotné tepelné ohřevy. Předností tohoto vytápění je, že nemusí aplikovat mnoho výměníků. Problém přijde v okamžiku, když míchadlo bude mimo provoz.

### 3) Tepelný výměník

Hlavní funkcí tohoto typu systému je rozvod tepla pro vytápění daných objektů a ohřátí teplé vody. Bývají umístěny mimo fermentor. Kvůli větší efektivnosti se více využívají protiproudé výměníky než výměníky souproudé. V bioplynových stanicích jsou nejpoužívanější spirálové a výměníky s dvojitými trubkami. U protiproudého výměníku tepla s dvojitými trubkami je kejda transportována hlavní trubkou. Ve vnější trubce je přepravována horká nebo studená voda. Spirálové výměníky mají obsáhlejší využití. Nepotřebují tak velký prostor a umožňují větší výkon. Konstrukce výměníku je jednoduchá na údržbu, dosahuje velké životnosti a umožňuje i snadné rozšíření.

### 4) Stěnové vytápění

Vytápění u nádrží s vertikálním systémem je sestaveno po obvodu stěny a trubky se dělají z plastového materiálu. Jestliže narazíme na betonový fermentor, mohou být trubky řešeny, jako podlahového topení, to znamená zality do betonu. Stěny by měly být vhodně zaizolovány tepelnou izolací, aby nedocházelo k tepelným ztrátám. Další možností je, že trubky nebudou zality v betonu, ale od stěny budou odsazeny. Tady je důležité, aby substrát stále proudil kolem trubek a tím docházelo k ideálnímu prohřívání.

(Schulz & Eder, 2004)

## 2.4.6 Plynojemy

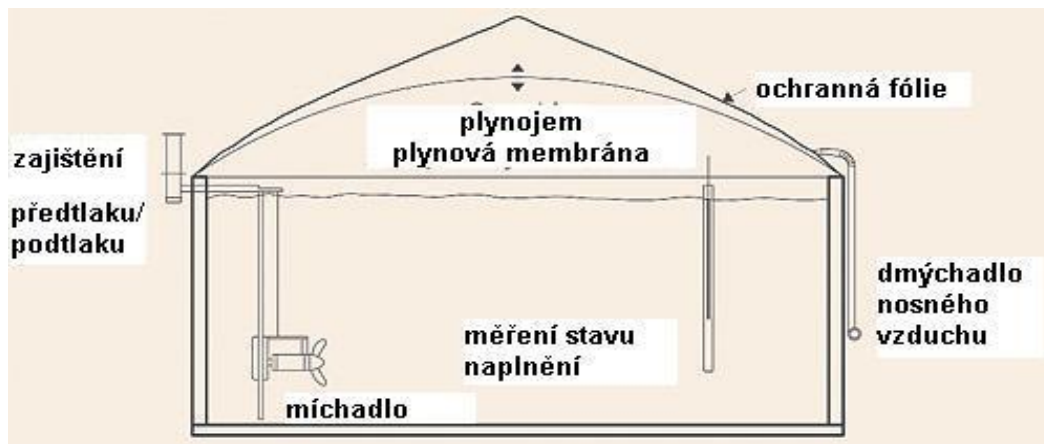
Plynojemy jsou zařízení, které se řadí k velmi důležitým článkům bioplynové stanice. Toto technické zařízení by mělo být schopno ukládat vzniklý bioplyn a vyrovnat odchylky bioplynu ve výrobním procesu.

Na začátku vývoje bioplynových stanic se nejvíce používaly mokré plynojemy. Tento typ plynojemu se stavěl jako samostatný objekt nebo se instaloval na vrchol fermentoru. Největší nevýhodou tohoto typu plynojemu je, že je hodně korozivní v zimním období. U tohoto typu plynojemu se odebírá plyn v místě pod plovoucím zvonem. Na hmotnosti zvonu závisí tlak plynu.

Na principu uzavřeného plynového prostoru pomocí membrán se naopak staví suché plynojemy. V dnešní době jsou nejrozšířenější plynojemy s dvěma membránami.

(Brandejsová & Příbyla 2009)

Obrázek 6: Schéma membránového plynojemu



Zdroj: dyjanka.cz

### 2.4.7 Zařízení pro zneškodnění zbytkového plynu

Přebytek bioplynu, který se vyrobí v bioplynové stanici, se likviduje spalováním nebo havarijním vypouštěcím zařízením. Pokud nejde ekonomicky využít tento přebytečný bioplyn, na spalování se využívá hořák zbytkového bioplynu. Kvůli emisním normám musíme koukat i na právní předpisy při spalování bioplynu. Podle nařízení musí být hořák dokonale zabezpečen a umístěn minimálně 15 -20 metrů od nadzemních objektů.

(Brandejsová & Příbyla 2009)

### 2.4.8 Spotřebiče bioplynu

#### Hořáky a kotle:

V kotelnách díky procesu spalování plynu produkujeme teplo. Teplo dále využíváme na vyhřívání provozních staveb okolo bioplynové stanice, ohříváme užitkovou vodu nebo předehříváme substrát.

(Schulz & Eder, 2004)



### **Kogenerační jednotka:**

Bioplyn v bioplynových stanicích se využívá na výrobu elektrické energie a tepla. Vyrobena elektrická energie putuje do centrální elektrické sítě, odkud se rozvádí dál. Naopak vyprodukované odpadní teplo vytápí samostatně provozní stavby. Kogeneraci tedy můžeme považovat jako společnou výrobu elektrické energie a tepla. Kogenerační jednotku nazýváme technologickým zařízením, které spaluje bioplyn. Můžeme tvrdit, že z technického hlediska se jedná o spalovací motor, kde najdeme mechanizační turbínu společně s elektrickým generátorem. Benzinové motory se speciální úpravou pro spalování bioplynu se nejčastěji používají u těchto kogeneračních jednotek. Další možností je použít dieselové motory se vstřikem nebo dieselové motory se zážehovým provozem.

(Straka, František & Dohányos, 2006)

### **2.4.9 Fermentační zbytek**

Stanoveným způsobem oddělujeme zbytky fermentačních produktů z bioplynové stanice. Podle určité metody separujeme digestát na separát a fugát. Separát je tuhé vyhnílé zbytky a v případě, že splňuje dané normy, můžeme jej využít jako hnojivo. Po oddělovacím procesu tuhých zbytků, dostaneme tekutý fugát. Fugát lze využít v provozu bioplynové stanice jako hnojivo nebo se také přepravuje do čističky odpadních vod. Je to silně zakalená odpadní voda, která obsahuje produkty anaerobního procesu.

Podle předpisů se musí dodržovat omezení aplikace digestátu na půdu. To je také důvod, proč musí být digestát skladován v zemních jímkách nebo v nepropustných nádržích. Musí být zajištěna nepropustnost a zabezpečení těchto nádrží.

(Altmann, Vaculík & Mimra, 2010)

### **3. Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je zjistit vliv vstupní suroviny na výkonnost bioplynové stanice. V praktické části popsat na jakém principu funguje a jaká technologická zařízení jsou její součástí. Poté zjistit a shrnout základní informace o všech surovinách, které se používají a nakonec vypočítat a sumarizovat ekonomické zhodnocení.

## **4. Praktická část**

### **4.1 Metodika**

V literární rešerši této práce jsou uvedeny základní informace ohledně dané problematiky, je zde shrnuta historie a základní charakteristika biomasy, její využití k energetickým účelům. V práci je také popsána historie výroby a využití bioplynu v České republice a další využití bioplynu v energetickém sektoru. Důkladně byly posouzeny nejlepší podmínky pro tvorbu finálního bioplynu, je objasněn pojem anaerobní digesce a odlišnost mezi suchým a mokřým procesem. Poté jsou charakterizovány druhy bioplynových stanic a situace bioplynových stanic v České republice. Podrobně jsou zde popsány technologické části bioplynové stanice od homogenizační jímky, reaktoru, plynojemu, plynovodu až po zařízení zbytkového plynu. Poslední kapitola teoretické části se týká fermentačního zbytku.

V praktické části práce byly nejdříve zjištěny obecné informace ohledně technologické části vybrané bioplynové stanice, poté byly hodnoceny používané suroviny podle obsahu bioplynu z jedné tuny materiálu. Podle množství obsahu metanu byla následně vypočítána celková výtěžnost bioplynu. Ze známé nákupní ceny surovin byl také zjištěn celkový zisk u jednotlivých surovin a porovnán graficky.

### **4.2 Sledovaný objekt**

#### **4.2.1. Kompostárna Jarošovice**

Obec Jarošovice se nachází v okrese České Budějovice. Leží 5 km od Týna nad Vltavou.

Kompostárna Jarošovice vznikla na základě dohody mezi místními zemědělci, odpadářskými svozovými firmami a obcemi mikroregionu Vltavotýnsko. Hlavním cílem tohoto nápadu bylo východisko nakládání s bioodpady v mikroregionu Vltavotýnsko a efektivní využití bývalého zemědělského objektu v obci Jarošovice. Občanské sdružení PRO-ODPAD je hlavním iniciátorem projektu kompostárna Jarošovice.

Provozovna se zabývá materiálovým zpracováním odpadů organického původu. Hlavní koncentrace se ubírá na pokrytí potřeb mikroregionu Vltavotýnsko. Primárním cílem je výroba kvalitního kompostu, který mohou použít místní zemědělci jako organické hnojivo. Zároveň jsou nabízeny i doplňkové služby a poradenství v oblasti odpadového hospodářství s orientací na biomasu.

Kompostárna upravuje suroviny a odpady anaerobní řízenou digescí. Kompostování se provádí v pásových hromadách a kvalita procesu je kontrolována měřením teplot a

následně chemickou analýzou obsahu těžkých kovů, poměru C:N, fyzikálních parametrů a řeřichovým testem. Zpracování a výroba postupuje podle normy ČSN 465735 „Průmyslové komposty“.

Kompostárna Jarošovice se v roce 2009 stala jediným provozem v Jihočeském kraji na zpracování vedlejších živočišných produktů II. a III. kategorie se specializací na kuchyňské zbytky.

Kapacita kompostárny byla až do 7. 11. 2014 okolo 10 000 tun za rok, poté se kapacita navýšila přibližně na 20 000 tun za rok. Podařilo se tak díky nové kompostovací ploše. Za jeden rok se aktuálně spotřebuje cca 7 000 tun. Zachází se především s trávou, klestím, větvemi, listím, hlínou, kaly z čističek odpadních vod, shrabky, bahnem a také vedlejšími živočišnými produkty.

#### **4.2.2. BPS Jarošovice**

Bioplynová stanice v Jarošovicích vznikla v roce 2014. Celou realizaci a stavbu provedla firma Johann Hochreiter s.r.o. Celkové náklady na výstavbu byly přes 60 milionu korun. Bioplynová stanice byla postavena s nízkou dotací a to pouze 8,9 milionu korun. Návrhovatelnost počátečních investic je odhadována na 13 let.

Celá stanice funguje na bázi mokré fermentace. Dvouступňový fermentor neboli kruh v kruhu tvoří technologii stanice, kde se koná termofilní proces fermentace s teplotou cca 45 °C. Na bioplyn stanice denně přetvoří okolo 42 tun materiálu. Materiál tvoří směs zemědělských produktů z vlastní zemědělské činnosti a organických odpadů. Je to přibližně 15 tun kukuřičné siláže, 13 tun hovězí kejdy, 8 tun senáže, 5 tun přepracovaného bioodpadu a 3 tuny chlévského hnoje.

Výtěžnost bioplynu se pohybuje přibližně okolo 6 500 m<sup>3</sup> za den, přičemž obsah metanu představuje 64 %. Výsledný bioplyn je přeměňován v elektrickou energii v kogenerační jednotce s výkonem 550 kW. Měsíčně vyrobí přes 400 MW hodin, která je následně prodána do veřejné sítě. Spotřeba energie provozu se pohybuje přibližně okolo 30 MW hodin za měsíc.

### **4.3. BPS – technologie**

#### **4.3.1. Dávkovací zařízení**

Dávkovací zařízení je zařízení, které promíchává suroviny a poté je dopravním šnekem dopravuje přímo do fermentoru. Toto zařízení se skládá z dávkovacího kontejneru Fliegl PolyPro a míchacího zařízení Rondomat. Dávkovací kontejner ještě obsahuje vyhrnovací čelo a posuvnou podlahu. Motor míchacího zařízení má výkon

7,5 kW. Stěny a podlaha jsou vyrobeny z nerez. Zařízení je automatické, je ovládáno přes dotykový displej a je vybaveno vyhodnocovací diagnostikou pro výpočet celkové váhy. Podle dávkovaných vstupních surovin je zařízení dimenzováno obsluhou.

**Obrázek 7: Dávkovací zařízení**



Zdroj: vlastní foto

### **4.3.2. Fermentor**

Fermentor je nejdůležitější část zařízení bioplynové stanice. Systém fermentoru je kruh v kruhu, což znamená, že jde o dvě spojené nádoby. Vnější kruh nebo také hlavní fermentor a vnitřní fermentor neboli dofermentor. Koncový sklad pro digestát je otevřená železobetonová jímka. Otevřený koncový sklad dokáže obsáhnout až šesti měsíční zásobu digestátu.

Hlavní fermentor má tvar prstencové železobetonové nádrže, která je zastřešená. Zde probíhá fermentace prvního stupně. Fermentační nádrž zahrnuje zařízení, pomocí kterých dochází k promíchávání a zahřívání substrátu. Teplotním ideálem uvnitř nádrže je rozmezí 35-41 °C. Vyhřívání nádrže vytváří pro mikroorganismy vhodné podmínky pro uvolňování organických látek. V nádrži jsou 3 míchadla, která zajišťují, že bude substrát důkladně promíchán a současně ukládán při procesu dávkování po obvodu nádrže. Hlavní fermentor obsahuje také sedimentační kanál, ve kterém se zachycují pevné látky a usazeniny, je vhodné jej pravidelně čistit. Fermentační proces trvá okolo 80 dní. Pevný substrát se posílá přibližně každou hodinu v množství zhruba 1 tuny a tekutý substrát každé 2,5 hodiny. V hlavním fermentoru vzniká 90 % bioplynu.

Dofermentor tvoří vnitřní prsteneček fermentační nádrže a jeho úloha je dokvašení. Jedná se o fermentaci druhého stupně. Substrát se do dofermentoru dopravuje

prostřednictvím samovolného přepadu z vnější nádrže. I tady jsou vhodné podmínky pro mikroorganismy a je potřeba, aby byl substrát stále promícháván s přispěním dvou míchadel. Přes neizolovanou prstencovou stěnu hlavního fermentoru je zajištěno zahřívání, protože do fermentoru neobsahuje vlastní zdroj tepla. Ve vnitřní nádrži jsou z hlediska tepla stejné podmínky jako ve vnější nádrži. Vzniká zde už jen 10 % bioplynu.

**Obrázek 8: Fermentor**



Zdroj: vlastní foto

### **4.3.3. Míchadla**

Horizontální pádlové míchadlo v hlavním fermentoru je pomalu rotující. Otáčky jsou řízené a plynule nastavitelné pomocí měniče frekvence. Protože má míchadlo velký průměr a nízkou rychlost otáčení má i nízkou spotřebu elektrické energie. Průměr míchadla je 4,2 metrů, délka pádla je 2 metry a je poháněná motorem o výkonu 18,5 kW s planetovou převodovkou vně nádrže.

Pomocné boční vrtulové míchadlo je nainstalováno z boku železobetonové nádrže. Pomocí speciálně tvarovaným lopatek do tvaru vrtule o průměru 60 cm a výkonného motoru o síle 20 kW, dokáží lopatky zabránit vzniku plovoucí vrstvy. Přičemž hnací agregát se nachází mimo fermentor.

### **4.3.4. Kogenerační jednotka**

Kogenerační jednotka je označena od výrobce MWM – Deutch a je umístěná ve zděné budově, kde se nachází i operátor, který celý proces řídí. Do kogenerační

jednotky se přepadem dopravuje vytvořený bioplyn z dofermentoru. Tato jednotka má výkon 550 kW a za jeden měsíc dokáže vyrobit přes 400 MW hodin elektrické energie.

#### **4.3.5. Centrální čerpadlo a rozdělovač**

Centrální čerpadlo slouží k dopravě materiálu mezi všemi komponenty bioplynové stanice. Materiál mezi jednotlivými nádržemi je přepravován pomocí prostupů a přepadů samovolně. Funkce čerpadla je tedy hlavně k dávkování vstupních surovin a vyčerpání digestátu z koncového otevřeného skladu do výdejního místa. Mechanická a pneumatická šoupata uzavírají všechny potrubí. Tuto část pohání motor s výkonem 18,5 kW.

### **4.4. Vstupní suroviny**

Bioplynová stanice využívá 7 surovin, které zpracovává. Jedná se o organický odpad a zemědělské produkty z vlastních zemědělských zdrojů. Jde konkrétně o kejdu, hnůj, siláž, senáž, drůbeží trus, přepracovaný bioodpad a suroviny z výroby. Před začátkem procesu je zapotřebí zjistit či změřit tyto parametry: denní množství materiálu, obsah celkové sušiny (%), obsah organické sušiny (%), teplota °C a konzistence suroviny.

#### **4.4.1. Kejda**

Kejda je jedna z nejčastějších odpadů, která se využívá na výrobu bioplynu. Jedná se o tekuté statkové hnojivo, částečně zkvašenou směs tuhých a tekutých výkalů hovězího dobytka, který je ustájen jen na nízké podestýlce. Kvalita kejdy závisí na plemeni, na krmení zvířat, na stáří, na užitkovém zaměření, na způsobu odklizení a na dalších podmínkách. Kvalita kejdy se hodnotí podle obsahu vody. Hustší kejda je v bioplynové stanici hodnotnější než řídká s vysokým obsahem vody.

Skot vyprodukuje 50 kilogramů kejdy za jeden den. Ročně to činí okolo 20 tun kejdy. Obsah organických látek v sušině se pohybuje okolo 25 – 40 % a obsah metanu v bioplynu je kolem 60 %.

**Tabulka 2: Průměrný obsah živin v kejdě v % čerstvé hmoty.**

|              | Sušina | Organické látky | N   | P   | K   | Ca  | Mg   |
|--------------|--------|-----------------|-----|-----|-----|-----|------|
| Hovězí kejda | 7,5    | 5,5             | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,04 |

#### 4.4.2. Chlévský hnůj

Hnůj neboli chlévský hnůj je tuhé statkové hnojivo. Vzniká fermentací směsi tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat a podestýlky, kterou mohou tvořit piliny a sláma. Chlévská mrva je první fází hnoje, protože ještě neprošla procesem zrání, tedy mineralizací a humifikací. Druhá fáze je chlévský hnůj.

Vlastnosti chlévského hnoje opět závisí na několika podmínkách. Obsah organických látek záleží na původu, ročním období, technologii chovu, krmivu, podestýlce, jak byla mrva uskladněna a další. Nesmí se stát, že ze slamnatého hnoje zůstane jen rozkládající sláma, která v sobě nemá žádné živiny. Slamnatý hnůj totiž obsahuje větší procento organických látek v sušině. Společně s kejdou je to okolo 70 – 85 %. Chlévský hnůj obsahuje přibližně 60 % metanu v bioplynu.

**Tabulka 3: Průměrné složení chlévského hnoje v %**

|      | Sušina | Organické látky | N    | P   | K   | Ca   | Mg   |
|------|--------|-----------------|------|-----|-----|------|------|
| Skot | 24     | 17              | 0,48 | 0,1 | 0,5 | 0,37 | 0,08 |

#### 4.4.3. Siláž

Siláž je píce nebo jiné zemědělská plodina, které vzniká fermentováním čerstvé nebo zavadlé plodiny. Používá se jako krmivo pro domácí dobytek. Silážovací plodiny se rozdělují na tři skupiny podle obsahu vody a hodnoty pH. Lehce, středně a těžce silážovatelné. Používají se plodiny pěstované pro siláž, rostlinné zbytky nebo například odpady při výrobě piva.

Po seči a nařezané píci se ukládá do vzduchotěsného prostoru a je udusána. Princip siláže je na způsob konzervace krmiva, akorát silážování dokáže udržet krmivo ve šťavnatém stavu. Působením mléčného kvašení cukrů obsažených v silážované



surovině probíhá konzervace bez přístupu vzduchu. Při tomto procesu je v surovině zachován obsah vitamínů i živin. To znamená, že kvalita siláže je rovna kvalitě použitého materiálu. Cílem siláže je vytvořit dostačující hojnost kyseliny mléčné, která nám vytváří konzervaci a také zabrání vzniku hnilobných procesů. Bílkoviny se štěpí na cukry, fruktózu, glukózu a jednodušší látky. Pokud se nedodrží stanovené způsoby siláže nebo se použijí nevhodné suroviny, tak dojde k znehodnocení suroviny.

#### **4.4.4. Senáž**

Prvotní pojmenování pro všechna fermentovaná krmiva je siláž. Senáž se používá jako název pro siláž s vysokým obsahem sušiny. Jestliže obsah sušiny překročí hranici 50 %, nazýváme jej senáž. Dochází zde k poklesu kyseliny mléčné, protože senáž obsahuje méně vody nežli siláž. Bakterie, které tvoří kyselinu mléčnou, potřebují ke svojí produkci cukry. Senáž je tedy typ konzervace, která je vybudována více na prostředí s drobným výskytem kyslíku, než na tvorbě kyseliny mléčné.

Produkce bioplynu siláže kukuřice se pohybuje okolo 185 m<sup>3</sup> na tunu a senáže trvale travnatých porostů je to kolem 220 m<sup>3</sup> na tunu.

#### **4.4.5. Drůbeží trus**

Z biologického hlediska je zvláštností drůbežního trusu vyšší obsah organických látek obsahujících síru. Obtížnější dávkování a určitý možný vysoký obsah nerozpustných anorganických látek je z technologického hlediska problematický. Nerozpustné anorganické látky vytváří na dně fermentoru usazeniny. Proto je dno nádrže nutné často čistit nebo mít zavedeno speciální odpískovací zařízení. Pokud se ve větší míře používá jako biomasa, tak při projektování musí být zohledněny vlastnosti této suroviny. Proto má drůbeží trus speciální nároky na dávkování, skladování a fermentaci.

Drůbeží trus průměrně obsahuje 24 % vápna, 16,5 % dusíku, 15,5 % kyseliny fosforečné a 8,5 % draslíku. Obsah organických látek v sušině se pohybuje kolem 20 – 40 % a obsah metanu v bioplynu je kolem 60 %.

#### **4.4.6. Přepřacovaný bioodpad**

Přepřacovaný bioodpad je produkován biologicky rozložitelnou hmotou, kterou vytvářejí restaurace, jídelny, výroby potravin a jiné provozovny zabývající se potravinářským průmyslem. Z těchto provozoven většinou vznikají nedojedené zbytky, zbytky z výroby či úpravy potravin. Mohou se sem zařadit i prošlé potraviny a potraviny nevyhovující kvality z obchodní sítě.

Přivezený materiál se shromažďuje do shromažďovací nádrže. Po naplnění nádrže je bioodpad dopraven na kontrolní pás pomocí šnekových podavačů. Na tomto pracovišti dochází k odstranění nežádoucího materiálu manuální kontrolou (např. přístroje, obalový materiál, kosti). Zkontrolovaný bioodpad je potrubím přesouván ke kladívkovému šrotovníku s výkonem 10 kW. Dokáže materiál nadrtit na částice menší než 12 mm. Poté co se materiál rozmělní je vháněn do hygienizačních boxů, kde nastává ohřev přepracovaného bioodpadu na minimální teplotu 70 °C na dobu 1 hodiny. Po této úpravě je materiál certifikovaný jako substrát vhodný pro vstup do bioplynové stanice. K procesu hygienizace se používá odpadního tepla vedlejší bioplynové stanice. Za pomoci dálkově ovládaného čerpadla je poté materiál přečerpán do fermentoru v přesných dávkách.

Maximální možná kapacita Kompostárny Jarošovice je 10 tun denně, ale množství přepracovaného bioodpadu se pohybuje okolo 4 až 5 tun za den.

**Tabulka 4: Obsah sušiny ve vybraných přepracovaných bioodpadech**

| Přepracovaný bioodpad | Masokostní moučka | Kuchyňské odpady | Domovní bioodpad | Bramborové slupky | Pivovarské mláto |
|-----------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Sušina %              | 10-30             | 10-18            | 40-75            | 12-14             | 20-25            |

#### 4.4.7. Suroviny z výroby

Za suroviny z výroby jsou považovány odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku. To této kategorie se řadí i odpady z konzervářského a tabákového průmyslu a z výroby droždí.

Jedná se o kaly z čištění a praní, suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování, kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku, odpady z výroby cukru, odpady z destilace lihovin, odpady z mlékářského průmyslu, suroviny z pekáren, z výroby cukrovinek a z výroby cukru.

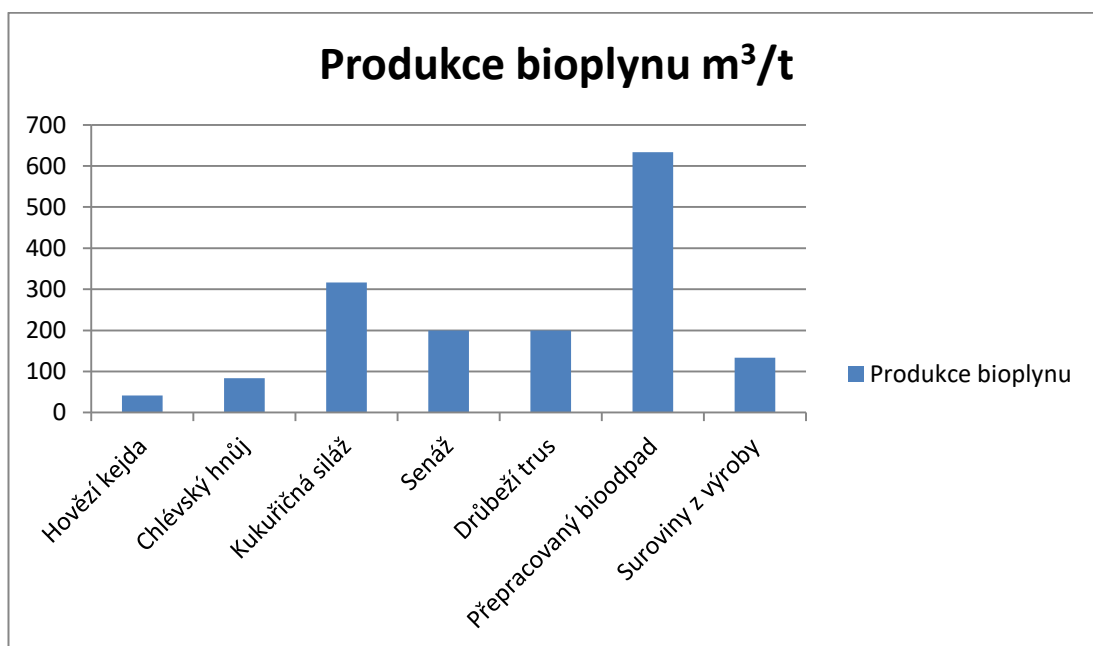
### 4.5. Výtěžnost bioplynu

Celý proces tvorby bioplynu je velmi složitý a je závislý na mnoha faktorech. Kolik metanu ze zpracovávaného materiálu získáme, bude ovlivněno těmito třemi faktory:

- chemické složení a chemické struktura daného materiálu
- biologická rozložitelnost zpracovávaného materiálu

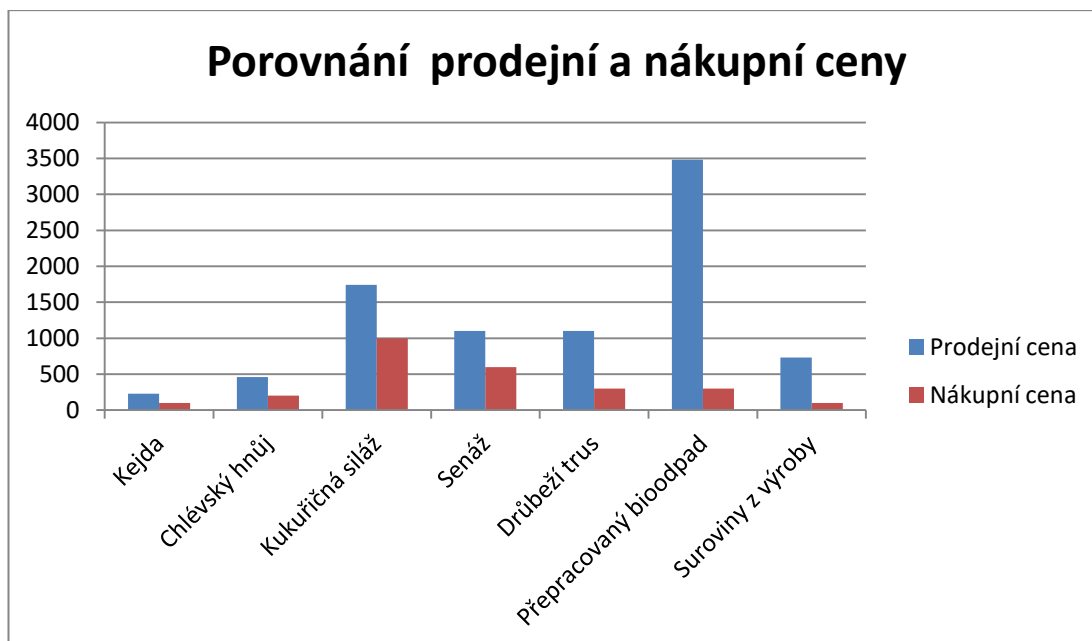
- technologické podmínky procesu jako jsou teplota, pH, zatížení, doba zdržení, míchání, přítomnost toxických nebo inhibujících látek, uspořádání fermentace a dalších.

Produkce bioplynu z jednotlivých druhů substrátů se značně liší. Pro výtěžnost bioplynu je důležitý obsah metanu, který se pohybuje kolem 60 % a obsah dalších složek je zbylých 40 %. Známe-li množství metanu na jedné tuně materiálu, pak lze snadno trojčlenkou vypočítat, kolik m<sup>3</sup> bioplynu bude vyrobeno z jedné tuny materiálu (viz graf 1).



Graf 1 - Produkce bioplynu pro jednotlivé suroviny sledované BPS

Výsledný produkt, tedy bioplyn má výkupní cenu 5,50 Kč. Od roku 2013 je imitovaná cena, což znamená, že se nemůže změnit během několika let. Z předešlých výpočtů a z výkupní ceny lze vypočítat prodejní cenu produktu.



Graf 2 - Produkce bioplynu pro jednotlivé suroviny sledované BPS

V grafu 2 je porovnána nákupní cena a prodejní cena u jednotlivých surovin, můžeme tak porovnat zisk z jedné tuny materiálu (viz tab. 5). Nejlépe vychází přepřacovaný bioodpad neboli zbytky potravin a naopak nejméně výnosněji vychází hovězí kejda ze zemědělského podniku.

**Tabulka 5: Zisku jednotlivých surovin**

|                       | Zisk (Kč) |
|-----------------------|-----------|
| Kejda                 | 129,13    |
| Chlévský hnůj         | 258,32    |
| Kukuřičná siláž       | 741,63    |
| Senáž                 | 500       |
| Drůbeží trus          | 800       |
| Přepřacovaný bioodpad | 3183,32   |
| Suroviny z výroby     | 633,32    |

## 5. Závěr

Výstavba bioplynových stanic může do zemědělských družstev přinést velkou finanční jistotu, samozřejmě jsou situace, kdy v určitém zemědělském podniku nesplní bioplynová stanice takové očekávání. To už ale není problém týkající se technologie bioplynové stanice, ale spíše problém v managementu a řízení v rámci celého zemědělského podniku.

Celý podnik Kompostárny Jarošovice dokáže využít zbylé produkty zemědělské výroby anebo zbytky z potravinářského průmyslu. Ať už se jedná o bioplynovou stanici nebo kompost samotný. Odpadního materiálu je víc než dost, a proto si myslím, že je zbytečné pěstovat plodiny určené výhradně k výrobě bioplynu.

Výsledkem této práce je vyhodnocení množství bioplynu z použitých vstupních surovin. Nejlépe vyhodnocený je přepracovaný bioodpad, který má nízkou nákupní cenu a nejvyšší výtěžnost bioplynu. Naopak nejhůře poměrem nákup/prodej je na tom hovězí kejda. Z ekonomického hlediska lze tvrdit, že přepracovaný bioodpad je velice výhodný.

## Seznam použitých zdrojů

### Literatura:

Brandejsová, E., & Příbyla, Z. (2009). Bioplynové stanice: (zásady zřizování a provozu plynového hospodářství). Praha: GAS.

Deublein, D., (2010). Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction.

Hons, P. (1989). Výroba a možnosti efektivního využití bioplynu v ČSSR. Praha: Česká pojišťovna.

Koudřa, J.a kol. (2008). Bioplynové stanice s mokrým procesem. Praha: ČKAIT.

Murtinger, K., & Beranovský, J. (2011). Energie z biomasy. Praha: Computer Press.

Nováček, P. (2011). Udržitelný rozvoj (2. vyd.). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Pastorek, Z., Kára, J., & Jevič, P. (2004). Biomasa: obnovitelný zdroje energie. Praha: FCC PUBLIC.

Pastorek, Z., & Wolff, J. (1992). Výroba a využití bioplynu v zemědělství. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací.

Schulz, H., & Eder, B. (2004). Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady. Ostrava: HEL.

Straka, F., & Dohányos, M. (2006). Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů] (2., rozš. a dopl. vyd.). Praha [i.e. Říčany u Prahy]: GAS

Veinert, M. (2006). Zemědělství 2005. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR.

### Elektronické zdroje:

Biom: Výroba a využití bioplynu v zemědělství [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-a-vyuziti-bioplynu-v-zemedelstvi>

Biom: Kompostárna Jarošovice [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/jarosovice-kombinace-kompostarny-a-bioplynovestanice>

Biom: Horizontální reaktor [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <http://biom.cz/cz/obrazek/horizontalni-reaktor/>

Biom: Vertikální reaktor pojištění [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <http://biom.cz/cz/obrazek/vertikalni-reaktor/>

Bioplynové stanice: technologie bps [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/>

Czba. Česká bioplynová asociace [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/EnEfBPS-komplet.pdf>

Czba. Mapa bioplynových stanic [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/>

Johann Hochreiter: Projekt bioplynová stanice Jarošovice [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <http://www.johann-hochreiter.cz/cs/projekty-detail/50-bioplynova-stanice-jarosovice/1/>

Kompostárna: Kompostárna [online]. [cit. 2018-03-11]. Available from: <http://www.kompostarna.com/kompostarna/>

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1: Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace .....                 | 14 |
| Obrázek 2: Anaerobní digesce (mokrá proces), fáze tvorby bioplynu ..... | 15 |
| Obrázek 3: Schéma bioplynové stanice .....                              | 16 |
| Obrázek 4: Schéma horizontálního reaktoru .....                         | 20 |
| Obrázek 5: Vertikální reaktor .....                                     | 21 |
| Obrázek 6: Schéma membránového plynojemu .....                          | 24 |
| Obrázek 7: Dávkovací zařízení .....                                     | 29 |
| Obrázek 8: Fermentor .....  | 30 |
| Obrázek 11: Přepřacovaný bioodpad .....                                 | 34 |

## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1: Složení bioplynu .....                                     | 12 |
| Tabulka 2: Průměrný obsah živin v kejdě v % čerstvé hmoty .....       | 32 |
| Tabulka 3: Průměrné složení chlévského hnoje v % .....                | 32 |
| Tabulka 4: Obsah sušiny ve vybraných přepřacovaných bioodpadech ..... | 34 |
| Tabulka 5: Poměr nákup/prodej u jednotlivých surovin .....            | 36 |