

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

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

Bakalářská práce

Vliv použité biomasy na ekonomiku provozu  
bioplynové stanice

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Fríd, CSc.

Autor bakalářské práce: Vít Kmoch

České Budějovice, 2015

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vít KMOCH**  
Osobní číslo: **Z12185**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Vliv použité biomasy na ekonomiku provozu bioplynové stanice**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Provoz bioplynové stanice pracující na principu anaerobní fermentace je ovlivněný její velikostí, technickým řešením a do jisté míry i druhem biomasy, která se pro výrobu bioplynu používá.

Cílem této bakalářské práce je posouzení vlivu zpracovávané biomasy na tvorbu bioplynu v bioplynové stanici a ekonomiku provozu.

V práci se zaměřte na:

1. Optimalizaci množství biomasy vkládané do fermentoru v závislosti na výrobě bioplynu a jeho složení.
2. Vliv vkládaných živin, minerálních látek a stopových prvků na tvorbu bioplynu a jeho využití pro výrobu elektrické energie.
3. Ekonomické zhodnocení provozu bioplynové stanice v závislosti na množství použité biomasy a vyrobené elektrické energii.

Práci doplňte:


1. O technické řešení a popis bioplynové stanice.
  2. Charakteristiku podniku provozující bioplynovou stanici.
-

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 50 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


- 1 Bačík, Ondřej: Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu. Biom.cz [online]. 2008-01-14 [cit. 2009-06-16]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz-bioplyn/odborne-clanky/bioplynove-stanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>. ISSN: 1801-2655.
- 2 CROPGEN, D19: An overall energy balance for energy production taking into account energy inputs associated with farming [online], [cit. 2009-03-08]. Dostupné na WWW: [http://www.cropgen.soton.ac.uk/deliverables/CROPGEN\\_D19\\_Soton.pdf](http://www.cropgen.soton.ac.uk/deliverables/CROPGEN_D19_Soton.pdf).
- 3 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe [online], [cit. 2009-01-23]. Dostupné na WWW: [http://www.nachwachsende-rohstoffe.de/cms35/uploads/media/FNR\\_Grafik\\_Reichweiten\\_RGB.jpg](http://www.nachwachsende-rohstoffe.de/cms35/uploads/media/FNR_Grafik_Reichweiten_RGB.jpg).
- 4 IEA Bioenergy, Biogas Production and Utilisation, T37:2005:01 [online], [cit. 2009-02-15]. Dostupné na WWW: <http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=182>.
- 5 Mužík, O., Kára, J.: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. Biom.cz [online]. 2009-03-04 [cit. 2009-06-16]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz-bioplyn/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>. ISSN: 1801-2655.
- 6 Smrž, M.: Cesta k energetické svobodě, Energetický informační servis WISE Brno 2007.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Fríd, CSc.**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **10. listopadu 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2015**

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 17. prosince 2014

## **Prohlášení, souhlas s uveřejněním práce**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s využitím informací z literatury, jejíž seznam je součástí této práce a je uveden v kapitole Seznam citované literatury.

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 jejích 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.

V Českých Budějovicích dne 15. 4. 2015

.....

Vít Kmoč

# **Poděkování**

Děkuji panu Ing. Milanu Frídovi, CSc. a zaměstnancům zemědělského podniku ZEMOS Zubčice, spol.s r.o. za poskytnuté rady a informace při zpracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

V bakalářské práci jsou zpracovávány informace a pojmy související s výrobou bioplynu a bioplynovou stanicí. Literární rešerše je zaměřena na proces vzniku bioplynu, využití bioplynu, základní informace o biomase a bioplynových stanic, stabilita procesu bioplynové stanice a základní informace o digestátu. V praktické části mé bakalářské práce jsem uvedl informace o zemědělském podniku a o bioplynové stanici, kterou vlastní včetně technického řešení a popisu nejdůležitějších komponentů bioplynové stanice. Dále jsem se zabýval měřením optimální denní krmné vsázky biomasy, plynovým potenciálem a ekonomickým zhodnocením provozu bioplynové stanice v závislosti na množství použité biomasy a vyrobené elektrické energie.

## **Klíčová slova**

Bioplyn, fermentace, biomasa, plynový potenciál, kogenerační jednotka

## **Abstract**

In this bachelor thesis are processed information and notions, associated with production of biogas and biogas station. Literary review is focused on the process of creation biogas, using biogas, the basic information about biomass and biogas stations, stability of process biogas station and the basic information about digestate. In the practical part of my bachelor thesis I introduced information about farm and biogas station, which is owned including technical solutions and a description of the most important components by biogas stations. Then I was following up with the measuring of the optimal daily feed biomass feedstock, gas potential and economic evaluation of biomass, depending on the quantity of biomass and produced electrical energy.

## **Keywords**

Biogas, fermentation, biomass, gas potential, cogeneration unit

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Literární přehled.....</b>	<b>10</b>
2.1 Bioplyn.....	10
2.2 Aerobní fermentace .....	10
2.3 Anaerobní fermentace .....	11
2.3.1 Mokrý anaerobní fermentace .....	12
2.3.2 Suchá anaerobní fermentace .....	13
2.3.3 Kofermentace .....	13
2.4 Využití bioplynu.....	14
2.5 Biomasa.....	15
2.5.1 Biomasa pro výrobu bioplynu .....	15
2.5.2 Vybrané druhy biomasy pro bioplynové stanice .....	16
2.5.3 Proces silážování .....	17
2.6 Bioplynové stanice .....	18
2.6.1 Bioplynové stanice podle vstupů.....	19
2.6.2 Bioplynové stanice v ČR a v zahraničí.....	21
2.6.3 Schéma bioplynové stanice .....	22
2.7 Stabilita procesu bioplynové stanice.....	23
2.8 Zapracování bioplynového reaktoru .....	25
2.9 Zbylý produkt vzniklý fermentací biomasy .....	26
<b>3 Cíl práce.....</b>	<b>27</b>
<b>4 Metodika .....</b>	<b>28</b>
4.1 Informace o podniku .....	28
4.2 Informace o bioplynové stanici Chabičovice .....	28
4.3 Měření optimální denní krmné vsázky.....	29

4.4 Plynový potenciál a ekonomické zhodnocení provozu bioplynové stanice v závislosti na množství použité biomasy a vyrobené elektrické energie.....	30
<b>5 Výsledky práce .....</b>	<b>32</b>
5.1 Charakteristika podniku .....	32
5.2 Popis bioplynové stanice Chabičovice.....	33
5.3 Měření optimální denní krmné vsázky.....	38
5.4 Plynový potenciál a ekonomické zhodnocení provozu bioplynové stanice v závislosti na množství použité biomasy a vyrobené elektrické energie.....	43
<b>6 Závěr .....</b>	<b>48</b>
<b>7 Seznam použité literatury .....</b>	<b>49</b>



# 1 Úvod

Bioplynové stanice zaznamenaly za posledních pár let značný rozvoj. Důsledkem malých výkupních cen zemědělských komodit, reagují zemědělské podniky na zlepšení svých ekonomických situací úpravou podnikatelských činností a zahrnuli mezi ně provozování bioplynových stanic. Získávání energie z biomasy patří mezi alternativní zdroje energie má velký potenciál. Rozhodnutí pro výstavbu bioplynové stanice není jednoduchým krokem a každý kdo se rozhodne pro výstavbu, by si měl položit základní otázky, které jsou rozhodující pro úspěšné provozování bioplynové stanice. Rozhodující je velikost živočišné a rostlinné výroby, zda budou stačit vstupy biomasy pro provoz a s tím souvisí i velikost a výkon bioplynové stanice. Bioplynová stanice by měla mít takový výkon, aby měl podnik dostatek vstupního materiálu a využil se tak celý její potenciál. Výhodou bioplynových stanic je velká účinnost. Díky kogeneračním jednotkám dokážou kromě výroby elektrické energie vyrábět také teplo, které lze dále zpeněžit vytápěním obytných domů poblíž bioplynové stanice. Další výhodou je využití zbylého produktu vzniklého při výrobě jako organické hnojivo pro hnojení zemědělských pozemků.

## 2 Literární přehled

### 2.1 Bioplyn

Bioplyn se získává jako produkt fermentace biomasy, kterou představuje zemědělský či jiný organický odpad, nebo rostliny přímo pěstované pro tento účel. Rozklad organických látek přitom probíhá anaerobním způsobem za pomoci metanových bakterií. [1]

Největší zastoupení v bioplynu má metan. Další plyny zastoupené v bioplynu jsou oxid uhličitý, vodík, sulfan, dusík a amoniak. Průměrné složení bioplynu je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1 Složení bioplynu [6]

Složka	Obsah v %
Metan CH <sub>4</sub>	45 – 75 %
Oxid uhličitý CO <sub>2</sub>	25 – 48 %
Vodík H <sub>2</sub>	0 – 3 %
Sulfan H <sub>2</sub> S	0,1 – 1 %
Dusík N	1 – 3 %
Amoniak NH <sub>3</sub>	stopy

### 2.2 Aerobní fermentace

Aerobní fermentace je rozklad organického materiálu pomocí organismů a mikroorganismů na organickou hmotu za přístupu kyslíku. Aerobní proces nebo prostředí je takové, ve kterém je dostatečné množství molekulárního kyslíku. Množství kyslíku hodnotíme především dle potřeb mikroorganismů, které v daném prostředí žijí. Opakem aerobního prostředí je prostředí anaerobní, kde není přítomen molekulární kyslík, nebo jen ve velmi malých koncentracích. Optimální aerobní podmínky jsou při koncentraci kyslíku ve volné atmosféře sledovaného prostředí např. kompost. Dostatečné aerobní podmínky pro většinu mikroorganismů jsou ještě při koncentraci do 3 % kyslíku, při dalším poklesu nastává přechod k anaerobnímu prostředí. V případě, že ve sledovaném prostředí kyslík prakticky není, mluvíme o striktně anaerobním prostředí. [7]

## 2.3 Anaerobní fermentace

Anaerobní metanová fermentace organických materiálů je souborem procesů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Konečnými produkty jsou, bioplyn a nerozložitelný zbytek organické hmoty. Metanová fermentace je tedy soubor několika dílčích, na sebe navazujících procesů, na kterých se podílí několik základních skupin anaerobních mikroorganismů. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem skupiny druhé, a proto výpadek jedné skupiny může způsobovat poruchy v celém systému.

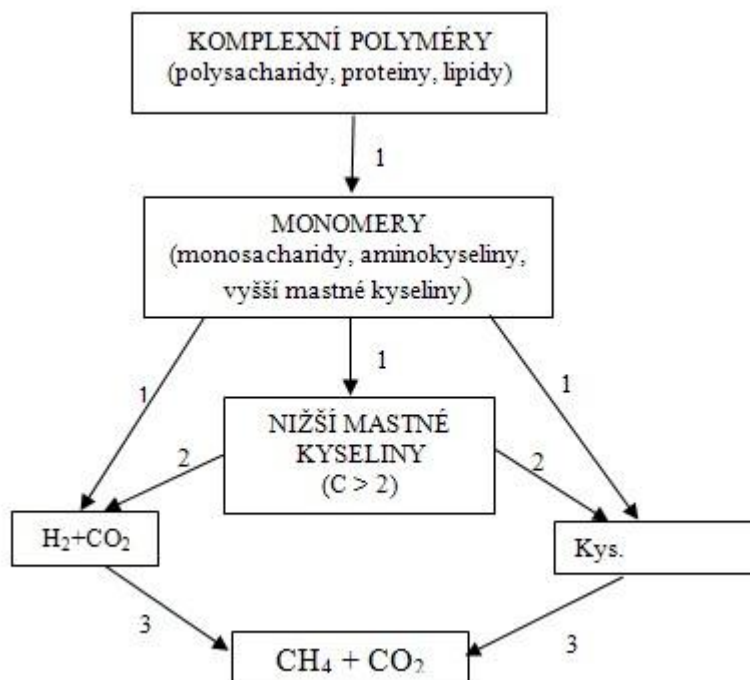
V prvním stádiu rozkladu – hydrolýze – jsou rozkládány makromolekulární rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky neboli polysacharidy, lipidy a proteiny na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě pomocí extracelulárních hydrolytických enzymů, produkovaných hlavně fermentačními bakteriemi.

Produkty hydrolýzy jsou během druhé fáze – acidogeneze – rozkládány na jednodušší organické látky takzvané těkavé organické kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý a vodík. Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukovaných produktů. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány kyselina octová, vodík a oxid uhličitý, při vyšším jsou tvořeny vyšší organické kyseliny, mléčná kyselina, valerová, etanol apod.

V dalším stádiu rozkladu – autogenezi – probíhá oxidace těchto látek na vodík, oxid uhličitý a kyselinu octovou.

V posledním stádiu – metanogenezi – dochází k tvorbě metanu pomocí metanogenních mikroorganismů jejichž substrátem jsou jednoduhlíkaté látky metanol, kyselina mravenčí, metylaminy, oxid uhličitý, oxid uhelnatý, vodík a kyselina octová.

Jak z obrázku 1 vyplývá, anaerobní etanová fermentace je souborem řady procesů probíhajících simultánně, přičemž produkty jedněch procesů jsou substráty druhých. Vzhledem k tomu, že mikroorganismy jednotlivých skupin mají různé rychlosti metabolismu, musí být celý soubor procesů v dynamické rovnováze. Každá změna jednoho průběhu jednoho procesu vyvolává změnu celého systému.



Obrázek 1 Schéma anaerobního rozkladu za tvorby bioplynu [8]

### 2.3.1 Mokrý anaerobní fermentace

Mokrý fermentace využívá obvykle fermentoru s vertikální osou a materiál ve fermentoru má sušinu do 12 %. V praxi to znamená, že materiály s vyšším obsahem sušiny se před vstupem do fermentoru ředí na odpovídající podíl sušiny kejdou nebo procesní vodou, vyseparovanou z již zfermentovaného kalu. Nadměrný obsah slámy byt rozdrčené nebo dokonce podestýlka na bázi pilin může u mokřých technologií působit vážné provozní problémy, jako například poruchy míchacího systému, tvorba krust, ucpávání čerpadel. Je tedy nutné pečlivě vážit použitou technologii, systémy míchání, přípravy surovin tak, aby celý proces mohl bezproblémově fungovat. Většina bioplynových stanic je v současnosti založena na mokřé technologii. [9]

### **2.3.2 Suchá anaerobní fermentace**

Suchá fermentace je vývojově mladší než mokrá fermentace, nicméně některé její typy již našly perspektivní uplatnění v praxi. Suchou fermentace lze navíc dle obsahu sušiny substrátu rozdělit na suchý proces 25 – 45 % sušiny a na vysokosušinový proces nad 40 % sušiny. Pod pojmem suchá technologie se lze setkat s fermentory tzv. garářového typu. Jedná se o konstrukčně jednoduchá zařízení na zpracování vysokosušinových substrátů se vsázkovým způsobem plnění fermentoru pomocí čelního nakladače. Tato technologie pracuje se sušinou až 60 % což je velmi zajímavé z pohledu hospodaření s vyhnílymi produkty, nicméně technologie ještě není dostatečně provozně odzkoušena a dosavadní signály budí spíše nejistotu a obezřetnost. Hlavní výhodou suché fermentace je menší množství vyhnílého kalu, respektive jeho větší koncentrovatelnost, a zároveň menší spotřeba procesní vody na ředění a na to navazující menší problémy s jejím uplatněním na výstupu.

### **2.3.3 Kofermentace**

Kofermentace je současné anaerobní zpracování více druhů organické hmoty v jedné bioplynové stanici. Obecně platí, že při dodržení základních pravidel je možné zpracovávat všechny druhy bioodpadů a biomas v dané lokalitě. Například v zemědělství všechny sorty exkrementů spolu se senáží, siláží, a tak dále. Určitými pravidly je myšleno například úprava a homogenizace biomasy, optimální kofermentační poměr biomas, udržování optimálních reakčních podmínek. Nedodržení vhodných podmínek může rezultovat až v úplný kolaps anaerobního procesu. Naopak dodržení správných pravidel může umožnit podstatné zvýšení efektivity produkce bioplynu respektive účinnosti odbourávání organické hmoty. Obecně platí, že čím energeticky bohatší biomasu zfermentujeme se základním substrátem, tím přísnější jsou podmínky pro udržení stability anaerobního procesu. [10]

## 2.4 Využití bioplynu

Bioplyn můžeme přeměnit na energii tepelnou, elektrickou nebo mechanickou. Nejjednodušším využitím bioplynu je jeho spálení v plynovém kotli a výroba tepla. Takové využití ale není moc efektivní (především ekonomicky). Účinnost přeměny bioplynu na teplo může být okolo 90 %.

Bioplyn je také možné použít k výrobě elektrické energie a tepla v kogenerační jednotce. Teplo je v tomto případě vedlejší produkt. Účinnost kogenerační jednotky je přibližně 38 % elektrická a 45 % tepelná. U jednotlivých výrobců se mírně liší.

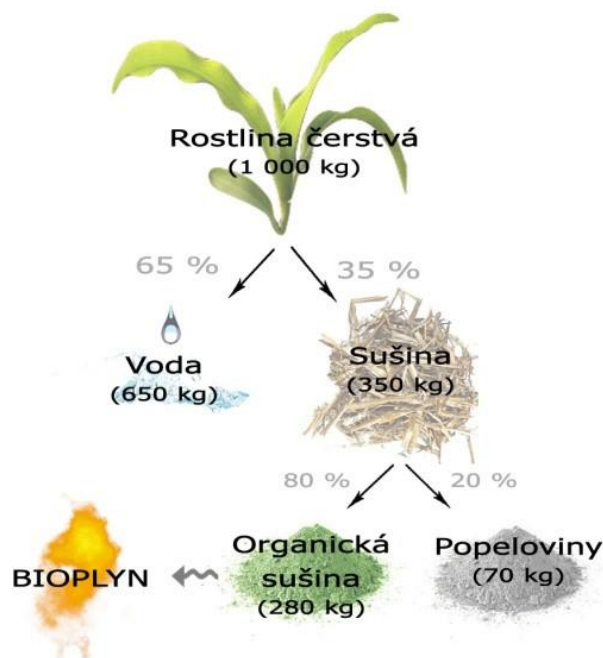
Třetí možnosti, která je v dnešní době využívána především v zahraničí, je zušlechtní bioplynu na čistý metan neboli biometan. Toho je docíleno odstraněním oxidu uhličitého z bioplynu. Stlačený biometan, který je kvalitativně srovnatelný se zemním plynem se používá k pohonu motorových vozidel na stlačený zemní plyn. Biometan může být také vháněn do rozvodů zemního plynu. Zařízení na čištění bioplynu a výrobu biometanu potřebuje ke svému provozu elektrickou energii, přibližně  $0,5 \text{ kWh/m}^3$  bioplynu a vodu v množství cca  $15 \text{ l/m}^3$  bioplynu. Vodu je možné v systému cirkulovat. [11]

## 2.5 Biomasa

Významným obnovitelným zdrojem energeticky využitelné energie je biomasa, v níž je uložena sluneční energie. Pojem biomasa obvykle označuje substanci biologického původu, jako je rostlinná biomasa pěstovaná v půdě nebo ve vodě, živočišná biomasa, vedlejší organické produkty nebo organické odpady. [12]

### 2.5.1 Biomasa pro výrobu bioplynu

Zdrojem bioplynu neboli potravou pro bakterie produkující bioplyn jsou především polysacharidy, tuky a bílkoviny. Zdrojem těchto látek je rostlinná a živočišná biomasa. Hůře rozložitelná je celulóza a nerozložitelný je lignin. Z toho důvodu není jako substrát pro výrobu bioplynu vhodné dřevo či sláma, bakterie produkující bioplyn je neumí rozložit. Ze vstupní suroviny je bakteriemi využita a na bioplyn přeměněna pouze její organická část neboli organická sušina. Surová biomasa obsahuje značný podíl vody, zbytek tvoří sušina. Sušina obsahuje organické látky, které jsou bakteriemi rozložitelné a popeloviny, což jsou anorganické, biologicky nerozložitelné látky. Pouze organická sušina je zdrojem bioplynu. Na obrázku 2 je zobrazeno jednoduché schéma vzniku bioplynu z biomasy.



Obrázek 2 Vznik bioplynu [11]

## **2.5.2 Vybrané druhy biomasy pro bioplynové stanice**

### **Kukuřice na siláž**

Kukuřice na siláž nemá zvláštní nároky na předplodinu. Nejčastěji se zařazuje po obilninách. Kukuřici botanicky řadíme k travám do hospodářské skupiny obilnin. Z pohledu způsobu pěstování a působení v osevním postupu se řadí jako okopanina. Kukuřici je možné pěstovat na všech půdách, pokud jsou dostatečně vzdušné, propustné a biologicky činné. Má dobře vyvinutý a rozložený kořenový systém, proto si dobře opatřuje živiny, ale potřebuje jich velké množství. [2] Kukuřice je rostlina jednodomá. Na jedné rostlině jsou samčí kvítky ve vrcholovém květenství v latě. Klásky jsou dvoukvěté, jeden z nich je přisedlý, druhý na stopce. Samičí květenství je tvořeno palicí, což je přeměněný klas, jehož klasové větveno je ztlustlé. Klásky vyrůstají v podélných řadách. Jejich počet bývá sudý. Klásky jsou dvoukvěté, z nichž jen jeden je plodný. Semeníky mají dlouhé nitkovité blizny. Palice je obalena listeny. Kukuřice je cizosprašná. Samčí květy kvetou o 3 - 10 dní dříve než samičí květy téže rostliny. [4]

### **Chlévský hnůj**

Chlévský hnůj je nejdůležitějším organickým hnojivem. Jedná se o směs pevných a zčásti tekutých výkalů domácích zvířat a steliva. Tato směs látek postupně zraje na hnojišti a po uzrání dává chlévský hnůj. O účinnosti hnoje rozhoduje více kvalita než aplikovaná dávka. Kvalita hnoje je však až na ojedinělé výjimky zcela neuspokojivá. Je nepříznivě ovlivněna neudržitelným způsobem skladování chlévské mrvy na stájovém a hlavně na polním hnojišti. V průměru obsahuje 75-80 % vody, 20-25 % sušiny, z toho 16-18 % tvoří sušina organických látek. [5]

### **Trvalé travní porosty na senáž**

V trvalých travních porostech za příznivých podmínek dominují trávy. Trvalý travní porost je charakterizován jako trvalé, smíšené společenstvo početných jednoděložných a dvouděložných druhů. Z trvalého charakteru travních porostů vyplývá, že není nutné každoročního zpracování půdy, setí apod. Tomu odpovídá relativně vysoká výnosová jistota a nízké náklady na produkci píce. Travní porosty využívají celé vegetační období k fotosyntéze a k tvorbě výnosu, což má zvláštní význam ve vyšších polohách s kratší vegetační dobou. Travní drn se vyznačuje vyšší



schopností akumulace půdní organické hmoty. V podmínkách mírného pásma jsou základní složkou travních porostů druhy z čeledě lipnicovitých. [3] Jsou to například Psárka luční, Bojínek luční nebo Jílek vytrvalý. U trvalých travních porostů převládají trávy nad jeteloviny. Opačný příklad by byl v porostu pěstovaném dočasně, kdy v jetelotravních směskách převládají jeteloviny nad trávami.

### **2.5.3 Proces silážování**

Silážování a senážování píce je konzervování čerstvé až silně zavadlé píce v anaerobním prostředí. Správné zhutnění krátké řezanky píce v silážním prostoru spolu s omezením výměny plynů mezi atmosférou a silážní hmotou musí vést spolu s produkcí oxidu uhličitého, který je vyprodukovan respirací píce a mikrobiální činností k vytvoření anaerobního prostředí a kvalitativně zdařilým silážím. Konzervovaná píce je stabilizována kyselinou mléčnou - produktem mléčného kvašení sacharidové složky píce nebo dodaných přísadků, případně pomocí chemických přísad.

Původní termín pro všechna fermentovaná krmiva je siláž. Senáž je termín, který se zavedl pro siláž s vysokým obsahem sušiny. Neexistuje přesná hranice, která by rozlišovala senáž od siláže, ale pokud obsah sušiny přesáhne 50%, obvykle se o takovém krmivu hovoří jako o senáži. Protože senáž obsahuje méně vody, než siláž dochází zde k poklesu tvorby kyseliny mléčné. Bakterie produkující kyselinu mléčnou potřebují ke své činnosti cukr. Senáž je tudíž druh konzervace, která je založena spíše na prostředí bez přítomnosti kyslíku než na produkci kyseliny mléčné. [13]

## 2.6 Bioplynové stanice

V zemědělství, potravinářství nebo při chovu hospodářských zvířat vzniká velké množství biologického odpadu, který je však možné velmi efektivně využít k výrobě bioplynu. Ten dále slouží jako zdroj elektrické energie, tepla nebo jako palivo v dopravě. Zbylým produktem při výrobě bioplynu je navíc ekologicky nezávadná kapalná látka digestát, která se úspěšně používá v zemědělství jako vysoce kvalitní hnojivo.

K výrobě bioplynu dochází v bioplynových stanicích, jejichž hlavní část nazývanou jako fermentor či reaktor si můžeme představit jako velikou nádrž, kde se zředěná a rozmělněná organická masa promíchává a zahřívá, přičemž dochází k rozkladným procesům a současné produkci bioplynu. Uvolněný bioplyn je následně odváděn do plynojemu, kde se dále upravuje a čistí.

Pokud má bioplyn sloužit k výrobě elektrické energie, je po vyčištění spalován v kogenerační jednotce, která vyrábí elektřinu, ale současně také teplo. Kogenerační jednotka je spalovací motor s elektrickým generátorem přizpůsobený ke spalování bioplynu. Vzniklé teplo z chlazení motoru lze využít zejména k vytápění obytných budov, skleníků nebo pro sušení zemědělských produktů, dřeva apod.

Materiály neboli odpady, které by už neměly žádné využití, si najdou svá uplatnění v bioplynových stanicích, kde se zpracují a vyrobí se z nich plyn. Odpad, který vzniká činností fermentace, se dále využívá jako organické hnojivo.

Největší problém bioplynové stanice je její zápach. Předějit se tomu dá umístěním bioplynové stanice daleko od obydlených oblastí nebo správným provozem. Dalším problémem je větší hustota dopravy kolem bioplynové stanice. Důvodem je doprava biomasy do bioplynové stanice a vyvážení digestátu na zemědělské pozemky. [14]

## **2.6.1 Bioplynové stanice podle vstupů**

Podle toho, jakou biomasu bioplynová stanice zpracovává, rozlišujeme tři typy stanic. Zemědělské, průmyslové a komunální. Zemědělská bioplynová stanice zpracovává biomasu ze zemědělské prvovýroby. Průmyslová bioplynová stanice v jednom zařízení zužitkovává různé materiály jako například kaly z čističek odpadních vod, krev z jatek. Vhodná kombinace materiálů má pak vliv na kvalitu bioplynu. Komunální bioplynová stanice zpracovává komunální bioodpady, včetně odpadů z domácností. Na našem území převažují bioplynové stanice zemědělské, ostatní typy jsou zatím zastoupeny sporadicky. Velké zkušenosti s komunálními bioplynovými stanicemi má např. sousední Německo. Také v blízké budoucnosti se největší nárůst provozů očekává právě u bioplynových stanic zemědělského typu. Rozvoji komunálních stanic v ČR brání nedostatky ve zpracování komunálního odpadu.

### **Zemědělská bioplynová stanice**

Zemědělské bioplynové stanice jsou v tuzemsku nejhojněji zastoupeny. Vstupy tvoří statková hnojiva a energetické plodiny. Jejich výstavba nejčastěji probíhá přímo v areálech zemědělských provozů, a protože jde o koncepčně jednodušší zařízení, než je tomu u ostatních bioplynových stanic, uvedení do činnosti není problematické.

Pro výstavbu kvalitní zemědělské stanice bylo na žádost Ministerstva zemědělství ČR zpracováno Českým sdružením pro biomasu CZ Biom Desatero přípravy bioplynových stanic, které obsahuje zásady pro zprovoznění kvalitního zařízení:

1. Precizní příprava projektu
2. Dostatek kvalitních vstupních surovin
3. Výtěžnost bioplynu z jednotlivých materiálů
4. Komunikace se samosprávou a veřejností
5. Spolehlivá a ověřená technologie
6. Optimalizace investičních nákladů
7. Volba vhodné kogenerační jednotky
8. Využití odpadního tepla
9. Nakládání s digestátem - kvalitní hnojivo
10. Další možnosti využití bioplynu

## **Průmyslová bioplynová stanice**

Průmyslové bioplynové stanice zpracovávají ve fermentoru výlučně nebo alespoň zčásti rizikové vstupy. Mezi rizikové vstupy patří zejména jateční odpady, kaly z různých provozů například čističek odpadních vod a podobně. Kladeny jsou tedy větší nároky na technologii a na splnění všech provozních podmínek. Zejména dodržování hygienických pravidel minimalizuje riziko vyplývající ze vstupů.

## **Komunální bioplynová stanice**

Komunální bioplynové stanice zpracovávají komunální bioodpady. Komunální odpad zahrnuje odpad z údržby zeleně, vytríděné bioodpady z domácností a stravovacích provozů. Komunální stanice mají technologicky náročnější průběh zpracování vstupů. Problematická je především příjmová část technologie. Odpad zapáchá, a tak je nutné, aby byla pachová zátěž okolí minimalizována. K tomu mohou výraznou měrou přispět uzavíratelné haly s odtahem a čištěním vzduchu pomocí biofiltrů. [15]

Komunální bioplynové stanice musí při svém provozu zvládat řadu technologicky náročných operací. Mezi tyto patří separace, drcení či řezání nehomogenních materiálů, které mohou obsahovat různé příměsi. U řady materiálů vyžaduje legislativa rozmělnění na maximální velikost částic 12 mm a provedení tzv. hygienizace za vysokých teplot.

Komunální a zemědělské bioplynové stanice vyžadují rozdílný technologický přístup. Investiční náklady zemědělských bioplynových stanic se pohybují na úrovni 100 – 130 tis. Kč/kW, zatímco komunální bioplynové stanice jsou investičně nákladnější a pohybují se nad úrovní cca 200 tis. Kč/kW. [16]

## 2.6.2 Bioplynové stanice v ČR a v zahraničí

Na začátku roku 2008 bylo na našem území v provozu přibližně 23 bioplynových stanic, z nichž převážná většina zpracovává bioodpady ze zemědělství. Nejdéle fungujícím zařízením na zpracování zemědělských odpadů v ČR je bioplynová stanice v Třeboni. V provozu je nepřetržitě od roku 1974 a zpracovává kejdu z velkovýkrmny prasat spolu s čistírenskými kaly. V současné době je v ČR v provozu přibližně 500 bioplynových stanic a odhaduje se, že jejich počet bude i nadále stoupat.

Z evropských zemí má nejvíce zkušeností s bioplynovou technologií Německo, kde je v současné době v provozu přes 3500 fermentačních zařízení především komunálního charakteru. V Dánsku funguje systém tzv. centralizovaných bioplynových stanic. Ke každé stanici je odpad svážen z okolních oblastí a stanice jsou umístěny tak, aby se jejich svozové zóny nepřekrývaly. Ve Švédsku se bioplyn kromě vytápění a výroby elektrické energie využívá i pro pohon vozidel a nedávno zde byl také zprovozněn první vlak poháněný bioplynem na světě. Na obrázku 3 je zobrazená mapa bioplynových stanic v ČR k 1. 1. 2014. [17]

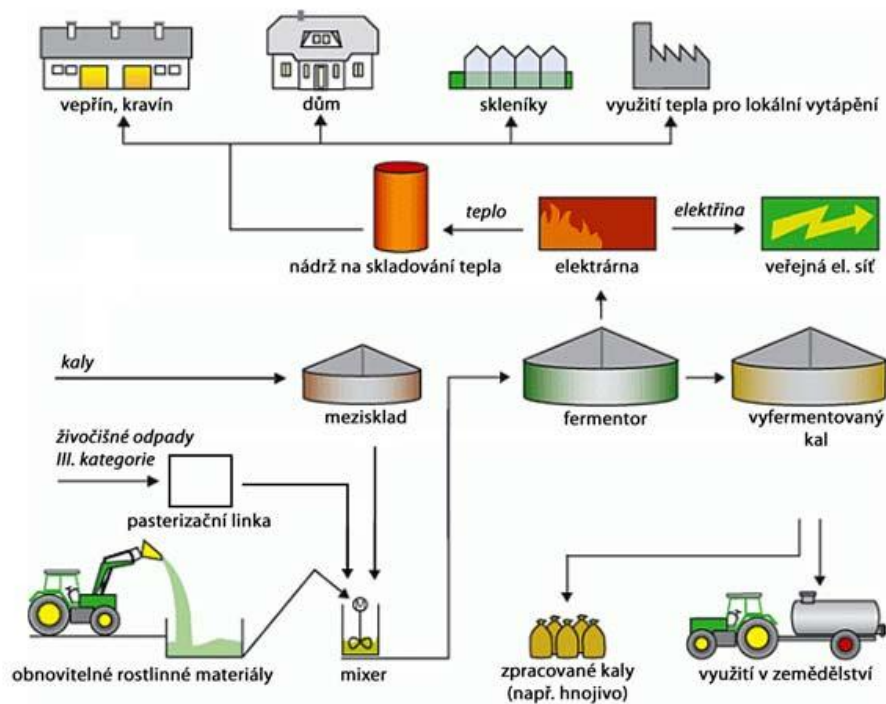


Obrázek 3 Mapa bioplynových stanic v České republice [18]

### 2.6.3 Schéma bioplynové stanice

Jak z obrázku 4 vyplývá, celý proces začíná ve vstupní části, kde se do bioplynové stanice vkládá vstupní surovina. Obnovitelné rostlinné materiály spolu se živočišnými odpady a kaly z čističek odpadních vod se mísí v mixeru, odkud se dopravují do fermentoru. Ve fermentoru se vyrobí pomocí anaerobního fermentačního procesu bioplyn, který se spaluje v kogenerační jednotce. Kogenerační jednotka spolu s elektrickým generátorem vyrobí elektrický proud a současně teplo, které se může akumulovat v nádrži na skladování tepla odkud je dále využíváno na vytápění budov.

K výrobě bioplynu lze využít celou řadu biologicky rozložitelných odpadů. Předností bioplynové stanice je využitelnost výstupních produktů - elektřiny, tepla, hnojivého digestátu a i samotného bioplynu. V současnosti je provoz bioplynových stanic poměrně jednoduchý, z toho důvodu je může provozovat celá řada malých podnikatelů. Bohužel náklady na výstavbu bioplynových stanic jsou velmi vysoké. V České republice je doba návratnosti v současných ekonomických podmínkách obvykle delší než 10 let. [19]



Obrázek 4 Schéma bioplynové stanice [20]

## 2.7 Stabilita procesu bioplynové stanice

V současné době jsme svědky vysokého nárůstu počtu nových bioplynových stanic různého typu, zpracovávajících různé organické substráty. Avšak zdaleka ne všechny podávají požadovaný projektovaný výkon. Možných příčin nedostatečné funkce bioplynových stanic může být celá řada, mezi nejčastější patří: Špatné provozování z neznalosti vlastního fermentačního procesu, chyby při výběru technologie, chyby v projekci a konstrukci a enormní snahy o úspory v investičních a provozních nákladech.

Prvořadým předpokladem dobré funkce bioplynového reaktoru je znalost vlastního fermentačního procesu. V mnoha případech je bioplynový reaktor pokládán za černou skříňku bez znalosti nebo bez zájmu o to, co se uvnitř této skřínky děje, pouze se do ní „přikládá“ a očekává se vynikající výkon. Je nutno si uvědomit, že se jedná o složité biotechnologické procesy a přesto že biotechnologie a bioinženýrství jsou již na vysoké úrovni, nelze bez základních znalostí procesu bioplynový reaktor a celou bioplynovou stanici provozovat a ani projektovat.

Stabilita procesu, neboli udržení dynamické rovnováhy, je ovlivňováno řadou faktorů, jako například teplota, pH, nutriety, toxické látky a technologické faktory.

Teplota podstatně ovlivňuje interakce mezi jednotlivými druhy mikroorganismů. Změnou teploty se mění rychlosti probíhajících pochodů, což má za následek porušení dynamické rovnováhy procesu, a může vést až k úplné havárii procesu. Dlouhodobá změna teploty vede ke změně zastoupení jednotlivých druhů mikroorganismů. Tvorba metanu probíhá v širokém rozmezí teplot přibližně od 5 do 95°C. Většina anaerobních reaktorů pracuje při teplotách v mezofilní oblasti to je při 35 až 40°C, a část v termofilní oblasti to je při 50 až 60°C, v obou případech jsou reaktory vyhřívány. Obecně lze konstatovat, že pro udržení stability procesu je nutné zabezpečit konstantní teplotu. Změny teploty jsou tím nebezpečnější, čím je proces zatíženější, to znamená čím je kratší doba zdržení a menší koncentrace biomasy v reaktoru.

Další závažný limitující faktor procesu je úzký rozsah pH, optimálního pro růst metanogenních mikroorganismů. Většinou vyžadují pH v neutrální oblasti 6,5-7,5, které je nutné uvnitř reaktoru udržovat, pod pH 6 a nad 8 je jejich činnost silně inhibována. Nejčastější příčinou výkyvu pH je jeho pokles vlivem přetížení reaktoru, kdy produkce kyselin rychlejšími mikroorganismy předmetanizační fáze je vyšší než jejich spotřeba a dochází k jejich akumulaci v systému.

Pro zapracování a provoz reaktorů je nutný správný poměr N a P k organickým látkám obsažených ve vodě zkráceně CHSK. Z bilance produkce biomasy se udává potřebný poměr živin jako CHSK : N : P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1 až 500 : 6,7 : 1.

Za toxické nebo inhibující látky pokládáme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičním působením nižších mastných kyselin a amoniaku. Zde je nutno upozornit, že v obou případech inhibičně působí tyto látky v nedisociované formě. To znamená, že inhibice těmito látkami bude závislá na pH a jejich celkové koncentraci v systému, která je nežádoucí a čím více se v systému vyskytují tím horší je produkce bioplynu z biomasy. Při nízkém pH mohou inhibičně působit mastné kyseliny, při vysokém amoniak.

Z technologických faktorů jsou nejdůležitější míchání a doba zdržení. Obsah reaktoru musí být homogenní, to znamená dobře promíchávání, tak aby byl umožněn co nerychlejší a nejdokonalejší kontakt mikroorganismů se substrátem. Doba zdržení musí být dostatečně dlouhá, aby nedocházelo k vyplavování potřebných mikroorganismů a aby bylo dosaženo potřebné účinnosti rozkladu. Vzhledem k tomu, že generační doby anaerobních mikroorganismů jsou relativně dlouhé, a to 0,5 až 12 dní pro různé skupiny mikroorganismů, udržuje se doba zdržení v bioplynových reaktorech 20 až 40 dní. Přitom platí, že čím hůře je rozložitelný daný substrát, tím je generační doba příslušných bakterií delší.



## 2.8 Zpracování bioplynového reaktoru

Zpracování je prakticky nejdůležitější fází provozu anaerobního reaktoru. Na něm závisí doba, za kterou je dosaženo ustáleného stavu provozu a v neposlední řadě i stabilita a účinnost provozu. Zpracování zahrnuje dvě důležité fáze. Adaptaci biomasy na daný substrát a dané podmínky a nahromadění takového množství aktivní biomasy, aby reaktor byl schopný zpracovávat požadované množství. Zpracování se provádí postupným zvyšováním zatížení substrátem za zvýšené kontroly průběhu procesu.

Po zpracování anaerobních reaktorů je strategie řízení provozu zaměřena na udržení stability provozu, to znamená udržení dynamické rovnováhy všech probíhajících procesů. O stavu a průběhu procesu nám vypovídá řada veličin, které můžeme různými metodami sledovat a využít ke kontrole a řízení procesu.

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

Stav procesu můžeme sledovat řadou veličin nazývaných indikátory stavu procesu. Tyto veličiny mohou charakterizovat plynnou, kapalnou, nebo pevnou fázi reakční směsi. Vzhledem ke komplexnosti anaerobních rozkladných procesů musí být sledován celý komplex proměnných, neexistuje jediná proměnná, která by samostatně charakterizovala průběh procesu. Nelze jednoznačně předepsat, které z uvedených proměnných musíme sledovat a jaká má být četnost sledování. To záleží na konkrétních podmínkách provozu, zejména na druhu zpracovávaného znečištění, typu reaktoru, jeho zatížení a způsobu provozu, na stabilitě funkce reaktoru a v nemalé míře na zkušenosti řídicího personálu. [8]

## 2.9 Zbylý produkt vzniklý fermentací biomasy

Výsledkem fermentačního procesu v bioplynové stanici je stabilizovaný materiál v kapalné podobě, takzvaný digestát, který lze použít jako kvalitní organominerální hnojivo nebo jako surovinu pro výrobu kompostu. Pro další zpracování může být digestát odvodněním převeden do tuhé formy. Způsob nakládání s digestátem je různý v závislosti na konkrétních podmínkách a je zapotřebí jej důsledně řešit ještě před realizací projektu bioplynové stanice. Pokud je odběr a využití digestátu částečně nebo zcela závislý na jiných subjektech (odběratelích), provozovatel bioplynové stanice by měl tuto věc s nimi ošetřit smluvním vztahem. Mimo vegetační období platí omezení pro aplikace digestátu na půdu, proto je nutné vyřešit jeho skladování. [21] Digestát se skládá ze dvou složek a to z fugátu a separátu. Ve srovnání s klasickými statkovými hnojivy má digestát vzhledem k použitým surovinám poměrně vysoký celkový obsah dusíku 0,2 ale až i 1 % ve hmotě. Sušina se pohybuje v rozmezí od 2 – 13 %. [22]

Fugát, neboli procesní voda, je tekutý produkt vyhnívacího procesu a má charakter vody odpadní. Je silně zakalený a obsahuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Zpravidla je odváděn do čistírny odpadních vod a také se využívá jako hnojivo pro hnojení zemědělských půd. [17]

Separát je pevná složka fermentačního zbytku a využívá se stejně jako fugát pro aplikaci na zemědělskou půdu. Dále se separát využívá k výrobě kompostů a také pro výrobu tuhých alternativních paliv. Separát se může pro výrobu tuhých paliv vhodně kombinovat s dalšími druhy biomasy. Může to být dřevní odpad z lesní těžby, nebo dřevní hmota z plantáží rychle rostoucích dřevin, odpady z dřevařských a nábytkářských provozů, seno, sláma, či jiné záměrně pěstované energetické plodiny. [23]

### **3 Cíl práce**

Hlavním cílem bakalářské práce je posouzení vlivu zpracovávané biomasy na tvorbu bioplynu v bioplynové stanici. Stanovení plynového potenciálu biomasy a vliv minerálních látek a stopových prvků na tvorbu bioplynu. Dalším cílem je ekonomické zhodnocení provozu bioplynové stanice v závislosti na množství použité biomasy a vyrobené elektrické energie a zjištění optimální denní krmné vsázky biomasy.

Bakalářská práce je doplněna o technické řešení a popis bioplynové stanice a charakteristiku podniku provozující bioplynovou stanici.

## **4 Metodika**

Informace pro mou praktickou část bakalářské práce jsem získal z provozního řádu bioplynové stanice Chabičovice a od majitele a technika bioplynové stanice.

### **4.1 Informace o podniku**

Informace o podniku jsou uvedeny v následujících bodech:

- Název firmy
- Rok založení
- Druh právní formy
- Podnikatelské sféry
- Používaná mechanizace
- Obhospodařovaná plocha
- Rozsah živočišné výroby
- Počet zaměstnanců

### **4.2 Informace o bioplynové stanici Chabičovice**

Informace o bioplynové stanici jsou uvedeny v následujících bodech:

- Tepelný a elektrický výkon
- Udělení licence
- Dávkovací zařízení
- Vstupní jímka, fermentory, dofermentor a skladovací jímky
- Míchací technologie a čerpadla
- Vytápěcí technologie
- Kogenerační jednotky
- Odsiřování bioplynu

### **4.3 Měření optimální denní krmné vsázky**

V této části mé vlastní práce se zabývám měřením denní krmné vsázky biomasy vkládané do bioplynové stanice od 1. 11. 2014 do 31. 12. 2014. Kukuřičná siláž, travní senáž a hnůj skotu jsou biomasy, které se v podniku ve kterém jsem prováděl měření, používají k výrobě bioplynu v bioplynové stanici. Každá z uvedených biomas má odlišný plynový potenciál. Kogenerační jednotky spotřebují při určitém výkonu určité množství bioplynu. Denně se vkládá biomasa s cílem, aby vycházelo spotřebované množství bioplynu kogeneračními jednotkami a dodávaného množství bioplynu z biomasy. V plynojemech se neustále drží bioplyn navíc jako rezerva. Při snížení, nebo zvýšení denní krmné vsázky biomasy se množství bioplynu v plynojemech projeví až za určitý čas. Není pravidlem, že změna denní krmné vsázky se projeví pokaždé za stejnou dobu. 9. 12. 2014 byl naplánovaný dlouho dopředu výpadek proudu. Kogenerační jednotky se musely vypnout. Odběr bioplynu se na 6 hodin zastavil. Reagovat na tuto situaci se muselo v denní krmné vsázce a to v dostatečném předstihu konkrétně třech dnů, aby nenastala situace, kdy po odstávce kogeneračních jednotek bylo bioplynu v plynojemech moc a začal se tak vypouštět do ovzduší nebo v druhém případě při spouštění motorů by ho bylo málo.

## **4.4 Plynový potenciál a ekonomické zhodnocení provozu bioplynové stanice v závislosti na množství použité biomasy a vyrobené elektrické energie**

Po dohodě s technikem bioplynové stanice a vedením firmy se po dobu dvaceti dní krmila do bioplynové stanice jen kukuřičná siláž a hnůj skotu. Prvních deset dní této krmné vsázky se ponechalo na ustálení prostředí ve fermentorech, aby správně pracovala anaerobní fermentace a abychom zjistili optimální denní krmnou vsázku. Po deseti dnech jsem začal měřit, kolik tun biomasy se po deset dní do bioplynové stanice denně vkládalo, a z kogeneračních jednotek jsem odečetl, kolik bioplynu spotřebovali. Výsledek tohoto desetidenního měření bylo, kolik tun kukuřičné siláže a hnoje skotu je zapotřebí na výrobu bioplynu pro kogenerační jednotky. Vzorek kukuřičné siláže byl zaslán do firmy agriKomp Bohemia, s.r.o. do jejich laboratoře kde po provedení analýzy zjistili, jaký je jeho plynový potenciál z jedné tuny. Následujících deset dní jsme snížili množství kukuřičné siláže a začali jsme přidávat v denní krmné vsázce travní senáž. Jako v předchozím měření jsme nechali deset dní na ustálení prostředí ve fermentorech, aby správně pracovala anaerobní fermentace a abychom zjistili optimální denní krmnou vsázku. Po deseti dnech jsem začal opět měřit, kolik tun biomasy se po deset dní do bioplynové stanice denně vkládalo a z kogeneračních jednotek jsem odečetl, kolik bioplynu spotřebovali. Plynový potenciál biomasy jsem vypočítal následovně: Z prvního měření jsem zjistil, kolik se vyrobilo bioplynu z kukuřičné siláže a hnoje skotu. Z celkové produkce bioplynu z kukuřičné siláže a hnoje skotu za deset dní jsem odečetl bioplyn vyrobený z kukuřičné siláže. Zbytek vyrobeného bioplynu vychází na bioplyn vyrobený z hnoje skotu. V druhém měření jsme snížili vkládané množství tun kukuřičné siláže a přidali travní senáž. Vyrobený bioplyn kukuřičné siláže a hnoje skotu mám vypočítaný. Odečetl jsem od produkce bioplynu za deset dní z kukuřičné siláže, hnoje skotu a travní senáže vyrobený bioplyn z kukuřičné siláže a hnoje skotu a vyšel mi vyrobený bioplyn z travní senáže. Výsledné množství vyrobeného bioplynu za deset dní z hnoje skotu a travní senáže jsem přepočítal na vyrobený bioplyn z tuny a vyšel mi plynový potenciál z tuny hnoje skotu a travní senáže.

Množství vyrobené elektrické energie, vkládané biomasy a spotřebovaného bioplynu jsem odečítal z kogeneračních jednotek v období od 31. 1. 2015 do 9. 2. 2015. K plynovému potenciálu, který lze odhadovat z tuny kukuřičné siláže, travní senáže a

hnoje skotu jsem dospěl v předchozím měření. Stejně tak jsem dospěl, kolik se vyrobilo bioplynu z jednotlivé biomasy za deset dní. Postup výpočtu byl následující: Vypočítal jsem, kolik elektrické energie za deset dní se vyrobilo z bioplynu vyprodukovaného z kukuřičné siláže. Výsledek jsem vydělil počtem tun kukuřičné siláže a došel jsem k cílenému výsledku kolik elektrické energie lze vyrobit z tuny kukuřičné siláže. Stejným způsobem jsem postupoval při výpočtu vyrobené elektrické energie z tuny travní senáže a hnoje skotu.

Pro ekonomické zhodnocení biomasy je nutné znát náklady na výrobu tuny biomasy, výnos biomasy na hektar, množství vyrobené elektrické energie z tuny biomasy a výkupní cenu kWh. Výkupní cena kWh má hodnotu 4,22 Kč. K množství vyrobené elektrické energie z tuny biomasy jsem měřením a výpočty dospěl a o výsledných hodnotách pro náklady na výrobu tuny biomasy a výnosu biomasy na hektar jsem byl seznámen majitelem podniku. Množství vyrobené elektrické energie z tuny biomasy a výkupní cenu kWh jsem mezi sebou vynásobil a zjistil jsem tak tržbu z tuny biomasy. K zisku z tuny biomasy jsem dospěl odečtením nákladů na tunu biomasy od tržby z tuny biomasy. Zisk z tuny biomasy jsem vynásobil výnosem biomasy na hektar a došel jsem k cílenému výsledku a tím je zisk biomasy z jednoho hektaru a zároveň, jaká biomasa má nejlepší ekonomické využití.

## 5 Výsledky práce

### 5.1 Charakteristika podniku

Zemědělský podnik ZEMOS Zubčice, spol.s r.o. byl založen v roce 1994. Jak už z názvu vyplývá právní formou podniku je společnost s ručením omezeným.

Podnik se zabývá rostlinnou a živočišnou výrobou a od roku 2011 také výrobou a prodejem elektrické energie vyrobené v bioplynové stanici. Důvodem výstavby bylo stabilizovat ekonomickou situaci podniku způsobenou kolísáním výkupních cen zemědělských komodit.

V současné době hospodaří podnik na 1743 ha zemědělské půdy, z toho je 633 ha trvalých travních porostů. Na orné půdě se pěstuje převážně ozimá, pšenice, řepka ozimá, kukuřice a bílý mák. V živočišné výrobě je chováno 288 kusů dojných krav, 277 kusů jalovic a 70 kusů telat. V podniku pracuje 34 zaměstnanců.

Zemědělský podnik disponuje zemědělskou technikou, která je využívána v různých zemědělských činnostech. Jedná se o traktory především značky Fendt (obrázek 6) a sklízecí mlátičku John Deere. K traktorům lze připojit vleky, stroje pro zpracování půdy značky Lemken, žací stroje Pöttinger, shrnovače píce Pöttinger, secí kombinaci Lemken, velkoobjemové návěsy Fliegl a postřikovač značky Agrio.



Obrázek 6 Traktor Fendt s oboustranným pluhem Lemken



## 5.2 Popis bioplynové stanice Chabičovice

Bioplynová stanice Chabičovice se nachází v Jihočeském kraji v okrese Český Krumlov v obci Mirkovice. Má instalovaný elektrický výkon 1000 kW a tepelný výkon 928 kW. Licence byla bioplynové stanici udělena v roce 2011. Provozovatelem a vlastníkem bioplynové stanice je firma ZEMOS Zubčice, spol.s r.o. Dodavatelem bioplynové stanice Chabičovice je firma agriKomp Bohemia s.r.o.



Obrázek 7 Bioplynová stanice Chabičovice

Dávkování pevné biomasy do fermentorů je zajištěno pomocí dávkovacích zařízení Vielfrass. Dávkovací zařízení bylo navrženo s ohledem na optimální technické řešení a maximální bezpečnost provozu. Dávkovací zařízení je vhodné pro dávkování tuhých substrátů do fermentačních nádrží. V bioplynové stanici Chabičovice dávkuje kukuřičnou siláž, travní senáž a hnůj skotu a to do dvou dávkovacích zařízení stejného objemu. Výrobce daného zařízení, je německá firma Gebr. C. und G. Maier GmbH & Co.KG. Dávkovač Vielfrass se skládá z kontejnerového zásobníku s posuvným čelem a rozdružovacím nástavcem. Plnění zásobníků biomasou je prováděno se shora. Zařízení Vielfrass je plně automatizováno. Plnění fermentorů musí být přizpůsobeno průběhu biologického procesu. Dávkovací zařízení je zobrazené na obrázku 8.



Obrázek 8 Dávkovací zařízení

Stavba bioplynové stanice se skládá ze vstupní jímky, dvou fermentorů, jednoho dofermentoru s integrovanými zásobníky bioplynu a dvou skladovacích jímek koncového produktu stabilizovaného digestátu. První skladovací jímka je zakrytá s integrovaným zásobníkem bioplynu a druhá skladovací jímka je řešena jako otevřená jak je vidět na obrázku 9. Vstupní jímka slouží jako sběrná jímka biologicky znečištěné povrchové vody o pracovním objemu  $600 \text{ m}^3$ . Fermentor je zakrytá železobetonová nádrž kruhového půdorysu o objemu pro fermentát  $1630 \text{ m}^3$ . Fermentor je rozdělený na dvě části. Ve spodní části probíhá míchání a fermentace substrátu a v horní části je jímán bioplyn, který vytlačuje membránu do kupovitého tvaru. Dofermentor je velice podobný fermentoru. Liší se pouze pracovním objemem pro digestát který je  $1970 \text{ m}^3$ . První skladovací jímka má pracovní objem pro digestát  $2350 \text{ m}^3$  a opět se téměř neliší od fermentoru. Druhá skladovací jímka má pracovní objem  $8040 \text{ m}^3$  a je nezakrytá a je vybavena třemi míchadly. Fermentory, dofermentor a první skladovací jímka jsou zatepleny deskami z extrudovaného polystyrenu a na vnitřních stěnách osazena teplovodním vytápěním. Vzhledem k okolnímu terénu jsou fermentory, dofermentor a skladovací jímky částečně zapuštěny do země.



Obrázek 9 Skladovací jímka s digestátem

Pro lepší produkci bioplynu a zabránění tvorby plovoucí vrstvy a klesající vrstvy sedimentů jsou fermentory a dofermentor pravidelně míchány pomaloběžnými míchadly Paddelgigant od firmy Gebr. C. und G. Maier GmbH & Co.KG. Motor míchacího zařízení je zobrazen na obrázku 10. Pomocí excentrických šnekových čerpadel se fermentát, který vzniká ve fermentorech, dopravuje do dofermentorů a následně už jako stabilizovaný digestát pak do skladovací jímky, kde je skladován. Řízení čerpadel a míchadel je možné buď centrálně, nebo přímo na jednotlivých agregátech.



Obrázek 10 Motor míchacího zařízení

Instalovaný topný systém na vnitřních stěnách, kde je umístěno plastové potrubí s teplovodní kapalinou vyhřívanou přes deskový výměník tepla z kogeneračních jednotek, zajišťuje optimální provozní teplotu substrátu cca 33-52°C ve fermentorech, dofermentoru a zakryté skladovací jímce. Deskový výměník tepla a rozvaděče pro teplovodní vytápění jsou zobrazeny na obrázku 11.



Obrázek 11 Deskový výměník tepla a rozvaděče

V bioplynové stanici jsou čtyři kogenerační jednotky značky Scania – Schnell. Kogenerační jednotka má elektrický výkon 250 kW, tepelný výkon 232 kW, tepelný příkon v palivu 581 kW, elektrickou účinnost 43 %, tepelnou účinnost 40 %, jmenovité otáčky 1500 ot. min<sup>-1</sup>, délku 3400 mm, šířku 1320 mm, výšku 2150 mm, hmotnost 3300 kg, objem válců 12000 cm<sup>3</sup> a počet válců 6. Kogenerační jednotky současně s výrobou elektrické energie produkují teplo, které se využívá jednak pro ohřev substrátu v reaktorech a dále se využívá k vytápění budov provozovatele v zemědělském areálu. Kogenerační jednotka je zobrazena na obrázku 12.





Obrázek 12 Kogenerační jednotka

Technologie bioplynové stanice Chabičovice používá dva stupně odsiřování bioplynu. Prvotní odsiřování probíhá ve fermentačních a dofermentační nádrži přidáváním vzduchu do prostorů, kde se bioplyn jímá, při čemž dochází k přeměně sirovodíku na elementární síru. Druhý stupeň odsíření bioplynu kde se odbourává zůstatkové množství sirovodíku, probíhá před vstupem bioplynu k motorům kogeneračních jednotek ve filtrech aktivního uhlí. Filtry aktivního uhlí jsou vidět na obrázku 13.



Obrázek 13 Filtry aktivního uhlí

### 5.3 Měření optimální denní krmné vsázky

Optimální denní krmná vsázka je ovlivněna kvalitou vstupů. Vstupy neboli druhy biomasy vkládané do dávkovacího zařízení bioplynové stanici Chabičovice jsou kukuřičná siláž, travní senáž a hnůj skotu. Jednotlivé substráty mají odlišný plynový potenciál, který v průběhu roku mění svojí hodnotu. Důvodem změny plynového potenciálu je kvalita biomasy. Sklizená biomasa a její kvalita je každý rok a jiná a jiné je i zastoupení celkové sušiny, organických látek a podíl organické sušiny z celkové sušiny. Předpokládané množství celkové sušiny u kukuřičné siláže cca 35 %, travní senáže cca 35 % a u hnoje skotu cca 18 %. Podle zkušeností lze odhadovat zastoupení organické sušiny na úrovni 75–95 %. Fermentace probíhá o sušinu 7-12 % a podle potřeby lze ředit vstupní materiál přepočteným množstvím užitkové vody ze vstupní jímky.

Obsluha bioplynové stanice musí nadávkovat denní krmnou vsázku tak, aby odpovídala produkci bioplynu z biomasy potřebnou pro provoz bioplynové stanice. Spotřeba bioplynu je ovlivněná zastoupením metanu v bioplynu.

V tabulce 2 a tabulce 3 jsou uvedeny denní krmné vsázky jednotlivých biomas v tunách od 1. 1. 2014 až do 31. 12. 2014. Na první pohled je patrné, že denní krmná vsázka, která je složená z kukuřičné siláže, travní senáže a hnoje skotu je každý den jiná. Je to zapříčiněno vlivy, které lze i nelze předpokládat. Z vlivů, které lze předpokládat bych uvedl příklad, který nastal 9. 12. 2014, kdy byla dlouhodobě nahlášena odstávka elektrického proudu po dobu šesti hodin. Kogenerační jednotky se tudíž museli po dobu šesti hodin zastavit. Na odstávku elektrického proudu musel reagovat technik bioplynové stanice snížením denní krmné vsázky tři dny před odstávkou, aby nenastala situace, kdy bioplynu je v plynojemech moc a díky přetížení by se začal díky přetlakovým ventilům vypouštět do ovzduší nebo v druhém případě při spouštění kogeneračních jednotek by ho bylo málo. Změna denní krmné vsázky je patrná z tabulky 3. Další z vlivů, který lze předpokládat je odstávka jednotlivých kogeneračních jednotek z důvodu pravidelné výměny jednotlivých komponentů, kterým vypršela životnost po určitém hodinovém zatížení. Záleží také na kvalitě vkládané biomasy, od které se odvíjí produkce bioplynu. Z vlivů, které nelze předpokládat jsou například technické problémy bioplynové stanice nebo poruchy procesu anaerobní fermentace. Na tyto vlivy se také reaguje v denní krmné vsázce. Záleží na citu a

zkušenostech technika bioplynové stanice, který dokáže snížit nebo zvýšit denní krmnou vsázku podle předpokládaných i nepředpokládaných vlivů a dokáže zvolit takové denní krmné vsázky, které odpovídají produkci bioplynu z biomasy potřebnou pro provoz bioplynové stanice. Celkové množství vkládaných biomas za jednotlivé dny po dva měsíce jsou sečtené a opět vyjádřené v tunách. V posledním řádku je vyjádřena spotřeba bioplynu v m<sup>3</sup> za měsíce listopad 2014 a prosinec 2014. Z tabulky 2 a tabulky 3 je patrné, že nejvíce se v bioplynové stanici Chabičovice od 1. 11. 2014 až do 31. 12. 2014. spotřebovalo kukuřičné siláže. Následně hnoje skotu a nejméně se spotřebovalo travní senáže. Celkové množství spotřebované biomasy v tunách za jeden měsíc vychází na produkci bioplynu pro kogenerační jednotky za měsíc listopad, kdy byla spotřeba bioplynu 319199 m<sup>3</sup> a za měsíc prosinec kdy byla spotřeba bioplynu 339557 m<sup>3</sup>.

Tabulka 2 Denní krmné vsázky od 1. 1. 2014 až do 30. 11. 2014.

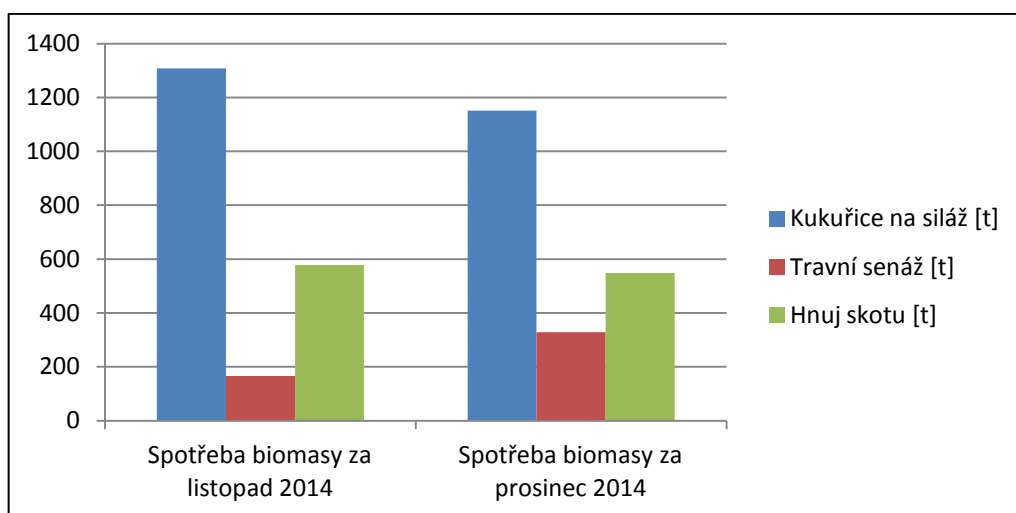
<b>Datum</b>	<b>Kukuřičná siláž [t]</b>	<b>Travní senáž [t]</b>	<b>Hnůj skotu [t]</b>
1. 11. 2014	38,57	6,02	20,97
2. 11. 2014	39,59	5,13	24,39
3. 11. 2014	39,01	5,69	18,07
4. 11. 2014	45,36	5,14	13,24
5. 11. 2014	42,93	5,97	19,98
6. 11. 2014	50,64	5,11	6,72
7. 11. 2014	48,01	5,54	15,43
8. 11. 2014	46,97	5,56	14,24
9. 11. 2014	45,26	5,09	19,64
10. 11. 2014	31,18	5,52	41,56
11. 11. 2014	45,81	5,14	19,28
12. 11. 2014	45,87	5,69	21,10
13. 11. 2014	55,38	5,05	11,54
14. 11. 2014	45,44	5,83	17,09
15. 11. 2014	39,46	5,52	20,53
16. 11. 2014	45,19	4,99	17,31
17. 11. 2014	40,51	6,48	20,91
18. 11. 2014	45,33	5,10	20,75
19. 11. 2014	45,66	5,95	22,55
20. 11. 2014	45,58	5,39	20,39
21. 11. 2014	40,14	5,90	20,37
22. 11. 2014	40,51	6,03	15,10
23. 11. 2014	40,19	5,20	27,84
24. 11. 2014	40,56	5,39	21,63
25. 11. 2014	40,69	5,16	22,55
26. 11. 2014	45,24	5,13	18,47
27. 11. 2014	45,55	5,25	18,84
28. 11. 2014	46,16	5,85	18,00
29. 11. 2014	46,85	6,63	13,48
30. 11. 2014	40,22	5,12	16,44
<b>Celkem [t]</b>	<b>1307,86</b>	<b>165,57</b>	<b>578,41</b>
<b>Spotřebovaná biomasa [t]</b>	<b>2051,84</b>		
<b>Spotřeba bioplynu za listopad 2014 [m<sup>3</sup>]</b>	<b>319199</b>		



Tabulka 3 Denní krmné vsázky od 1. 12. 2014 až do 31. 12. 2014.

<b>Datum</b>	<b>Kukuřičná siláž [t]</b>	<b>Travní senáž [t]</b>	<b>Hnůj skotu [t]</b>
1. 12. 2014	40,43	4,97	28,38
2. 12. 2014	40,39	2,58	11,59
3. 13. 2014	40,78	5,97	24,07
4. 12. 2014	40,08	12,76	18,69
5. 12. 2014	30,75	20,03	22,80
6. 12. 2014	27,15	18,83	22,19
7. 12. 2014	25,14	17,92	22,95
8. 12. 2014	25,91	18,07	23,50
9. 12. 2014	45,11	0	21,15
10. 12. 2014	35,02	12,52	20,79
11. 12. 2014	40,09	10,45	20,97
12. 12. 2014	40,19	10,26	19,40
13. 12. 2014	45,32	10,15	12,71
14. 12. 2014	40,33	10,18	12,27
15. 12. 2014	40,57	10,24	21,24
16. 12. 2014	40,54	10,15	22,96
17. 12. 2014	35,44	10,62	21,32
18. 12. 2014	35,02	10,26	15,60
19. 12. 2014	30,25	10,81	16,76
20. 12. 2014	35,10	10,72	20,03
21. 12. 2014	35,30	10,13	23,93
22. 12. 2014	40,29	10,28	12,53
23. 12. 2014	45,26	10,18	17,01
24. 12. 2014	40,08	10,67	18,76
25. 12. 2014	35,31	10,24	22,99
26. 12. 2014	35,56	10,98	18,65
27. 12. 2014	25,80	10,10	0
28. 12. 2014	39,02	10,43	8,04
29. 12. 2014	44,55	10,13	9,61
30. 12. 2014	30,21	7,51	5,68
31. 12. 2014	45,76	10,33	11,85
<b>Celkem [t]</b>	<b>1150,75</b>	<b>328,47</b>	<b>548,42</b>
<b>Spotřebovaná biomasa [t]</b>	<b>2027,64</b>		
<b>Spotřeba bioplynu za prosinec 2014 [m<sup>3</sup>]</b>	<b>339557</b>		

Spotřeba kukuřičné siláže byla větší v listopadu 2014 než v prosinci 2014. O to víc se v prosinci 2014 vkládalo travní senáže než v listopadu 2014. Spotřeba hnoje skotu se mírně v prosinci 2014 snížila. Porovnání spotřeby biomasy za listopad 2014 a prosinec 2014 je zobrazené na obrázku 14. Celkem se v listopadu 2014 spotřebovalo víc biomasy než v prosinci 2014 i když byla spotřeba bioplynu kogeneračními jednotkami větší v prosinci. Důvodem nižší spotřeby byla větší kvalita biomasy a tím pádem i větší plynový potenciál.



Obrázek 14 Porovnání spotřeby biomasy za listopad 2014 a prosinec 2014

## **5.4 Plynový potenciál a ekonomické zhodnocení provozu bioplynové stanice v závislosti na množství použité biomasy a vyrobené elektrické energie**

Plynový potenciál biomasy, které používá podnik do své bioplynové stanice, mění po celý rok svoji hodnotu. Jaký je důvod změny plynového potenciálu, je vysvětlen v kapitole 5.3 měření optimální denní krmné vsázky. V této kapitole se zabývám stanovením plynového potenciálu biomasy.

Nejprve byl zaslán vzorek kukuřičné siláže do firmy agriKomp Bohemia, s.r.o. kde provedli fermentační test dané kukuřičné siláže v reálných podmínkách, jaké jsou v bioplynové stanici, v anaerobním prostředí o optimální teplotě 41 - 42 °C. Výsledek fermentačního testu byl plynový potenciál kukuřičné siláže o sušině 32,60% 184 normovaného m<sup>3</sup> bioplynu.

V tabulce 4 jsou uvedeny denní krmné vsázky kukuřičné siláže a hnoje skotu. Celkové množství vkládané biomasy v období od 11. 1. 2015 do 20. 1. 2015 a spotřeba bioplynu kogeneračními jednotkami za stejné období. V tomto období deseti dnů se spotřebovalo 532,36 tun kukuřičné siláže. Po přepočtení na vyrobený bioplyn je výsledek 97954,24 m<sup>3</sup>. Následně jsem odečetl vyrobený bioplyn z kukuřičné siláže od celkové spotřeby bioplynu za období od 11. 1. 2015 do 20. 1. 2015 a vyšel mi vyrobený bioplyn z hnoje skotu a to konkrétně 16186,10 m<sup>3</sup>. Vyrobený bioplyn z hnoje skotu jsem vydělil počtem vkládaných tun hnoje skotu a vyšel mi plynový potenciál hnoje skotu z jedné tuny 88 m<sup>3</sup> bioplynu.

V tabulce 5 jsou uvedeny denní krmné vsázky kukuřičné siláže, hnoje skotu a přidané třetí biomasy travní senáže. Celkové množství vkládané biomasy v období od 31. 1. 2015 do 9. 2. 2015 a spotřeba bioplynu kogeneračními jednotkami za stejné období. V tomto období deseti dnů se spotřebovalo 418,39 tun kukuřičné siláže. Po přepočtení na vyrobený bioplyn je výsledek 76983,76 m<sup>3</sup>. Následně se v tomto období spotřebovalo 185,17 tun hnoje skotu. Po přepočtení na vyrobený bioplyn je výsledek 16335,69 m<sup>3</sup>. Po sečtení vyrobeného bioplynu z kukuřičné siláže a hnoje skotu za období od 31. 1. 2015 do 9. 2. 2015 a následného odečtení od celkové spotřeby bioplynu za shodné období mi vyšel vyrobený bioplyn z travní senáže a to konkrétně 20390,88 m<sup>3</sup>. Vyrobený bioplyn z travní senáže jsem vydělil počtem vkládaných tun travní senáže a vyšel mi plynový potenciál travní senáže z jedné tuny 130 m<sup>3</sup> bioplynu.

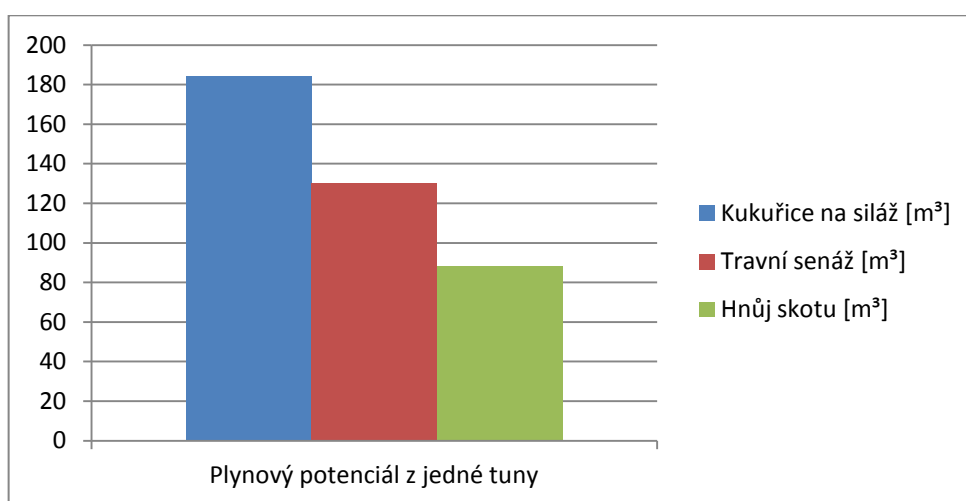
Tabulka 4 Denní krmné vsázky kukuřičné siláže a hnoje skotu

<b>Datum</b>	<b>Kukuřičná siláž [t]</b>	<b>Hnůj skotu [t]</b>
1. 1. 2015	53,41	19,65
2. 1. 2015	53,49	17,21
3. 1. 2015	63,28	21,67
4. 1. 2015	58,23	9,86
5. 1. 2015	53,47	22,00
6. 1. 2015	53,37	20,88
7. 1. 2015	53,16	17,14
8. 1. 2015	58,33	21,94
9. 1. 2015	53,81	21,75
10. 1. 2015	53,31	20,92
11. 1. 2015	51,57	23,89
12. 1. 2015	48,62	15,51
13. 1. 2015	48,24	20,79
14. 1. 2015	48,02	16,99
15. 1. 2015	53,38	17,45
16. 1. 2015	53,89	13,75
17. 1. 2015	58,59	18,67
18. 1. 2015	58,31	15,42
19. 1. 2015	58,32	23,27
20. 1. 2015	53,42	17,73
<b>Celkem vložené biomasy od 11. 1. 2015 do 20. 1. 2015 [t]</b>	<b>532,36</b>	<b>183,47</b>
<b>Spotřeba bioplynu od 11. 1. 2015 do 20. 1. 2015 [m<sup>3</sup>]</b>	<b>114140,34</b>	

Tabulka 5 Denní krmné vsázky kukuřičné siláže, hnoje skotu a travní senáže

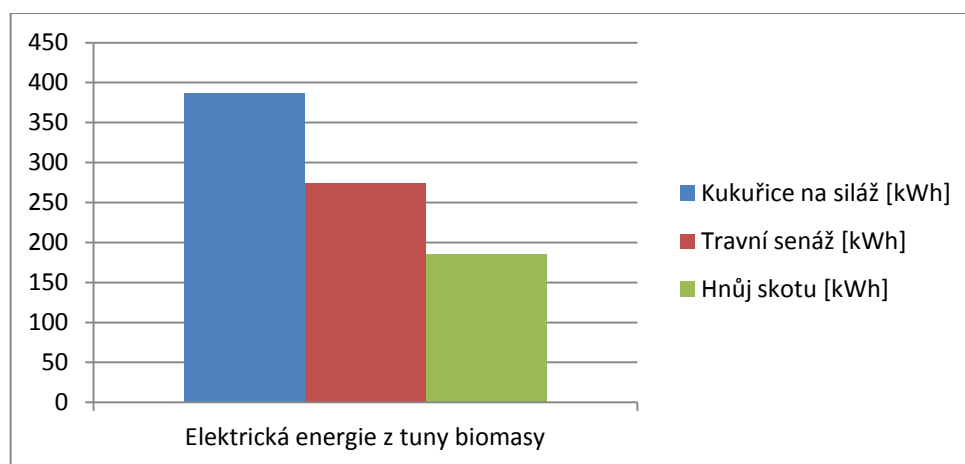
<b>Datum</b>	<b>Kukuřičná siláž [t]</b>	<b>Travní senáž [t]</b>	<b>Hnůj skotu [t]</b>
21. 1. 2015	38,41	12,53	17,29
22. 1. 2015	38,11	12,26	21,12
23. 1. 2015	40,07	12,04	21,05
24. 1. 2015	42,86	12,71	17,18
25. 1. 2015	42,48	12,53	15,59
26. 1. 2015	42,94	11,72	22,00
27. 1. 2015	47,26	12,25	14,86
28. 1. 2015	47,41	12,57	13,02
29. 1. 2015	43,66	12,36	17,25
30. 1. 2015	46,57	17,04	23,08
31. 1. 2015	42,67	17,58	12,64
1. 2. 2015	43,25	15,28	18,91
2. 2. 2015	43,47	16,43	19,11
3. 2. 2015	38,46	15,44	21,79
4. 2. 2015	38,48	15,81	19,57
5. 2. 2015	40,21	15,26	18,94
6. 2. 2015	40,25	15,69	18,81
7. 2. 2015	43,19	14,63	22,19
8. 2. 2015	44,08	15,35	16,10
9. 2. 2015	44,33	15,13	17,11
<b>Celkem vložené biomasy od 31. 1. 2015 do 9. 2. 2015 [t]</b>	<b>418,39</b>	<b>156,60</b>	<b>185,17</b>
<b>Spotřeba bioplynu od 31. 1. 2015 do 9. 2. 2015 [m<sup>3</sup>]</b>	<b>113710,33</b>		

Z obrázku 15 je patrné, že největší plynový potenciál má kukuřice na siláž. Druhý největší plynový potenciál má travní senáž. Nejmenší plynový potenciál má hnůj skotu. Biomasa, která se do bioplynové stanice vkládá z hlediska množství tun nejvíce, je kukuřičná siláž. Následuje travní senáž a nejméně se vkládá hnůj skotu. Pořadí vychází shodně s pořadím o plynovém potenciálu biomasy. Hnůj skotu je cennou biomasou, jak z hlediska produkce bioplynu, tak z hlediska působení na kvalitu fermentačního prostředí zejména hnůj obsahující stopové prvky a minerální látky. Stopové prvky a minerální látky jsou velmi důležité a mají pozitivní vliv pro správný průběh fermentačního procesu z hlediska ideálního prostředí procesních bakterií, které napomáhají rozkladu organického materiálu a vzniku bioplynu.



Obrázek 15 Porovnání biomas z hlediska jejich plynového potenciálu

V období od 31. 1. 2015 do 9. 2. 2015 vyrobily kogenerační jednotky při spotřebě 113710,33 m<sup>3</sup> bioplynu 238878 kWh elektrické energie. Na výrobu 238878 kWh bylo zapotřebí 760,16 tun biomasy z toho 418,39 tun kukuřičné siláže, 156,60 tun travní senáže a 185,17 tun hnoje skotu. Po přepočtení vychází v bioplynové stanici Chabičovice vyrobená elektrická energie z jedné tuny kukuřičné siláže na 386,50 kWh. Z jedné tuny travní senáže lze vyrobit 273,50 kWh a z jedné tuny hnoje skotu lze vyrobit 185,30 kWh elektrické energie. Množství elektrické energie, kterou lze vyrobit z tuny biomasy je zobrazené na obrázku 16 a vychází z biomasy o plynovém potenciálu za období od 31. 1. 2015 do 9. 2. 2015.



Obrázek 16 Vyrobená elektrická energie z tuny biomasy

V tabulce 6 jsou uvedeny tržby a zisky z tuny biomasy a náklady na tunu biomasy. Dále výnosy biomasy na hektar a zisky z hektaru zemědělské půdy. Nejlepší ekonomické využití má kukuřičná siláž, dále travní senáž a nejhorší má hnůj skotu.

Tabulka 6 Ekonomické využití biomasy

Biomasy [t]	Tržba [Kč]	Náklad [Kč]	Zisk z tuny [Kč]	Výnos na hektaru [t]	Zisk z hektaru [Kč]
Kukuřice na siláž	1631	594	1037	43	44591
Travní senáž	1154	787	367	15	5505
Hnůj skotu	782	150	632	5	3160

## 6 Závěr

V bioplynové stanici se optimální denní krmná vsázka každý den díky předpokládaným a nepředpokládaným vlivům mění. Rozhodující je zkušenost a cit technika bioplynové stanice, kdy dokáže posoudit, o kolik se denní krmná vsázka sníží či zvýší. Po měření denní krmné vsázky po dva měsíce jsem došel k několika závěrům. Jakákoliv změna vkládaného množství biomasy se projeví až za určitý čas. Nejde s přesností určit, za jak dlouho se projeví, ale po zkušenosti, která nastala 9. 12. 2014, kdy došlo k odstávce elektrického proudu, a odběr bioplynu se zastavil, mohu říci, že změna se projeví za tři dny. Tři dny dopředu před odstávkou elektrického proudu se snížila denní krmná vsázka, aby na 9. 12. 2014 kdy odstávka proběhla, bylo v plynojemech optimální množství bioplynu. Plynový potenciál mění v průběhu roku svou hodnotu. Důkazem je spotřeba biomasy za listopad 2014, kdy byla větší než za prosinec 2014 i když spotřeba bioplynu kogeneračními jednotka byla větší v prosinci 2014. Důvodem změny plynového potenciálu je kvalita biomasy.

Nejvyšší hodnotu plynového potenciálu z jedné tuny, v době mého měření měla kukuřičná siláž a to konkrétně 184 m<sup>3</sup> bioplynu, druhou nejvyšší hodnotu měla travní senáž 130 m<sup>3</sup> bioplynu a nejnižší hodnotu zaznamenal hnůj skotu 88 m<sup>3</sup> bioplynu.

Dále jsem zjistil kolik vyrobené elektrické energie lze očekávat z jedné tuny kukuřičné siláže, hodnota je 386,50 kWh. Z jedné tuny travní senáže 273,50 kWh a z jedné tuny hnoje skotu lze vyrobit 185,30 kWh.

Ekonomické zhodnocení provozu bioplynové stanice v závislosti na množství použité biomasy a vyrobené elektrické energie vychází následovně: Jednoznačně nejlepší biomasou vkládanou do bioplynové stanice je kukuřičná siláž se ziskem z hektaru 44591 Kč. Travní senáž je druhou nejlepší biomasou se ziskem z hektaru 5505 Kč. Hnůj skotu má nejhorší ekonomické využití se ziskem z hektaru 3160 Kč, ale je velice prospěšný pro fermentační proces díky tomu, že obsahuje minerální látky a stopové prvky.



## 7 Seznam použité literatury

- [1] ŠTULÍK, Václav. Biotechnologie v praxi. 1.vyd. Praha: Ústředí vědeckých, technických a ekonomických informací, 1991, 190 s. ISBN 80-212-0045-6.
- [2] STACH, Jiří. Základní agrotechnika: (osevní postupy). Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1995, 98 s. ISBN 80-7040-117-6.
- [3] ŠANTRŮČEK, Jaromír. Základy pícninářství. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001, 139 s. ISBN 80-213-0764-1.
- [4] HAMOUZ, Karel. Cvičení z rostlinné výroby. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola zemědělská v H & H, 1993, 240 s. ISBN 80-213-0140-6.
- [5] ŠKARDA, Milan. Hospodaření s organickými hnojivy. 1. vyd. Praha: SZN, 1982, 324 s. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- [6] [http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD\\_Biomasa\\_nove/Pdf/Bioplyn.pdf](http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Bioplyn.pdf), staženo 30. 3. 2015
- [7] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Aerobn%C3%AD>, staženo 27. 3. 2015
- [8] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>, staženo 24. 3. 2015
- [9] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/spolehлива-a-overena-technologie-bioplynove-stance>, staženo 25. 3. 2015
- [10] [http://www.tirso.cz/02\\_bioplynovestanice.htm](http://www.tirso.cz/02_bioplynovestanice.htm), staženo 15. 3. 2015
- [11] <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/>, staženo 20. 3. 2015
- [12] <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa.html>, staženo 15. 3. 2015

- [13] <http://www.chovzvirat.cz/clanek/431-vyroba-silaze-a-senaze-pro-dobytek/>, staženo 26. 3. 2015
- [14] <http://www.ekobonus.cz/jak-funguji-bioplynovy-stance-ukazkovy-priklad-zajimaveho-reseni-z-trebone>, staženo 12. 3. 2015
- [15] <http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stance.dic>, staženo 24. 3. 2015
- [16] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/v-cem-se-lisi-zemedelska-a-komunalni-bioplynova-stance-zamysleni-u-prilezitosti-otevreni-bioplynovy-stance-v-krasne-hore>, staženo 22. 3. 2015
- [17] [http://www.enviweb.cz/page/co\\_je\\_to\\_bioplynka](http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka), staženo 18. 3. 2015
- [18] <http://www.slideshare.net/MarketingSalesMedia/2014-03-hospodarske-vysledky-pivo-za-2013-final>, staženo 25. 3. 2015
- [19] <http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2012/sbornik/68.pdf>, staženo 28. 3. 2015
- [20] <http://www.eltosstav.com/sluzby/zelena-energie/>, staženo 27. 3. 2015
- [21] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-digestatem-moznost-vyuziti-jako-kvalitni-hnojivo>, staženo 28. 3. 2015
- [22] [http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA\\_IV\\_Metodika\\_digestt\\_FV.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf), staženo 29. 3. 2015
- [23] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-fermentacnich-zbytku-anaerobni-digesce-jako-paliva>, staženo 30. 3. 2015