

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

TOMÁŠ ROZMAHEL



Zhodnocení provozu bioplynové stanice ve Velké Bíteši
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Bc. Petr Junga, Ph. D.

Vypracoval:
Tomáš Rozmahel



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Tomáš Rozmahel**
Studijní program: Technologie odpadů
Obor: Odpadové hospodářství
Název tématu: **Zhodnocení provozu bioplynové stanice ve Velké Bíteši**
Rozsah práce: 30 až 40 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte literární přehled v oblasti technologií bioplynových transformací a orientaci na technologii využívanou na Vámi hodnoceném zařízení.
2. Zvolte cíle práce a navrhněte metodiku řešení. Shromážděte dostupné informace o Vámi řešeném zařízení.
3. Proveďte specifikaci Vámi vybraného zařízení bioplynové stanice (z hlediska umístění, technického řešení a vybavení, výkonnosti zařízení atd.).
4. Proveďte hodnocení Vámi vybraného zařízení. Zaměřte se především na investiční náklady, provozní charakteristiky, technickou koncepci zařízení, praktické zkušenosti z provozování zařízení, kvantitu a skladbu zpracovávaných bioodpadů, vlastnosti, množství a produkováného bioplynu a tepla.
5. Na základě zjištěných skutečností vyvoďte závěry.

Seznam odborné literatury:

1. FIIP, J. a kol. *Odpadové hospodářství*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. 116 s. ISBN 80-7157-608-5.
2. GRODA, B. *Technika zpracování odpadů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. 213 s. ISBN 80-7157-154-4.
3. GRODA, B. a kol. *Technika zpracování odpadů M. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1997. 168 s. ISBN 80-7157-264-0.*
4. STRAKA, F. – DOHÁNYŮS, M. *Bioplyn : příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů*. Praha: GAS, 2006. 706 s. ISBN 80-7328-090-6.
5. SCHULZ, H. – EDER, B. *Bioplyn o praxi*. Olzeava: HEL, 2004. 167 s. ISBN 80-86167-21-6.
6. PASTOREK, Z. – KÁRA, J. – JEVÍČ, P. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. 1. vyd. Praha: FCC Public, 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.
7. Příslušné legislativní předpisy.

Datum zadání bakalářské práce:

říjen 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

duben 2016

Tomáš Rozmahal
Autor práce



Ing. Bc. Petr Junga, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Mareš, DrSc., dr. h. c.
Vedoucí ústavu

doc. Ing. Pavel Rysáň, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci Zhodnocení provozu bioplynové stanice ve Velké Bítešivpracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

..

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Bc. Petrovi Jungovi, Ph. D. za trpělivost, rady a odborné vedení.

Chtěl bych poděkovat především Ing. Jakubovi Vrstyakovi, a to za poskytnutí potřebných údajů a možnosti exkurze jejich zařízení.

Abstrakt

Obnovitelné zdroje energie mají řadu pozitivních přínosů pro lidstvo. Pro konkrétní země znamenají obnovitelné zdroje energie navýšení energetické nezávislosti a bezpečnosti, která je u mnoha zemí velice vysoká a rovněž znamenají i bezpečnost z hlediska dodávek energií.

V úvodu práce seznamuje s teorií čerpanou především z literárních zdrojů, konkrétně z oblasti technologií bioplynových transformací. Dále je v práci navržena metodika řešení, jsou zde shromážděny dostupné informace a provedena specifikace vybraného zařízení bioplynové stanice. Hodnocení vybraného zařízení se zaměřuje na investiční náklady, provozní charakteristiky, technickou koncepci zařízení a praktické zkušenosti z provozování bioplynové stanice. Dalšími pozorovanými prvky jsou kvantita a skladba zpracovávaných bioodpadů nebo vlastnosti a množství produkovaného bioplynu a tepla.

První část práce se věnuje popisu tvorby a výroby bioplynu. Také jsou zde vysvětleny jednotlivé technologické prvky bioplynové stanice.

Druhá část práce se věnuje analýze provozu zkoumaného zařízení a vyhodnocení kvality provozu na základě dostupných dat, která byla poskytnuta od zaměstnanců bioplynové stanice.

Abstract

Renewable energy sources have many positive benefits for humanity. For some specific countries renewable energy sources mean bigger energy independence and safety, which is very high in other countries and could mean also better safety in terms of energy supply.

In the introduction is performed literature part about biogas technology transformation. Further there is suggested methodology of solutions. There are all available informations and there is also a description of the selected device. Evaluation this device is focuses on investments cost, services characteristics, technical concept of this device, practical experiences from operations in biogas station. Other examined elements are quantity and composition of processed organic waste or character and quantity of produced biogas and warmth.

First part is focused on description of creation and production biogas. There are explained each technological elements in biogas station.

In second part is the operation analysis of researched device and evaluation of quality operation based on available informations which were provided by employees from biogas station.

Obsah

1. ÚVOD	9
2. CÍL PRÁCE	10
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	11
3.1 Bioplyn.....	11
3.2 Biomasa.....	11
3.2.1 Biomasa jako zdroj energie.....	12
3.3 Historie výroby bioplynu	14
3.4 Fáze vzniku bioplynu	15
3.5 Anaerobní fermentace	16
3.6 Bioplynové stanice.....	18
3.7 Rozdělení bioplynových stanic	19
3.8 Bioplynové technologie	20
3.9 Technologické celky bioplynových stanic	23
3.9.1 Příjmová část.....	24
3.9.2 Fermentory	25
3.9.3 Plynojem	27
3.9.4 Potrubí.....	28
3.9.5 Čerpadla	28
3.9.6 Míchadla.....	29
3.9.7 Kalová koncovka bioplynové stanice.....	31
3.10 Náklady a výnosy bioplynové stanice.....	32
3.11 Veřejnost a její přístup k Bioplynovým stanicím.....	33
4. MATERIÁL A METODIKA.....	35
5. VÝSLEDKY A DISKUZE	40
5.1 Zaznamenané odstávky vybraných zařízení bioplynové stanice v letech 2014, 2015, 2016	50
5.1.1 Hořák zbytkového plynu.....	50
5.1.2 Kogenerační jednotka.....	50
5.2 Množství H ₂ S v plynu	51
6. DISKUZE.....	52
7. ZÁVĚR	54
8. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	55
8.1 Internetové zdroje	55

9.	SEZNAM GRAFŮ A OBRÁZKŮ.....	57
10.	PŘÍLOHY	58

1. ÚVOD

Obnovitelné zdroje energie mají řadu pozitivních přínosů pro lidstvo. Pro konkrétní země znamenají obnovitelné zdroje energie navýšení energetické nezávislosti a bezpečnosti, která je u mnoha zemí velice vysoká a znamenají i bezpečnost z hlediska dodávek energií. Jedny z mnoha kladných vlastností obnovitelných zdrojů energie jsou lokální zaměstnanost, podpora podnikatelů, oživení zemědělství a celkový růst životní úrovně celého regionu (Internet 1).

Naneštěstí přes všechna uvedená a další pozitiva, je celkový podíl obnovitelných zdrojů energií na hlavní dodávce energií ve světě prozatím zanedbatelný. Stále jsou velké rezervy v jejich využívání, ale potenciál, který nám mohou nabídnout je mnohokrát vyšší v porovnání se stavem současného využití. Data mezinárodní energetické agentury (IEA) dokazují, že podíl obnovitelných zdrojů na hlavních zdrojích energie ve světě v roce 2008 dosahoval pouze 12,8 %. Vyspělé země si naštěstí uvědomují důležitost zvyšování tohoto podílu a zároveň nutných úspor ve spotřebě energií, a tak neustále podporují jejich podíl a ten se s každým rokem navyšuje.

Problematika bioplynových stanic mě zajímá. Vzhledem k tomu, že studuji obor Odpadové hospodářství a znalost bioplynových stanic je jedním ze základních požadavků na vystudování tohoto oboru. Dále také z důvodu, že ve městě, kde bydlím, byla bioplynová stanice velkou neznámou pro všechny obyvatele, než se tento objekt objevil i v našem městě. Pro mnoho lidí to bylo úplně něco nového. V tu dobu se hodně lidí začalo zajímat o problematiku a výhody bioplynových stanic a já bych chtěl prostřednictvím své práce přiblížit informace o bioplynové stanice ve Velké Bíteši a nastínit výhody a problematiku provozování tohoto zařízení.

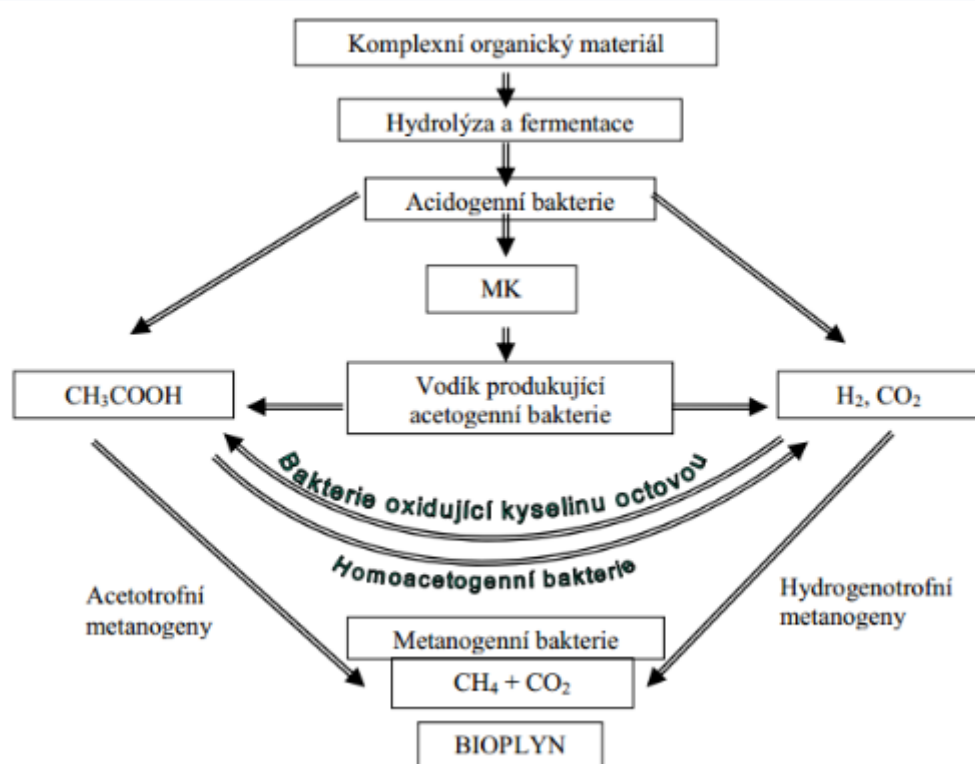
2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je provést literární přehled v oblasti technologií bioplynových transformací. Zvolit cíl práce a navrhnout metodiku řešení. Shromáždit dostupné informace. Provést specifikaci vybraného zařízení bioplynové stanice. Provést hodnocení vybraného zařízení se zaměřením na investiční náklady, provozní charakteristiky, technickou koncepci zařízení, praktické zkušenosti z provozování zařízení, kvantitu a skladbu zpracovávaných bioodpadů, vlastnosti, množství a produkovaného bioplynu a tepla. Na základě zjištěných skutečností vyvodit závěry.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Bioplyn

(Junga a kol., 2015) Uvádí, že primárním výstupním produktem anaerobního rozkladu biologicky rozložitelných materiálů je bioplyn, jenž považujeme za celosvětově uznávaný obnovitelný zdroj energie získaný z biologicky rozložitelných materiálů. Bioplyn je považován mezi jedny z nejlepších alternativ k fosilním palivům, je bezbarvý, hořlavý a vzniká biochemickými procesy při anaerobní fermentaci biologicky rozložitelných materiálů.



Obr. 1, můžeme vidět postup při vzniku bioplynu, který začíná komplexním organickým materiálem a končí výsledným produktem, jenž se nazývá bioplyn. (Internet 2)

3.2 Biomasa

(Cenek, 2001) konstatuje, že za biomasu je považována organická hmota rostlinného původu získaná na bázi fotosyntetické konverze sluneční energie. Pro nás se jeví vhodnější definice biomasy jako substance biologického původu, která zahrnuje rostlinnou biomasu pěstovanou na půdě, hydroponicky nebo ve vodě, živočišnou biomasu, vedlejší organické produkty a organické odpady. Biomasa využívaná k energetickým účelům

může být záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo jde o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, průmyslové výroby, z komunálního hospodářství, z údržby a péče o krajinu.

Po celém světě je do biomasy určené k energetickému využití vkládána naděje, že se stane alternativním obnovitelným energetickým zdrojem a nahradí podstatnou část neobnovitelných klasických zdrojů energie.

Roční celosvětová produkce energeticky využitelné biomasy má desetkrát vyšší energetický potenciál než roční objem světové produkce ropy a zemního plynu. Přesto je podíl obnovitelných zdrojů energie, kam biomasa patří, na celkové spotřebě energie malý.

3.2.1 Biomasa jako zdroj energie

(Benda, 2012) rozděluje biomasu na dvě základní skupiny:

- a) záměrně pěstovanou
- b) odpadní

Energetické a materiálové využití biomasy odpadního charakteru, respektive vedlejších produktů, není problém a je v mnoha případech legislativně i ekonomicky podporováno. Předmětem současných diskusí je hlavně biomasa záměrně získávána na zemědělské či lesní půdě k energetickým účelům.

Biomasa jako zdroj energie bude spíše považována za doplňkový zdroj v energetickém mixu, a to jak ve státním, tak i celosvětovém měřítku. Její energetické využití má však nesporné výhody, takže s ní všechny prognózy počítají:

- Biomasa jako energetický zdroj má obnovitelný charakter.
- Decentralizace výroby energie, k níž biomasa přispívá, je stabilizačním prvkem v případě krizové situace v zásobování fosilními palivy.
- Biomasa jako domácí zdroj energie nahrazuje fosilní paliva z dovozu.
- Umožňuje rozšiřovat nové způsoby podnikání, diverzifikovat podnikatelské aktivity na venkově, využívat nadbytečnou zemědělskou půdu.
- Přispívá k řešení problémů s nakládáním s biologicky rozložitelnými odpady.

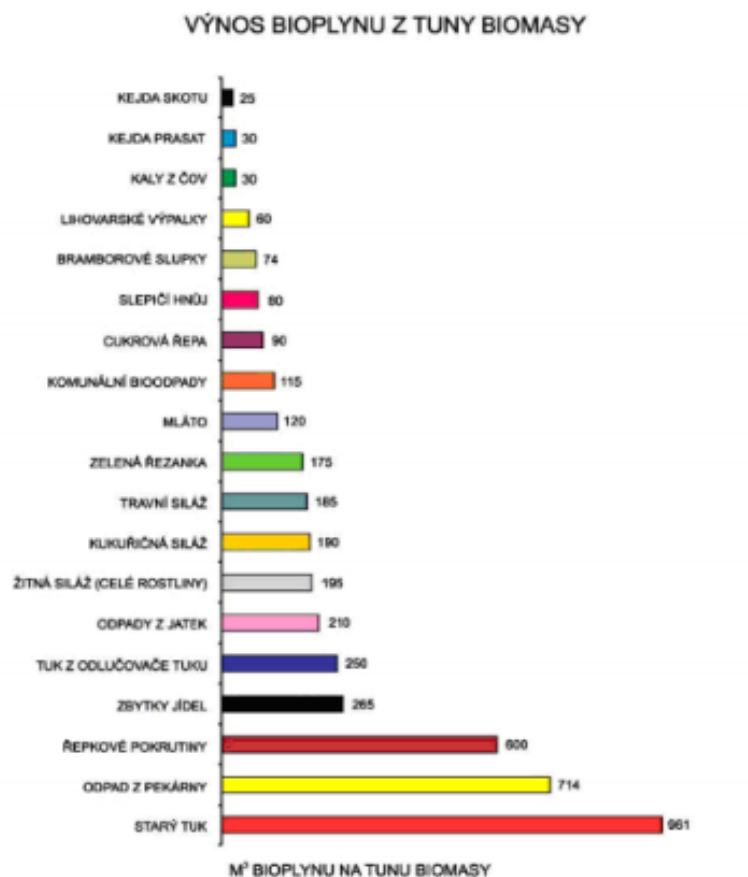
- Má malé negativní dopady na životní prostředí ve srovnání s těžbou, dopravou, skladováním a využitím fosilních paliv.
- Zdroje biomasy jsou rozmístěny po celém území.

Některé skutečnosti ve světovém měřítku však využití biomasy k energetickým účinkům limitují:

- Problémy s akumulací, dopravou a distribucí získané energie vznikají díky lokalizaci zdrojů biomasy a energetických spotřebičů.
- Zvyšování konkurenceschopnosti využití biomasy k energetickým účelům je na současné technické úrovni závislé na dotační politice a dostupnosti úvěrů.
- Záměna produkce biomasy k energetickým účelům konkuruje výrobě biomasy k potravinářským, krmným a průmyslovým účelům.

(Benda, 2012) kategorizuje biomasu určenou k energetickým účelům do skupin:

- a) Fytomasa s vysokým obsahem lignocelulózy: obiloviny, píce, dřeviny.
- b) Fytomasa olejnatých plodin (řepka olejka, slunečnice).
- c) Fytomasa s vysokým obsahem cukru a škrobu (brambory, cukrová řepa).
- d) Organické odpady živočišného původu.
- e) Směsi různých druhů odpadní biomasy.



Obr. 2 Ukázka výnosu bioplynu z tuny biomasy. (Internet 3)

3.3 Historie výroby bioplynu

(Benda, 2012) uvádí, že první experimenty se suchou fermentací slamnaté chlévské mrvy v ČR proběhly ve Výzkumném ústavu pro zemědělské techniky v Praze roku 1956. Přestože byl získán kvalitní bioplyn, ekonomicky nemohla tato technologie konkurovat levným fosilním palivům na bázi ropy. Propagátorem této technologie se po mnoho let stal středoškolský profesor pan Žilka z Olomouce. Situaci nezměnila ani ropná krize v roce 1973, která přinesla výraznější zvýšení ceny ropy na světovém trhu. Proto považujeme za historický milník stavbu bioplynové stanice na okraji Třeboně, ve které byla a dodnes je anaerobně zpracovávána směs kejdy z velkochovu prasat a kalu z odpadních vod města Třeboně. Tato bioplynová stanice je v provozu od roku 1976, prošla několika modernizacemi. Bioplynová stanice obsahuje dva fermentory o objemu 2800 m³ a 3200 m³. Tyto fermentory pracují dodnes a bioplynová stanice zásobuje teplem i známé treboňské lázně. Byl to velice úspěšný projekt nejstarší bioplynové stanice tohoto typu ve střední Evropě.

Druhá ropná krize v roce 1982 vzbudila zájem centrálních orgánů ČR o výrobu a využití bioplynu z exkrementů hospodářských zvířat. V roce 1984 byl založen státní výzkumný úkol s tímto zaměřením. V závaznosti na tento úkol vznikly experimentální provozy, z nichž tři rozvíjely technologii suché fermentace chlévské mrvy v reaktorech typu fermentační koš krytý zvonem. Další tři byly navrženy na mokrou fermentaci kejdy z velkochovů prasat nebo skotu. Hlavním cílem celého projektu bylo označeno zlepšení půdní úrodnosti a omezení negativních vlivů na životní prostředí při aplikaci kejdy z velkochovů hospodářských zvířat.

Současně se státem podporovaným výzkumem podnikali jednotliví nadšenci pokusy se stavbou jednoduchých fermentorů na suchou fermentaci chlévské mrvy. Jejich zásluhou myšlenka nezapadla ani po roce 1992, kdy docházelo k velkým změnám ve vlastnictví majetků. Po určitém období úpadku zájmu o výrobu a využití bioplynu přerušovaném akcemi firem se postupně začaly objevovat nabídky tuzemských i zahraničních firem především z Rakouska a Německa.

3.4 Fáze vzniku bioplynu

(Kocián, 2007) prezentuje, že biologického rozkladu látek se účastní velké množství různých kmenů mikroorganismů, proto jde o složitý mnohastupňový proces, na jehož konci vznikne tzv. bioplyn. Ve skutečnosti je to směs metanu a dalších minoritních prvků (sulfanu, vodíku, dusíku, kyslíku, vodních par atd.), které jsou produkty souběžně probíhajících biochemických procesů.

První fáze – hydrolýza

Probíhá ve fázi, kdy je přítomný vzdušný kyslík postupně spotřebovaný aktivitou aerobních bakterií. Hydrolytické organismy nepotřebují bezkyslíkaté prostředí. Důležitější pro jejich činnost je obsah vlhkosti nad 50 %. Působením enzymů dojde k rozkladu dlouhých molekul uhlohydrátů, tuků a bílkovin (polymerů) na jednodušší organické sloučeniny (monomery).

Druhá fáze – acidogeneze

Dokončí se tvorba bezkyslíkatého prostředí. Acidogenní bakterie transformují produkty hydrolýzy na vyšší mastné kyseliny a také vodík, oxid uhličitý a kyselinu octovou. V prostředí, kde se nachází vyšší parciální tlak vodíku, se tvoří kyselina mléčná, etanol, organické kyseliny apod., v prostředí s nízkým parciálním tlakem se tvoří kyselina octová, oxid uhličitý a vodík.

Třetí fáze – autogeneze

(Benda, 2012) uvádí, že ve třetí fázi dochází k transformaci vyšších mastných organických kyselin na vodík, oxid uhličitý a kyselinu octovou. Kyselost prostředí ve druhé a třetí fázi roste.

Čtvrtá fáze - melanogeneze

Hydrogenotrofní mikroorganismy transformují vodík a oxid uhličitý, vytvořený ve druhé a třetí fázi procesu, na metan a acetotrofní mikroorganismy transformují kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý, což jsou hlavní složky v bioplynu.

3.5 Anaerobní fermentace

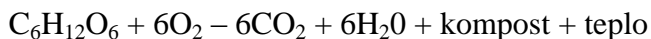
(Benda, 2012) konstatuje, že rozdíl mezi anaerobní fermentací a aerobní fermentací organického materiálu lze znázornit na modelovém materiálu – glukóze $C_6H_{12}O_6$:

Anaerobní rozklad:



$$1 \text{ kg } C_6H_{12}O_6 - 0,25 \text{ kg } CH_4 + 0,69 \text{ CO}_2 + 0,06 \text{ kg digestátu} + 0,38 \text{ kJ}$$

Aerobní rozklad:



$$1 \text{ kg } C_6H_{12}O_6 + 0,53 \text{ kg } O_2 - 0,72 \text{ kg } CO_2 + 0,40 \text{ kg } H_2O + 0,41 \text{ kg kompostu} + 6360 \text{ kJ}$$

(Benda, 2012) uvádí, že bioplyn je produkován anaerobními mikroorganismy, které patří mezi nejstarší živé organismy z doby, kdy atmosféra ne Zemi ještě neobsahovala kyslík, jenž na mikroorganismy působí jako prudký jed. Důkazem jejich přizpůsobivosti

je, že přežívají až do dnešní doby v symbióze s jinými druhy mikroorganismů, které jim jsou schopny bezkyslíkaté prostředí poskytnout.

Soubor anaerobních mikroorganismů tvoří velké množství bakteriálních kmenů se specifickými požadavky na prostředí, ve kterém probíhá ideální cyklus jejich vývoje.

(Benda, 2012) popisuje typický průběh životního cyklu bakteriálního kmene tzv. růstová křivka, která má šest fází:

- a) Fáze lagová – bakterie se přizpůsobují podmínkám.
- b) Fáze zrychleného růstu – bakterie se začínají množit.
- c) Fáze exponenciálního růstu – bakterie se silně množí.
- d) Fáze zpomaleného růstu – začíná se projevovat nedostatek živin pro další růst bakterií.
- e) Fáze stabilizace – počet nových a odumřelých bakterií je v rovnovážném stavu.
- f) Fáze poklesu – nedostatek živin způsobuje, že mikroorganismy postupně odumírají a rozkládají se.

(Benda, 2012) uvádí, že anaerobní organismy se stávají aktivními, jakmile se vytvoří příznivé podmínky pro jejich množení. Jde především o tyto podmínky:

Dostatek živin, který jim zajistí sušina organické látky v rozmezí do 50 %. Obvykle se obsah sušiny u mokré fermentace pohybuje od 8 do 12 %. Čerpatelnost organické látky je hraničním limitem pro obsah sušiny. Suchá fermentace probíhá v případě organického materiálu s obsahem sušiny od 20 do 30 %, mezní hranice pro obsah sušiny je od 50 do 60 %. Důležitou roli hraje prvkové složení materiálu na vstupu. Optimální poměr uhlíku, dusíku, fosforu a draslíku je 600:60:6:1.

Kyselost nebo zásaditost materiálu na vstupu by se měla pohybovat v rozmezí pH od 6,8 do 7,2. Tento údaj se v průběhu fermentace může měnit. V důsledku tvorby vyšších mastných kyselin číslo pH nejprve klesá, vlivem metanogenních bakterií se stabilizuje v blízkosti neutrální hodnoty. Jeho trvalejší snížení pod hodnotu pH = 5 ohrožuje stabilitu procesu a poukazuje na přetížení reaktoru vysokými dávkami surového materiálu.

Bezokyslíkaté prostředí, ve kterém anaerobní mikroorganismy žijí a jsou aktivní. Absence chemických prostředků typu antibiotik, které potlačují činnost mikroorganismů.

Skládkový plyn, na skládky tuhého komunálního odpadu bylo přiváděno 20 až 60 hm. %. Organických odpadů, ze kterých při vzniku anaerobních podmínek v tělese skládky vzniká směs plynů obsahující metan, oxid uhličitý, vodní páry a řady méně zastoupených plynů v závislosti na složení skládkovaného materiálu.

Kalový plyn, vzniká tam, kde se vyskytují rozkládající se organické sedimenty ve vodních dílech, jezerech, močálech, jednak v anaerobním stupni čistíren odpadních vod, uvolňuje se ze dna moří a oceánů, kde se metan pod vysokým tlakem nachází i v pevné formě.

Důlní plyn, forma zemního plynu, jehož energetické využití je dost složité, se vzduchem tvoří výbušnou směs.

Zemní plyn, neobnovitelný zdroj energie, obsahuje až 98 % metanu.

Bioplyn, v technické praxi se tak označuje směs plynů s vysokým obsahem metanu, oxidu uhličitého, která vznikla anaerobní fermentací vlhkých organických materiálů v technických zařízeních.

3.6 Bioplynové stanice

(Junga a kol., 2015) prezentuje, že bioplynové stanice považujeme za biotechnologii, ve které je proces výroby bioplynu závislý na interakci mezi různými druhy mikroorganismů. K tomu, aby bylo dosaženo funkčního a stabilního procesu s co nejvyšší produkcí metanu, je důležité vytvořit a zachovat vhodné prostředí pro činnost mikroorganismů. K tomu slouží technologie bioplynových stanic.

Díky vhodně nastavené a zvolené technologii bioplynové stanice můžeme maximalizovat výrobu bioplynu, v České republice je mnoho technologií pro anaerobní zpracování různých druhů materiálů. Tyto systémy se od sebe liší zejména v provozních parametrech, přičemž použitá technologie a konstrukce fermentoru je závislá hlavně na vstupní surovině, která má být zpracována.

3.7 Rozdělení bioplynových stanic

(Junga a kol., 2015) rozdělují bioplynové stanice do tří skupin podle zpracovávaného materiálu:

- **Zemědělské bioplynové stanice**

Zpracovávají materiály rostlinného charakteru a statkových hnojiv. Na těchto bioplynových stanicích nemůžeme zpracovávat odpady podle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech ve zn. pozd. předp., ani jiné materiály. Na zemědělských bioplynových stanicích můžeme zpracovávat následující materiály: a) suroviny živočišného původu (kejda prasat, kejda skotu), b) suroviny rostlinného původu (sláma všech typů obilovin a olejnin, kukuřičná sláma i jádro kukuřice).

- **Čistírenské bioplynové stanice**

Zpracovávají pouze kaly z čistíren odpadních vod a jsou důležitou složkou čistírny odpadních vod. Technologie anaerobní fermentace je využívána za účelem anaerobní stabilizace kalu vznikajícího na čistírnách odpadních vod. Tyto technologie nejsou určeny ke zpracování biologicky rozložitelných odpadů a k nakládání s odpady, ale slouží pouze jako součást kalového hospodářství ČOV jako celku. Do tohoto zařízení nevstupují jiné materiály než kaly z ČOV, žump, septiků a odpadní voda.

V případě, že jsou do nádrží na anaerobní fermentaci přidávány jiné odpady podle zákona o odpadech, jedná se o ostatní bioplynové stanice.

U bioplynových stanic, které pracují jen v režimu ČOV nejsou požadovány zásobní nádrže na anaerobně stabilizovaný kal. Tyto technologie pracují v režimu čistíren odpadních vod, které mají v provozním řádu zapracovány podmínky nakládání s aktivovaným kalem a anaerobně stabilizovaným kalem.

- **Ostatní bioplynové stanice**

Bioplynové stanice zpracovávající ostatní vstupy, mohou zpracovávat odpady podle podmínek a požadavků vyhlášky 341/2008 Sb., ve zn. pozd. předp. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.

3.8 Bioplynové technologie

(Schulz a kol., 2004) kategorizují jednotlivé bioplynové technologie do sedmi metod:

- **Dávkový způsob**

U dávkového postupu se vyhnivací nádrž naplní najednou. Dávka pak vyhnívá až do konce doby kontaktu, aniž se další substrát odnímá nebo přidává. Produkce plynu po naplnění pozvolna roste, dosahuje maxima a poté klesá. Po skončení doby kontaktu, se vyhnivací nádrž najednou vyprázdní. Menší množství vyhnílého kalu (10 %) ponechá v nádrži, aby se nová dávka naočkovala „zpracovanými bakteriemi“. Aby bylo možno dávkový fermentor naplňovat a vyprazdňovat jedním rázem, je zapotřebí mít vedle vyhnivací nádrže k dispozici ještě přípravnou nádrž a skladovací nádrž, obě nádrže musí být stejně velké, což tento postup přirozeně prodražuje.

Rušivým momentem je také nerovnoměrná výroba plynu, kterou lze vyrovnat jen tehdy, když se pracuje se dvěma menšími fermentory, které se střídavě plní a vyprazdňují vždy po uplynutí poloviny doby kontaktu. Zařízení tohoto typu je ovšem dražší, neboť dvě malé nádrže jsou mnohem 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 metanu.

- **Metoda střídání nádrží**

Tato technologie pracuje se dvěma vyhnivacími nádržemi. Z přípravné nádrže, která pojme substrát získaný za 1 až 2 dny, se prázdná vyhnivací nádrž pomalu zaplňuje, zatímco v druhé nádrži probíhá vyhnivací proces. Když je první nádrž plná, obsah druhé

nádrže se přesune do skladovací nádrže a následně se tato druhá vyprazdňovací nádrž začne plnit z přípravné nádrže.

Mezitím se vyhnílý kal ze skladovací nádrže vyváží na určené plochy, takže se nádrž zcela nebo částečně vyprazdňuje. Její kapacita by proto měla být větší než kapacita jedné vyhnívací nádrže.

Tento postup je charakteristický velmi rovnoměrnou výrobou plynu a dobrým hygienizačním účinkem, neboť během celé doby vyhnívání se čerstvý substrát nedoplňuje. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a vyšší tepelné ztráty.

- **Průtokový způsob**

Většina bioplynových stanic na světě pracuje průtokovým způsobem, buď v čisté formě, nebo v kombinaci se zásobníkovým způsobem. Postup se vyznačuje tím, že vyhnívací nádrž je neustále naplněna a vyprazdňuje se pouze příležitostně z důvodů oprav nebo odstranění usazenin.

Z menší přípravné nádrže je čerstvý substrát, jednou až dvakrát denně dodáván do vyhnívací nádrže, zároveň odchází odpovídající množství vyhnílého substrátu přepadem do skladovací nádrže. Výhodou této metody je rovnoměrná výroba plynu, vytížení vyhnívacího prostoru, a tím také cenově příznivá, kompaktní konstrukce s nízkými tepelnými ztrátami.

Kromě toho lze proces plnění automatizovat, konkrétně plovákovým spínačem v přípravné nádrži nebo pomocí časového spínače na plnicím čerpadle. Nevýhodou oproti dávkovému systému a systému se střídáním nádrží je primárně to, že v závislosti na míchací technice a typu nádrže může dojít ke smíchání čerstvého substrátu s vyhnílym materiálem, čímž se znehodnotí hygienizační efekt.

- **Metoda se zásobníkem**

U zásobníkové metody jsou fermentor a skladovací nádrž spojeny do jedné nádrže. Při vyjmutí vyhnílé kejdy se zásobník vyprázdí až na malý zbytek, který je potřebný k naočkování další náplně. Dále se kombinovaná vyhnívací a skladovací nádrž pomalu plní z přípravné nádrže nebo stálým přítokem kejdy přes přirozený přeпад.

Výhodou zásobníkového zařízení jsou především nízké náklady, provozovatel potřebuje pouze velkou, a tedy relativně levnou nádrž. Provoz těchto zařízení je jednoduchý a přehledný. S použitím fóliové krytiny, vyvinuté v poslední době, se také daří stávající otevřené jímky na kejdu s malými náklady přebudovat na bioplynové stanice. Vysoké tepelné ztráty jsou ale velkým problémem.

- **Kombinovaná metoda se zásobníkem**

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. Jejím cílem je zabránit ztrátám na dusíku způsobeným aerobními kladnými procesy a získat dodatečný bioplyn.

- **Jednostupňový nebo vícešupňový proces**

Vyhnívání substrátu a výrobu bioplynu je možné z hlediska techniky výrobního procesu rozdělit na jednostupňovou nebo vícešupňovou. Při jednostupňovém procesu probíhají čtyři fáze vyhnívacího procesu, v jednom vyhnívacím prostoru, a to u plně promíchávaných zařízení souběžně ve stejném čase i prostoru a u zařízení ve směru toku nepromíchávaných naproti tomu v různých prostorech jedna za druhou.

U vícešupňového postupu se provádějí pokusy různé fáze vyhnívacího procesu prostorově oddělit, buď použitím většího počtu vyhnívacích nádrží, nebo oddělením ve vyhnívacím prostoru. Pro zemědělské bioplynové stanice připadá v úvahu jen dvoušupňový postup, kvůli nákladům.

- **Proces s tuhými substráty**

Bylo provedeno mnoho pokusů jak vyvinout postup vhodný pro nerozmělněný a nezkapalněný tuhý hnůj nebo jiné pevné substráty, například trávu. V praxi dodnes stále vznikají problémy, především kvůli obtížné zpracovatelnosti hnoje při dopravě do fermentoru a průchodu fermentorem.

3.9 Technologické celky bioplynových stanic

(Benda, 2012) konstatuje, že prakticky všechny bioplynové stanice mají tyto základní technologické celky:

- Příjmová část (příprava a úprava materiálu).
- Fermentor či soustava fermentorů s příslušenstvím.
- Úprava a skladování bioplynu (bioplynová koncovka).
- Kalová koncovka.

Technologické celky se svým uspořádáním odlišují dle toho, jsou-li určeny pro zpracování tekutého nebo tuhého materiálu.

Mokrý fermentace

(Benda, 2012) uvádí, že hraniční limit obsahu sušiny je dán čerpatelností materiálu, což je pro běžná čerpadla přibližně 12 hm. % sušiny, vřetenová čerpadla zvládají 14 až 16 hm. % sušiny materiálu, 0,5 až 1 hm. % sušiny obsahují zpravidla komunální odpadní vody.

V takovém případě anaerobní fermentace nedodává potřebné množství bioplynu na pokrytí technologické potřeby tepla. Pro zpracování materiálů se pak používají speciální typy fermentorů (s fluidním ložem, s pevným ložem) nebo se anaerobně zpracovává odseparovaný a tím zahuštěný kal. Ideální hodnota sušiny fermentovaného materiálu se pohybuje mezi 8 až 12 hm. %. V případě kofermentace tekutého a vysokosušivého materiálu je třeba ideálně homogenizovat.

Provozní teplota fermentoru ve většině případů bývá v rozmezí mezofilních teplot (30 až 45°C), v některých případech se používá termofilní teplota (50 až 60°C) u více-

stupňových systémů může být kombinovaný teplotní režim, v prvním stupni mezofilní a ve druhém stupni termofilní.

Doba zdržení materiálu v reaktoru je závislá na materiálových a procesních parametrech. Pohybuje se od deseti až do šedesáti, respektive devadesáti dnů.

Dávkování materiálu se může provádět kontinuálně, semikontinuálně nebo dávkově. Denní dávku materiálu do fermentoru dopravujeme 1krát za den, nejčastěji se dávkuje materiál 2krát až 6krát denně. Řízení dávkování je velmi důležité. Je-li dávkování nedostatečné, snižuje se produkce bioplynu, kapacita bioplynové stanice je nevyužitá. Jestliže se reaktor předávkuje, dochází k okyselení materiálu v reaktoru až do té doby, kdy fermentační proces zkolabuje.

Suchá fermentace

(Benda, 2012) uvádí, že materiál s obsahem sušiny 20 až 40 hm. % se naskladňuje do fermentoru. Po jeho vzduchotěsném uzavření se vytvoří bezkyslíkaté prostředí a aktivují se anaerobní mikroorganismy. Bioplyn na začátku procesu obsahuje větší množství oxidu uhličitého a malý podíl metanu. V průběhu se tento poměr mění, metanu přibývá.

Výhřevnost bioplynu závisí primárně na obsahu metanu, energetický přínos ostatních plynů je zanedbatelný. Doba fermentace u vsázkových fermentorů trvá obvykle deset až šedesát dní, z reaktní skládky se plyn odčerpává třicet a více roků.

3.9.1 Příjmová část

(Benda, 2012) popisuje materiál, na kterém se provádí úprava v zásobnících:

- Separace inertního materiálu (písek, sklo, kovy).
- Míchání více druhů materiálu (C:N, obsah sušiny, pH).
- Ředění nebo zahušťování materiálu.
- Inokulace (intenzifikace fermentačního procesu inokulanty).
- Homogenizace a dezintegrace.
- Popřípadě hygienizace materiálu.
- Dávkování materiálu do fermentoru.
- Hydrolýza (počáteční fáze fermentačního procesu).

(Internet 4) uvádí, že návoz surovin do odpadové bioplynové stanice má také svůj řád, aby nedošlo k úniku zápachu do okolí otevřenými vraty. Příjmová jímka má svá uzavíratelná vrata. Po příjezdu automobilu s bioodpadem se vrata příjmové jímky otevírají až tehdy, kdy jsou zavřená vrata příjmové haly.

Vstupy zpracovávané v bioplynových stanicích

(Internet 1) prezentuje, že v bioplynových stanicích můžeme zpracovávat velké množství odpadů organického původu a materiálů, které jsou velmi těžko zpracovatelné:

- Bioodpady z domácností a zahrad.
- Bioodpady z úpravy veřejné zeleně.
- Zbytky z jídelen, restaurací a hotelů.
- Prošlé potraviny a bioodpady z obchodů.
- Bioodpady z podnikatelských provozů (lihovarů, pekáren).
- Cíleně pěstovanou biomasu (kukuřici, senáž).

3.9.2 Fermentory

(Benda, 2012) uvádí, že hlavní část technologické linky je fermentor nebo soustava fermentorů. Za fermentor můžeme považovat fermentory na mokrou fermentaci, suchou fermentaci, lagunou na tekutý materiál a reaktivní skládku, skládku tuhých organických odpadů. Nejpoužívanější jsou fermentory na mokrou fermentaci, méně používané jsou zatím na suchou fermentaci

Specifickým zařízením na výrobu bioplynu jsou laguny a řízené skládky komunálních odpadů.

Fermentory na mokrou fermentaci

(Benda, 2012) udává, že nejčastěji se stavějí z plynotěsného železobetonu, kovu a plastu. Můžeme je rozdělit podle různých kritérií:

Podle tvaru na válcové s horizontální osou – tubusové (50 až 600 m³) válcové s vertikální osou (100 až 10 000 m³), kulové, polokulové, vejčité, s kónickým dnem, rovným dnem.

Podle doplňkového vybavení na neřízené a řízené:

- S vytápěním stěnovým, vnitřním nebo vnějším, rekuperačním výměníkem nebo párou.
- S mícháním mechanickými míchadly vrtulovými ponornými, vrtulovými tyčovitými, lopatkovými, pádlovými, mlýnovými či kombinovanými.
- S mícháním hydraulickým nebo turbínovým.

Fermentory mohou tvořit sestavu, klasická sestava se skládá z příjmového zásobníku, fermentoru a skladovací nádrže. Novější linky mají za fermentorem s řízeným procesem další fermentor s neřízeným procesem, který se nazývá dofermentor. Je to přechod mezi hlavním fermentorem a skladovacím zásobníkem. Můžeme z něho získat dodatečných 5 až 20 % vyrobeného bioplynu. Klasická soustava fermentoru může být modifikována na soubor „kruh v kruhu“ nebo „dvojitý kruh v kruhu“. Pokud se v lince nachází více zapojených fermentorů, mohou být spojeny sériově, paralelně, nebo kombinací obou způsobů.

Konstrukční typy fermentorů

Horizontální konstrukční typ

(Schulz a kol., 2004) uvádí, že vyhnívací nádrž může být konstruována buď jako stojící (vertikální), nebo jako ležící (horizontální). Horizontální konstrukce má důležitou přednost, že zde lze instalovat výkonné, funkčně bezpečné a energeticky úsporné mechanické míchadlo. Tím docílíme dobrého promíchání napříč směrem průtoku, aniž by došlo k přílišnému promíchávání v podélném směru.

Protože délka horizontální nádrže je oproti její výšce zpravidla několikanásobná, automaticky zde vzniká tzv. pístové proudění. To je jev, kdy jedna dávka kejdly je posunována rourou jako píst, takže čerstvý substrát z plnicí zóny se nesmíchává s vyhnílym materiálem na druhém konci nádrže, což podporuje hygienizační efekt.

Nevýhodou je potřeba velkého prostoru na umístění nádrže, nadměrná velikost povrchu nádrže v poměru k jejímu objemu a nemožnost očkování čerstvého substrátu bakteriální flórou vyhnílého kalu.

Vertikální konstrukční typ

(Schulz a kol., 2004) konstatuje, že vyhnívací nádrže, které se konstruují jako vertikální, bývají ze statistických důvodů vyrobeny z betonu a mají kruhový průřez. Při vertikálním můžeme dosáhnout lepšího poměru mezi povrchem a objemem, čímž se sníží materiálové náklady a tepelné ztráty. Nevýhodou je to, že zde nemůže docházet k pístovému proudění.

Nadzemní a podzemní umístění

Nadzemní umístění se volí při vysokém stavu spodní vody. K vnější tepelné izolaci lze použít levnější materiály. Nevýhodou jsou velké tepelné ztráty v zimě, neboť nádrž je plně vystavena povětrnostním vlivům.

3.9.3 Plynojem

(Schulz a kol., 2004) následující text se věnuje plynojemům. U kontinuálně plněných fermentorů má za úkol plyn shlukovat a oddělovat od pěny a kapalných částí. Výška plynojemu by měla být 80 cm. Nahoře je uzavřený nejlépe skleněnou nebo plexisklovou tabulkou, aby bylo možné nahlížet dovnitř. Tímto se kontroluje fungování míchadla a může se včas rozpoznat vytváření kalového stropu. Tabulka se na přírubu plynojemu přilepí silikonkaučukem a po obvodu se proti nadzvednutí tlakem plynu zajistí přišroubováním rámu z ploché oceli. Tabulka pak funguje jako přetlaková pojistka. Když se plynovod ucpe pěnou a přetlaková pojistka na odlučovači kondenzované vody nezareaguje, tabulka praskne a zabrání poškození nádrže příliš vysokým tlakem.

Mnohdy se stává, že kondenzovaná voda na vnitřní straně tabulky znemožňuje průhled, avšak tento problém lze vyřešit instalací jednoduchého rozprašovače na vnitřní straně, kterým se v případě potřeby na tabulku nastříká trocha vody z vodovodu. Pokud je potřeba bioplyn v plynojemu odsířit cíleným nafoukáním malého množství vzduchu, pak velikost jednoho průlezného otvoru jakožto plochy pro usídlení sírných bakterií nestačí. Pro tento případ je nutno navařit větší plynojem. Další možnost jak získat plo-

chy stěn nutné k redukci sirovodíku, spočívá v tom, že se zvolí velmi velký průměr plynovodu nebo přeřadu kejdy do skladovací nádrže.

Aby se zamezilo problémům s korozi, používá se pro stavbu plynovodu ušlechtilá ocel. Dostačuje ovšem i jednoduchý 4 až 6 cm silný ocelový plech, pokud je na vnitřní straně ošetřen předepsaným způsobem.

3.9.4 Potrubí

(Schulz a kol., 2004) uvádí, že potrubí je dvojího druhu. Plnicí, jímž je pod tlakem čerpadla dopravován substrát, a předřadové potrubí, z něhož materiál putuje samovolně vlivem přirozeného spádu.

Tlakové potrubí

Mělo by mít průměr minimálně 100 mm či raději 125 mm, u delších tras i 150 mm, aby se zabránilo ucpávání a velkým ztrátám tlaku. Materiálem jsou většinou ocelové roury se svařovanými nebo přířubovými spoji. Pokud se použijí plastové roury, musí být použity takové typy, které odolají maximálnímu tlaku čerpadla.

Předřadové a vratné beztlakové potrubí

Průměr by měl být podstatně větší. Minimálně 200 mm pro průtok řídkého kapalného substrátu, jako je prasečí kejda, zatímco pro průtok husté kapalné hovězí kejdy by potrubí mělo mít průměr 300 mm. Substrát obsahující tuhý hnůj, trávu nebo jiné vláknité materiály může vyžadovat ještě větší průměr. Pro tento typ potrubí se téměř výhradně používají kanalizační roury z PVC nebo polypropylénu se zásuvným spojením a gumovým těsnícím prstencem. V litinových rourách se tvoří usazeniny rychleji než na hladkých stěnách plastových rour.

Ideální je umístit všechna potrubí do nezámrzného prostředí, a pokud jimi protéká teplý substrát je potřeba i tepelně izolovat. Mírný spád okolo 1 až 2 % směrem k vyústění umožňuje samovolné vyprázdnění obsahu potrubí po vypnutí čerpadla a riziko tvorby sedimentu v rourách se zmenšuje.

3.9.5 Čerpadla

(Schulz a kol., 2004) následující text se věnuje čerpadlům. Čerpadla jsou potřebná k překonání výškových rozdílů mezi nádržemi a pro pohon hydraulických míchadel.

Odstředivá (rotační) čerpadla

Často užívané při zpracování kejdy. Jsou konstrukčně jednodušší a jsou vhodné pro dopravu řídkých kapalných substrátů o obsahu sušiny menší než 8 %. Pro tato čerpadla charakteristická silná závislost čerpacího výkonu na dopravní výšce. Maximálně dosažitelná výše tlaku leží mezi 4 a 20 bary. Výkon čerpadla se pohybuje mezi 2 a 6 m³/min, při příkonu od 3 do 15 kWh.

Břítová čerpadla

Zvláštní forma rotačních čerpadel. Mají na oběžném kole tvrzené břity a na skříní protilehlý břit. Takto lze rozsekat vláknité látky v kejdě.

Objemová (plunžrová) čerpadla

Používají se pro dopravu kejdy s vysokým obsahem sušiny. Jsou podstatně stabilnější vůči změnám tlaku než rotační čerpadla, což znamená, že výkon čerpadla je mnohem méně závislý na dopravní výšce. V bioplynových stanicích se hlavně využívá šnekových čerpadel a čerpadel s rotujícími písty. Šneková čerpadla mají rotor z ušlechtilé oceli ve tvaru vývrtky. Jsou citlivá na chod nasucho, na přítomnost cizích těles a vláknitých látek.

Čerpadla s rotujícími písty

Mají dva v protisměru rotující dvou až čtyřkřídlé otáčivé písty. Ve velké míře se užívají v zařízeních zpracovávající jakožto substrát zkapalněný a rozmělněný tuhý hnůj.

3.9.6 Míchadla

(Schulz a kol., 2004) následující text se věnuje míchadlům. Substrát ve fermentoru několikrát za den promíchává, aby bylo dosaženo následujících efektů:

- a) Smícháním čerstvého substrátu s již vyhnívajícím substrátem, aby se čerstvý substrát naočkoval aktivními bakteriemi.
- b) Zamezení vzniku plovoucího příkrovu a usazenin nebo jejich odstranění.
- c) Zlepšení látkové výměny bakterií vypuzením bublin bioplynu a přívodem čerstvých živin.

Promíchávání můžeme provádět mechanicky – zařízeními zavedenými do fermentoru, hydraulicky – odděleně instalovanými čerpadly, nebo využitím vlastního tlaku vyráběného plynu, a pneumaticky – vtlačováním bioplynu.

(Schulz a kol., 2004) kategorizují míchadla do sedmi skupin:

Mechanická míchadla

Užívají se v horizontálních cisternových fermentorech. Charakteristické pro tato míchadla je, že zasáhnou celý vyhnívací prostor, nevyvolávají žádné významné proudění a působí nejvíce ve vertikální nikoli v horizontální rovině. Substrát se proto přemísťuje rourou jako píst, aniž se přitom mísí s vyhnílym substrátem. Tento princip „pístového proudění“ má pozitivní efekt ve vztahu k hygienizaci.

Mlýnová míchadla

Pracují taktéž mechanicky, ale se svislou, odstředivě orientovanou vlnou. Ve srovnání s vrtulovými míchadly nejsou příliš účinným nástrojem proti vzniku a pro odstranění usazenin. Dnes už se prakticky nevyužívají.

Ponorná motorová vrtulná míchadla

V posledních letech se výrazně prosadila pro použití ve vertikálních fermentorech, jejichž průměr je větší než jejich výška a objem činí zhruba 1000 m³. Vrtule je poháněna vodotěsně zapouzřeným elektromotorem, jehož výkon je od 2,5 do 25 kW. Podle toho, jak je nádrž postavena, vrtule vyrábí horizontální nebo vertikální proudění. K odstraňování usazenin a plovoucího příkrovu napomáhá nastavení výšky.

Tyčová míchadla

Většinou pracují v otáčkách, které jsou menší než 40 otáček za minutu a běží neustále. Lopatky míchačky mají rozpětí 1 metr a více. Příkon hnacího motoru v rozsahu 2 až 5 kW je poměrně malý.

Hydraulická míchadla

Pro hydraulická míchání se ve většině případech užívá výkonné centrální čerpadlo, které také slouží k přečerpávání substrátu z přípravné nádrže do fermentoru a vyhnílého substrátu ze skladovací nádrže do cisternového vozu. Funkce se nastavuje přesměrováním dopravního proudu uzavíracím šoupátkem. Hydraulické míchání má výhodu, že ve fermentoru se nenacházejí žádné pohyblivé části, které by eventuálně mohly způsobit oděr stěn. Tyto části jsou umístěny mimo fermentor a jsou tak snadno přístupné.

Metoda míchání tlakem plynu

Tlak vznikajícího bioplynu je využit k vytlačení části kejdy z hlavní fermentační komory do dokvašovací komory s vyšší hladinou kapaliny. Uzavře se ventil ve vedení plynu do plynojemu a plyn se začne hromadit v horní části fermentační komory. Spojovacím kanálem pak kejda stoupá do dokvašovací komory. Po opětovném otevření ventilu začne plyn znovu proudit do plynojemu, kejda protéká vysokou rychlostí zpět do hlavní fermentační nádrže, a tím její obsah promíchává. Otevírání a zavírání plynového ventilu je automatické.

Pneumatická míchadla

Vznikající plynové bubliny vzbuzují v substrátu vertikální pohyb, nikoliv však horizontální proudění.

3.9.7 Kalová koncovka bioplynové stanice

(Benda, 2012) uvádí, že výstup kalové koncovky BPS tvoří digestát. Při anaerobní fermentaci dochází k rozkladu 30 až 70 hm. % organické hmoty podle materiálových a procesních podmínek. Hlavní problém digestátu je v tom, že se zvyšuje koncentrace těžkých kovů, což může zkomplikovat jeho hnojivářské využití. Určité názory, byť ojedinelé, kritizují konverzi živin ve fermentovaném materiálu na formu těžko přístupnou rostlinám. Pokusy s aplikací surové kejdy prasat však potvrdily výhody aplikace digestátu na orné půdě.

Kalová koncovka menších bioplynových stanic může končit skladovacím zásobníkem s homogenizačním zařízením. Jestli se zásobník nachází hned za fermentorem, může zakrytí tohoto zásobníku gumotextilní fólií zvýšit produkci bioplynu o 5 až 20 %.

U větších bioplynových stanic se digestát rozděluje na tuhý podíl, ve kterém zůstává větší část organické sušiny a méně živin (dusík, fosfor, draslík), a tekutý podíl s malým zbytkovým obsahem organické sušiny a větším podílem živin (dusík, fosfor, draslík) z prvotního digestátu.

3.10 Náklady a výnosy bioplynové stanice

(Internet 5) uvádí, že náklady i výnosy související se zařízeními k výrobě bioplynu a produktů bioplynu není možné jednotně generalizovat, neboť souvisí velmi úzce s konkrétním provedením daného projektu a mnoha dalšími ovlivňujícími faktory. Můžeme o nich hovořit pouze v teoretické podobě a tím přibližněji popsat tuto oblast trhu s bioplynem.

Průměrné investiční náklady bioplynových stanic se dle literatury pohybují:

- Pro zemědělské bioplynové stanice v hodnotě přibližně 100 tis. Kč na kW instalovaného výkonu.
- Pro komunální bioplynové stanice mezi 200-250 tis. Kč na kW

(Internet 6) uvádí, že výše investičních nákladů se odvíjí od vybrané technologie k výrobě a zpracování bioplynu, konkrétní dodavatelské firmy, instalovaného výkonu a dalších faktorů. Dobrá volba technologií patří k základním pilířům provozuschopnosti a udržitelnosti bioplynové stanice. Důležitým faktorem při výběru technologie by neměla být pouze cena, ale i kvalita projevující se, jak dlouho životností zařízení, pravidelným servisem či bezpečnostními parametry tak i ideální energetickou náročností.

K nejdůležitějším položkám provozních nákladů patří náklady na suroviny k anaerobní fermentaci. Ačkoliv je efektivnější nejdříve odhadnout vlastní dostupnost vstupních surovin a poté vybrat typ a velikost zařízení k jejich zpracování, bývá postup u řady provozovatelů právě opačný.

(Internet 7) uvádí, že komunální bioplynová stanice na rozdíl od zemědělské je schopná na straně zpracovávaných vstupů generovat již příjmové položky rozpočtu. Např. příjmy z poplatků za zpracování a odvoz odpadu, které se v České republice pohybují přibližně mezi 350 až 500 Kč za jednu tunu bioodpadu, v zahraničí jsou tyto hodnoty až dvakrát vyšší.

(Internet 5) udává, že mezi provozní nákladové položky patří dále náklady na:

- Pracovní sílu (obsluha zařízení, administrativa).
- Náklady na servis a údržbu projektu, které se úměrně zvyšují se stářím a opotřebením zařízení (opravy).
- Náklady na manipulaci se vstupy nebo s digestátem.
- Náklady na monitoring vyplývající z řady zákonů (zákon o odpadech).

(Internet 5) uvádí, že největším zdrojem příjmů bioplynových stanic v České republice jsou příjmy z výroby elektrické energie v kogenerační jednotce. Příjmy za prodej elektrické energie jsou tvořeny výkupními cenami nebo tržní smluvenou cenou a zeleným bonusem. Dotované ceny neustále zvýhodňují zemědělské bioplynové stanice při obchodování s elektřinou.

(Internet 1) kategorizuje další zdroje příjmů bioplynové stanice.

Další zdroje příjmů:

- Příjmy z prodeje tepla.
- Příjmy z prodeje vzniklého digestátu.
- Příjmy z prodeje surového bioplynu.

(Internet 1) udává, že ve spojení s provozem bioplynové stanice mohou vznikat provozovatelům velké úspory. Konkrétně úspora z vlastního zásobování elektrickou energií či teplem, zda se jedná o bioplynovou stanici zemědělskou, tak i úspora hnojiv.

3.11 Veřejnost a její přístup k Bioplynovým stanicím

(Internet 1) uvádí, že neinformovanost populace vede často k mylným předpokladům a celkově špatnému vnímání obnovitelných zdrojů energie, samozřejmě se nejedná pouze o případ bioplynu. Na druhé straně otevřený přístup a informační osvěta zvyšují podporu veřejnosti a v důsledku vedou nejen ke kvalitnímu průběhu projektu a mohou vést i k zajímavé spolupráci, ku prospěchu všech zúčastněných stran (viz. obrázek č. 7 v příloze).

Bioplynová stanice je schopná nabídnout obci mnoho pozitivních přínosů a řadu možností ke spolupráci. V první řadě představuje jedinečnou příležitost jak:

- Zabezpečit obci částečnou nebo i stoprocentní energetickou soběstačnost a zároveň vytvořit pojistku proti výpadkům dodávek energií.
- Obec může prostřednictvím bioplynové stanice řešit i otázku zpracování nevyužívaných biologicky rozložitelných odpadů.
- V případě, že jsou BPS zpracovávány i zemědělské komodity, dochází při jejich odběru k podpoře zemědělců v regionu.
- Dochází k tvorbě nových pracovních míst.

4. MATERIÁL A METODIKA

Bioplynová stanice se nachází ve městě Velká Bíteš (viz. obrázek č. 3 v příloze). Velká Bíteš je město na Moravě v okrese Žďár nad Sázavou, ve východní části Českomoravské vrchoviny, přibližně 30 kilometrů od moravské metropole Brna. Město je součástí Kraje Vysočina a je jedním z mikroregionálních center.

Výstavba bioplynové stanice probíhala průběžně celý rok 2013. Výstavbu prováděla firma EnviTec (viz. obrázek č. 4 v příloze). Výstavba proběhla bez dotací z Evropské Unie. Pouze z podporovaných zdrojů energie. (Internet 8) pojem podporované zdroje energie vychází ze zákona č. 165/2012 Sb. ve zn. pozd. předp., o podporovaných zdrojích energie a změně některých zákonů. Podporovanými zdroji energie se rozumí zejména obnovitelné zdroje energie (tj. energie biomasy a bioplynu, sluneční energie). Účelem uvedeného zákona je především podpořit využití uvedených zdrojů z důvodu ochrany klimatu a životního prostředí a zajištění zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů k dosažení stanovených cílů. Energetický regulační úřad na základě uvedeného zákona stanovuje rozsah a výši podpory v cenovém rozhodnutí. Investiční náklady se vyšplhaly až na částku 73 507 539 Kč. Do zkušebního provozu byla uvedena v prosinci roku 2013 a plný provoz se datuje od ledna roku 2014.

Bioplynová stanice ve Velké Bíteši čerpá suroviny (kukuřice) z pronajatých pozemků v okolí města, které si sama obhospodařuje. Všechny suroviny jsou dováženy po příjezdové cestě nákladními auty, které jsou pronajaté ze zemědělského družstva ve Velké Bíteši. Po přivezení kukuřice se materiál ukládá do žlabu, kde se uhutní a přikryje se vzduchotěsnou fólií (viz. obrázek č. 5 v příloze)

Po proběhlé fermentaci je skladovaná siláž dopravována ze žlabu do posuvného dna. Pokud se jedná o senáž, jetel, tak tyto suroviny nejsou dopravovány do posuvného dna, ale do míchacího zařízení. Ve vertikálu se suroviny rozmělní a pokračují do disolverů.

Disolvery se zde nachází dva a vždy se střídají. Nikdy nejsou v provozu oba disolvery naráz, protože je jen jeden vstup do fermentoru. V disolverech se promíchá materiál s vodou. Jelikož má materiál vysoký obsah sušiny, je potřeba jej promíchat s vodou. Disolver se začne plnit recirkulátem do určité výšky. Po naplnění začíná proces míchání

a současně s mícháním se přidává kukuřičná siláž a po kukuřičné siláži senáž. V poslední fázi se přidává záměsová voda. Pokud je nedostatek vody a je k dispozici kejda, může být kejda nahrazena za vodu.

V další fázi probíhá neustálé míchání materiálu. Po domíchání se prostřednictvím vřetenového čerpadla odčerpá materiál do fermentoru. Ve fermentoru probíhá proces anaerobní fermentace, a to činností mikrobiálních kultur.

Po fermentačním procesu je z plynojemu kompresorem stlačován a nasáván vyprodukovaný bioplyn z fermentoru do kogenerační jednotky. Přes sérii filtrů probíhá poslední fáze čištění bioplynu.

Vyrobená elektrická energie putuje k odběru do trafostanice a z trafostanice do distribuce od firmy E.ON.

V areálu bioplynové stanice se nachází provozní budova (viz. obrázek č. 6 v příloze), vedle této budovy je prostor pro příjem a předúpravu surovin vstupujících do procesu, v budově se nachází velín, kde najdeme stolní počítač pro řízení procesu bioplynové stanice a prostor pro odpočinek obsluhy, aby si zaměstnanci v pracovní době mohli odpočinout. Na bioplynové stanici pracuje šest zaměstnanců. Zaměstnanci, kteří udržují chod bioplynové stanice, dochází na celodenní směny. Další místnost se nazývá technická místnost pro kogenerační jednotku. V další místnosti se nachází kompresor.

Konstrukce fermentoru je železobetonová. Základová deska rovněž železobetonová monolitická a stěny prefabrikované z vodotěsného železobetonu, vodotěsné provedení, po obvodu tepelně izolováno s rozvody tepla prostřednictvím topného potrubí z polypropylenu, zastropeno z celé části pomocí snáze demontovatelného střešního pláště tvořeného pogumovanou textilí.

Průměr fermentoru:	30,36 m
Výška betonových segmentů:	8,0 m
Objem celkový:	5 790 m ³
Objem účinný:	5 200 m ³
Doba zdržení ve fermentoru:	79 dní
Celkový vývin bioplynu:	3 784 809 m ³

Fermentory a nádrže na digestát jsou mezi sebou propojeny tlakovým potrubím přes přečerpávací zařízení. Dopravuje-li se fermentovaný substrát do fermentoru ze směšovacího zásobníku v technické budově, odtéká přepadovým potrubím stejné množství do nádrže a odtud se přečerpává do nádrže na digestát či do separátoru.

Pro eliminaci plovoucích vrstev, pro homogenizaci substrátu a jeho míchání jsou fermentory vybaveny přestavitelnými ponornými motorovými míchadly (lodní šrouby). Ta také zjišťují, že i při vysokém obsahu sušiny lze obsah fermentorů čerpat a dopravovat potrubím.

Fermentor sestává z následujících částí a zařízení. Plynotěsná fólie z PVC s plynotěsnými průleznými otvory. Při demontáži míchacích agregátů se plynotěsná fólie ponoří pod hladinu kapaliny, takže bude chráněn obsah zásobníku. Zvedací zařízení pro míchací zařízení v plynovém zásobníku vyrobené kompletně z antikorozi oceli, aby bylo možné při provádění údržby zvedat agregát z fermentačního zásobníku. Obložení profilovaným, hliníkovým plechem proti povětrnostním vlivům se standardní barvou zelenou.

Surový plyn se kontrolovaným přidáváním vzduchu do prostoru s plynem odsiřuje a po vysušení kondenzací vodní páry se přivádí k energetickému využití v kogenerační jednotce. Vzdušné smíšené kultury bakterií způsobují vysrážení elementární síry a síranu oxidací sirovodíku. Kondenzát vznikající při vysoušení plynu se bez zbytků přivádí zpět do anaerobního procesu.

Dále se v procesu nachází dvě vřetenová čerpadla. Jedno čerpadlo je od firmy Sepex BN 70-12. Druhé čerpadlo je od firmy Wangen. Obě čerpadla mají stejný výkon. Na začátku provozu byly dvě čerpadla značky Sepex. Postupně oba odešly. To první se vyměnilo za čerpadlo značky Wangen, protože bylo levnější a lépe dostupné. Bylo mi řečeno, že nejradši by na bioplynové stanici měli obě čerpadla značky Wangen, ale to bohužel není možné kvůli uspořádání v místnosti, kde se čerpadla nachází. Obě dvě čerpadla značky Wangen by se tam totiž nevešly.

Konstrukce separátoru: ocelový typový prvek namontovaný na ocelovou konstrukci, která je uložena na železobetonové monolitické konstrukci. Pod železobetonovou konstrukcí je podloží, které je mrazu odolné, aby nedošlo k posunu celé konstrukce. Celková kapacita separátoru je $10 \text{ m}^3 / \text{h}$.

Separátor sloužící pro odseparování dvou částí zfermentovaného substrátu či recirkulátu. Jedná se především o pevnou a kapalnou složku. Šnekový tlakový separátor je vybaven násypkou, do které se přivádí zfermentovaný substrát nebo recirkulát. Odseparovaná pevná složka je přechodně uskladněna na nepropustné zpevněné ploše a lze dále využít pro zemědělské účely.

Odpadní voda je uchovávána dočasně v betonové jímce umístěné vedle separátoru a následně se čerpá do nádrží na digestát nebo v případě separace recirkulátu v nádrži na zbytkovou o objemu 12,5 m³. Tato voda se pak následně využívá zpět do procesu pro ředění vstupních materiálů.

Jímka na kejdu má kapacitu 210 m³. Jímka se zřizuje z důvodu nestabilního přívodu kejdy do procesu bioplynové stanice o nestabilní sušině. Jímka slouží jako přečerpávací jímka, kde probíhá ředění kejdy tak, aby bylo možné tuto jímku připojit do procesu bioplynové stanice se stejným příivodem kejdy o konstantních parametrech. Jímka je provedena ve tvaru kruhovém. Její stěny jsou ŽB monolitické. Je opatřena kontrolním systémem proti úniku odpadních vod do podzemních vod.

Do jímky je pomocí plastového podzemního potrubí přiváděna kejda nestejnoroďé konzistence (6% až 13% sušina). V této jímce se ředí kejda na vlastnosti vhodné pro vstup do bioplynové stanice (cca 10% sušina) tak aby bioplynová stanice mohla automaticky přijímat tuto kejdu do procesu.

Od plynojemu umístěného nad vlastní nádrží fermentoru vede podzemní plynovod ke kogenerační jednotce. Podzemním plynovodem je propojen plynajem se zařízením na likvidaci přebytkového plynu – nouzovým hořákem – tzv. flérou. Vlastní spalování bioplynu je také chráněno pomocí autorizovaného zařízení, které kontroluje kvalitativně a kvantitativně spalovaný plyn. Fléra je umístěna ve vzdálenosti 15 metrů od ostatních nadzemních objektů.

V areálu je vybudovaná trafostanice, která se nachází v těsném sousedství technické budovy. Jedná se o nadzemní trafostanici, která je samostatným objektem. Vlastní připojení vychází z připojovacích podmínek E.ON Distribuce s.r.o.

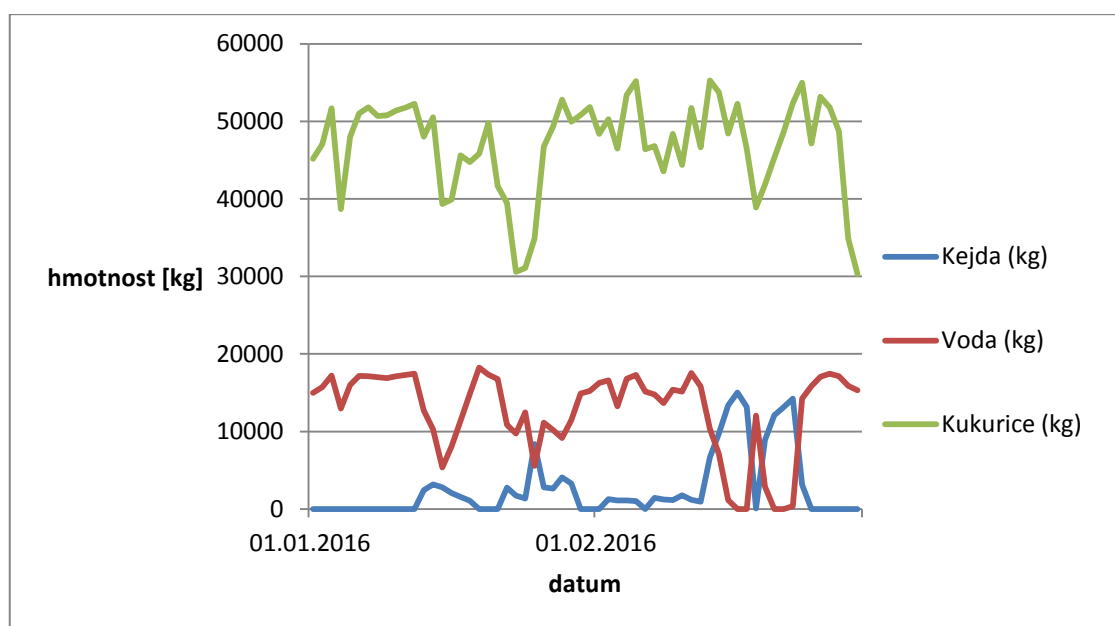
Co se týče přístupových komunikací, tak dopravně je areál bioplynové stanice obsluhován ze stávající komunikace v ulici Tišnovská. V zemědělském areálu se nachází

zpevněná komunikace, která se využívá pro dovoz spotřebních surovin. Kapacita příle-
hajících komunikací je dostačující a není nutno ji v souvislosti s realizací záměru zvy-
šovat.

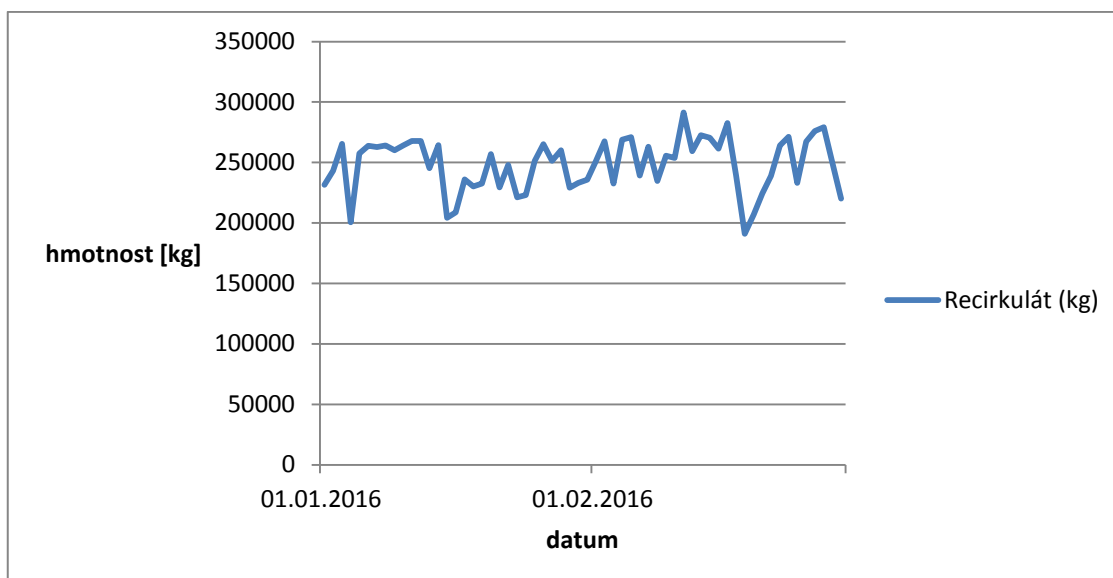
Na základě terénního šetření jsem získal informace a zaměřil jsem se na cíle, jenž
jsem si stanovil v části cíl práce. Postupným nahlížením do chodu bioplynové stanice,
což zahrnovalo aktivity jako několik hodin strávených se zaměstnancem bioplynové
stanice, který dohlíží na bezproblémový chod zařízení nebo konzultace s vedením bio-
plynové stanice jsem získával širší spektrum vědomostí o fungování bioplynové stanice,
které jsem se snažil popsat v části materiál a metodika.

5. VÝSLEDKY A DISKUZE

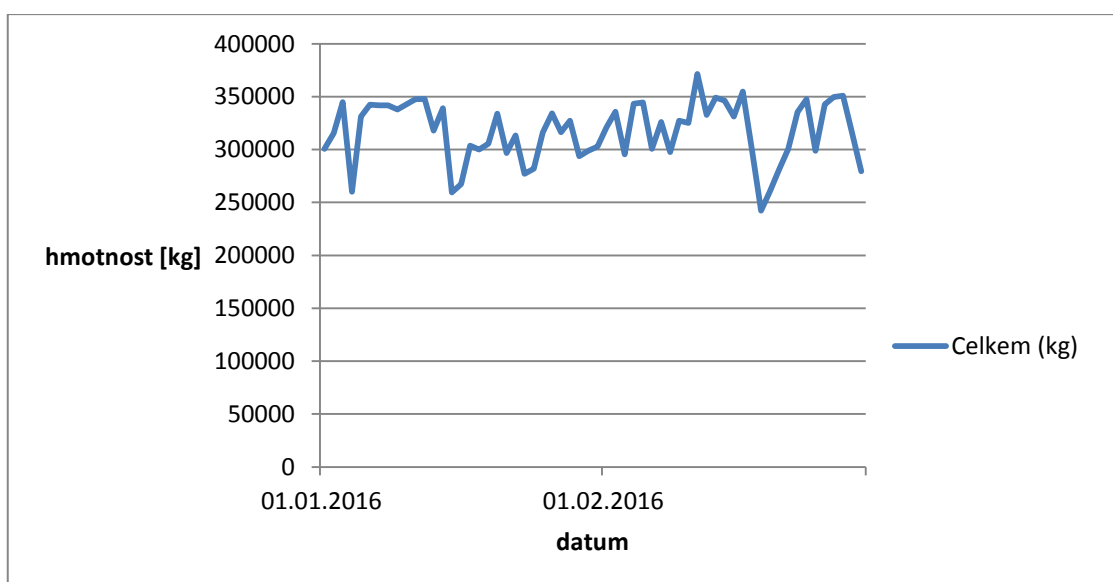
V této části práce jsem z poskytnutých materiálů a naměřených dat od vedení bioplynové stanice vytvořil grafické zobrazení jako spotřeby surovin, tak i množství vyrobené energie a plynu. Z poskytnutých dat jsem vyhledal nejdelší zaznamenané odstávky hořáku zbytkového plynu v každém roce. Zaznamenal jsem i nejdelší přerušení provozu kogenerační jednotky. Jako poslední jsem spočítal množství H_2S vyskytujícího se v bioplynu.



Na grafu č. 1, jenž znázorňuje spotřebu surovin (kukuřice, kejda, voda) bioplynové stanice za první dva měsíce v roce 2016 můžeme vidět, že nejvíce spotřebovávanou surovinou je bezesporu kukuřice, kejda se začala více dovážet až na konci druhého měsíce. Jak je patrné u kukuřice, maximální spotřeba byla dne 5. 2. 2016 a to 55 182 kg. U kejdy byla maximální spotřeba dne 16. 2. 2016 a to 15 034 kg. Co se týká vody, tak maximální spotřeba byla dne 19. 1. 2016 a to 18 256 kg. Nevyrovnaná spotřeba vody je ovlivněna faktem, že v bioplynové stanici se nachází vrt a občas se stane, že voda dojde. Zvláště v letních měsících pokud dlouhou dobu neprší. V takové situaci se musí stáhnout množství vody a nahradí se kejdou, což je vidět i v hodnotách, které ukazuje graf.

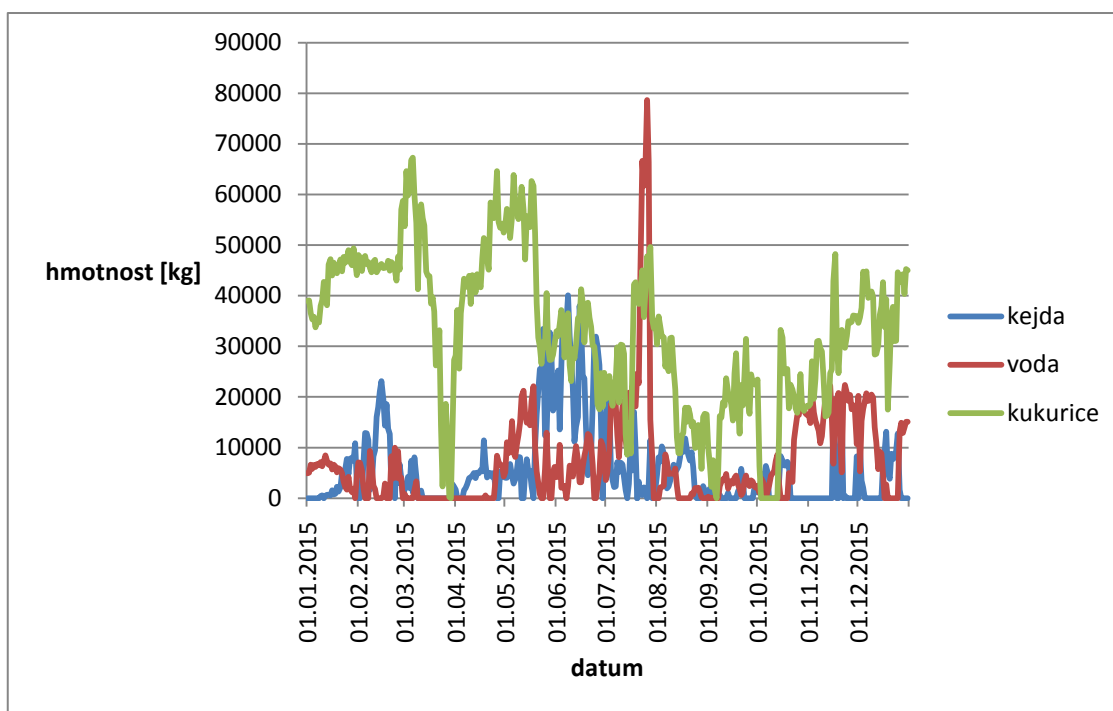


Na grafu č. 2 vidíme spotřebu recirkulátu v lednu a únoru roku 2016. Hmotnost recirkulátu se v začátku roku 2016 extrémně nelišila. Největší výkyv byl zaznamenán dne 18. 2. 2016 z důvodu vyvážení koncového skladu. Aby ho nezatížili, tak museli snížit objem krmení, aby stačila kapacita koncového skladu k nejbližšímu možnému odčerpání. Jinak se hodnota pohybovala neustále kolem 250 000 kg. Maximální spotřeba byla dne 11. 2. 2016, hodnota spotřebovaného materiálu byla 291 240 kg.



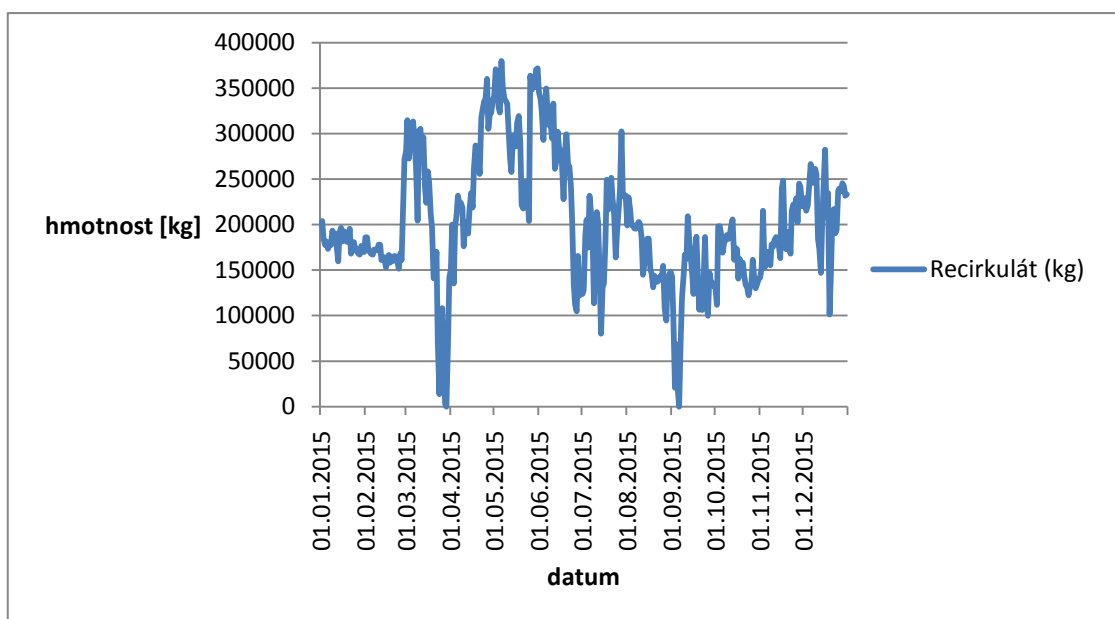
Graf č. 3, který znázorňuje celkovou spotřebu kejdy, vody, kukuřice, recirkulátu a vertikálního mixéru za leden a únor v roce 2016. V celkové spotřebě roku 2016 se objevil pouze jeden výraznější výkyv, opět dne 18. 2. 2016, což bylo opět důsledkem

vyvážení koncového skladu. Jinak se celková spotřeba pohybovala mezi 300 000 – 350 000 kg. Maximální spotřeba byla dne 11. 2. 2016 a to 371 318 kg.

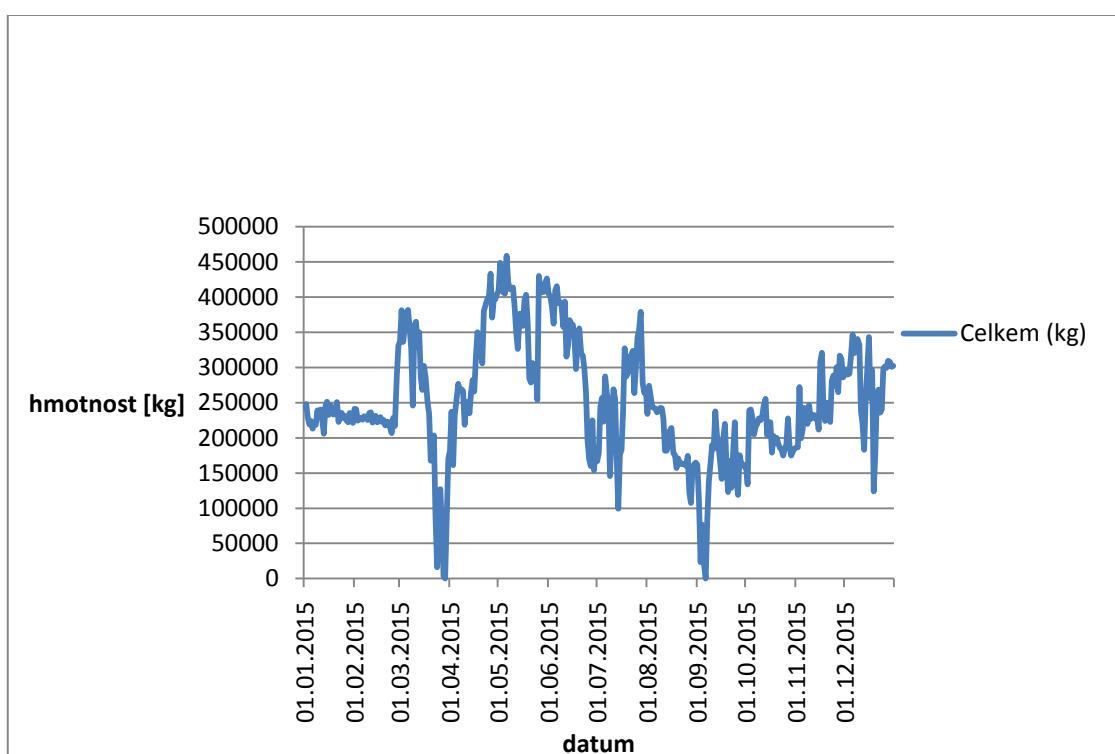


Graf č. 4, jenž znázorňuje spotřebu keжды, vody a kukuřice za rok 2015. V roce 2015 opět dominuje spotřeba kukuřice, která byla nejvíce spotřebovávána začátkem roku. Od června spotřeba klesla o necelou polovinu. Přes letní měsíce se keжда dostala na první místo ve spotřebě, ale s koncem léta opět přišel nástup kukuřice, jenž vydržel až do konce roku. Spotřeba vody se extrémně nelišila po dobu celého roku, až na 26. 7. 2015, kdy nebylo možné využívat keжду ve velkém množství. Tudíž se musela nahradit vodou.

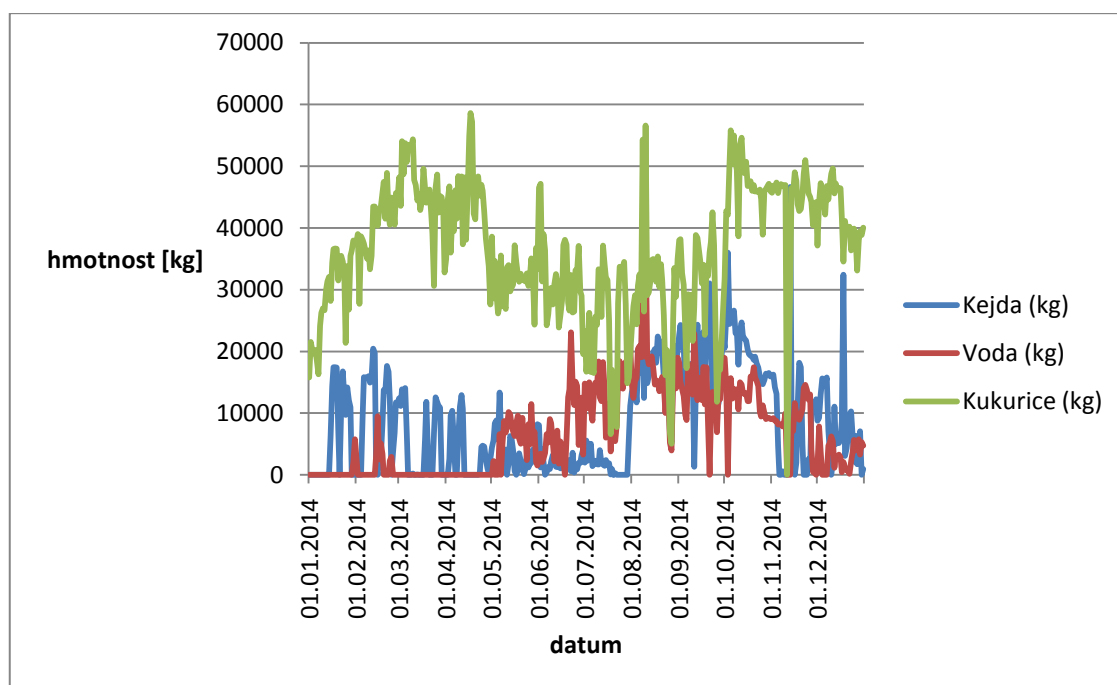
Maximální spotřeba kukuřice za rok 2015 byla dne 6. 3. 2016, její hodnota byla 67 240 kg za den. V prvních čtyřech měsících se kukuřice používala ve velkém množství z důvodu malého množství jak keжды, tak vody. U keжды vidíme maximální spotřebu v měsíci červnu, konkrétně 8. 6. 2016 a to 40 068 kilogramů za den. Spotřeba vody v celém roce neměla extrémní výkyvy až na přelom července a srpna, kde bylo naměřeno maximum dne 26. 7. 2016. Spotřeba dosahovala až 78 640 kilogramů za den.



Graf č. 5, jenž znázorňuje spotřebu recirkulátu za rok 2015. Hodnota recirkulátu v roce 2015 byla celkem proměnlivá, v prvních dvou měsících můžeme vidět docela konstantní průběh. Od března do konce června vykazovaly hodnoty recirkulátu velké výkyvy. Přes letní termín se však ustálily a do konce roku se mírně navyšovaly. Maximální spotřeba recirkulátu byla naměřena dne 6. 5. 2016 a to 379 688 kg.

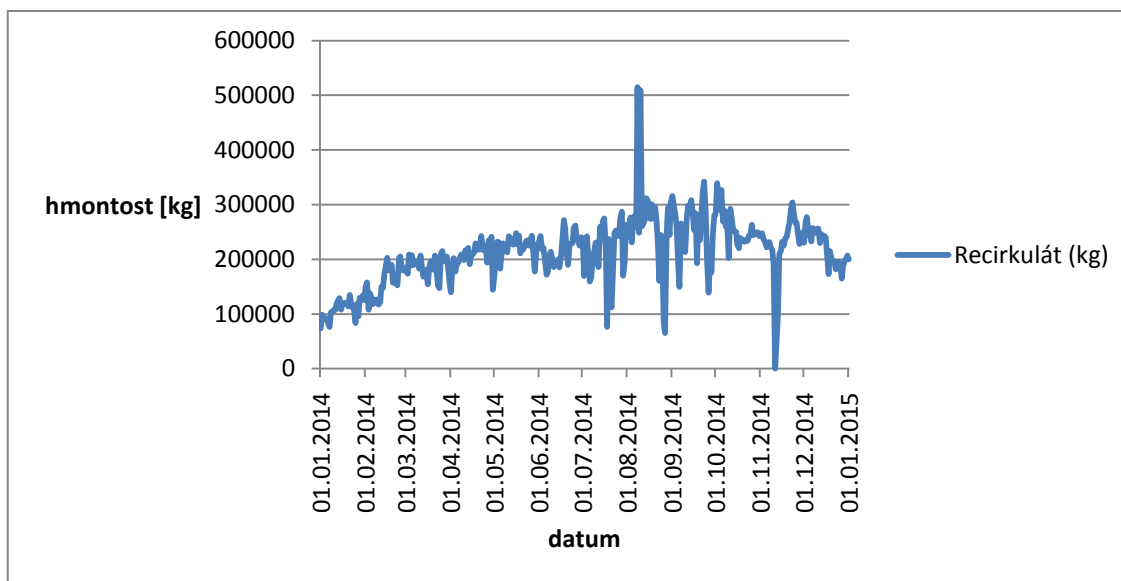


Graf č. 6, který znázorňuje celkovou spotřebu kejdy, vody, kukuřice, recirkulátu a vertikálního mixéru za rok 2015. Celková spotřeba kejdy, vody, kukuřice, recirkulátu a vertikálního mixéru za rok 2015 se průměrně pohybovala kolem 250 000 kilogramů na den. Největší pokles byl zaznamenán na konci měsíce března a na začátku září oba dva poklesy mělo za následek ucpání šnekového dopravníku. Největší spotřebu bioplynové stanice vykazuje na přelomu května a června. V grafu také vidíme, že první polovina roku byla náročnější na spotřebu než druhá polovina roku. Denní maximální spotřeba byla naměřena dne 6. 5. 2015 a to 458 454 kg.

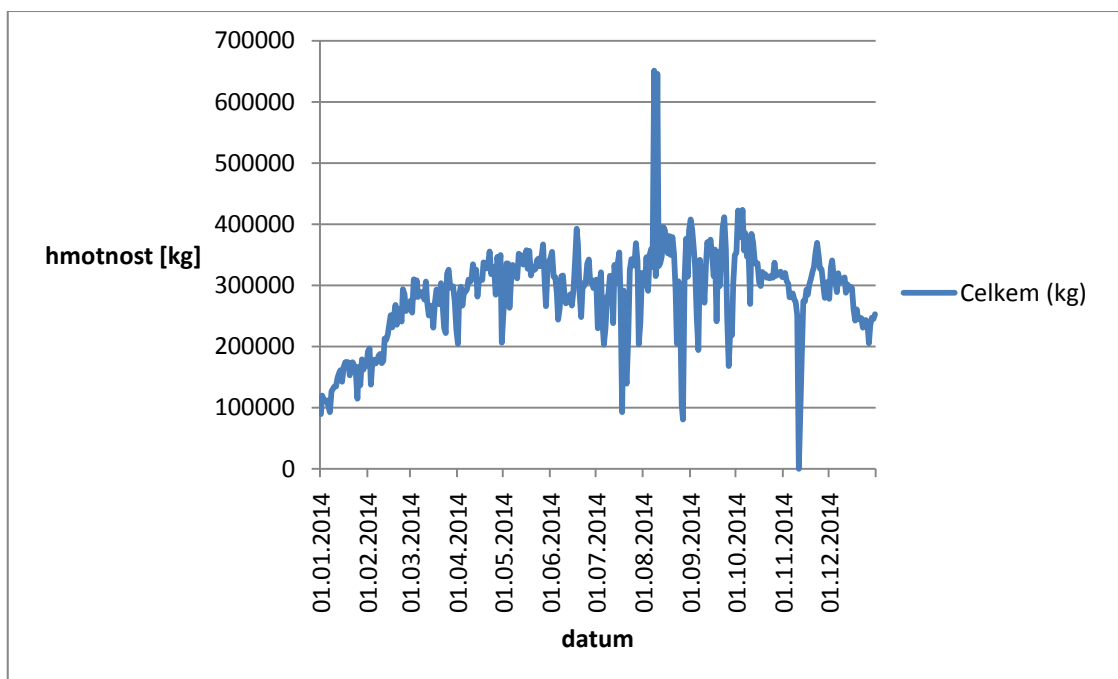


Graf č. 7, jenž znázorňuje spotřebu vody, kukuřice a kejdy v roce 2014. V roce 2014 byla opět nejvíce spotřebovávanou surovinou kukuřice. Roční spotřeba se pohybovala kolem 30 000 až 40 000 kilogramů denně. Největší spotřeba kukuřice byla v prvních a posledních čtyřech měsících v roce. V prostřední části roku její spotřeba mírně klesla. To mělo za důsledek zvýšení spotřeby kejdy, pro niž byla prostřední část roku nejlepší, co se týče spotřeby. Voda se v období od ledna do konce dubna používala jen zřídka. Od května začala spotřeba vody mírně vzrůstat až do srpna. Zvýšená spotřeba vody byla dána vysokými teplotami a malým množstvím srážek. Maximální denní spotřeba kukuřice za rok 2014 byla dne 17. 4. 2014, její hodnota byla 58 614 kg. U kejdy byla největší

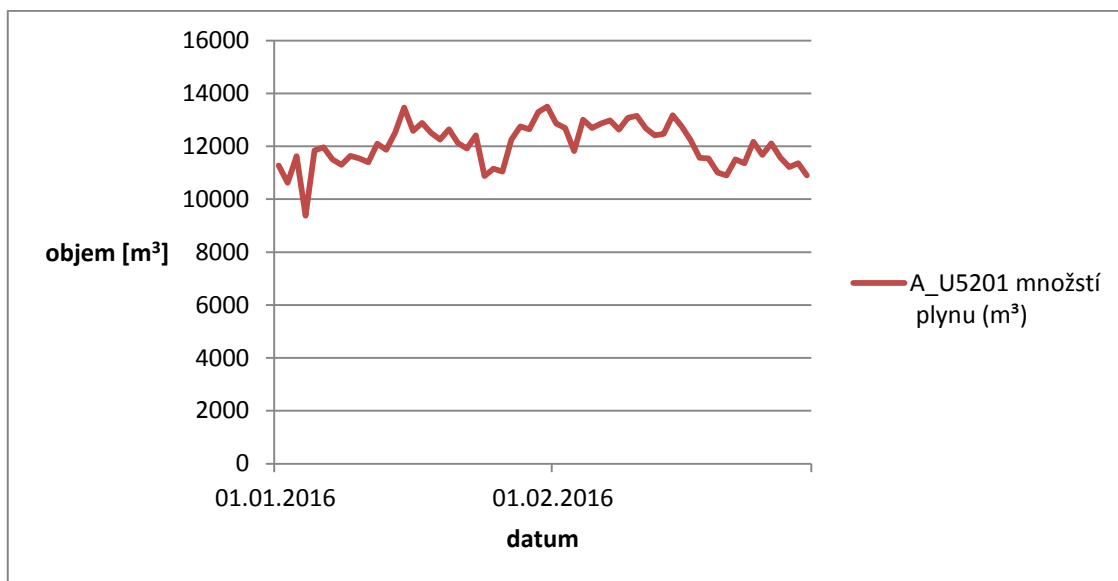
spotřeba na přelomu září a října, největší naměřená hodnota byla dne 3. 10. 2014 a to 36 012 kg. Dne 11. 11. 2014 vypadlo zaznamenávací zařízení.



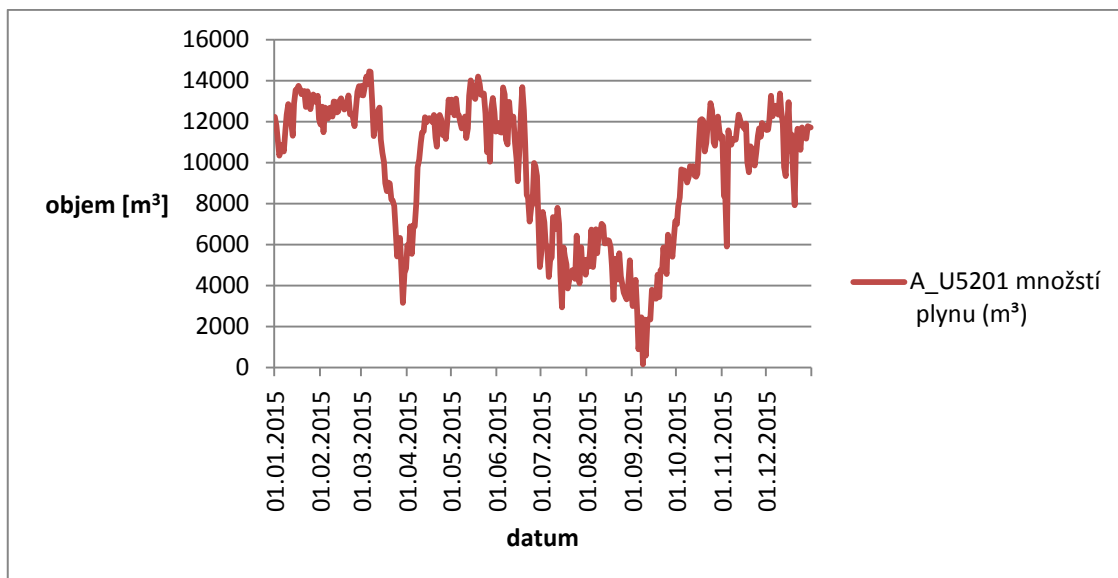
Graf č. 8, znázorňující spotřebu recirkulátu v roce 2014. Spotřeba recirkulátu v roce 2014 mírně vzrůstala od začátku roku. Během celého roku byly hodnoty vcelku neměnné a pohybovaly se v rozmezí od 10 000 do 30 000 kilogramů denně. Největší spotřeba byla zaznamenána dne 8. 8. 2014, její hodnota byla 514 972 kg denně. 11. 11. 2014 vypadlo zaznamenávací zařízení.



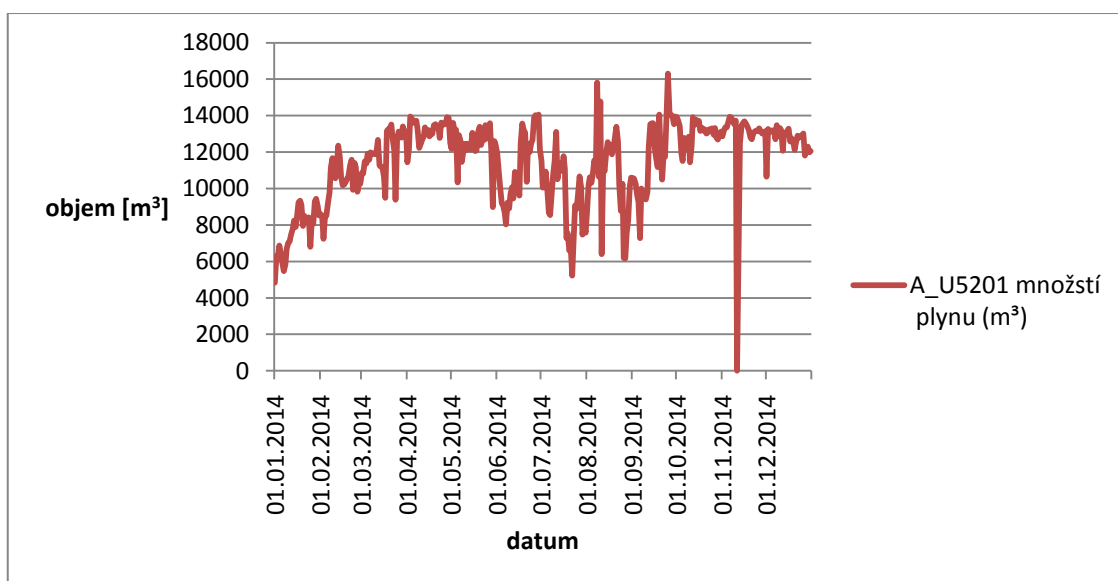
Graf č. 9, který znázorňuje celkovou spotřebu kejdy, vody, kukuřice, recirkulátu a vertikálního mixéru za rok 2014. Celková spotřeba v roce 2014 vzrůstala s postupem roku. V první polovině roku můžeme vidět menší spotřebu než ve druhé polovině roku. Jinak se celková spotřeba v průběhu celého roku pohybovala okolo 30 000 kilogramů denně. Maximální spotřeba roku byla zaznamenána dne 8. 8. 2014 a to 651 080 kg. Dne 11. 11. 2014 byl výpadek zaznamenávacího zařízení.



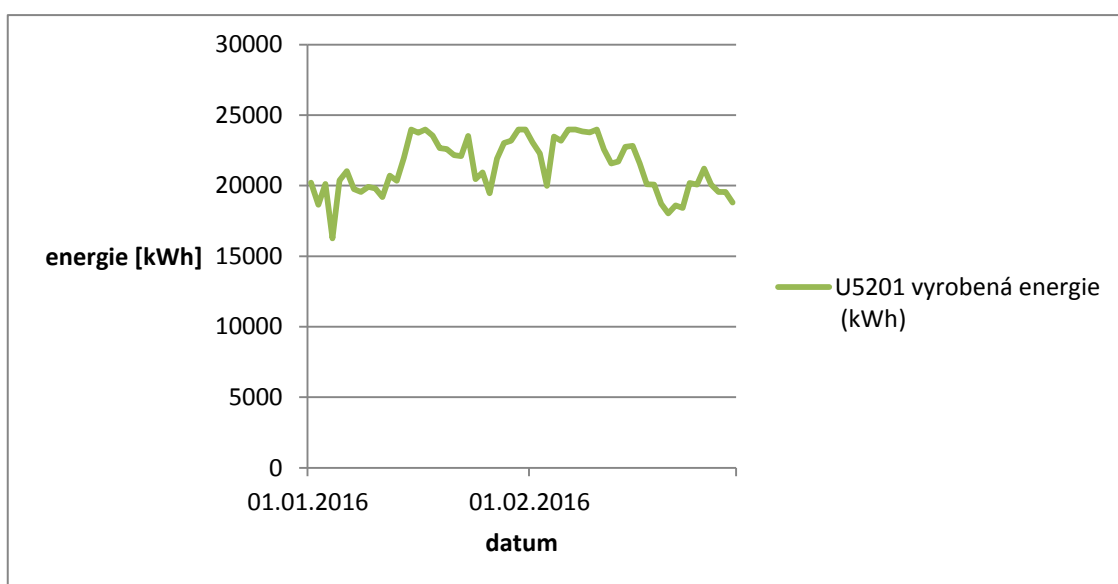
Graf č. 10, znázorňující množství vyrobeného plynu za leden a únor v roce 2016. Množství vyrobeného plynu za první dva měsíce se obešlo bez výraznějších výkyvů. Maximální hodnota byla naměřena dne 14. 2. 2016 a to 13 180 m³ za den. Nejmenší hodnota byla naměřena dne 4. 1. 2016, kdy hodnota vyrobeného plynu za den klesla na 9 371 m³ denně.



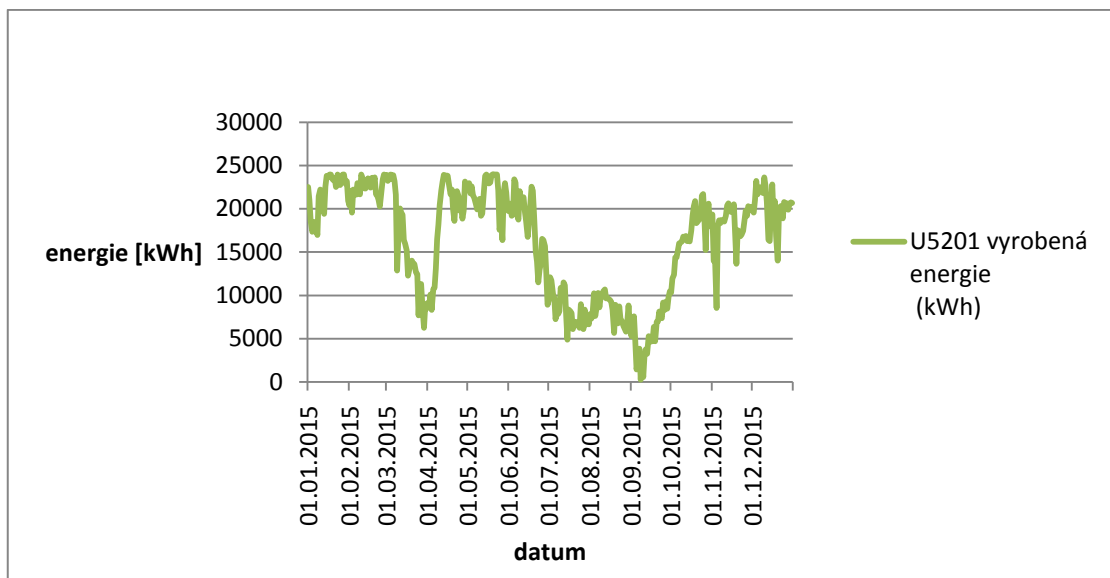
Graf č. 11, jenž znázorňuje množství vyrobeného plynu v roce 2015. Množství vyrobeného plynu v roce 2015 bylo velmi střídavé. První polovina roku byla úspěšnější než druhá. Maximální hodnota byla naměřena dne 6. 3. 2015, kdy byla naměřena hodnota 14 446 m³. Minimální hodnota byla naměřena dne 8. 9. 2015 a to pouhých 167 m³ denně. Důsledkem velkého poklesu výroby plynu v období měsíců srpna a září byla náhrada kukuřice za čirok a senáž. Z důvodu biologie se muselo začít ředit vodou, protože ve fermentoru bylo vyšší množství amoniakálního dusíku. Čirok, který byl rozmíchaný v hustém materiálu, tak tím, že se k surovině nalilo hodně vody, tak začal vyplouvat na hladinu. Na hladině se vytvořila krusta, která se obtížně rozmíchávala, a způsobilo to snížení produkce bioplynu.



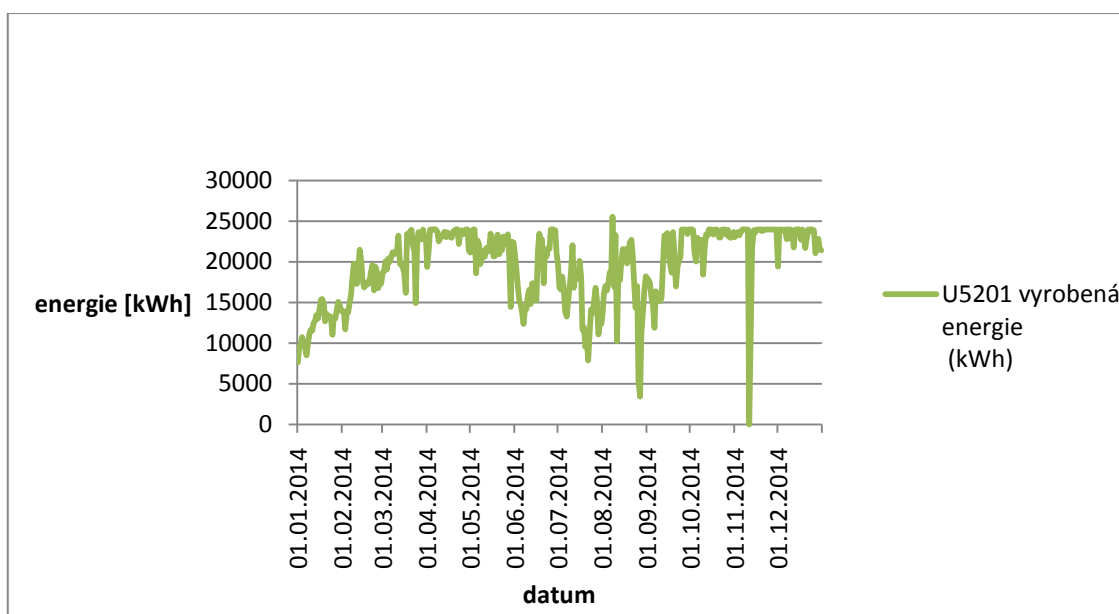
Graf č. 12, který znázorňuje množství vyrobeného plynu v roce 2014. V roce 2014 bylo množství vyrobeného plynu podstatně vyrovnanější než v roce 2015. Začátkem roku hodnota vyrobeného plynu byla menší, ale to bylo z důvodu začátku provozu bioplynové stanice. Postupem času se výroba zvedala, až se dostala na průměrnou hodnotu. Přesto byl druhý půlrok úspěšnější než první. Maximální hodnota byla naměřena dne 25. 9. 2014 a to 16 304 m³ za den. Nejmenší hodnota byla naměřena dne 22. 7. 2014 a to 5 221 m³ denně. Dne 11. 11. 2014 byla porucha zaznamenávacího zařízení.



Graf č. 13, jenž znázorňuje množství vyrobené energie v lednu a únoru roku 2016. V počátku roku 2016 se množství vyrobené energie nijak extrémně nelišilo. Kromě pár dnů se pohybovalo v rozmezí od 20 000 do 25 000 kWh za den. Maximální hodnota byla naměřena dne 15. 1. 2016 a to 23 980 kWh denně.



Graf č. 14, jenž znázorňuje množství vyrobené energie v roce 2015. Množství vyrobené energie v roce 2015 bylo velmi střídavé. První polovina roku byla úspěšnější než druhá. Maximální hodnota byla naměřena dne 4. 3. 2015, kdy byla naměřena hodnota 23 980 kWh. Minimální hodnota byla naměřena dne 8. 9. 2015 a to pouhých 260 kWh denně. Důsledkem velkého poklesu výroby energie v období měsíců srpna a září byla náhrada kukuřice za čirok a senáž. Z důvodu biologie se muselo začít ředit vodou, protože ve fermentoru bylo vyšší množství amoniakálního dusíku. Čirok, který byl rozmíchaný v hustém materiálu, tak tím, že se k surovině nalilo hodně vody, tak začal vyplouvat na hladinu. Na hladině se vytvořila krusta, která se obtížně rozmíchávala, a způsobilo to snížení produkce energie.



Graf č. 15, jenž znázorňuje množství vyrobené energie v roce 2014. V roce 2014 bylo množství vyrobené energie podstatně vyrovnanější než v roce 2015. Začátkem roku hodnota vyrobené energie byla menší, ale to bylo z důvodu začátku provozu bioplynové stanice. Postupem času se výroba zvedala, až se dostala na průměrnou hodnotu. Přesto byl druhý půlrok úspěšnější než první. Maximální hodnota byla naměřena dne 8. 8. 2014 a to 25 520 kWh za den. Nejmenší hodnota byla naměřena dne 27. 8. 2014 a to 3 420 kWh denně. Dne 11. 11. 2014 byla porucha zaznamenávacího zařízení.

5.1 Zaznamenané odstávky vybraných zařízení bioplynové stanice v letech 2014, 2015, 2016

5.1.1 Hořák zbytkového plynu

Flóra se cvičně spouští každé pondělí. Nebo se spouští když je nadbytek plynu a velký tlak ve fermentoru.

Rok 2014

Nejdelší 27. 8. - 08:04. Důvodem byl havarijní stav, dočasný výpadek elektřiny.

Rok 2015

Nejdelší 9. 3. - 07:38. Důvodem byl nadbytek plynu a velký tlak ve fermentoru.

Rok 2016

Nejdelší 3. 2. - 01:41. Důvodem byl nadbytek plynu a velký tlak ve fermentoru.

5.1.2 Kogenerační jednotka

Odstavení kogenerační jednotky, když je nízký tlak ve fermentoru, tak se motor vypne nebo může být důvodem servisní prohlídka. Další možností je, že se kogenerační jednotka odstaví z důvodu nízké koncentrace metanu.

Rok 2014

Nejnižší 27. 8. - 04:03. Důvodem byla nízká koncentrace metanu.

Rok 2015

Nejnižší 8. 9. - 00:26. Důvodem byl nízký tlak ve fermentoru.

Rok 2016

Nejnižší 4. 1. - 18:32. Důvodem byla porucha ventilu V220210, ventil se nemohl zavřít.

5.2 Množství H₂S v plynu

Čím menší množství Síry se nachází v plynu, tím je plyn kvalitnější. H₂S nadělavá nepříjemnosti v technice bioplynové stanice například tím, že zasiřuje motor, také zanáší cesty vedoucí k motoru. H₂S se začne usazovat ve fermentoru, posléze začnou vznikat usazeniny.

Z dat poskytnutých z bioplynové stanice jsem spočítal průměrné množství H₂S ve složení bioplynu. Průměr je počítán za měsíc leden v roce 2016, aby byly data co nejnovější a nejobektivnější.

Spočítal jsem, že měsíční průměr je 718 ppm. Nejlepší den byl desátý leden, kde bylo naměřeno pouhých 261 ppm. Nejhorší den byl třicátý leden, kdy bylo naměřeno 2 635 ppm.

Nadměrné množství H₂S ve složení bioplynu může mít nepříjemné až destruktivní účinky na chod bioplynové stanice. Například může krystalizovat na stěnách válce, zhoršení funkce motoru, motor může mít tendenci se zadírat.

6. DISKUZE

V bioplynové stanici ve Velké Bíteši se velmi často setkávali se stížnostmi na velký zápach v okolí bioplynové stanice. U mnohých lidí to vyvolalo negativní pocity a přístup k bioplynovým stanicím celkově. Majitelé bioplynové stanice se tento problém snažili intenzivně řešit v průběhu druhé poloviny minulého roku a učinili opatření v podobě zastřešení koncového skladu. Osobně bych navrhnul i investici do biofiltru, jenž by zbavil bioplynovou stanici zápachu s mnohem větší účinností než zastřešení koncového skladu.

Dalším problémem je velké množství síry nacházející se v produkovaném bioplynu, což má negativní vliv jak na kvalitu bioplynu, tak zároveň poškozují technologické vybavení bioplynové stanice. Ve srovnání s bakalářskou prací (Bušová, 2015), která analyzovala vybranou bioplynovou stanici jsem zjistil, že nadměrný výskyt H_2S může vznikat při výrobě bioplynu z granulí určených pro krmení psů a poškozovat Kogenerační jednotku. Tento problém se řeší vháněním malého množství vzduchu do fermentoru a filtrem z aktivního uhlí.

Při dalším srovnání s diplomovou prací (Vogeltanz, 2015), která se zabývala možnostmi využití vybraných materiálů pro výrobu bioplynu jsem zjistil, že při porovnání dvou odrůd vína (Zweigeltrebe a Veltlínské zelené) v zastoupení sirovodíku v bioplynu je kvalitnější odrůda Zweigeltrebe, jenž vykazuje větší hodnoty. Maximální hodnota byla naměřena 430 ppm. Což zdaleka nedosahuje ani průměrné hodnoty v bioplynové stanici, kterou analyzuji v mé práci.

Nevyrovnaná spotřeba vody je jeden z dalších problémů v chodu bioplynové stanice. Na území se nachází pouze jeden vrt, který v letních měsících při velkých teplotách a suchých obdobích nestíhá zásobovat bioplynovou stanici dostatečným množstvím vody.

Doporučoval bych se informovat o stavu podzemní vody v okolí bioplynové stanice a zainvestovat do výstavby minimálně jednoho dalšího vrtu, jenž by výrazně ustálil spotřebu vody a ušetřil mnoho starostí majitelům bioplynové stanice.

Výrazným nedostatkem je fakt, že bioplynová stanice absolutně nevyužívá teplo vzniklé při výrobě bioplynu. Spotřeba tepla na technologické procesy zahrnuje ohřev

substrátu a krytí tepelných ztrát pláštěm fermentoru. Jedním z příkladů fungujícího systému zásobování teplem z bioplynové stanice je vytápění sídliště v Jaroměři. Provozovatel bioplynové stanice o výkonu 1,4 MW vybudoval teplovod o délce zhruba 2 km. Sídliště spotřebuje okolo 20 000 GJ tepla ročně. Téměř veškerou tuto potřebu pokrývá teplo z bioplynové stanice, původní plynové kotle jsou uchovány jako rezerva a je uchován doplňkový zdroj v případě extrémních mrazů.

7. ZÁVĚR

Budoucí vývoj bioplynových stanic bude záviset na velkém množství faktorů. Od nastavení finanční podpory přes vývoj techniky, cenové politiky až po přeměny legislativy. Významnou roli bude hrát i globální pohled populace k obnovitelné energii.

Když srovnáme bioplynovou stanici se solárními elektrárnami a větrnými elektrárnami má určité výhody. Mezi hlavní výhody jistě patří stabilní výkon a regulovatelnost a proto při náhlé změně počasí nemůže nastat problém jako u solárních nebo větrných elektráren, že dojde k výrobě velkého množství nadbytečného výkonu dodaného do elektrické sítě.

V bakalářské práci jsem analyzoval bioplynovou stanici ve Velké Bíteši. Bioplynová stanice vyrobila za rok 2015 celkem 5 964 280 kWh energie. V roce 2014 byla výroba energie vyšší a to 7 139 700 kWh za rok. Co se týče spotřeby surovin za určitý rok, tak v roce 2014 bylo spotřebováno celkem 103 793 124 kg. Následující rok spotřeba mírně klesla na hodnotu 92 389 798 kg.

Nacházíme se v období, kdy si člověk neumí představit ani jediný den bez použití elektrické energie. Elektrická energie je všude kolem nás, neustále nás obklopuje. Proto si myslím, že alternativní zdroje energie budou jednou z mála ekologicky šetrných variant na výrobu elektrické energie. Lidé se začnou o tuto problematiku více zajímat a popularita bioplynových stanic poroste.

8. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

BENDA, Vítězslav. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-48-9.

BUŠOVÁ, Ema. *Analýza vybrané bioplynové stanice*. V Brně: Mendelova univerzita v Brně, 2015, 34 s.

CENEK, Miroslav. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: FCC Public, 2001. ISBN 80-901985-8-9.

JUNGA, Petr, Tomáš VÍTĚZ a Petr TRÁVNÍČEK. *Technika pro zpracování odpadů*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-208-3.

KOCIÁN, Oldřich. Bioplyn jako alternativní zdroj energie. [s.l.], 2007. 25 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lucie Houdková.

SCHULZ, Heinz a Barbara EDER. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004. ISBN 80-86167-21-6.

VOGELTANZ, Jan. *Možnosti využití vybraných materiálů pro výrobu bioplynu*. V Brně: Mendelova univerzita v Brně, 2015, 46 s.

8.1 Internetové zdroje

Internet 1 - *Biom.cz* [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/bioplyn_jako_alternativni_zdroj_energie_v_cr.pdf

Internet 2 - [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: Dohányos, M. Faktory ovlivňující provoz bioplynových stanic – konference Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR po vstupu do EU, Třeboň, 2004

Internet 3 - Ministerstvo zemědělství: Desatero bioplynových stanic. Biom. cz [online]. 2007/07/16 [cit. 2016/3/23]. Dostupný z WWW: <http://www.mze.cz/UserFiles/File/EAFRD/Desatero.pdf>

Internet 4 - *Bioplynovestanice.cz: Provoz* [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/provoz/>

Internet 5 - ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD – SEKCE REGULACE ODBOR TEPLÁRENSTVÍ. Vyhodnocení cen tepelné energie k 1.lednu 2010. online . 10.2010 [cit. 2016-03-21] . Dostupný na WWW: http://www.eru.cz/user_data/files/Statistika%20teplo/vyhodnoceni%20cen/Vyhodnoceni_cen_TEk_1_1_2010.pdf

Internet 6 - HRŮZA, R., STOBER, K. Co ovlivňuje efektivitu provozu bioplynové stanice. Biom.cz [online]. 01.04.2009 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-ovlivnuje-efektivitu-provozu-bioplynove-stanice>

Internet 7 - DVOŘÁČEK, T. Ekonomika bioplynových stanic pro zpracování BRO. Biom.cz [online]. 19.07.2010 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z WWW:<http://biom.cz/cz/odborne-clnaky/ekonomika-bioplynovych-stanic-pro-zpracovani-bro>

Internet 8 - *Eru.cz* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462902/metodika_165_2012.pdf/5d64411c-d005-4a4e-830a-fd2846254710

9. SEZNAM GRAFŮ A OBRÁZKŮ

Graf č. 1 - Spotřeba surovin (kejdy, kukuřice, vody) bioplynové stanice za první dva měsíce v roce 2016.

Graf č. 2 - Spotřeba recirkulátu za první dva měsíce v roce 2016.

Graf č. 3 - Spotřeba kejdy, vody, kukuřice, recirkulátu a vertikálního mixéru za leden a únor v roce 2016.

Graf č. 4 - Spotřeba surovin (kejdy, kukuřice, vody) bioplynové stanice za rok 2015.

Graf č. 5 - Spotřeba recirkulátu za rok 2015.

Graf č. 6 - Spotřeba kejdy, vody, kukuřice, recirkulátu a vertikálního mixéru za rok 2015.

Graf č. 7 - Spotřeba surovin (kejdy, kukuřice, vody) bioplynové stanice za rok 2014.

Graf č. 8 - Spotřeba recirkulátu za rok 2014.

Graf č. 9 - Spotřeba kejdy, vody, kukuřice, recirkulátu a vertikálního mixéru za rok 2014.

Graf č. 10 – Množství vyrobeného plynu za leden a únor v roce 2016.

Graf č. 11 – Množství vyrobeného plynu za rok 2015.

Graf č. 12 - Množství vyrobeného plynu za rok 2014.

Graf č. 13 - Množství vyrobené energie v lednu a únoru v roce 2016.

Graf č. 14 - Množství vyrobené energie v roce 2015.

Graf č. 15 - Množství vyrobené energie v roce 2014.

Obrázek č. 1 - Postup při vzniku bioplynu.

Obrázek č. 2 - Výnos bioplynu z tuny biomasy

10. PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

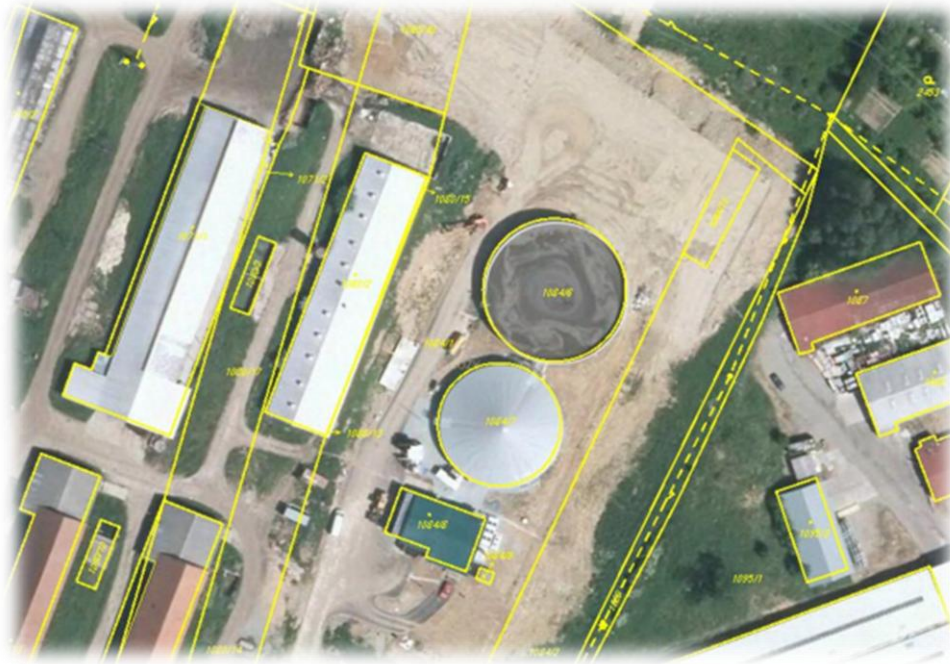
Příloha č. 1 - Bioplynová stanice znázorněná v katastrální mapě města Velká Bíteš.

Příloha č. 2 - Logo firmy EnviTec, která prováděla výstavbu.

Příloha č. 3 - Příjmová část bioplynové stanice.

Příloha č. 4 - Velín bioplynové stanice ve Velké Bíteši.

Příloha č. 5 - Mapa zemědělských bioplynových stanic v České republice.



Příloha č. 1 - Bioplynová stanice znázorněná v katastrální mapě města Velká Bíteš.

Zdroj: Výpis z katastrálního území města Velká Bíteš.



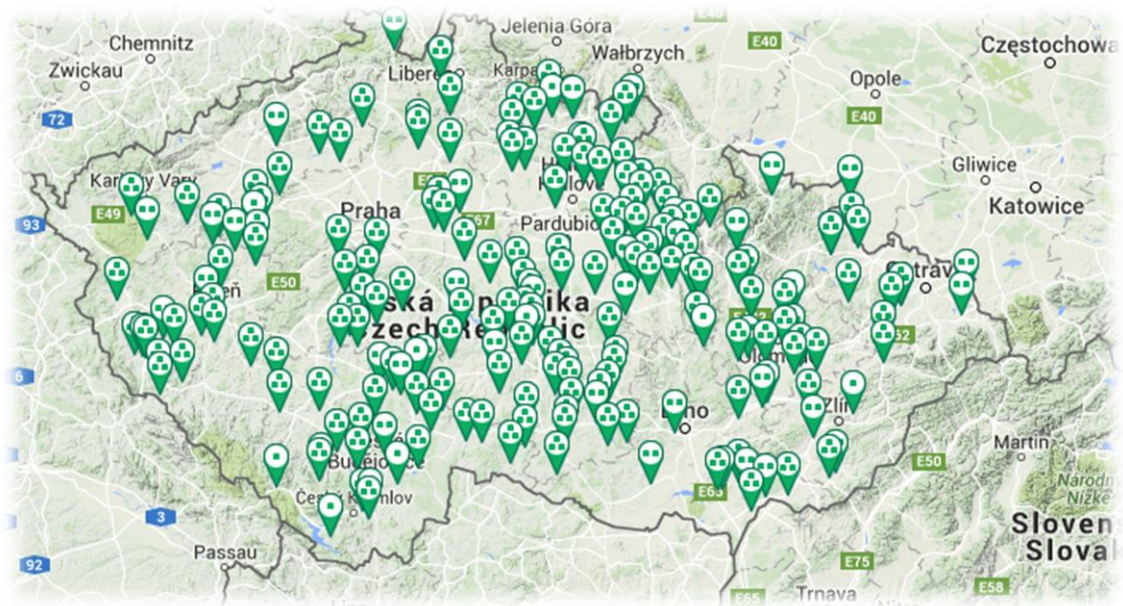
Příloha č. 2 – Logo firmy EnviTec, která prováděla výstavbu.



Příloha č. 3 - Příjmová část bioplynové stanice.



Příloha č. 4 – Velín bioplynové stanice ve Velké Bíteši.



Příloha č. 5 - Mapa zemědělských bioplynových stanic v České republice.

Zdroj: *Agrikomp.com [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: http://www.agrikomp.com/cs/home/realizace-staveb/bioplynov%C3%A9-stani-ce?gclid=CjwKEAjw3fG4BRDsn9GAv7T2zEkSJACNJdjg8k4EO1I9iNA7y6OEXor7zvvgxSP8gRc7GA61int6NBoCmW_w_wcB*