

Česká zemědělská univerzita v Praze

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2012

Bc. Dana Leissová

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta**

**Návrh inovace technologické linky na zpracování biologicky
rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu**

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jan Malat'ák Ph. D.

Autor práce: Bc. Dana Leissová

Praha 2012

Rozsah textové části

50

Klíčová slova

biologicko rozložitelné odpady, fermentor, bioplyn, kogenerační jednotka

Doporučené zdroje informací

Filip, J., Oral, J.: Odpadové hospodářství II. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 78 s. ISBN 80-7157-662-4

Juchelková, D.: Třídění a využití odpadů. Ostrava, VŠB TU Ostrava, 2000. ISBN 80-7078-747-3

Juchelková, D., Fibinger, V., Mika, J.: Metody nakládání s odpady. 1. vydání. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 1996. 62 s. ISBN 80-7078-309-5

Malaták, J.; Vaculík, P.: Zpracování biologicky rozložitelných odpadů. ČZU v Praze, technická fakulta, tisk. Powerprint, Praha 2008. 168 s., ISBN: 978-80-213-1747-5

Pastorek Z., Kára J., Jevíč P., 2004, Biomasa – obnovitelný zdroj energie, nakladatelství FCC Public, Praha, 264 str., ISBN 80-86534-06-5

Stráka, F.; kolektiv: Bioplyn. GAS s.r.o., Říčany 2003, s. 517, ISBN 80-7328-029-9

Vedoucí práce

Malaták Jan, doc. Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2010

Termín odevzdání

duben 2012


doc. Ing. Miroslav Pílkryl, CSc.

Vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení:

Prohlašuji tímto, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Jana Malat'áka Ph.D. a uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

Děkuji doc. Ing. Jana Malat'áka Ph.D. za odborné vedení při psaní mé diplomové práce a zaměstnancům bioplynové stanici Krásná Hora a.s.

V Praze, dne 2.4.2012

.....
podpis diplomanta

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá inovací technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu. Vybraným podnikem pro řešení inovace je Zemědělské družstvo Krásná Hora, kde mají vybudovanou bioplynovou stanici.

Návrh inovace se týká separátoru, který je opotřebovaný. Diplomová práce se snaží najít nejlepší řešení, jak separátor inovovat.

Bylo provedeno výběrové řízení na nový separát, kde díky bodovému hodnocení vyhrál Válcový separátor LB 640 x 500 od firmy Progress Moravia.

Cílem měření bylo pomocí stacionárního analyzátoru bioplynu BC20 naměřit koncentraci bioplynu v závislosti na vstupních materiálech a určit nejlepší poměr vstupních surovin, při které vznikne největší množství bioplynu.

Z ekonomického hodnocení inovace se tento návrh doporučuje jako dobrý krok.

Klíčová slova: bioplyn, biostanice, separátor

Summary:

This thesis deals with innovation, technological lines for processing of biodegradable wastes for the production of biogas. The selected firm for innovation is the agricultural cooperative Krásná Hora, where they built a biogas plant.

Design innovation relates to the separator, which is worn out. This thesis tries to find the best solution to upgrade the separator.

It was carried out a tender for a new turns, where thanks to a scatter evaluation won the Cylindrical cutter LB 640 x 500 Progress from Moravia.

The objective measurement was by stationary biogas analyzer BC20 measured the concentration of a biogas plant, depending on the entry materials and determine the best ratio of the entry of raw materials, which is the largest amount of biogas.

From an economic evaluation of the innovation of this proposal is recommended as a good step.

Key words: biogas, biogas plant, separator

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Terminologie	2
2.1	Biomasa.....	2
2.2	Odpad	2
2.3	Biologicky rozložitelný odpad	4
2.4	Biologicky rozložitelný komunální odpad	4
2.5	Bioplyn	4
2.6	Bioplynová stanice	5
2.7	Anaerobní fermentace (digesce).....	5
2.8	Digestát.....	6
2.9	Fugát.....	6
2.10	Separát.....	6
2.11	Separátor.....	6
2.12	Kogenerační jednotka.....	6
2.13	Legislativa	7
3	Přehled poznatků z literatury	10
3.1	Anaerobní fermentace	10
3.1.1	Co je to anaerobní fermentace.....	10
3.1.2	Historie anaerobní fermentace	11
3.1.3	Druhy odpadů vhodné pro zpracování technologií anaerobní fermentace.....	11
3.1.4	Technologie anaerobní fermentace	12
3.2	Bioplynová stanice	16
4	Výchozí podmínky podniku.....	19
4.1	Bioplynová stanice Krásná Hora.....	19
4.1.1	Umístění Bioplynové stanice	19
4.2	Realizace	20
4.2.1	Celkové finanční náklady na výstavbu bioplynové stanice a použité dotace	22
4.3	Technologie.....	23
4.4	Separátor.....	27
4.4.1	Nedostatky linky	29
5	Návrh řešení a dosažené výsledky.....	30
5.1	Návrhy separátorů	30
5.1.1	Výchozí parametry separátorů.....	36
5.2	Výběrové řízení	36
5.3	Měření	37
5.3.1	Měřicí zařízení.....	38
5.3.2	Výsledky měření	40
5.3.3	Shrnutí měření	42
5.4	Výpočty	43
5.4.1	Získané hodnoty	43
5.4.2	Výpočet množství fermentačního kapalného zbytku (fugátu)	43
5.4.3	Výpočet spotřeby tepla na nahřání substrátu v hl. fermentoru.....	44
5.4.4	Výpočet tepelné ztráty.....	45
6	Ekonomické posouzení návrhu	47
6.1	Celkové finanční náklady na výstavbu bioplynové stanice a použité dotace	47
6.2	Stav bez inovace separátoru	47
6.2.1	Provozní náklady.....	47
6.2.2	Výnosy	52

6.3	Stav s inovací separátoru.....	53
6.3.1	Provozní náklady.....	53
6.3.2	Výnosy	55
6.4	Celková bilance nákladů a výnosů za stav bez inovovaného separátoru a s inovovaným separátorem	56
6.5	Shrnutí ekonomického zhodnocení	58
7	Závěr.....	59

1 Úvod

Bioplynová stanice je technologické zařízení využívající procesu anaerobní digesce ke zpracování bioodpadu, případně jiného biologicky rozložitelného materiálu. Hlavním produktem anaerobní digesce je bioplyn, který lze využít jako alternativní zdroj energie.

V dnešní době je bioplynová stanice velice populární téma.

Cílem diplomové práce je nalézt nejvhodnější návrh na inovaci technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu. Inovovaným strojem bude separátor, který již nevyhovuje požadavkům bioplynové stanice.

Výběr bude probíhat ze čtyř navržených separátorů, vhodných do tohoto podniku. Pomocí porovnání nejdůležitějších parametrů navržených separátorů dojde k výběrovému řízení, kde bude vyhodnocen jeden separátor jako nejvhodnější.

Cílem měření bude zjistit nejlepší skladbu množství materiálu, vloženého do bioplynové stanice, při které vznikne největší koncentrace metanu.

V závěru bude ekonomicky srovnána varianta při které dojde k inovaci navrhovaného separátoru s variantou bez inovace. Navrhovaná investice bude buď doporučena nebo odmítnuta.

Biologicky rozložitelné odpady jsou velice aktuální téma, protože tvoří velkou část z celkové produkce odpadů. Jde o přirozenou proměnu biologicky rozložitelného materiálu jako zdroj živin, který se zpět vrací do koloběhu života.

Pro zpracování tohoto odpadu se používají dvě technologie. Jde o technologii kompostování a anaerobní fermentace. Tyto technologie neznečišťují životní prostředí víc, než kdybychom ukládali tento odpad na skládky.

Při anaerobní fermentaci vzniká bioplyn, který lze využívat k energetickým účelům (tepelná i elektrická energie), avšak technologické náklady jsou vysoké.

Díky kompostování se redukuje skleníkové plyny a výhodou jsou malé náklady na vybudování technologie. Velkou nevýhodou kompostování je malá kontrola nad procesem.

Ideálem fermentačního zpracování odpadní biomasy je bioplynová stanice zakončená kompostárnou. [1]

2 Terminologie

2.1 Biomasa

Biomasa je souhrn látek organického původu, ať už rostlinného či živočišného. Buď je záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby a komunálního hospodářství. Nejčastěji se používá dřevní odpad, sláma a další zemědělské zbytky.

Biomasa je závislá na slunečním záření a fotosyntéze, jde tedy o obnovitelný zdroj energie.

Biomasu můžeme používat jako potravu nebo jako zdroj tepla pro vytápění, vaření, ohřev vody ale i jako zdroj energie pro dopravní prostředky. [1]

2.2 Odpad

Odpadem se rozumí každá movitá věc, které se vlastník zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit, a přísluší do některých skupin uvedených v příloze č.1 k tomuto zákonu.

Příloha č. 1 zákona 185/2001 Sb. (skupiny odpadů)

Q1 - Zůstatky z výrob a spotřeby dále jinak nespécifikované

Q2 - Výrobky, které neodpovídají požadované jakosti

Q3 - Výrobky s prošlou lhůtou spotřeby

Q4 - Použité, ztracené nebo jinou náhodnou událostí znehodnocené výrobky včetně všech materiálů, součástek zařízení apod., které byly v důsledku nehody kontaminovány

Q5 - Materiály kontaminované nebo znečištěné běžnou činností (např. zůstatky z čištění, obalové materiály, nádoby atd.)

Q6 - Nepoužitelné součásti (např. použité baterie, katalyzátory apod.)

Q7 - Látky, které ztratily požadované vlastnosti (např. znečištěné kyseliny, rozpouštědla, kalicí soli apod.)

Q8 - Zůstatky z průmyslových procesů (např. strusky, destilační zbytky apod.)

Q9 - Zůstatky z procesů snižujících znečištění (např. kaly z praček plynů, prach z filtrů, vyřazené filtry apod.)

Q10 - Zůstatky ze strojního obrábění a povrchové úpravy materiálu (např. třísky z obrábění a frézování, okuje apod.)

Q11 - Zůstatky z dopravy a úpravy surovin (např. z dolování, dopravy nafty apod.)

Q12 - Znečištěné materiály (např. oleje znečištěné PCB apod.)

Q13 - Jakékoliv materiály, látky či výrobky, jejichž užívání bylo zakázáno zákonem

Q14 - Výrobky, které vlastník nepoužívá nebo nebude více používat (např. v zemědělství, v domácnosti, úřadech, prodejnách, dílnách apod.)

Q15 - Znečištěné materiály, látky nebo výrobky, které vznikly při sanaci půdy

Q16 - Jiné materiály, látky nebo výrobky, které nepatří do výše uvedených skupin [1]

V tabulce č. 1 jsou zobrazeny způsoby nakládání s komunálním odpadem v roce 2010. Tyto údaje jsou zveřejněny českým statistickým úřadem.

Tabulka 1 Způsob nakládání s komunálními odpady v roce 2010 [3]

	v tom:		
	<i>celkem [t]</i>	<i>nebezpečné [t]</i>	<i>ostatní [t]</i>
produkce odpadů celkem	24 123 560	1 370 679	22 752 881
v tom:			
z podniků	20 423 322	1 357 825	19 065 497
z toho:			
zemědělství, lesnictví a rybnářství	113 685	6 166	107 519
těžba a dobývání	114 569	15 949	98 621
zpracovatelský průmysl	4 202 463	550 376	3 652 088
výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	1 540 396	37 139	1 503 257
činnosti související s odpadními vodami, odpady a sanacemi	2 507 187	550 690	1 956 497
stavebnictví	9 353 672	87 918	9 255 754
doprava a skladování	178 080	16 052	162 028
z obce	3 700 238	12 854	3 687 384
z toho:			
komunální odpad	3 334 240	5 028	3 329 212

2.3 Biologicky rozložitelný odpad

Biologicky rozložitelným odpadem se myslí jakýkoliv odpad, který je rozložitelný anaerobně nebo aerobně. [1]

Mezi biologicky rozložitelný odpad patří:

- rostlinné zbytky z údržby krajiny, například sláma z řepky, z kukuřice či obilovin, zbytky po likvidaci křovin, odpady ze sadů a vinic
- lesní odpady, například stromová kůra, pařezy, různé větve stromů nebo keřů, které mohou být z lesního porostu, ze zahrad či ovocných sadů, které se nehodí ani jako palivo
- odpady z dřevařského průmyslu, například dřevěné třísky, piliny a hobliny
- živočišné odpady, například exkrementy hospodářských zvířat a zbytky krmiv, komunální organické odpady z venkovních sídel (kaly z odpadních vod) a organické zbytky z údržby zeleně a trávníků [1]

2.4 Biologicky rozložitelný komunální odpad

Biologicky rozložitelný komunální odpad je odpad z domácností, stejně jako jiný biologicky rozložitelný odpad, který z důvodu své povahy a složení je podobný biologicky rozložitelnému odpadu z domácností. [1]

2.5 Bioplyn

Bioplyn je bezbarvý, silně zapáchající plyn. Obecně se jedná o směs plynů vzniklých činností anaerobních mikroorganismů. Je produktem procesu, při kterém dochází k rozkladu organické hmoty. Tento rozklad probíhá samovolně v přírodě bez jakékoliv příčiny lidského faktoru (na dně rybníků či močálů).

V mnoha případech je produkce bioplynu spojena se skládkováním různých odpadů obsahujících organickou hmotu.

Bioplyn se skládá hlavně z metanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%). [1]

V tabulce č. 3 je znázorněna produkce bioplynu domácími zvířaty.

Tabulka 2 Produkce bioplynu z různých druhů živočišných odpadů [4]

druh zvířete	hmotnost zvířete [kg]	odpad [kg]	produkce bioplynu [m ³ .den ⁻¹]
slepice	1,5	0,2	0,015
sele	20	1,8	0,04
prasata - výkrm	50-110	7	0,14
tele	120	12	0,2
prasnice	160	7	0,08
býk - výkrm	120-350	22	0,5
býk - výkrm	nad 350	42	1
jalovice	120-300	20	0,39
jalovice	300-500	38	0,85
dojnice	500-600	50	1,2

2.6 Bioplynová stanice

Bioplynová stanice je technologické zařízení využívající proces anaerobní fermentace nebo-li anaerobní digesce ke zpracování bioodpadu, případně jiného biologicky rozložitelného materiálu. Hlavním produktem anaerobní digesce je bioplyn, který lze využít jako alternativní zdroj tepelné i elektrické energie.

Bioplynové stanice jsou vhodné pro zemědělské podniky ke zpracování cíleně pěstovaných zemědělských plodin jako například kukuřičná siláž, travní senáž, žito, nebo pro podniky z oblasti odpadového hospodářství ke zpracování biologicky rozložitelných odpadů jako například travní zeleň, prošlé potraviny, zelenina, ovoce, vytříděný biologicky rozložitelný komunální odpad.

Biologické odpady již nejsou odpady, nýbrž hodnotná surovina. [5]

2.7 Anaerobní fermentace (digesce)

Anaerobní fermentace (digesce) je proces, při kterém mikroorganismy rozkládají organický materiál bez přístupu vzduchu. Může probíhat samovolně v přírodě nebo řízenou metodou v bioplynových stanicích.

Celý proces probíhá ve čtyřech základních fázích: hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze, metanogeneze. [6]

Konečnými produkty jsou vzniklá biomasa, plyny a nerozložený zbytek organické hmoty, který je již z hlediska hygienického nezávadný pro prostředí.

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 způsobit poruchy v celém systému. [7]

2.8 Digestát

Digestát je tuhý zbytek po vyhnití se sníženým obsahem biologicky rozložitelných látek. Pokud digestát vyhovuje všem parametrům stanoveným vyhláškou Ministerstva životního prostředí, lze ho využít jako hnojivo, přídatek do kompostu nebo k úpravě povrchu terénu. [6]

2.9 Fugát

Fugát, nebo-li odpadní voda, je tekutý produkt vyhnivacího procesu a má charakter vody odpadní. Je silně zakalený a obsahuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Zpravidla je odváděn do čistírny odpadních vod, nebo bývá rozvážen na zemědělské plochy jako hnojivo. [6]

2.10 Separát

Separát je suchý materiál, který vychází ze separátoru. Po vyseparování bývá separát uložen na pole jako kompost. [6]

2.11 Separátor

Separátor je zařízení, která nám slouží k rozdělení digestátu na separát a fugát. Separátory mohou být buď válcové, šnekové, odstředivé, atd. Bývá posledním článkem v bioplynové stanici. [1]

2.12 Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka je zařízení, které vytváří teplo a elektrickou energii z bioplynu. Jde o soustrojí motoru, generátoru a ostatního příslušenství, které bývá umístěno na společném ocelovém rámu.

Pokud je potřeba většího výkonu kogenerační jednotky, je možné spojit dvě kogenerační jednotky k sobě. [1]

2.13 Legislativa

- **Zákon č. 185 / 2001 Sb. o odpadech**

V souladu s právem Evropských společenství zákon stanovuje:

- a) pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany zdraví člověka a trvale udržitelného rozvoje,
- b) práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství,
- c) působnost orgánů veřejné správy.

Zákon se vztahuje na nakládání se všemi odpady, s výjimkou:

- a) odpadních vod
- b) odpadů drahých kovů
- c) radioaktivních odpadů
- d) mrtvých těl zvířat, která uhynula jiným způsobem než porážkou, včetně zvířat usmrcených za účelem vymýcení nákazy zvířat odstraňovaných v souladu se zvláštním právním předpisem
- e) exkrementů, nejedná-li se o vedlejší produkty živočišného původu, slámy a jiných přírodních látek pocházejících ze zemědělské výroby nebo lesnictví, které nevykazují žádnou z nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k tomuto zákonu a které se využívají v zemědělství a lesnictví v souladu se zvláštním právním předpisem 7. nebo k výrobě energie prostřednictvím postupů nebo metod, které nepoškozují životní prostředí ani neohrožují lidské zdraví
- f) emisí látek znečišťujících ovzduší
- g) odpadů plastických trhavin, výbušnin a munice
- h) vytěžených sedimentů z vodních nádrží a koryt vodních toků, u kterých vlastník prokázal, že vyhovují limitům znečištění pro jejich využití k zavážení podzemních prostor a k úpravám povrchu terénu, stanoveným v příloze č. 9 k tomuto zákonu, a sedimentů z vodních nádrží a koryt vodních toků používaných na zemědělském půdním fondu podle zvláštních právních předpisů 9a
- i) sedimentů přemísťovaných v rámci povrchových vod za účelem správy vod a vodních cest, předcházení povodním, zmírnění účinku povodní a období sucha nebo rekultivace půdy, je-li prokázáno, že nevykazují žádnou z nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k tomuto zákonu

j) zemin a jiných přírodních materiálů vytěžených během stavebních činností, pokud vlastník prokáže, že budou použity v přirozeném stavu v místě stavby a že jejich použití nepoškodí nebo neohrozí životní prostředí nebo lidské zdraví [8]

- **Zákon č. 180 / 2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie**

V souladu s právem Evropských společenství zákon stanovuje:

- a) podpořit využití obnovitelných zdrojů energie
- b) zajistit trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů
- c) přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti
- d) vytvořit podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v České republice ve výši 8 % k roku 2010 a vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu po roce 2010 [8]

- **Vyhláška č. 381/2001 Sb., katalog odpadů**

- Postup pro zařazování odpadů podle Katalogu odpadů

Původce odpadů a oprávněná osoba odpady zařazují pod šestimístná katalogová čísla druhů odpadů uvedená v Katalogu odpadů, v nichž prvé dvojčíslí označuje skupinu odpadů, druhé dvojčíslí podskupinu odpadů a třetí dvojčíslí druh odpadu; při tomto zařazování postupují následujícím způsobem:

a) podle odvětví, oboru nebo technologického procesu, v němž odpad vzniká, se nejdříve vyhledá odpovídající skupina, uvnitř skupiny potom podskupina odpadu.

b) pokud pro určitý odpad nelze v Katalogu odpadů nalézt odpovídající katalogové číslo odpadu ve skupinách 01 až 12 a 17 až 20, hledá se katalogové číslo pro daný odpad ve skupinách 13, 14 a 15 Katalogu odpadů,

c) pokud se nenalezne žádné vhodné katalogové číslo ani ve skupinách 13, 14 a 15, hledá se katalogové číslo pro daný odpad ve skupině 16,

d) pokud se nenalezne žádné vhodné katalogové číslo ani ve skupině 16, přidělí se danému odpadu katalogové číslo končící dvojčíslím 99 ze skupiny odpadů vyhledané postupem podle písmena

e) v případě, že se odpad skládá z více složek, které jsou v Katalogu odpadů uvedeny pod samostatnými katalogovými čísly, má přednost přiřazení k takovému druhu odpadu, který je z hlediska škodlivých účinků na člověka a na životní prostředí nejvíce nebezpečný,

Katalogové číslo:

XX	XX	XX
skupina	podskupina	druh odpadu

Nový Katalog odpadů je zcela v souladu se současným platným katalogem EU. V předchozím Katalogu byl počet NO vyšší. Odpadů zařazených pod druhem 99 (další blíže neurčené) je méně. Vyhláška obsahuje samostatně seznam NO, které nemají zrcadlovou položku zařazenou do kategorie O (ostatní) odpad v Katalogu a nelze u nich vyloučit N vlastnosti. Ve vyhlášce je stanoven postup pro zařezování odpadů podle katalogu a podle kategorií. Dále se vyhláška zabývá vývozem a dovozem odpadů. [9]

3 Přehled poznatků z literatury

3.1 Anaerobní fermentace

3.1.1 Co je to anaerobní fermentace

Při anaerobní fermentaci jde o zpracování bioodpadu bez přístupu vzduchu v uzavřených nádobách tzv. fermentorech. Kyslík je pro anaerobní bakterie, které přeměňují bioodpad na bioplyn, jedovatý, proto se s ním nesmí přijít do styku.

Při zpracování bioodpadu tímto způsobem vznikne vedle kvalitního přírodního hnojiva také bioplyn, ze kterého je možné vyrábět elektrickou i tepelnou energii. Tato kombinovaná výroba elektřiny a tepla se nazývá kogenerace. V procesu kogenerace je vzniklý bioplyn použit jako palivo pro spalovací motor, který pomocí generátoru vyrábí elektrickou energii. Stejně jako v autě, i tady se motor zahřívá a musí se chladit.

Bioplyn je také možné čistit na biometan a používat ho tak k pohonu motorových vozidel jezdících na stlačený zemní plyn.

Pro představu, kdyby se exkrementy jedné dojnice, vyprodukované za jeden rok, přeměnily v bioplynové stanici na bioplyn a použily k pohonu osobního automobilu, ujel by kolem 4 500 km. [10]

Velkou nevýhodou anaerobní fermentace jsou velké finanční náklady, ať už jde o vybudování bioplynové stanice nebo o samotný proces.

V literatuře je psáno, že provoz u anaerobní fermentace je dvakrát až třikrát dražší než při kompostování.

Při spalování fosilních paliv vznikají skleníkové plyny, které škodí životnímu prostředí. Proto se v poslední době přechází na metodu anaerobní fermentace, protože při této technologii nevznikají skleníkové plyny. [11]

Při anaerobním rozkladu jsou všechny fáze závislé jedna na druhé. Na tomto rozkladu se podílí mnoho skupin anaerobních mikroorganismů. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává potravou pro skupiny další, a proto nedostatečná aktivita jedné skupiny může porušit dynamickou rovnováhu celého systému. Konečným produktem je metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2).

Složení bioplynu je závislé na použitém materiálu avšak složení se většinou pohybuje kolem 50 % - 80 % metanu (CH_4), 20 % - 35 % oxidu uhličitého (CO_2), 5 % dusíku (N_2), 1 % vodíku (H_2). [12]

Pomocí anaerobní fermentace může být zpracována široká škála bioodpadů, včetně těch, které jsou nevhodné pro kompostování, například bioodpady s vysokým obsahem vody, zbytky z průmyslových a potravinářských provozů, kuchyňské zbytky, odpady živočišného původu. S těmito odpady si fermentační stanice snadno poradí, získá z nich energii a vyrobí stabilizované kvalitní přírodní hnojivo bez vůně a zápachu. [13]

3.1.2 Historie anaerobní fermentace

Podíl bioplynu na energetické produkci České republiky je v současné době zanedbatelný. Anaerobní fermentace se v České republice využívá zejména při stabilizaci čistírenských kalů, při anaerobním čištění odpadních vod a při získávání skládkového plynu ze skládek komunálního odpadu. [14]

Anaerobní fermentace byla u nás původně využívána na stabilizaci odpadů, které vznikají v živočišné výrobě. Biologický odpad, který vznikal v zemědělských podnicích, byl v minulosti tradičně využíván ke hnojení zemědělské půdy. V posledních letech se však začala všechna zemědělská zvířata rozdělovat podle druhů a byla koncentrována do velkých výrobních jednotek, které produkují značné množství exkrementů. Tím začala poptávka po bioplynových stanicích.

3.1.3 Druhy odpadů vhodné pro zpracování technologií anaerobní fermentace

- Exkrementy hospodářských zvířat

Mezi nejvhodnější materiály, které se dají zpracovat technologií anaerobní fermentace jsou exkrementy zvířat. Pokud se s nimi nenakládá nesprávně, hledí se na exkrementy jako na materiál, který škodí životnímu prostředí a měl by být částečně nebo úplně zlikvidován.

Tento materiál obsahuje velké množství organických látek, které se musí v rámci zachování úrodnosti vracet zpět do půdy. Bez dostatku organických látek v půdě může docházet k narušování půdní struktury. [11]

Protože se kejda nemůže aplikovat na pozemek během léta (kvůli obilovinám) a v zimě (kvůli sněhu), měl by se v tomto období skladovat, což negativně ovlivňuje její složení a tím dochází k ztrátám hnojivých látek. Kvůli tomu se v tuto dobu nejčastěji používá anaerobní fermentace, při které se sníží tyto ztráty. [15]

Voda, která je obsažena v exkrementech zvířat ovlivňuje proces anaerobní fermentace. Čím vyšší je množství vody v materiálu, tím je větší spotřeba energie při jeho zpracování a tím se snižuje produkce bioplynu. [16]

Kvalitu kejdy dále ovlivňuje druh ustájení hospodářských zvířat. Ustájení je stelivové nebo bezstelivové. Výhodou stelivového ustájení je dobrá manipulace s materiálem a snížení zápachu mezi nevýhody patří prašnost a pravděpodobnost napadení materiálu (podestýlky) plísní. Produktem stelivového ustájení je slamnatý hnůj (směs exkrementů a slámy). Naopak produktem bezstelivového ustájení je směs tuhé a tekuté frakce exkrementů. [17]

- Anaerobní fermentace průmyslových a tuhých komunálních odpadů

Při zpracování průmyslových odpadů se musí počítat se zavedením nové technologie, s tím souvisí i zdražení procesu. Mezi nové technologie patří například drcení, třídění, homogenizace a lisování komunálních odpadů.

Mezi nejpoužívanější průmyslové odpady patří:

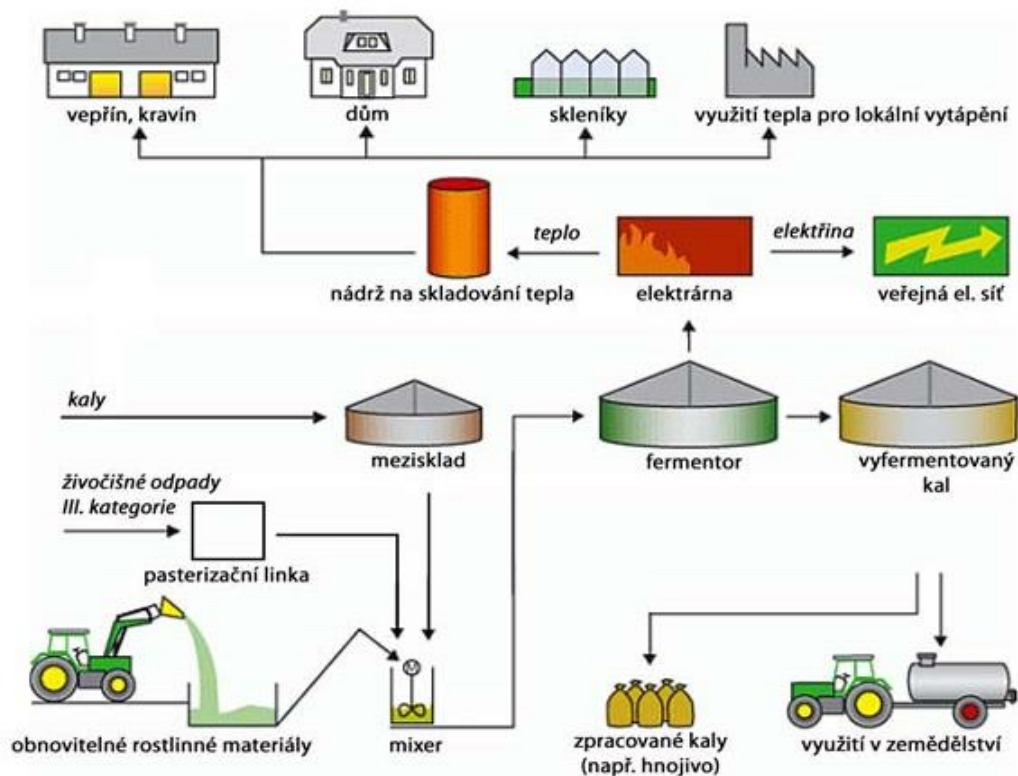
- odpady ze zpracování ovoce a zeleniny
- odpady z konzervářského průmyslu
- odpady z výroby řepného cukru
- odpady z papírenského průmyslu
- papírenské kaly
- odpady z dřevozpracujícího průmyslu [1]

3.1.4 Technologie anaerobní fermentace

Technologie anaerobní fermentace je považována za náročnější metodu a to z ekonomického, technického i stavebního hlediska.

Výsledným produktem je bioplyn, který se dále využívá na výrobu tepelné a elektrické energie. Zpracovaný biologicky rozložitelný odpad se může zpět vrátit do půdy. Na obrázku 1 je znázorněno technologické schéma anaerobní fermentace.

Obrázek 1 Technologické schéma anaerobní fermentace [18]



Anaerobní technologie probíhá v tak zvaných fermentorech (reaktorech). Fermentor je zařízení zajišťující ideální podmínky pro fermentaci. Reaktor je základní technologickou částí anaerobní fermentace, proto jsou na něj kladeny vysoké nároky. Pro správnou činnost bakterií, musí být zajištěna stálá teplota, toho se dosáhne pomocí ohřevu kejdý přímo ve fermentoru.

Ohřev probíhá pomocí otopného média (horká voda), to je přiváděno systémem tak zvaných otopných hadů dovnitř reaktoru. Zde dochází ke sdílení tepla. Tento systém se používá u menších a středně velkých nádrží. Ohřev se může také zajišťovat pomocí výměníků, do nichž je přiváděna teplá voda. Výměníky se nejčastěji používají ve tvaru šroubovice nebo spirály. [4]

Kaly v reaktoru by se během procesu měly míchat, aby se zabránilo usazení písku na dně reaktoru. Míchací zařízení jsou buď vrtulové - rychloběžné nebo vrtulové - pomaloběžné s velkým průměrem míchací vrtule. K míchání kalů se může také použít čerpadlo, které je umístěno vně nádrže. [19]

Fáze anaerobní fermentace

Při anaerobní fermentaci materiál prochází různými stádii:

- Hydrolýza

Hydrolýza je prvním stádiem při kterém dochází k rozkladu látek rozpuštěných i nerozpuštěných. Tyto látky se rozkládají na nízkomolekulární látky, které se rozpouštějí ve vodě pomocí enzymů, ty jsou produkovány fermentačními bakteriemi. Vzniklé nízkomolekulární látky se mohou přemísťovat dovnitř buňky, kde dochází k dalšímu rozkladu. [1]

- Acidogeneze

Po hydrolýze následuje fáze, která se nazývá acidogeneze. V této fázi se nízkomolekulární látky uvnitř buňky rozkládají na jednodušší organické látky. Při nízkém tlaku vodíku je produkována hlavně kyselina octová. [12]

- Acetogeneze

Acetogeneze je zvláštním případem acidogeneze. Pro anaerobní rozklad jsou důležité bakterie, které do procesu vstupují jako funkční mezičlánky a produkují směs vodíku a oxidu uhličitého. [12]

- Metanogeneze

V této fázi dochází k rozkladu jednoduchých látek, jako je metan a oxid uhličitý díky methanogenním bakteriím. [1]

Faktory ovlivňující anaerobní stabilizaci kejdy

- Teplota

Patří k nejdůležitějším faktorům, který ovlivňuje proces. Při této technologii se se zvyšující teplotou zvyšuje i rychlost procesu. Pro udržení stability procesu je nutné zabezpečit konstantní teplotu.

V provozních podmínkách se při určování teploty dělá kompromis mezi spotřebovanou energií a optimální teplotou pro anaerobní mikroorganizmy. [20]

V provozech v České republice bylo v rámci pokusů zjištěno, že pokud se teplota zvýší z teploty 32 °C až 33 °C na 39 °C až 42 °C, tak se výrazně zvýší produkce bioplynu.

Zkušenosti z provozu potvrdily, že mírné kolísání teploty v rozsahu několika °C během procesu nějak neovlivňuje fermentační pochod. [20]

- pH

Optimální hodnota pH pro růst metanogenních mikroorganismů je v rozmezí pH 6,5 až pH 7,5. Tuto hodnotu je nutné dodržovat. [21]

- Zatížení biomasy a doba zdržení

Zpracování biomasy je prakticky nejdůležitější fází provozu anaerobního reaktoru. Na něm závisí doba, za kterou se dosáhne ustáleného stavu stability i účinnosti provozu.

Biomasa musí být v reaktoru homogenní a během procesu se musí dobře promíchávat, aby došlo k co největšímu kontaktu s mikroorganismy. Doba zdržení musí být dostatečně dlouhá, aby bylo dosaženo potřebného rozkladu a nedocházelo k vyplavování potřebných mikroorganismů.

Doba zdržení biomasy v reaktorech se pohybuje kolem 10 až 40 dní. Platí, že čím je hůře rozložitelný daný substrát, tím je generační doba příslušných bakterií delší. [21]

Technika a technologie anaerobního zpracování s postupem času dospěla téměř k dokonalosti.

Dříve byla prvotním významem anaerobní technologie stabilizace biologicky rozložitelného odpadu, nyní se vedle stabilizace odpadu klade větší důraz na produkci bioplynu a jeho následné využití pro produkci tepelné i elektrické energie. [1]

Základní druhy technologií anaerobní fermentace

- Technologie mokrého zplyňování

Při mokřém procesu anaerobní fermentace je používán materiál s obsahem sušiny kolem 10%. Převážně se používá recyklovaná tekutina, která bývá naočkována médiem, aby anaerobní technologie probíhala jednodušeji.

Anaerobní fermentace tekutého substrátu vyžaduje objemné biofermentory a je energeticky náročná na vyhřívání, čerpání a odvodnění. [1]

Při této technologii je pomalá reprodukovanost anaerobních mikroorganismů, což má za důsledek prodloužení procesu.

Bioplyn, který je vyroben při této technologii se může použít k nahrazení energie, která byla potřeba při kompostování za přístupu vzduchu.

Nejlepším způsobem pro zpracování biologicky rozložitelného odpadu je spojit dohromady technologii kompostování a anaerobní fermentaci, které se budou navzájem doplňovat.

- Technologie suchého zplyňování

Používá materiál z obsahem sušiny 35 % až 40 %.

V této technologii se používají dva procesy a to mezofilní a termofilní. Mezofilní proces probíhá za teplot 35 °C až 40 °C, naopak termofilní proces se pohybuje kolem 55°C až 60 °C.

Nejčastěji se používají tři vsázkové biofermentory, které se střídavě naplňují a vyprazdňují. Tento systém je kombinován s integrovanými plynojemy, které jsou ve stejném objektu. Při tomto systému se materiál sype do drátěného koše o průměru 6 m. Po naplnění se na koš nasadí tepelně izolovaný zvon, ten je opatřen zařízením které slouží k odvodu bioplynu do plynojemu.

3.2 Bioplynová stanice

V bioplynové stanici je pomocí kontrolovatelně probíhající anaerobní fermentace biomasy vyráběn plyn, který může být díky vysokému podílu metanu využíván k výrobě elektrické nebo tepelné energie. V bioplynové stanici se převážně za suroviny používají exkrementy hospodářských zvířat, zemědělské produkty a zemědělsko-průmyslové odpady.

Mezi hlavní suroviny patří silážovaná kukuřice, která ta patří mezi obnovitelné suroviny.

Silážovaná kukuřice se pomocí kolového nakladače nasype do betonového zásobníku, který musí být naplňován přibližně jednou denně. Zásobník bývá opatřen hydraulicky posuvným dnem, které kukuřici průběžně dopravuje na dopravní pás.

Jako další důležitý základní substrát je často používaná kejda, která se nejdříve musí meziskladovat ve chlěvě a poté je potrubím přečerpána přímo do směšovacího čerpadla na dopravním páse s kukuřicí. Do toho zařízení vybaveného dvěma míchacími válci zároveň padá i kukuřice z dopravního pásu. Takto mohou být pevné látky smíchány před vlastní fermentací.

Pomocí směšovacího čerpadla můžeme zásobovat čerstvým substrátem i více fermentačních nádrží vzdálených od sebe i několik metrů. Pro minimalizaci zápachu a zvýšení ochrany před infekcí by měla být v bioplynové stanici velká zásobní jímka.

Jako třetím substrátem se často používají tekuté odpady z potravinářského průmyslu.

Tekuté odpady jsou pomocí horké vody ohřívány v trubkovém výměníku tepla díky metodě protiproudu na přibližně 75 °C. Po ohřátí odpadu, které trvá kolem jedné hodiny je provedena hygienizace substrátu, aby se mohl substrát dopravit do fermentoru. Ve fermentoru dochází k vlastní tvorbě bioplynu.

Dopravený substrát musí být průběžně promícháván, aby se zabránilo vzniku usazenin a plovoucích vrstev. Pomocí nástěnného ohřevu horkou vodou je substrát ohříván na teplotu přibližně 40 °C, aby byl umožněn proces tvorby metanu. Ve fermentoru zůstává substrát přibližně 60 dnů, poté se přemísťuje do dalšího dofermentoru, kde substrát zůstane dalších 60 dnů a je využíván k produkci bioplynu.

Řídký substrát je přečerpán do dvou železobetonových nádrží, kde je skladován po dobu maximálně šesti měsíců, digestát je pomocí separátoru následně rozdělen na fugát a separát a poté jsou tyto části vyčerpány na zemědělské plochy.

Pokud jsou fermentory pravidelně zásobovány čerstvou biomasou, jsou vzduchotěsně uzavřené a vytápěné vznikne během několika dnů požadovaný bioplyn.

Vznik plynu je složitý proces. Výchozím bodem jsou organické látky, obsažené v substrátech, jako například tuky, kterými se živí různé druhy bakterií.

Vzniklý plyn v nádrži stoupá pomalu nahoru za průběžného promíchání. Skládá se přibližně z 50 % až 70 % metanu a zbytek tvoří oxid uhličitý, vodní pára, vodík a sirovodík. Protože vodní pára a sirovodík způsobují během následného zužitkování plynu problémy, musí být tyto látky z plynu odstraněny. Z plynu musíme také odstranit vodní páru.

Odvodněný bioplyn je v maximální míře v biologickém odsiřovacím zařízení očištěn od agresivního sirovodíku. Pomocí přivedeného vzduchu se mohou na řetězech této nádrže usazovat kultury bakterií, které rozkládají sirovodík na neškodnou síru a vodu. Poté je v bioplynu (který je téměř bez tlaku) pomocí kompresoru vytvořen tlak potřebný pro pozdější spalování. Aby bylo možné zcela odstranit zbývající vodní páru a zbavit bioplyn nánosů a silikátů, musí bioplyn projít mokřým sušením. Toto sušení je prováděno pomocí vodní mlhy o teplotě 0 °C, plyn je tak ochlazen na teplotu nižší než 5 °C. Bioplyn je

průběžně kontrolován pomocí on-line měření, aby bylo možné úpravu plynu kontrolovat a automaticky řídit. Měření je obsah metanu, sirovodíku, oxidu uhličitého a kyslíku. Je tak zaručen vysoký stupeň efektivity a bezpečnosti provozu.

Pro zpracování bioplynu z patnácti tun biomasy ročně musí výkon kogeneračních jednotek činit 500 kW.

Až 30 % vzniklého odpadního tepla z chladicí vody motorů je použito na ohřev výměníku tepla a fermentoru. Díky tomu, že je proces soběstačný, nemusí mu být dodáváno dodatečné teplo. Zbylé teplo může být použito k vytápění průmyslových podniků, obytných domů nebo bazénů.

Elektrická energie vyrobená generátorem kogenerační jednotky v transformátoru je přeměněna na síťové napětí, poté je proud dodáván do veřejné sítě a tím pokryje roční spotřebu přibližně jednoho tisíce domácností. [22]

Každý projekt bioplynové stanice musí vyhovět všem legislativním požadavkům ochrany životního prostředí. Bioplynové stanice jsou často budovány s dotační podporou.

Při provozu je velmi důležité dodržovat technologickou kázeň, provozovat tak, aby díky přesně definovaným podmínkám fermentace, době zdržení vstupních surovin v reaktoru, teplotě v reaktoru, homogenizaci vstupních surovin, dávkování vstupních surovin, uskladnění fermentačního zbytku, podmínkám manipulace s fermentačním zbytkem, apod., nedocházelo k negativním vlivům na životní prostředí. [23]

4 Výchozí podmínky podniku

4.1 Bioplynová stanice Krásná Hora

Bioplynová stanice se nachází ve městě Krásná Hora nad Vltavou. Je situována v areálu vlastního podniku Zemědělského družstva Krásná Hora nad Vltavou a.s.. Obec Krásná Hora se nachází ve Středočeském kraji, v okrese Příbram.

Bioplynová stanice je investiční akce zemědělského družstva Krásná Hora, byla zde využita dotace z Programu rozvoje venkova.

Zemědělské družstvo Krásná Hora nad Vltavou a.s. vzniklo v roce 1957. V roce 1960 se družstva Zhoř, Hostovnice, Vletice a Pleštitě sloučila pod družstvo Krásná Hora.

Ke Krásné Hoře se v roce 1973 přidaly Krašovice a Podmoky a v roce 1977 také farma Státního statku Sedlčany.

Tuto podobu, jakou má zemědělské družstvo dnes, dostalo již v roce 1992. V tomto roce se družstvo přetransformovalo a vznikl nový právní subjekt s názvem Zemědělské družstvo Krásná Hora nad Vltavou, to se pak v roce 2003 změnilo na akciovou společnost ZD Krásná Hora nad Vltavou a.s. [24]

4.1.1 Umístění Bioplynové stanice

Obrázek 2 Letecký pohled na Krásnou Horu nad Vltavou [25]

A – bioplynová stanice Krásná Hora



Obrázek 3 Letecký pohled na Bioplynovou stanici [25]

A- stáje se skotem B - plynojem C - fermentor, D - provozní budova, E - sklad se separátorem, F - úložiště kejdy G - zemědělské družstvo, H - odpadní jímka na digestát, I - silážní žlab K - dávkovač pevných substrátů



4.2 Realizace

Stavba bioplynové stanice v zemědělském družstvu Krásná Hora začala v září 2007 a do provozu byla uvedena v červenci 2008.

Pro realizaci byla vybrána kogenerační jednotka GE Jenbacher 312 s elektrickým výkonem 526 kW a s tepelným výkonem 558kW.

Ve fermentoru se zpracovává substrátová skladba obsahující hovězí kejdu, kukuřičnou siláž, travní senáž a žito.

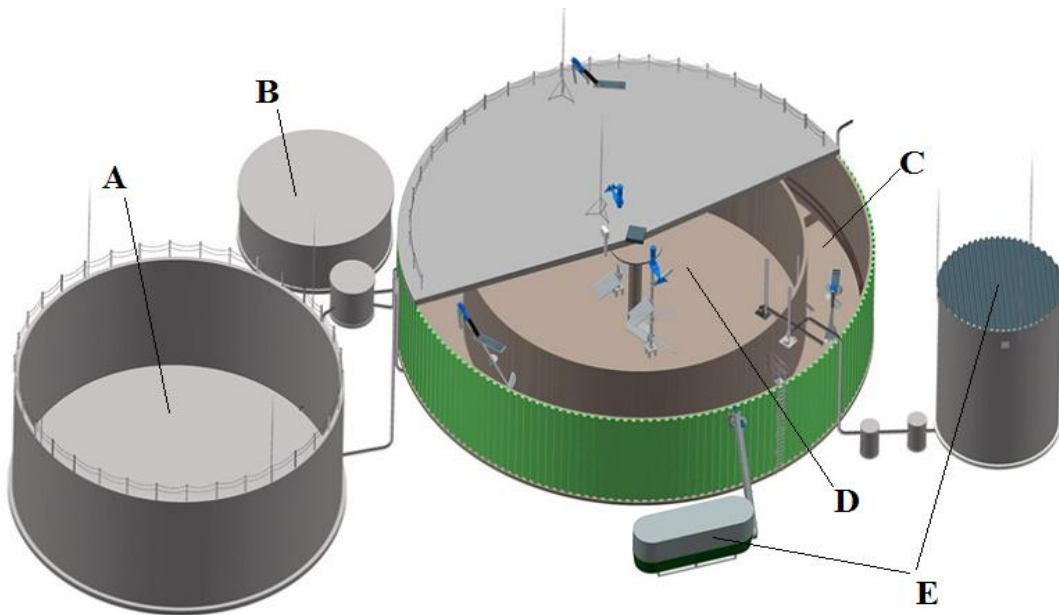
V bioplynové stanici dochází k využití odpadního tepla na vytápění místní firmy nebo na dosoušení biomasy (na produkování pelet k topení)

Tím by se také měla zkrátit návratnost investičních nákladů. Pořizovací cena bioplynové stanice Krásná Hora se pohybuje kolem 50 milionů Kč.

Na obrázku č. 4 je znázorněn model části Bioplynové stanice [26]

Obrázek 4 Model části bioplynové stanice Krásná Hora [27]

A - odpadní jímka na digestát, B - plynojem C - hlavní fermentor, D - konečný fermentor,
E - zásobník na vstupní materiál



Obrázek 5 Bioplynová stanice Krásná Hora [27]

A - zásobník na vstupní materiál, B - konečný fermentor, C - hlavní fermentor, D - sklad se
separátorem, E - sklad separátu



4.2.1 Celkové finanční náklady na výstavbu bioplynové stanice a použité dotace

Bioplynová stanice je vybudována v Zemědělském družstvu Krásná Hora. Velkou výhodou této spolupráce je, že živočišný odpad i rostlinný odpad je produkován i skladován v areálu bioplynové stanice.

Při budování bioplynové stanice nebyla potřeba investice do vybudování stájí se skotem, odpadní jímky, silážní žlaby a kancelářské prostory. Vše již bylo vybudováno při stavbě Zemědělského družstva. Tato skutečnost je považována za velkou výhodu, protože se nemuselo investovat do těchto potřebných zařízení.

Pořizovací náklady na výstavbu bioplynové stanice byly 75 000 000 Kč. Výstavba nádrže na kejdu a rekonstrukce teletníku stála 10 000 000 Kč

Projekt byl podporován Evropskou unií, proto na výstavbu bioplynové stanici dostalo Zemědělské družstvo dotaci. [28]

V tabulce č. 3 jsou uvedeny celkové finanční náklady na výstavbu bioplynové stanice i využití dotace na jednotlivé úkony.

Tabulka 3 Celkové finanční náklady i s použitými dotacemi [28]

akce	celkový finanční objem [Kč]	dotace EU [%]	dotace EU [Kč]
projektová dokumentace a potřebné povolení	350 000	/	/
přijedová cesta a parkoviště	430 000	/	/
výstavba nádrže na kejdu a rekonstrukce teletníku	10 000 000	50	5 000 000
výstavba bioplynové stanice a silážního žlabu	75 000 000	40	30 000 000

4.3 Technologie

Bioplyn, díky rozdílným druhům použité suroviny vykazuje rozdílné koncentrace metanu. Bioplynová stanice je určena převážně na použití energetických rostlin a kejdy. Primárním zdrojem bývají převážně energetické rostliny (kukuřičná siláž a travní senáž) a statková hnojiva (hovězí kejda). Používá se substrát s vlhkostí 8 % až 10 %. [28]

V tabulce 4 jsou zobrazeny orientační hodnoty o množství využívaných surovin.

Tabulka 4 Orientační hodnoty o množství využívaných surovin [28]

vstupní množství surovin	<i>množství</i> [t.den ⁻¹]	<i>sušina</i> [%]	<i>sušina</i> [t.d ⁻¹]	<i>množství</i> [t.rok ⁻¹]
<i>hovězí kejda</i>	35,75	10	3,575	13,05
<i>kukuřičná siláž</i>	16,16	32	5,171	5,9
<i>travní senáž</i>	8,08	35	2,828	2,95
suma	60	/	11,574	21,9

- Hovězí kejda je průběžně dopravována z chlévů do příjmové kejdové jímky
- Kukuřičná siláž je v období sklizně dovážena do areálu firmy, kde je dále uložena v silážních žlabech.
- Travní senáž bývá nařezána na maximální délku řezu kolem 3 až 4 cm.

Bioplynová stanice je akumulární průtokové zařízení. Bioplyn je vyráběn díky mokré fermentaci při teplotě 38 °C až 40 °C.

Část bioplynu je využit pro ohřev fermentorů, zbytek plynu se používá na ohřev topné vody, na sušení materiálu nebo na výrobu elektrické a tepelné energie v kogenerační jednotce.

Elektrická energie, která vzniká je dodávána do veřejné sítě. Vzniklé teplo je buď využito na vytápění administrativní budovy v areálu firmy nebo se využívá na vytápění sušárny.

Zkvašený substrát, nebo-li digestát, který zbude jako odpad z bioplynové stanice je separován na separačním zařízení.

Technologie bioplynové stanice je založena na principu využití dvou fermentorů. Bioplynová stanice se skládá z:

- Transformátor

V bioplynové stanici se používá transformátor typu ETS 1x63011-24. Transformátor slouží k transformaci napětí z výroby z 400 V na napětí v distribuční síti na 22 kV. Transformátor se používá jak na zásobování bioplynové stanice elektrickou energií, tak i na přenos produkované elektrické energie do sítě. [28]

- Zdroj elektrické energie

Elektrická energie je do bioplynové stanice dodávána přípojkou z distribuční sítě o 22 kV. Přípojka s transformační stanicí zajišťuje přenos vyprodukované elektrické energie z bioplynové stanice, zajišťují i dodávku elektrické energie do bioplynové stanice v případě, že dojde k výpadku či opravě kogenerační jednotky. [28]

- Velín

Díky počítačové technologii probíhá ve velíně kontrola všech procesů, které se dějí v bioplynové stanici. [28]

- Zásobní nádrž dávkovače pevných substrátů

Do nádrže se pomocí kolového čelního nakladače přidává siláž, ta byla předtím skladována v silážních žlabech.

Zásobní nádrž je dimenzována pro zakládání 1x denně. Ze zásobní nádrže se siláž dostane do nádrže hlavního fermentoru pomocí podávacího šneku. [28]

- Příjmová kejdomá jímka

Jímka slouží k uložení kejdy. Přísun kejdy je pomocí samospádu. [28]

- Hlavní fermentor

Pomocí šnekového dopravníku je pevný substrát dopraven do hlavního fermentoru. Aby došlo ke správné homogenizaci a rovnoměrnému rozložení teploty substrátu, používá se míchací zařízení, které míchá substrát v pravidelných intervalech i během plnicích procesů. Míchací zařízení je složeno ze tří pomaluběžných lopatkových míchadel.

Aby se zabránilo tvoření plovoucích vrstev a tím pádem ke zvýšenému příkonu míchadla, neměl by překročit obsah sušiny v hlavním fermentoru 10 %. [28]

- Koncový fermentor

Koncový fermentor slouží pro odbourávání organické sušiny v substrátu. Musí zde být vytvořeny ideální podmínky pro mikroorganismy avšak v koncovém fermentoru bude značně menší produkce plynu než v hlavním fermentoru.

Je to způsobeno tím, že již v hlavním fermentoru proběhlo velké množství odbourání sušiny a tím vznikl bioplyn.

Koncový fermentor je připojen k hlavnímu fermentoru, tudíž každodenně dochází k samovolnému přepadu substrátu z hlavního fermentoru do koncového.

Substrát se v koncovém separátoru zdržuje přibližně 38 dní. [28]

- Přečerpávací jímka

Přečerpávací jímka je složena z dvoukomorové jímky. První komora slouží k uskladnění digestátu před separací a druhá komora slouží k jímání odseparované tekuté části před přečerpáním do koncového skladu.

Pomocí centrální čerpací stanice je digestát přečerpán z koncového fermentoru do přečerpávací jímky. [28]

- Separátor

V bioplynové stanici Krásná Hora se používá bubnový separátor 2000, který slouží k oddělení pevných látek z digestátu.

Digestát, nebo-li zbytkový zkvašený substrát je odseparován a vzniknou dvě složky suchá složka (separát) a kapalná složka (fugát).

Separát se denně odváží na polní hnojiště a fugát bývá uložen v otevřeném koncovém skladu a poté je rozvážen na zemědělské plochy jako hnojivo. [28]

- Koncový sklad

Koncový sklad je složen ze dvou jímek, které mají objem 3370 m³ a 2270 m³ a je vysoký 2,5 m.

V koncovém skladu je uskladněn fugát, který jak již bylo zmíněno, je přečerpáván na zemědělské plochy. [28]

- Centrální čerpací stanice

Centrální čerpací stanice se používá k přečerpání uskladněné kejdy z příjmové kejdivé jímky do hlavního fermentoru k přečerpávání prokvašeného substrátu z koncového fermentoru do přečerpávací jímky před separátorem a na přečerpání mezi nádržemi resp. vyprázdnění fermentorů za účelem revize. [28]

- Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka je zařízení sloužící ke kombinované výrobě elektrické a tepelné energie. Zařízení je plně automatizované bez potřeby obsluhy.

Základem kogenerační jednotky je pístový spalovací motor, který je speciálně upraven pro spalování bioplynu. Ten slouží pro pohánění elektrického agregátu. Energetická účinnost kogenerace se pohybuje mezi 80 % až 90 %. Celková energie se skládá z 1/3 z energie elektrické a zbylé 2/3 představují energii tepelnou.

Pokud je množství bioplynu větší než jeho spotřeba, používá se takzvaný hořák zbytkového plynu, kde se přebytečný bioplyn spaluje.

Výkon kogenerační jednotky: elektrický výkon maximální 526 kW
tepelný výkon maximální 558 kW [28]

Obrázek 6 Kogenerační jednotka [27]



4.4 Separátor

Na odseparování digestátu se v bioplynové stanici Krásná Hora používá Separátor 2000. Jde o bubnový separátor, který odděluje z digestátu pevné látky nebo-li sušiny a kapalně látky. Všechny díly separátoru jsou vyrobeny z nerezového materiálu včetně přítlačných válců, které jsou pokryty speciální pryžovou vrstvou. Separační zařízení je výrobek firmy DODA z Itálie.

Zemědělské družstvo Krásná Hora získalo separátor od zemědělského družstva v Petrovicích, kde se používal také na separaci kejdy.

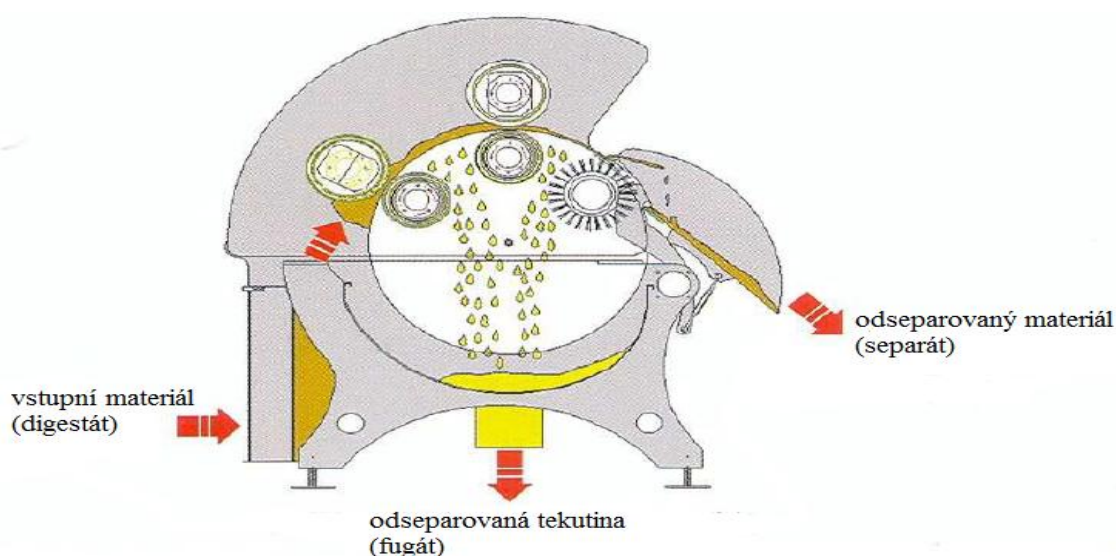
Separátor funguje na principu přítlačných válců. Hlavní částí separátoru je síto, které je válcového tvaru. Síto slouží k separaci tuhého odpadu od tekutého. Kejda je separována pomocí rolen a separačního bubnu. Vnitřkem bubnu odchází odpadní voda (fugát), která je po separaci ukládána do koncového skladu a vnějškem odchází tuhý odpad (separát). Válce separátoru jsou poháněny pomocí elektromotoru s převodovkou.

Díky centrálnímu čerpadlu se dostává odpad určený k separaci z přečerpávací jímky do separátoru a dále se s ním přečerpává odpadní voda na konci separace. [29]

Před separací mívá digestát kolem 6,5 % sušiny, po vyseparování se množství sušiny v separát pohybuje kolem 26 % sušiny.

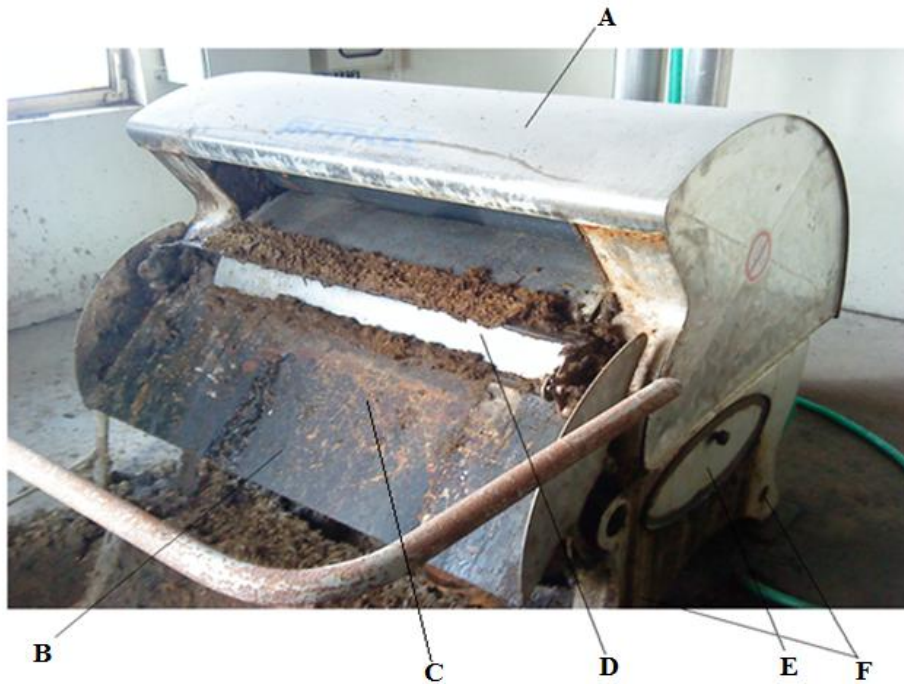
Příkon elektromotoru je 1,7 kW a výkon se pohybuje podle kolem $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Šířka separátoru je 1 340 mm, délka je 1 460 mm a výška je 1 323 mm.[30]

Obrázek 7 Separátor 2000 - schéma [29]



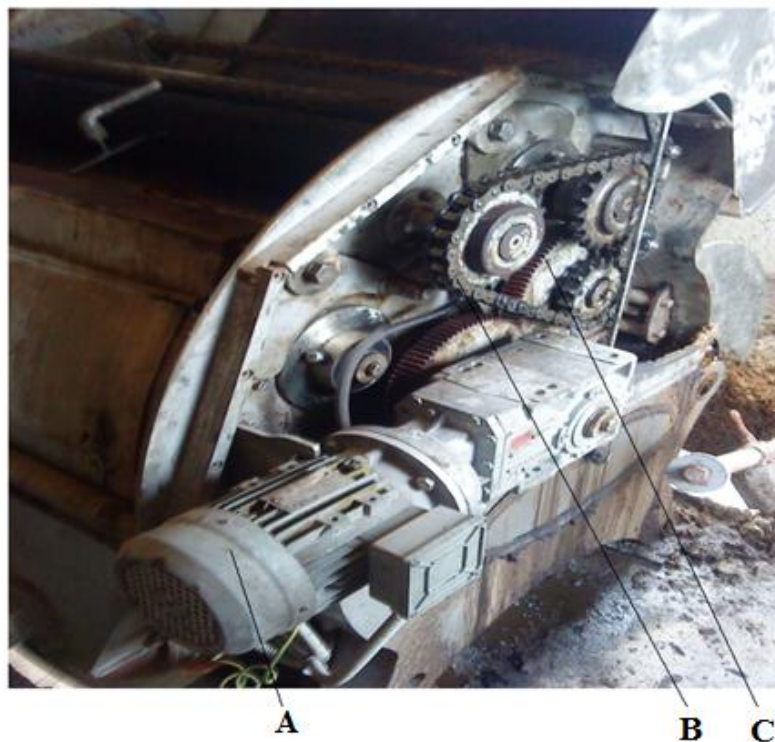
Obrázek 8 Separátor 2000 [28]

A - horní a boční kryt, B - výstup tuhé složky, C - seškrabávací lišta D - filtrační síto,
E - kontrolní a servisní otvor, F - nastavitelné nohy



Obrázek 9 Separátor 2000 - pohled z boku [28]

A - hydraulické čerpadlo, B - poháněcí řetěz, C - převody



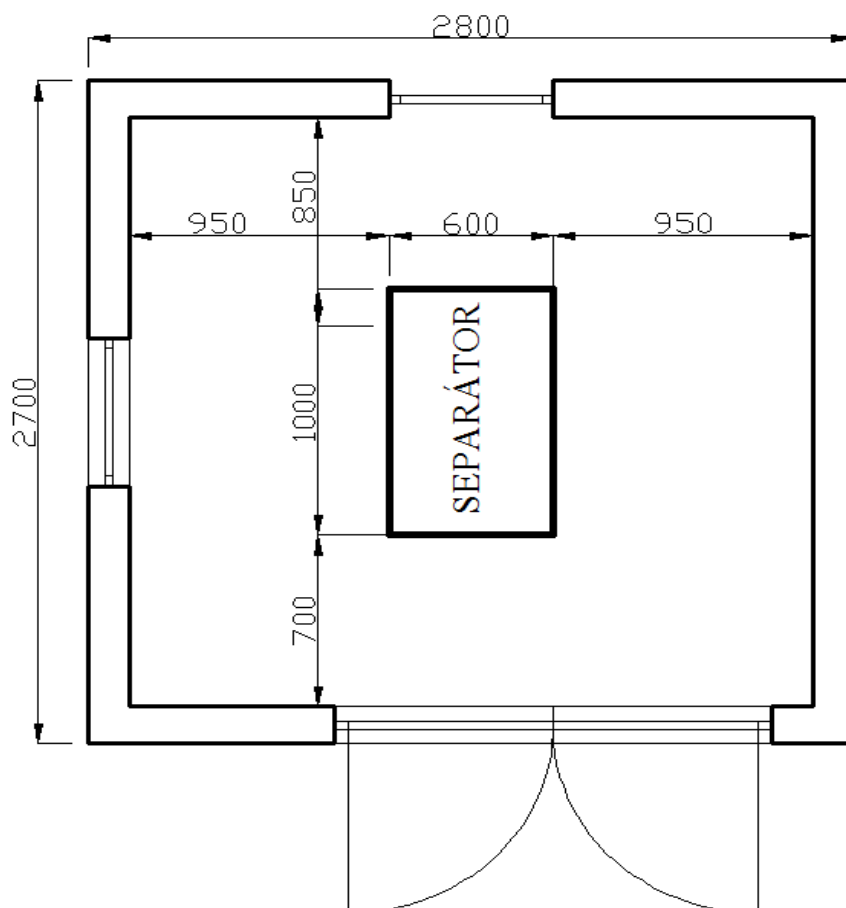
4.4.1 Nedostatky linky

Současná linka je moderního charakteru. Jediným slabším článkem je dosluhující separátor na digestát.

Jak již bylo zmíněno, Separátor 2000 byl již používán v zemědělském družstvu v Petrovicích. Separátor již není díky opotřebovanosti spolehlivý. S tímto problémem přicházejí i velké náklady na údržbu, popřípadě koupě nových součástí.

Na obrázku č. 10 je znázorněn půdorys skladu se současným separátorem.

Obrázek 10 Sklad se separátorem [28]



V další části diplomové práce dojde k navrhnutí čtyř vhodných separátorů na inovaci. Díky následovnému porovnání nejdůležitějších parametrů a výběrovému řízení dojde ke zvolení nejvhodnější varianty na inovaci starého separátoru.

5 Návrh řešení a dosažené výsledky

5.1 Návrhy separátorů

- **Separátor Sepcom**

Vhodným separátorem pro zvolený podnik může být i šnekový separátor od firmy Sepcom. Jde o zařízení, které je složeno z podávacího kompenzačního zásobníku (dochází ke kontinuálnímu plnění), válcového separátoru se šnekovým dopravníkem a válcovým filtrem. Separátor je opatřen elektrickým kontrolním panelem, který zaznamenává všechny potřebné údaje o separaci. Separátor je napojen na zásobník s čerpadlem, které je opatřeno dvěma snímači hladin. Pohon je prováděn pomocí elektromotoru.

Separátor používá dva typy separací, jde o gravitační odstředění a mechanické stlačení. Separátor je schopen oddělovat tuhou složku od tekuté a to i při vysokém procentu kapaliny v digestátu.

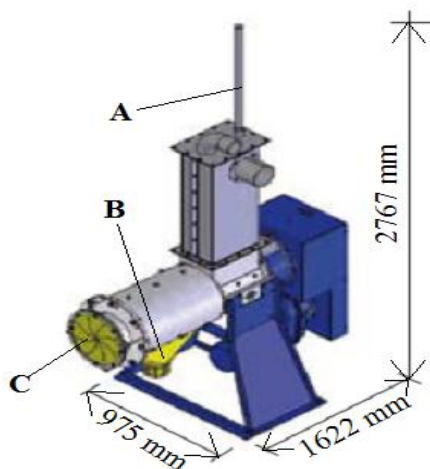
Tělo separátoru a separační síto je z nerezů, šnekovice je z technického polymeru z uhlíkové oceli nebo nerezů.

Separátor je vysoký 2 767 mm, široký je 975 mm a dlouhý je 1 622 mm. Jeho výkon je $45 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Cena separátoru Sepcom je 528 000 Kč včetně DPH. [31]

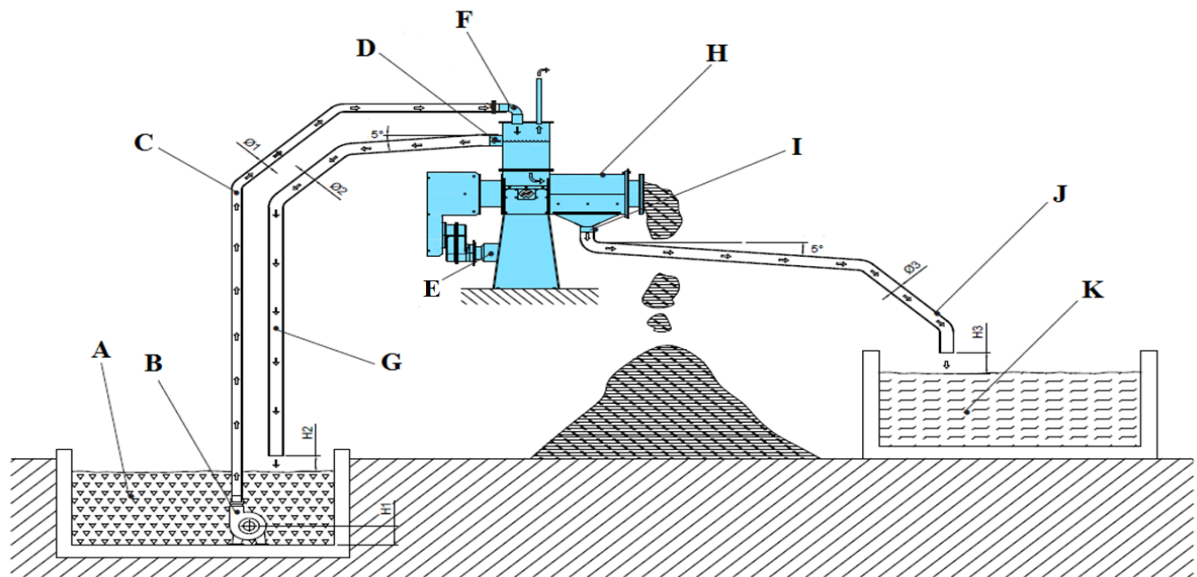
Obrázek 11 Šnekový separátor Sepcom [31]

A - vstup materiálu, B - výstup kapalné části (fugát), C - výstup tuhé části (separát)



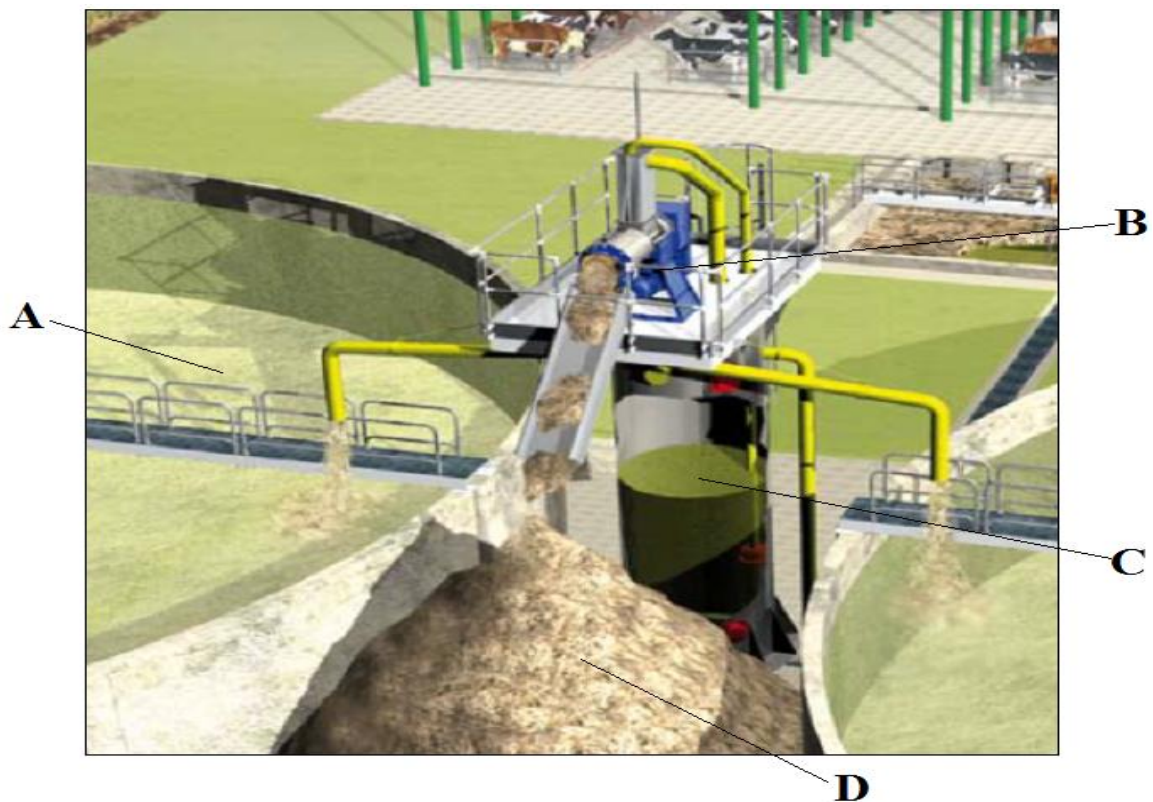
Obrázek 12 Zapojení šnekového separátoru Sepcom [32]

A - dno nádrže, B - čerpadlo, C - plnicí potrubí, D - výstup, E - elektromotor, F - vstup, H - zásobník, I - výstup, J - potrubí pro oddělenou kapalinu, K - hladina nádrže



Obrázek 13 Šnekový separátor Sepcom zapojen v provozu [32]

A - tekutá složka (fugát), B - separátor Sepcom, C - odpad připravený k separaci (digestát),
D - tuhá složka (separát)



- **Separátor 2000**

Dalším návrhem na výměnu starého separátoru je tentýž separátor, který se v Krásné Hoře používá. Jde tedy o Separátor 2000. Výhodou výměny stejného separátoru je jistě to, že se personál nemusí učit pracovat s novým typem separátoru, protože již s ním má velké zkušenosti.

Samotný válcový separátor stojí 833 354 Kč, k němu je zapotřebí dokoupit ovládací panel, který ovládá samotný separátor a plnicí čerpadlo separátoru.

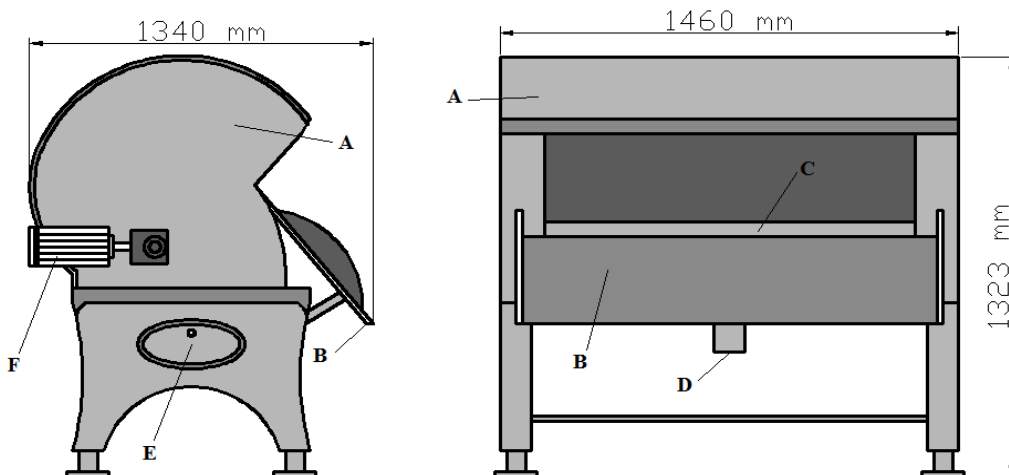
Ovládací panel stojí 50 000 Kč. Celkově by vyšla koupě zařízení i s příslušenstvím na 883 354 Kč včetně DPH. [29]

Obrázek 14 Bubnový Separátor 2000 [29]



Obrázek 15 Schéma bubnového separátoru 2000 [28]

A - horní a boční kryt, B - výstup tuhé složky, C - filtrační síto, D - odtok tekuté složky,
E - kontrolní a servisní otvor, F - pohon



- **Válcový separátor LB 640 × 500**

Další separátor, který by se hodil do zmíněného provozu je Separátor LB 640 x 500 od firmy Progress Moravia.

Zařízení má uplatnění zejména v potravinářském průmyslu, při čištění průmyslových a komunálních odpadních vod.

Separátor obsahuje otočné válcové štěrbinové síto s průměrem oka štěrbin 0,25 mm.

Materiál připravený k separaci je pomocí čerpadla odveden na štěrbinové síto. Válcové síto je uloženo v ložiscích a poháněno elektromotorem. Částice separovaného odpadu, které jsou větší než štěrbin síta, jsou stírány pomocí stěrky a odváděny.

Separátor je vybaven mycím zařízením, které tlakovou vodou z vnitřní strany bubnu omývá vnější pracovní plochu síta.

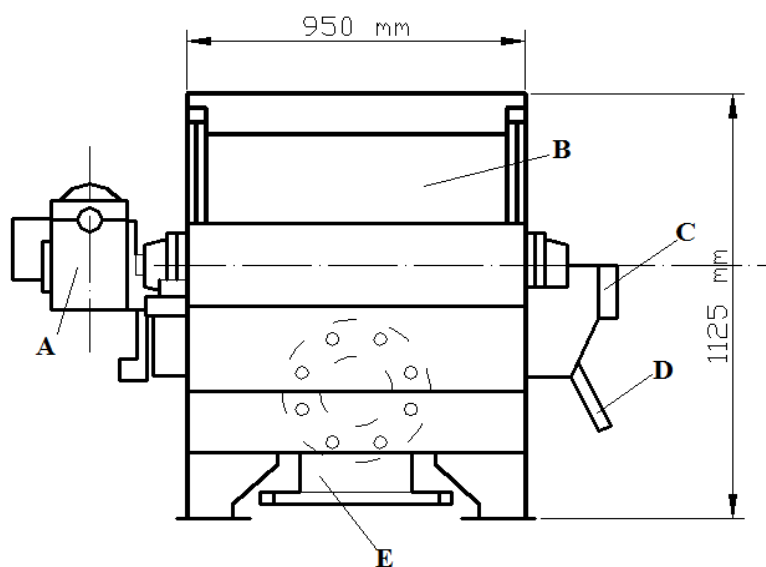
Průměr bubnu je 640 mm, délka bubnu je 500 mm. Délka separátoru je 950 mm, šířka je 1 180 mm a výška 1 125 mm.

Výkon separátoru se mění podle velikosti oka štěrbin. Jak již bylo uvedeno, potřebné zařízení má průměr štěrbinového oka 0,25 mm, s tím souvisí i velikost výkonu, který se pohybuje kolem $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Příkon je 2,3 kW.

Cena separátoru je 450 820 Kč včetně DPH. [33]

Obrázek 16 Schéma válcového separátoru LB 640 × 500 [33]

A - pohon, B - separační buben, C - výstup tuhé složky (separát), D - výstup kapalné složky (fugát), E - vstup materiálu



Obrázek 17 Válcový separátor LB 640 × 500 [33]



- **Dekantační odstředivka Aldec**

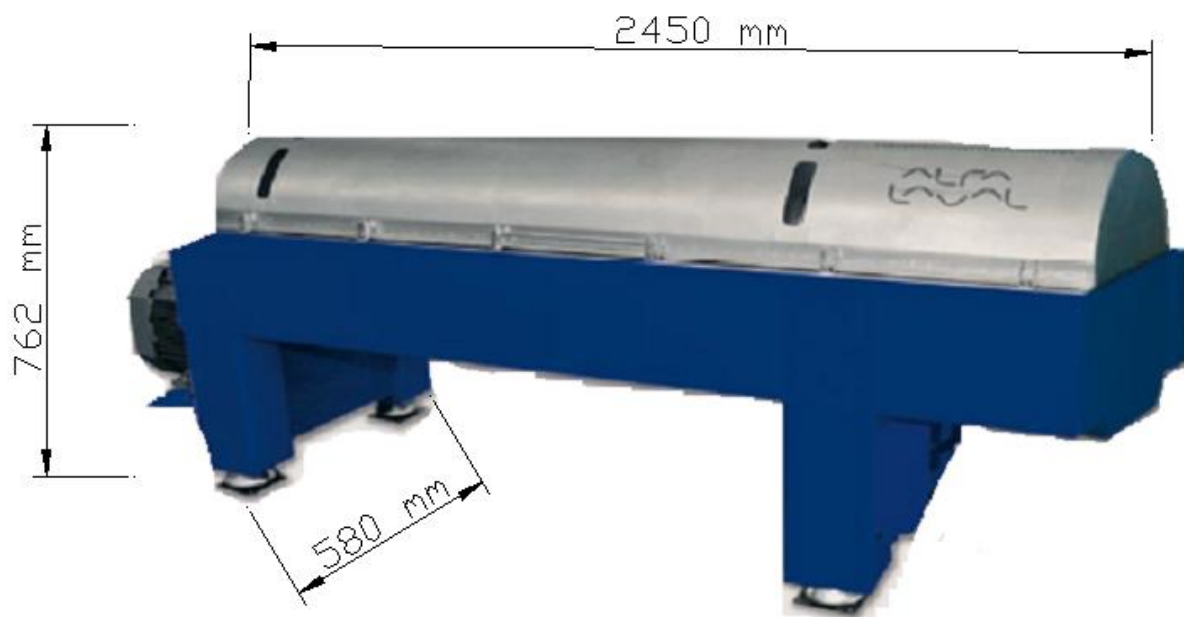
Dalším typem separátoru vhodného do zmíněného podniku je dekantální odstředivka od firmy Alfa Laval. Pracuje na principu několika tisícinásobného zvýšení gravitačních účinků, tím dojde k oddělení tekuté složky od složky pevné.

Materiál připravený k separaci je přiváděn do vstupní trubky a pomocí šneku je pomalu materiál přiváděn do rotačního pohybu. Vyhrnovací šnek i buben se otáčejí stejným směrem, díky rozdílu v rychlosti otáčení dochází k separaci. Pomocí odstředivé síly se pevné části usazují na stěnách rotujícího bubnu a kapalná hmota vytéká do sběrného krytu. Separace probíhá po celé délce válcovité části bubnu

Rotující sestava dekantéru je namontována na kompaktním rámu s hlavními ložisky na obou koncích. Pod rámem jsou umístěny tlumiče vibrací. Rotor je ve skříni uzavřený krytem a v jeho spodní části jsou umístěny výstupy pro odstředěný kal a pro vyčištěnou kapalinu. Buben je poháněn elektromotorem za pomoci klínových řemenů.

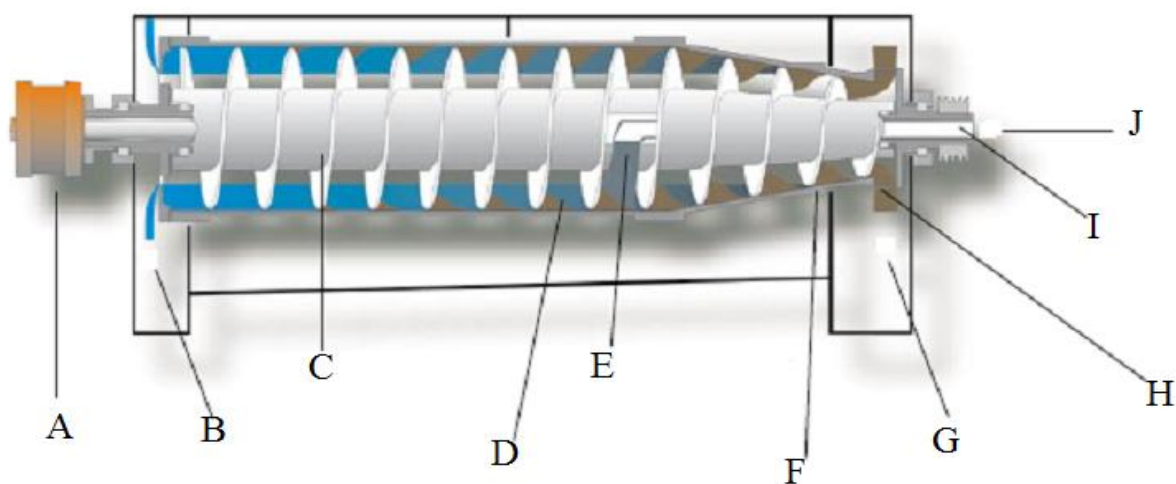
Dekantační odstředivka je 2 450 mm dlouhá, vysoká je 762 mm a široká je 580 mm, její výkon je $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Cena separátoru je 702 300 Kč včetně DPH. [34]

Obrázek 18 Dekantační odstředivka Aldec [34]



Obrázek 19 Součásti separátoru [34]

A - převodovka, B - kapalná složka (fugát), C - vyhrnovací šnek, D - plášť bubny, E - vstupní distributor, F - kuželovitý konec, G - pevná složka (separát), H - výstupní otvory, I - nátoková trubka, J - přívod separátu



5.1.1 Výchozí parametry separátorů

V tabulce č. 5 jsou uvedeny nejdůležitější parametry navržených separátorů.

Tabulka 5 Parametry separátorů

typ separátoru	cena [Kč]	výkon [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	výška [mm]	šířka [mm]	délka [mm]	způsob separace	pohon motoru
Separátor Sepcom	528 000	45	2 767	975	1 622	šnekový dopravník a válcový filtr	elektromotor
Separátor 2000	883 354	20	1 323	1 340	1 460	přítlačné válce	elektromotor
Válcový separátor LB 640 × 500	450 820	25	1 125	1 180	950	pomocí rolen a separačního bubnu	elektromotor
Dekantační odstředivka Aldec	702 300	30	762	580	2 450	dekantační odstředivka	elektromotor

5.2 Výběrové řízení

V tabulce č. 6 je znázorněno výběrové řízení na inovaci separátoru.

Tabulka 6 Výběrové řízení

typ separátoru	cena [Kč]	výkon [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	rozměry			schopnost servisu v zakoupené firmě	BODY
			výška [mm]	šířka [mm]	délka [mm]		
Separátor Sepcom	528 000	45	2 767	975	1 622	sidlo firmy v Ostravě	9
	3 body	2 bodů	2 body			2 body	
Separátor 2000	883 354	20	1 323	1 340	1 460	sidlo firmy v Jistebnicích u Tábora	12
	2 body	2 bodů	4 bodů			4 bodů	
Válcový separátor LB 640 × 500	450 820	25	1 125	1 180	950	sidlo firmy v Ostravě	<u>13</u>
	4 bodů	3 bodů	4 body			2 body	
Dekantační odstředivka Aldec	702 300	30	762	580	2 450	sidlo firmy v Praze	10
	2 body	3 bodů	2 body			3 body	

Výběrové řízení proběhlo na základě bodového hodnocení jednotlivých důležitých parametrů. Separátor s nejvíce počtem bodů bude vybrán do návrhu na inovaci.

Cena a výkon separátorů patří mezi jedny z nejdůležitějších parametrů. Výkon inovovaného stroje by měl být velmi podobný starému separátoru, z důvodů dodržení stejného množství separovaného materiálu za stejný čas.

Rozměry stroje jsou dalším důležitým parametrem, protože sklad na separátor je malý.

Při výběru stroje by se mělo zohlednit i sídlo firmy, kde se separátor prodává kvůli dobré dostupnosti při případné koupi nových součástek či opravám.

- Bodové hodnocení:
 - 1 – nevhodný,
 - 2 - vhodný,
 - 3 – průměrný,
 - 4 - nadprůměrný,
 - 5 - výborný

Na základě výběrového řízení získal největší počet bodů dle daných kritérií Válcový separátor LB 640 x 500.

Ten je vhodný do bioplynové stanice z cenového hlediska díky nejnižší finanční nabídce, dále díky výkonu, který je podobný jako u starého separátoru. Vyhovující jsou i rozměry zvoleného separátoru, nebude potřeba stavebně upravovat sklad.

5.3 Měření

Dalším úkolem v diplomové práci bylo změřit koncentraci jednotlivých složek v bioplynu v závislosti na vstupních surovinách po dobu čtyř měsíců (červen, červenec, srpen a září, v roce 2011).

Významnou vstupní surovinou, která zajišťovala při měření vznik bioplynu, byla kukuřičná siláž, zrno žita a senáž. Celkové množství rostlinné biomasy, vstupující do fermentoru, se během měření pohybovalo kolem 40 % hmotnosti, zbytek hmotnosti byl doplněn hovězí kejdou (60% celkové hmotnosti).

Rostlinná biomasa měla obsah sušiny během měření cca 35 % a živočišná biomasa měla množství sušiny cca 15 %.

5.3.1 Měřicí zařízení

Měření se provádělo pomocí stacionárního analyzátoru bioplynu BC20 (obr.20), který měřil koncentraci metanu, oxidu uhličitého, kyslíku a sirovodíku v bioplynu.

Měření je díky analyzátoru plně automatické. Analyzátor je od německé firmy Chemec, která se těmito zařízeními zabývá již dlouhou dobu. Koncentrace metanu a oxidu uhličitého je měřena pomocí tepelně vodivých čidel, zbylé sloučeniny jsou měřeny pomocí elektrochemických čidel. Koncentrace kyslíku, metanu i oxidu uhličitého jsou měřeny průběžně každých 5 minut, naopak měření koncentrace sulfanu bývají v intervalu podle potřeby od 30 minut do 12 hodin.

Stacionární analyzátor je opatřen integrovaným záznamníkem dat, který je schopen ukládat až 500 datových souborů.

Stacionární analyzátor je z lakované oceli, je vysoký 400 mm, široký je 300 mm a dlouhý je 200 mm, hmotnost je 15 kg.

Obrázek 20 Stacionární analyzátor bioplynu BC20 [35]



Obrázek 21 Otevřený stacionární analyzátor bioplynu BC20 [35]



Plyny, které se měřily v bioplynu:

- Metan (CH_4)
 - nejdůležitější složkou v bioplynu
 - během měření koncentrace metanu, u kukuřičné siláže dochází k velkým výkyvům koncentrace, proto se přidává do směsi i travní senáž a zrno žita, tím se metan stabilizuje
- Sulfan - sirovodík (H_2S)
 - bezbarvý plyn, jen o málo těžší než vzduch
 - odpudivý zápach po shnilých vejcích
- Kyslík (O_2)
 - nežádoucí část bioplynu (díky vázání vodíku a částečně i uhlík na hydroxidy, vodu a oxidy)
 - u směsi kukuřičné siláže a travní senáže bývá velké množství kyslíku v bioplynu senáže. To má za následek snížení produkce metanu a tím i energetické hodnoty bioplynu

- Oxid uhličitý (CO₂)
 - považuje se za stálou složkou koloběhu uhlíku v přírodě
 - bezbarvý, bez zápachu, velmi těžký plyn
 - díky přítomnosti oxidu uhličitého se snižuje obsah jiných žádoucích plynů jako například metanu, což má za následek snížení výhřevnosti bioplynu

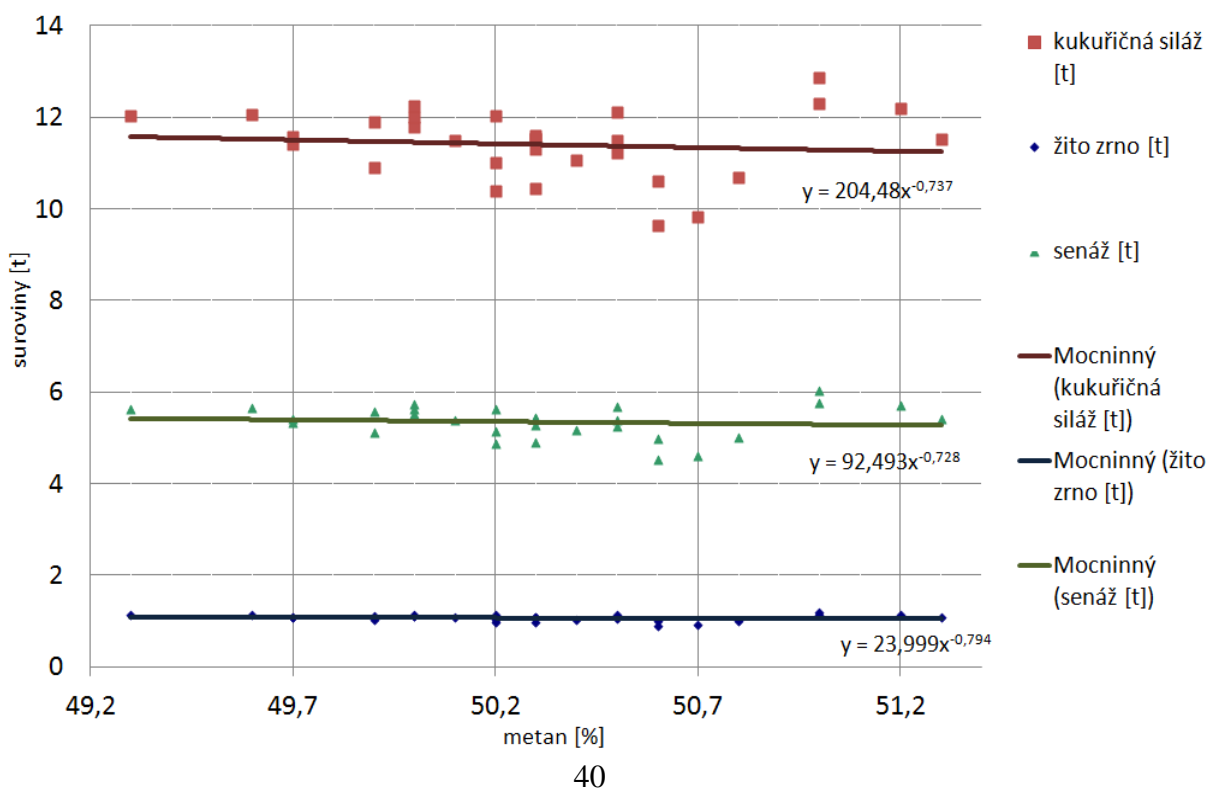
5.3.2 Výsledky měření

Ze zmíněných plynů je nejdůležitější metan, proto je mu věnována největší pozornost, jak v tabulkách, tak i v grafech.

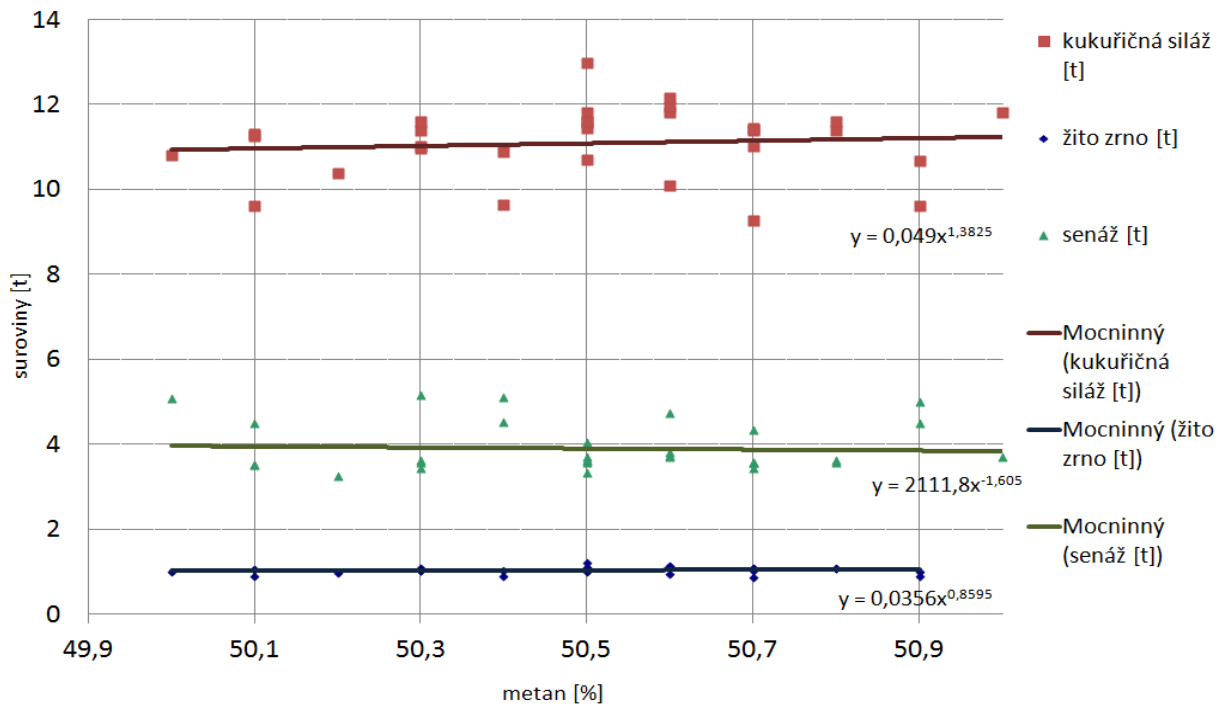
V grafech jsou uvedeny závislosti vstupního materiálu na koncentraci metanu za jednotlivé měsíce (červen, červenec, srpen, září)

Pro výsledné hodnoty z měření je provedeno statistické vyhodnocení regresní analýzou. Tato analýza umožňuje řešit dva základní úkoly: zajistit formu závislosti a vyjádřit ji matematickou funkcí (tzv. regresní funkcí – regresní úloha). V tabulce 7 jsou uvedeny výsledné rovnice pro výpočet množství metanu [%] v závislosti na množství dané surovině [t]

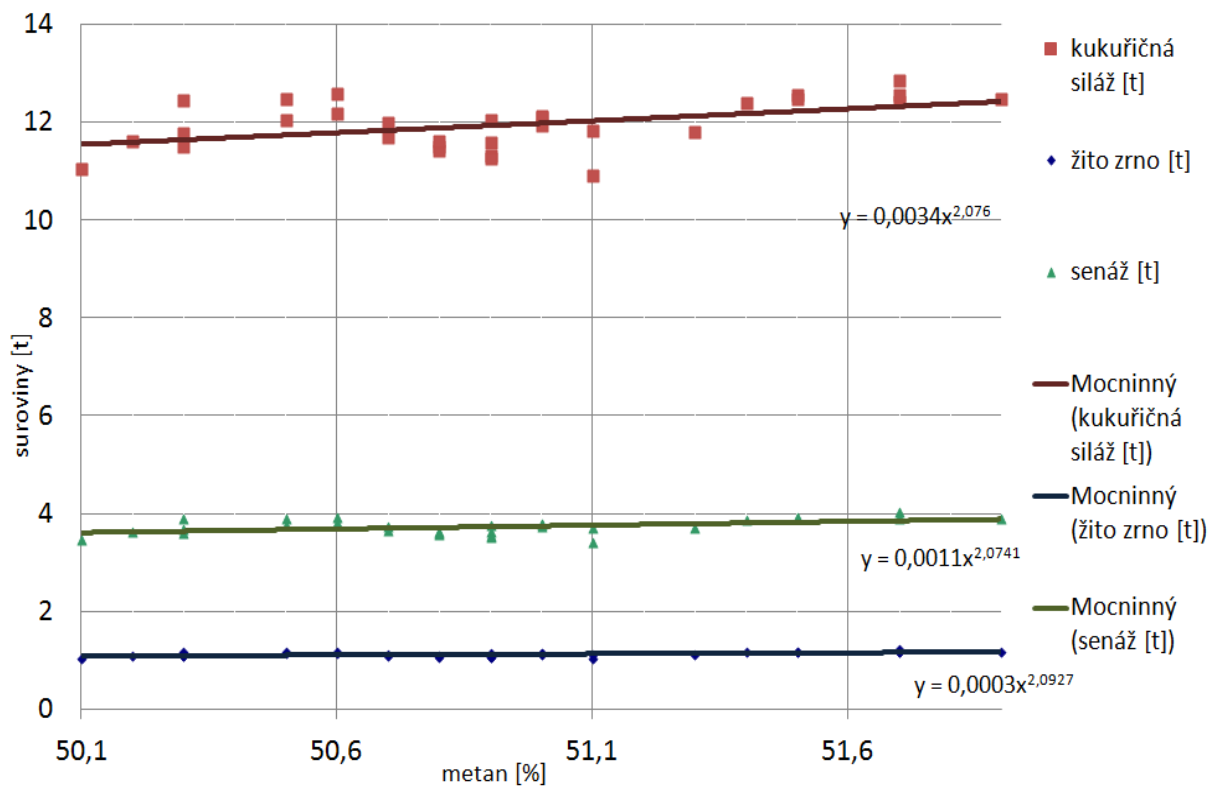
Obrázek 21 Závislost vstupních surovin na výsledném množství metanu v bioplynu
ČERVEN



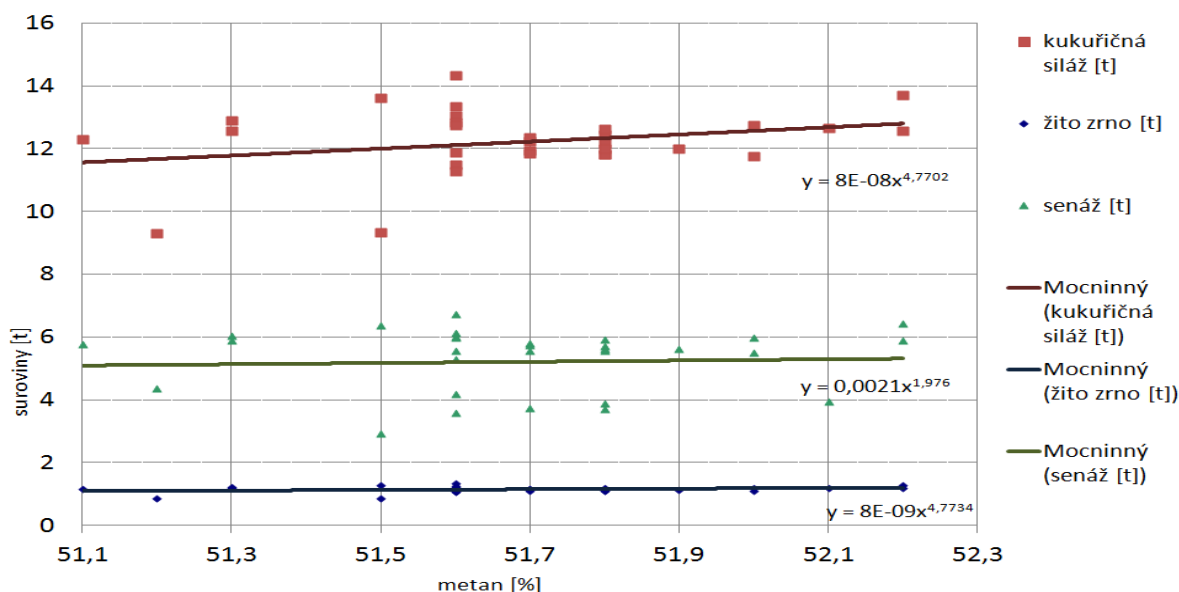
Obrázek 22 Závislost vstupních surovin na výsledném množství metanu v bioplynu
ČERVENEC



Obrázek 23 Závislost vstupních surovin na výsledném množství metanu v bioplynu
SRPEN



**Obrázek 24 Závislost vstupních surovin na výsledném množství metanu v bioplynu
ZÁŘÍ**



5.3.3 Shrnutí měření

Měřením byla zjištěna nejlepší skladba množství materiálu, vloženého do bioplynové stanice, při které vznikl potřebný metan. Nejlepší poměr surovin je uveden v tabulce č. 7

V tabulce 7 jsou uvedeny výsledné rovnice pro výpočet množství metanu [%] v závislosti na množství dané surovině [t].

Tabulka 7 Množství využívaných surovin

měsíc	surovina	množství suroviny při největším množství naměřeného metanu [t]	Množství metanu [%]	rovnice pro vypočítání množství metanu v závislosti na surovině	přidávané množství suroviny:
červen	kukuřičná siláž	11,52	51,3	$y = 204,48x^{-0,737}$	klesá
	žito zrno	1,08		$y = 92,493x^{-0,728}$	klesá
	senáž	5,4		$y = 23,999x^{-0,794}$	klesá
červenec	kukuřičná siláž	11,8	51	$y = 0,049x^{1,3825}$	roste
	žito zrno	1,11		$y = 2111,8x^{-1,605}$	klesá
	senáž	3,69		$y = 0,002x^{1,5966}$	roste
srpen	kukuřičná siláž	12,46	51,7	$y = 0,0034x^{2,076}$	roste
	žito zrno	1,17		$y = 0,0011x^{2,0741}$	roste
	senáž	3,89		$y = 0,0003x^{2,0927}$	roste
září	kukuřičná siláž	13,7	52,2	$y = 8E-08x^{4,7702}$	roste
	žito zrno	1,28		$y = 0,0021x^{1,976}$	roste
	senáž	6,42		$y = 8E-09x^{4,7734}$	roste

Tabulky s naměřenými hodnotami za jednotlivé dny po dobu čtyř měsíců - červen, červenec, srpen, září, roku 2011, jsou uvedeny v přílohách 1,2,3,4. V tabulkách je uvedeno jak množství kukuřičné siláže, žitného zrna a senáže, které se přidávalo v jednotlivých dnech do bioplynové stanice, tak i analýza plynu, který vznikl z těchto surovin.

5.4 Výpočty

5.4.1 Získané hodnoty

Tabulka 8 Získané hodnoty od Bioplynové stanice KH

měsíc	surovina	množství sušiny [%]	průměrné množství sušiny [%]	/	teplota substrátu [°C]
červen	kukuřičná siláž	32	29,33	rostlinné substráty	16,6
	žito zrno	29			
	senáž	27			
	hovězí kejda	13	13	živočišné sub.	
červenec	kukuřičná siláž	31	29,33	rostlinné substráty	17,8
	žito zrno	32			
	senáž	25			
	hovězí kejda	14	14	živočišné sub.	
srpen	kukuřičná siláž	29	26,67	rostlinné substráty	18,2
	žito zrno	28			
	senáž	23			
	hovězí kejda	11	11	živočišné sub.	
září	kukuřičná siláž	32	31,33	rostlinné substráty	17,3
	žito zrno	33			
	senáž	29			
	hovězí kejda	15	15	živočišné sub.	

5.4.2 Výpočet množství fermentačního kapalného zbytku (fugátu)

Tabulka 9 Vypočítané hodnoty

měsíc	surovina	substrát [t.d ⁻¹]	celkem substrát [t.d ⁻¹]	odbouraná org. sušiny během procesu [t.d ⁻¹]	digestát [t.d ⁻¹]	separace - kapalná fáze	separace - tuhá fáze	kvasný zbytek po separaci (fugát) [m ³ .d ⁻¹]	kvasný zbytek po separaci (fugát) [m ³ .měsíc ⁻¹]
poznámka	/	z měření	(1)	podklady z BS	(2)	(3)	(4)	/	/
červen	r. s.	17,848	44,621	8,3	36,321	27,241	9,08	27,241	817,220
	ž. s.	26,773							
červenec	r. s.	17,367	43,418	7,2	36,218	27,163	9,05	27,163	814,894
	ž. s.	26,051							
srpen	r. s.	18,667	46,668	8,5	38,168	28,626	9,54	28,626	858,769
	ž. s.	28,001							
září	r. s.	19,145	47,863	8,2	39,663	29,747	9,92	29,747	892,406
	ž. s.	28,718							

Vzorce:

- celkem substrátu = substrát živočišného původu + substrát rostlinného původu (1)
- digestát = celkem substrátu - odbouraná organická sušina během procesu (2)
- separace kapalné fáze = (75 . digestát) / 100 (3)
- separace tuhé fáze = (25 . digestát) / 100 (4)

Vstupní parametry:

substrát (rostlinného původu) : 40 % celkového substrátu (hodnoty z měření)

substrát (živočišného původu) : 60 % celkového substrátu

odbouraná organická sušina během procesu : hodnoty získány od BS

separace kapalné fáze : cca 75 % z digestátu

separace tuhé fáze : cca 25 % z digestátu

- V koncovém skladu bylo skladováno:

červen = 817,220 m³

červenec = 814,894 m³

srpen = 858,769 m³

září = 892,406 m³

5.4.3 Výpočet spotřeby tepla na nahřání substrátu v hl. fermentoru

Tabulka 10 Vypočítané hodnoty

měsíc	průměrná denní teplota [°C]	teplota ve fermentoru [°C]	průměrná teplota [K]	teplota ve fermentoru [K]	Q ₁ tepelný výkon [kW]	tepelné ztráty [kWh.měsíc ⁻¹]
poznámka	podklady z BS	podklady z BS	převod	převod	(5)	(6)
červen	19,7	40	292,9	313,15	11,24	8 093,29
červenec	22,1	40	295,3	313,15	9,91	7 136,45
srpen	21,8	40	295,0	313,15	10,08	7 256,05
září	19,3	40	292,5	313,15	11,46	8 527,85

Vzorce:

- $Q_1 = m \cdot c \cdot (t_{\text{substrátu}} - t_{\text{ve fermentoru}})$ [kW] (5)

Q ... tepelný výkon

m ... hmotnost substrátu

c ... měrná tepelná kapacita

- $potřeba\ tepla = Q \cdot 24\ hod \cdot dny\ v\ měsíci$ (6)

Vstupní parametry:

- ✓ $převod: [°C] + 273,15 = [K]$
- ✓ $měrná\ tepelná\ kapacita\ c = 1,16\ W.h.(kg.K)^{-1}$
- ✓ $počet\ dní\ v\ měsíci:$ červen 30 dní
červenec 31 dní
srpen 31
září 30

5.4.4 Výpočet tepelné ztráty

Tabulka 11 Vypočítané hodnoty

měsíc	hmotnost substrátu [kg.d ⁻¹]	teplota substrátu [°C]	teplota ve fermentoru [°C]	teplota substrátu [K]	teplota ve fermentoru [K]	Q ₂ tepelný výkon [kW]	potřeba tepla [kWh.měsíc ⁻¹]
poznámka	předchozí výpočty	podklady z BS	podklady z BS	převod	převod	(7)	(8)
červen	44 621	16,6	40	289,8	313,15	1 211,19	872 058,55
červenec	43 418	17,8	40	291,0	313,15	1 118,10	831 866,65
srpen	46 668	18,2	40	291,4	313,15	1 180,14	849 701,08
září	47 863	17,3	40	290,5	313,15	1 260,33	907 436,53

Vzorce:

- $Q_2 = k \cdot A \cdot (t_{průměrné} - t_{ve\ fermentoru}) [kW]$ (7)

Q ... tepelný výkon

k ... koeficient prostupu tepla

- $potřeba\ tepla = Q \cdot 24\ hod \cdot dny\ v\ měsíci$ (8)

Vstupní parametry:

- ✓ $převod: [°C] + 273,15 = [K]$
- ✓ $koeficient\ prostupu\ tepla\ k = 0,412\ W.m^{-2}.K^{-1}$
- ✓ D_h ... průměr vnějšího prstence hlavního fermentoru
 $D_h = 32\ m$
- ✓ D_k ... průměr vnitřního prstence hlavního fermentoru

$$D_k = 23,5 \text{ m}$$

✓ H ... výška fermentoru

$$H = 6 \text{ m}$$

✓ počet dní v měsíci: červen 30 dní

červenec 31 dní

srpen 31

září 30

✓ $A = [(D_h^2 - D_k^2) \cdot (3,14 / 4.2)] + (D_h \cdot 3,14 \cdot H)$

A ... povrch fermentoru

D_h ... průměr vnějšího prstence hlavního fermentoru

D_k ... průměr vnitřního prstence hlavního fermentoru

H ... výška fermentoru

6 Ekonomické posouzení návrhu

6.1 Celkové finanční náklady na výstavbu bioplynové stanice a použité dotace

Jak již bylo zmíněno, Zemědělské družstvo Krásná Hora a.s. dostalo na vybudování bioplynové stanice dotace od Evropské Unie.

Polovinu z potřebných peněz, které byly potřeba doplatit na výstavbu bioplynové stanice mělo Zemědělské družstvo našetřeno, zbytek dostali jako darem od města Krásná Hora. Z toho vyplývá že již nemá žádné závazky.

Ekonomické výpočty budou pro stav bez inovace separátoru a s inovací separátoru. [28]

6.2 Stav bez inovace separátoru

6.2.1 Provozní náklady

Přímé roční mzdové náklady

Bioplynová stanice zaměstnává 8 zaměstnanců, z toho je jeden ředitel, 2 vedoucí a 5 techniků. Ředitel má průměrný měsíční plat 22 700 Kč, vedoucí má průměrný měsíční plat 19 450 Kč a technik má plat 17 300 Kč.

Zdravotní pojištění a příspěvek na sociální politiku státu hrazené zaměstnavatelem za zaměstnance činí 35 % z hrubých mezd. [28]

Tabulka 12 Roční mzdové náklady - hrubé mzdy [28]

funkce	počet zaměstnanců	průměrný měsíční plat [Kč]	počet měsíců v roce	roční mzdové náklady [Kč]
poznámka				(9)
ředitel	1	22 700	12	272 400
vedoucí	2	19 450		466 800
technik	5	17 300		1 038 000
celkem				1 777 200

Vzorci:

- **roční mzdové náklady**

$$rN_{pm} = m_r \cdot hN_m \cdot n \text{ [Kč]} \quad (9)$$

rN_{pm} ... roční mzdové náklady

m_r ... počet měsíců v roce

hN_m ... hrubá mzda pracovníka [Kč]

n ... počet pracovníků

Pojištění zaměstnanců

Pojištění hrazené zaměstnavatelem za zaměstnance činí 35 % z hrubých mezd.

$$rN_{pmp} = 0,35 \cdot rN_{pm} \text{ [Kč.rok}^{-1}] \quad (10)$$

$$rN_{pmp} = 0,35 \cdot 1\,777\,200$$

$$rN_{pmp} = 622\,020 \text{ [Kč.rok}^{-1}]$$

Náklady na materiál

Do nákladů za kukuřičnou siláž, žito a senáž jsou zahrnuty všechny náklady od zasetí materiálu, přes sklizeň až do dopravení do skladu. Hodnoty jsou získány z Českého statistického úřadu.[28]

Tabulka 13 Měsíční průměry cen kukuřičné siláže u zemědělských výrobců v Kč za 1 tunu v marketingovém roce 2011 [36]

měsíc 2011	leden	únor	březen	duben	květen	červen
cena [Kč.t ⁻¹]	3 498	3 801	4 116	3 988	4 046	4 280
měsíc 2011	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
cena [Kč.t ⁻¹]	2 128	2 043	2 568	3 046	3 013	3 205

Tabulka 14 Měsíční průměry cen žita u zemědělských výrobců v Kč za 1 tunu v marketingovém roce 2011 [36]

měsíc 2011	leden	únor	březen	duben	květen	červen
cena [Kč.t ⁻¹]	3 296	3 519	4 583	4 408	4 099	3 960
měsíc 2011	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
cena [Kč.t ⁻¹]	1 355	1 643	2 315	2 794	2 820	3 506

Tabulka 15 Měsíční průměry cen senáže u zemědělských výrobců v Kč za 1 tunu v marketingovém roce 2011 [36]

měsíc 2011	leden	únor	březen	duben	květen	červen
cena [Kč.t ⁻¹]	2 206	2 420	2 651	2 328	2 158	1 532
měsíc 2011	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
cena [Kč.t ⁻¹]	980	1 100	1 451	1 922	2 010	2 550

Tabulka 16 Celkové náklady za materiál - červen

červen	kukuřičná siláž	žito zrno	senáž
poznámka			
množství [t]	342,68	32,11	160,65
cena za 1 tunu [Kč]	4280	3960	1532
celková cena [Kč.t⁻¹]	1 466 670	127 156	246 116

Tabulka 17 Celkové náklady za materiál - červenec

červenec	kukuřičná siláž	žito zrno	senáž
poznámka			
množství [t]	333,75	31,30	116,92
cena za 1 tunu [Kč]	2128	1355	980
celková cena [Kč.t⁻¹]	710 220	42 412	114 582

Tabulka 18 Celkové náklady za materiál - srpen

srpen	kukuřičná siláž	žito zrno	senáž
poznámka			
množství [t]	357,89	33,57	111,83
cena za 1 tunu [Kč]	2043	1643	1100
celková cena [Kč.t⁻¹]	731 169	55 156	123 013

Tabulka 19 Celkové náklady za materiál - září

září	kukuřičná siláž	žito zrno	senáž
poznámka			
množství [t]	378,96	35,90	163,62
cena za 1 tunu [Kč]	2568	2315	1451
celková cena [Kč.t⁻¹]	973 169	83 109	237 413

Tabulka 20 Celkové roční náklady za materiál

měsíc	energie [kW]	cena výkupu [Kč . kWh ⁻¹]	výnos [Kč]
poznámka			
červen	242 075,00	4,20	1 016 715,00
červenec	299 387,00		1 257 425,40
srpen	260 958,00		1 096 023,60
září	349 137,00		1 466 375,40
celkem			4 836 539,40
průměrný výnos za měsíc [Kč]			1 209 134,85
celkem výnos [Kč]	14 509 618		

Náklady na provoz strojů

V bioplynové stanici se používá traktor typu Zetor a traktor Massey Ferguson Tip 6490, jejich roční spotřeba pohonných hmot se pohybuje kolem 9 600 l. Průměrná cena pohonných hmot je 36 Kč.l⁻¹. Spotřebu navýšíme o 15 %, ve kterých jsou zahrnuty ostatní manipulace se stroji. Náklady na provoz strojů jsou 51 840 Kč včetně DPH. [28]

Vzorce:

- náklady na provoz strojů [Kč]= roční spotřeba pohonných hmot [l.rok⁻¹] . cena pohonných hmot [Kč] . ostatní manipulace se stroji [%] (11)

Náklady na elektrickou energii

V bioplynové stanici na elektrickou energii funguje míchadlo ve fermentoru, homogenizátor, řídicí aparatura a čerpadlo. V tabulce č.26 jsou uvedeny příkony a doba provozu jednotlivých zařízení. Cena za kWh je 3,2 Kč. [28]

Tabulka 21 Náklady na spotřebovanou energii

tip stroje	separátor 2000	míchadlo ve fermentoru	homogenizátor	řídící aparatura	čerpadlo
příkon [kW]	1,70	2,50	1,80	1,70	1,90
doba provozu [h.rok ⁻¹]	930	720	1095	7300	720
počet [ks]	1	2	1	1	2
cena za kWh	3,2				
náklady na spotřebovanou energii [Kč.rok ⁻¹]	5059	11520	6307	39712	8755
celkem [Kč]	62 598				

Vzorce:

- **náklady na spotřebovanou energii**

$$\text{náklady na spotřebovanou energii} = \text{příkon} \cdot \text{doba provozu} \cdot \text{cena za kWh} \quad (12)$$

Ostatní režijní náklady

Mezi ostatní režijní náklady patří provoz podniku, který činí 120 000 Kč včetně DPH.

[28]

Ostatní náklady

Mezi ostatní náklady patří údržba a preventivní prohlídky technologií, strojů. Zásadní položkou v těchto nákladech má Separátor 2000. Kvůli stáří a opotřebování se musí často opravovat. Tyto náklady tedy činí 913 000 Kč včetně DPH. [28]

6.2.2 Výnosy

Výnosy z provozu bioplynové stanice jsou dvojí. Jedním je prodej elektrické energie vzniklé díky kogenerační jednotce, tyto výpočty jsou uvedeny v tabulce č. 27. Druhým způsobem je prodej hnojiva. Hnojivo je prodáváno za 490 Kč.t⁻¹. Průměrný roční produkt a prodej hnojiva je 8 950 t za rok.

Za prodej hnojiva bioplynová stanice získá 4 385 500 Kč. [28]

Tabulka 22 Výnosy díky prodané elektrické energii

měsíc	energie [kW]	cena výkupu [Kč . kWh ⁻¹]	výnos [Kč]
poznámka			
červen	242 075,00	4,20	1 016 715,00
červenec	299 387,00		1 257 425,40
srpen	260 958,00		1 096 023,60
září	349 137,00		1 466 375,40
celkem			4 836 539,40
průměrný výnos za měsíc [Kč]			1 209 134,85
celkem výnos [Kč]	14 509 618		

6.3 Stav s inovací separátoru

6.3.1 Provozní náklady

Přímé roční mzdové náklady

Při inovaci separátoru nedojde k omezení pracovní síly, proto celkové náklady budou stejné, jako při stavu bez inovace separátoru. Celkové náklady budou tedy 1 777 200 Kč.

Pojištění zaměstnanců

Pojištění zaměstnanců bude stejné jako při stavu bez inovace separátoru z důvodů zachování stejné pracovní síly, tedy 622 020 Kč.

Odpisy

Odpisovat se dají strojní investice a investice do výstavby, jejichž pořizovací cena je vyšší než 40 000 Kč bez DPH.

K odepsání musí dojít v případě inovovaného Válcového separátoru LB 640 x 500 v ceně 450 820 Kč včetně DPH. [28]

Odpisování se řídí zákonem 586/92 Sb. Všechna zmíněná zařízení spadají do 2. odpisovací skupiny, která má dobu odpisování na 5 let.

Vzorce:

- **odpisy**

$$O_{dr} = \frac{V_c}{100} \cdot R_{os} \quad (13)$$

V_c ... vstupní cena [Kč]

O_{dr} ... daňový odpis rovnoměrný [Kč]

R_{os} ... roční odpisová sazba [%]

Tabulka 23 Odpis Válcového separátoru LB 640 x 500

rok	počáteční cena	sazba dle skupiny [%]	odpisy [Kč]	zůstatková cena [Kč]
2011	450 820	11	49 590	401 230
2012		22,25	100 307	300 922
2013		22,25	100 307	200 615
2014		22,25	100 307	100 307
2015		22,25	100 307	0
celkem [Kč]			450 820	

Náklady na materiál

Náklady na materiál se proti stavu bez inovace separátoru měnit nebudou z důvodu zachování stejného množství vstupní suroviny do bioplynové stanici po inovaci separátoru. Náklady na materiál jsou tedy 14 730 549 Kč.

Náklady na provoz strojů

Náklady na provoz strojů se měnit nebudou, tyto náklady tedy činí 51 840 Kč.

Náklady na elektrickou energii

Náklady na elektrickou energii se budou měnit z důvodů inovace separátoru a tím dojde k efektivnější a rychlejší práci.

V tabulce č.34 jsou uvedeny příkony a doba provozu jednotlivých zařízení. Cena za kWh je 3,2 Kč.

Tabulka 24 Náklady na spotřebovanou energii

tip stroje	válcový separátor	míchadlo ve fermentoru	homogenizátor	řídící aparatura	čerpadlo
příkon [kW]	2,30	2,50	1,80	1,70	1,90
doba provozu [h.rok ⁻¹]	550	720	1095	7300	720
počet [ks]	1	2	1	1	2
cena za kWh	3,2				
náklady na spotřebovanou energii [Kč.rok ⁻¹]	4048	11520	6307	39712	8755
celkem [Kč]	61 587				

Vzorce:

- **náklady na spotřebovanou energii**
náklady na spotřebovanou energii = příkon . doba provozu . cena za kWh (14)

Ostatní režijní náklady

Mezi ostatní režijní náklady patří provoz podniku, který činí 120 000 Kč včetně DPH.

Ostatní náklady

Ostatní náklady se výrazně sníží, protože dojde ke změně nového separátoru a odpadnou finance za opravy. Tyto náklady činí 720 000 Kč.

6.3.2 Výnosy

Výnosy se po inovaci budou měnit pouze v množství prodaného hnojiva. Díky výkonnějšímu separátoru vznikne více hnojiva. Průměrný roční produkt a prodej hnojiva by se mohl pohybovat kolem 9 200 t za rok. Hnojivo je prodáváno za 490 Kč.t⁻¹. Za prodej hnojiva bioplynová stanice získá 4 508 000 Kč.

6.4 Celková bilance nákladů a výnosů za stav bez inovovaného separátoru a s inovovaným separátorem

Tabulka 25 Celková bilance nákladů a výnosů za stav bez inovovaného separátoru

rok	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2025
VÝNOSY							
prodej energie [Kč]	14 509 618	15 235 099	15 996 854	16 796 697	17 636 532	22 927 491	35 537 611
prodej hnojiva [Kč]	4 385 500	4 604 775	4 835 014	5 076 764	5 330 603	6 929 783	10 741 164
výnosy celkem [Kč]	18 895 118	19 839 874	20 831 868	21 873 461	22 967 134	29 857 275	46 278 776
NÁKLADY							
mzdové náklady [Kč]	1 777 200	1 866 060	1 959 363	2 057 331	2 160 198	2 808 257	4 352 798
pojištění zaměstnanců [Kč]	622 020	653 121	685 777	720 066	756 069	982 890	1 523 479
náklady na materiál [Kč]	14 730 549	15 467 077	16 240 431	17 052 452	17 905 075	23 276 597	36 078 725
náklady na provoz strojů [Kč]	51 840	54 432	57 154	60 011	63 012	81 915	126 969
náklady na elektrickou energii [Kč]	62 598	65 728	69 014	72 465	76 088	98 915	153 318
ostatní režijní náklady [Kč]	120 000	126 000	132 300	138 915	145 861	189 619	293 909
ostatní náklady [Kč]	913 000	958 650	1 006 583	1 056 912	1 109 757	1 442 684	2 236 161
náklady celkem [Kč]	18 277 207	19 191 068	20 150 621	21 158 152	22 216 060	28 880 878	44 765 360
zisk před zdaněním [Kč]	617 911	648 807	681 247	715 309	751 075	976 397	1 513 415
daň	117 403	129 761	136 249	143 062	150 215	195 279	302 683
zisk po zdaněním [Kč]	500 508	519 045	544 997	572 247	600 860	781 118	1 210 732
odpisy [Kč]	/	/	/	/	/	/	/
Cash-Flow	500 508	519 045	544 997	572 247	600 860	781 118	1 210 732

Tabulka 26 Celková bilance nákladů a výnosů za stav s inovovaným separátorem

rok	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2025
VÝNOSY							
prodej energie [Kč]	14 509 618	15 235 099	15 996 854	16 796 697	17 636 532	22 927 491	35 537 611
prodej hnojiva [Kč]	4 508 000	4 733 400	4 970 070	5 218 574	5 479 502	7 123 353	11 041 197
výnosy celkem [Kč]	19 017 618	19 968 499	20 966 924	22 015 270	23 116 034	30 050 844	46 578 808
NÁKLADY							
mzdové náklady [Kč]	1 777 200	1 866 060	1 959 363	2 057 331	2 160 198	2 808 257	4 352 798
pojištění zaměstnanců [Kč]	622 020	653 121	685 777	720 066	756 069	982 890	1 523 479
náklady na materiál [Kč]	14 730 549	15 467 077	16 240 431	17 052 452	17 905 075	23 276 597	36 078 725
náklady na provoz strojů [Kč]	51 840	54 432	57 154	60 011	63 012	81 915	126 969
náklady na elektrickou energii [Kč]	61 587	64 666	67 900	71 295	74 859	97 317	150 842
ostatní režijní náklady [Kč]	120 000	126 000	132 300	138 915	145 861	189 619	293 909
ostatní náklady [Kč]	720 000	756 000	793 800	833 490	875 165	1 137 714	1 763 456
náklady celkem [Kč]	18 083 196	18 987 356	19 936 724	20 933 560	21 980 238	28 574 309	44 290 180
zisk před zdaněním [Kč]	934 422	981 143	1 030 200	1 081 710	1 135 796	1 476 534	2 288 628
daň	177 540	196 229	206 040	216 342	227 159	295 307	457 726
zisk po zdaněním [Kč]	756 882	784 914	824 160	865 368	908 637	1 181 228	1 830 903
odpisy [Kč]	49 590	100 307	100 307	100 307	100 307	/	/
Cash-Flow	806 472	885 222	924 468	965 676	1 008 944	1 181 228	1 830 903

Díky inflaci je jak náklad tak i výnos každý rok zvýšen o 5%. Daň v roce 2011 je 20 % a díky změně daňové politiky nelze předvídat jestli daň poroste nebo bude klesat, z tohoto důvodu je od roku 2012 až do roku 2025 daň 19 %.

6.5 Shrnutí ekonomického zhodnocení

Cash - flow je peněžní tok, který vyjadřuje reálný pohyb finančních prostředků v podniku. Cash - flow podává podrobnější informace o hospodaření podniku.

Z ekonomického hlediska je inovace separátoru považována za dobrou volbu. Díky Cash - flow je vidět peněžní tok obou variant. Bioplynová stanice prosperuje jak bez inovace separátoru, tak i s inovací. Je však patrné, že pokud dojde k inovaci separátoru, cash - flow se zvýší.

Rentabilita znamená schopnost dosahovat výnosu na základě vložených prostředků. Je to jeden ze základních ekonomických pojmů a jedno z hlavních kritérií hospodářského podnikání. Ukazatel rentability vyšel 70%. Doba návratnosti vyšla na 1,42 let.

Vzorce:

- **rentabilita**

$$\text{rentabilita} = \frac{(\text{výnosy}_1 - \text{náklady}_1) - (\text{výnosy}_2 - \text{náklady}_2)}{\text{investice}} \cdot 100 \quad (15)$$

rentabilita [%]

výnosy₁ ... výnosy při inovaci separátoru [Kč]

náklady₁ ... náklady při inovaci separátoru [Kč]

výnosy₂ ... výnosy před inovací separátoru [Kč]

náklady₂ ... náklady před inovací separátoru [Kč]

investice [Kč]

- **doba návratnosti**

$$\text{doba návratnosti} = \frac{\text{investice}}{(\text{výnosy}_1 - \text{náklady}_1) - (\text{výnosy}_2 - \text{náklady}_2)} \quad (16)$$

doba návratnosti ... [rok]

výnosy₁ ... výnosy při inovaci separátoru [Kč]

náklady₁ ... náklady při inovaci separátoru [Kč]

výnosy₂ ... výnosy před inovací separátoru [Kč]

náklady₂ ... náklady před inovací separátoru [Kč]

investice [Kč]

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo nalézt nejvhodnější řešení na inovaci technologické linky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu. Inovovaným prvkem v bioplynové stanici byl separátor, který byl do provozu použit již opotřebovaný. Stáří a opotřebovanost byly jedny z nejdůležitějších důvodů, proč se přistoupilo k výměně.

V literární rešerši byla nastíněna všeobecná problematika bioodpadu, anaerobní fermentace, bioplynu, bioplynové stanice, apod.

Cílem měření bylo zjistit nejlepší skladbu množství materiálu, vloženého do bioplynové stanice, při které vznikla největší koncentrace metanu.

Dalším úkolem bylo vybrat nejvhodnější separátor na inovaci. Výběr separátoru se prováděl pomocí porovnání jednotlivých parametrů u navržených separátorů a následovném výběrovém řízení.

Nejvhodnějším separátorem do vybraného podniku byl zvolen Válcový separátor LB 640 x 500 od firmy Progress Moravia. Oproti ostatním separátorům je tento nejlevnější, má optimální rozměry a jeho výkon byl nejvíce podobný starému separátoru.

V odpisovací třídě patří separátor do druhé třídy, tedy s životností do pěti let. V ekonomickém zhodnocení vyšla doba návratnosti investice na 1,42 let. Z toho vyplývá, že tato investice je velmi vhodná i z tohoto hlediska, že je efektivní.

Díky ekonomickému zhodnocení byl tento návrh považován jako vhodný a byl doporučen jako inovaci do bioplynové stanice.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MALAŤÁK, J. VACULÍK, P, Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství, zpracování biologicky rozložitelného odpadu 2008-01-09
- [2] [http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/1A002D0CF8/\\$File/20011101.pdf](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/1A002D0CF8/$File/20011101.pdf)
- [3] [http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/1A002D0D04/\\$File/20011108_01.pdf](http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/1A002D0D04/$File/20011108_01.pdf)
- [4] DOHÁNYOS, M., a kolektiv.: Anaerobní čistírenské technologie. Praha : NOEL 2000, 1997.
- [5] <http://www.fortexbioplyn.cz/cz/o-spolecnosti/>
- [6] <http://www.enviweb.cz/bioplynky>
- [7] <http://www.czba.cz/index.php?art=page&parent=vseobioplynu&nid=teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace> 24]. Dostupný z WWW: < <http://odpady.tf.czu.cz> >.
- [8] <http://www.mzp.cz/>
- [9] <http://zakony.gastronews.cz/zivotni-prostredi/vyhlaska-c-381-2001-sb-katalog-odpadu>
- [10] <http://www.fsjicin.cz/anaerobni-fermentace>
- [11] JANČA, E.; MALAŤÁK, J.; KÁRA, J; Vazda, O.: Anaerobic Processing Wastes and Adjacent Performances from Agricultural and Grocery Production. In.: VII. International Conference of Young Scientists 2005, Czech University of Agriculture Prague, Technical Faculty 2005, s. 74-78, ISBN 80-213-1368-4
- [12] JANČA, E.; KÁRA, J.; MALAŤÁK, J.: Processing of anaerobic waste from food products. In. Book of Abstracts - 3rd International PHD Conference on Mechanical Engineering - PHD 2005, ZU v Plzni, TYPOS, Plzeň 2005, s. 77-78, ISBN 80-7043-414-7
- [13] <http://www.fsjicin.cz/anaerobni-fermentace/>
- [14] VÁŇA, J., SLEJŠKA, A.: Bioplyn z rostlinné biomasy. Studijní informace - rostlinná výroba. Praha, ÚZPI 1998, č. 5, 41s., ISSN 0862-3562, ISBN 80-86153-92-4
- [15] MALAŤÁK, J.; KARANSKÝ, J.; PŘIKRYL, M.: Výroba bioplynu. In.: MVt Zemědělský týdeník, č. 02., ročník VIII, vydavatelství ZT, Praha 2005, s. 4-6, ISSN 1214-228X
- [16] JONÁŠ, J., PETŘÍKOVÁ, V.: Využití exkrementů hospodářských zvířat. Praha: Polygrafia, 1988.
- [17] <http://www.fytomasa.cz/cz/page/77/fytomasa.html>.
- [18] <http://www.tenza.cz/images/tenza.cz/aktivity/biostanice-schema.jpeg>

- [19] STRAKA, F.; a kolektiv.: Bioplyn. GAS s.r.o., Říčany 2003, s. 517, ISBN 80-7328-029-9
- [20] SLEJŠKA, A.: Bioplyn v Dánsku. BIOM [on line], 19.2.2002. Dostupný z WWW: <<http://www.biom.cz/index.shtml?x=71018>>.
- [21] <http://www.czba.cz/index.php?art=page>
- [22] <http://www.cz.bioconstruct.com/>
- [23] <http://www.setrime-energie.cz/clanky/bioplyn/bioplynovy-stance-z-pohledu-ceske-inspekce-zivotniho-prostredi>
- [24] <http://www.mas.sedlcansko.eu/zdkrasnahora.htm>
- [25] www.mapy.cz
- [26] <http://biom.cz/cz/novinky/bioplynova-stance-v-krasne-hore>
- [27] <http://www.zdkh.cz/>
- [28] **PODKLADY Z BIOPLYNOVÝ STANICE**
- [29] www.fermtec.cz
- [30] www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/206219.aspx
- [31] http://www.has.cz/kat/wamgroup-podavace-davkovace-snekove-dopravniky/wamgroup-vyrobní-program/separ-a-ekologická-zariz-/sepcom-separator-zzvireciho-odpadu/?from_katalog=1|search|
- [32] http://www.has.cz/download/SEPCOM%20EN_M-A-0908_CZ_new.pdf
- [33] <http://www.progress-screens.cz/strojní-a-technologická-zarizení/katalog/strojní-a-technologická-zarizení/separatory-pftech/valcovy-bubnovy-separator-s-vnejsim-natokem.html>
- [34] <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/separace/dekantery/aldec/pages/dekantacni-odstredivky.aspx>
- [35] www.chemec.de
- [36] http://eagri.cz/public/web/file/140964/OBILOVINY122011_k_umisteni_na_web

SEZNAM OBÁZKŮ

Obrázek 1 Technologické schéma anaerobní fermentace	13
Obrázek 2 Letecký pohled na Krásnou Horu nad Vltavou	19
Obrázek 3 Letecký pohled na Bioplynovou stanici	20
Obrázek 4 Model části bioplynové stanice Krásná Hora.....	21
Obrázek 5 Bioplynová stanice Krásná Hora	21
Obrázek 6 Kogenerační jednotka	26
Obrázek 7 Separátor 2000 - schéma	27
Obrázek 8 Separátor 2000	28
Obrázek 9 Separátor 2000 - pohled z boku	28
Obrázek 10 Sklad se separátorem	29
Obrázek 11 Šnekový separátor Sepcom	30
Obrázek 12 Zapojení šnekového separátoru Sepcom	31
Obrázek 13 Šnekový separátor Sepcom zapojen v provozu	31
Obrázek 14 Bubnový Separátor 2000	32
Obrázek 15 Schéma bubnového separátoru 2000	32
Obrázek 16 Schéma válcového separátoru LB 640 × 500	33
Obrázek 17 Válcový separátor LB 640 × 500	34
Obrázek 18 Dekantační odstředivka Aldec	35
Obrázek 19 Součásti separátoru	35
Obrázek 20 Stacionární analyzátor bioplynu BC20	38
Obrázek 21 Závislost vstupních surovin na výsledném množství metanu v bioplynu ČERVEN	40
Obrázek 22 Závislost vstupních surovin na výsledném množství metanu v bioplynu ČERVENEC	41
Obrázek 23 Závislost vstupních surovin na výsledném množství metanu v bioplynu SRPEN	41
Obrázek 24 Závislost vstupních surovin na výsledném množství metanu v bioplynu ZÁŘÍ	42

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Způsob nakládání s komunálními odpady v roce 2010	3
Tabulka 3 Produkce bioplynu z různých druhů živočišných odpadů	5
Tabulka 3 Celkové finanční náklady i s použitými dotacemi	22
Tabulka 4 Orientační hodnoty o množství využívaných surovin	23
Tabulka 5 Parametry separátorů	36
Tabulka 6 Výběrové řízení	36
Tabulka 7 Množství využívaných surovin.....	42
Tabulka 8 Získané hodnoty od Bioplynové stanice KH	43
Tabulka 9 Vypočítané hodnoty.....	43
Tabulka 10 Vypočítané hodnoty.....	44
Tabulka 11 Vypočítané hodnoty.....	45
Tabulka 12 Roční mzdové náklady - hrubé mzdy	47

Tabulka 13 Měsíční průměry cen kukuřičné siláže u zem. výrobců v Kč za 1 tunu v m. roce 2011.....	48
Tabulka 14 Měsíční průměry cen žita u zem. výrobců v Kč za 1 tunu v marketingovém roce 2011	49
Tabulka 15 Měsíční průměry cen senáže u zem. výrobců v Kč za 1 tunu v marketingovém roce 2011	49
Tabulka 16 Celkové náklady za materiál - červen.....	49
Tabulka 17 Celkové náklady za materiál - červenec	50
Tabulka 18 Celkové náklady za materiál - srpen.....	50
Tabulka 19 Celkové náklady za materiál - září	50
Tabulka 20 Celkové roční náklady za materiál	51
Tabulka 21 Náklady na spotřebovanou energii	52
Tabulka 22 Výnosy díky prodané elektrické energii	53
Tabulka 23 Odpis Válcového separátoru LB 640 x 500.....	54
Tabulka 24 Náklady na spotřebovanou energii	55
Tabulka 25 Celková bilance nákladů a výnosů za stav bez inovovaného separátoru	56
Tabulka 26 Celková bilance nákladů a výnosů za stav s inovovaným separátorem.....	57

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Naměřené hodnoty (množství materiálu), analýza bioplynu - ČERVEN.....	I
Příloha 2 Naměřené hodnoty (množství materiálu), analýza bioplynu - ČERVENEC	II
Příloha 3 Naměřené hodnoty (množství materiálu), analýza bioplynu - SRPEN	III
Příloha 4 Naměřené hodnoty (množství materiálu), analýza bioplynu - ZÁŘÍ	IV

Příloha 1 Naměřené hodnoty (množství materiálu), analýza bioplynu - ČERVEN

červen	dávkovač množství	kukuřičná siláž	žito zrno	senáž	H ₂ S (sulfan - sirovodík)	O ₂ (kyslík)	CH ₄ (metan)	CO ₂ (koncentrace oxidu uhličitého)
měření	[t]	[t]	[t]	[t]	[ppm]	[%]	[%]	[%]
1	18,787	12,02	1,13	5,64	310	0,6	49,3	46,5
2	18,838	12,06	1,13	5,65	179	0,5	49,6	46,2
3	17,812	11,4	1,07	5,34	159	0,6	49,7	46,1
4	18,071	11,57	1,08	5,42	147	0,5	49,7	46,1
5	17,053	10,91	1,02	5,12	153	0,6	49,9	46,1
6	18,596	11,9	1,12	5,58	209	0,6	49,9	46,1
7	18,415	11,79	1,1	5,52	131	0,6	50	45,8
8	18,748	12	1,12	5,62	137	0,5	50	45,9
9	19,122	12,24	1,15	5,74	135	0,5	50	45,6
10	17,957	11,49	1,08	5,39	162	0,6	50,1	45,9
11	16,22	10,38	0,97	4,87	191	0,5	50,2	45,9
12	17,182	11	1,03	5,15	122	0,6	50,2	45,7
13	18,806	12,04	1,13	5,64	121	0,6	50,2	45,8
14	16,329	10,45	0,98	4,9	258	0,6	50,3	45,5
15	17,639	11,29	1,06	5,29	129	0,6	50,3	45,5
16	18,021	11,53	1,08	5,41	245	0,6	50,3	45,3
17	18,045	11,55	1,08	5,41	133	0,5	50,3	45,4
18	18,122	11,6	1,09	5,44	140	0,5	50,3	45,3
19	17,269	11,05	1,04	5,18	235	0,6	50,4	45,4
20	17,517	11,21	1,05	5,26	183	0,6	50,5	45,4
21	17,96	11,49	1,08	5,39	162	0,6	50,5	45,5
22	18,917	12,11	1,14	5,68	133	0,6	50,5	45,2
23	15,051	9,63	0,9	4,52	158	0,6	50,6	45,3
24	16,564	10,6	0,99	4,97	222	0,6	50,6	45,1
25	15,365	9,83	0,92	4,61	207	0,6	50,7	45
26	16,686	10,68	1	5,01	184	0,6	50,8	45
27	19,242	12,31	1,15	5,77	177	0,6	51	44,9
28	20,078	12,85	1,2	6,02	133	0,6	51	44,6
29	19,026	12,18	1,14	5,71	157	0,6	51,2	44,5
30	17,994	11,52	1,08	5,4	141	0,6	51,3	44,4
průměr	17,848	11,42	1,07	5,35	172	0,6	50,3	45,5
celkem		342,68	32,11	160,65	5153	17,3	1509,4	1365

Příloha 2 Naměřené hodnoty (množství materiálu), analýza bioplynu - ČERVENEC

čerevenec	dávkovač množství	kukuřičná siláž	žito zrno	senáž	H ₂ S (sulfan - sirovodík)	O ₂ (kyslík)	CH ₄ (metan)	CO ₂ (koncentrace oxidu uhlíčího)
měření	[t]	[t]	[t]	[t]	[ppm]	[%]	[%]	[%]
1	16,895	10,81	1,01	5,07	141	0,6	50	45,7
2	15,031	9,62	0,9	4,51	154	0,6	50,1	45,2
3	17,577	11,25	1,05	3,52	173	0,6	50,1	45,2
4	17,654	11,3	1,06	3,53	163	0,6	50,1	45,3
5	16,215	10,38	0,97	3,24	154	0,7	50,2	45,1
6	17,224	11,02	1,03	5,17	139	0,6	50,3	45,4
7	17,797	11,39	1,07	3,56	166	0,6	50,3	45,2
8	17,137	10,97	1,03	3,43	156	0,6	50,3	45,2
9	18,118	11,6	1,09	3,62	145	0,7	50,3	45,1
10	15,068	9,64	0,9	4,52	149	0,6	50,4	44,9
11	17	10,88	1,02	5,1	154	0,6	50,4	44,7
12	18,453	11,81	1,11	3,69	134	0,6	50,5	44,9
13	17,895	11,45	1,07	3,58	156	0,6	50,5	45,1
14	16,713	10,7	1	3,34	166	0,6	50,5	44,7
15	20,302	12,99	1,22	4,06	155	0,6	50,5	45
16	18,116	11,59	1,09	3,62	294	0,6	50,5	45,3
17	18,096	11,58	1,09	3,62	138	0,7	50,5	44,9
18	15,773	10,09	0,95	4,73	192	0,6	50,6	44,9
19	18,455	11,81	1,11	3,69	169	0,6	50,6	44,8
20	18,654	11,94	1,12	3,73	143	0,6	50,6	45
21	19,013	12,17	1,14	3,8	148	0,6	50,6	44,9
22	17,876	11,44	1,07	3,58	157	0,6	50,7	44,7
23	14,474	9,26	0,87	4,34	165	0,6	50,7	44,6
24	17,199	11,01	1,03	3,44	175	0,6	50,7	44,7
25	17,803	11,39	1,07	3,56	150	0,6	50,7	44,7
26	17,838	11,42	1,07	3,57	162	0,6	50,7	44,7
27	17,791	11,39	1,07	3,56	164	0,6	50,8	44,5
28	18,113	11,59	1,09	3,62	162	0,6	50,8	44,8
29	15,01	9,61	0,9	4,5	192	0,6	50,9	44,7
30	16,656	10,66	1	5	128	0,6	50,9	44,7
31	18,445	11,8	1,11	3,69	137	0,6	51	44,6
průměr	17,367	11,12	1,09	3,94	161	0,6	50,5	44,9
celkem		333,75	31,3	116,92	4981	18,9	1565,8	1393,2

Příloha 3 Naměřené hodnoty (množství materiálu), analýza bioplynu - SRPEN

srpen	dávkovač množství	kukuřičná siláž	žito zrno	senáž	H ₂ S (sulfan - sirovodík)	O ₂ (kyslík)	CH ₄ (metan)	CO ₂ (koncentrace oxidu uhlíčího)
měření	[t]	[t]	[t]	[t]	[ppm]	[%]	[%]	[%]
1	17,269	11,05	1,04	3,45	148	0,6	50,1	45,2
2	18,154	11,62	1,09	3,63	135	0,7	50,2	45,1
3	17,983	11,51	1,08	3,6	164	0,7	50,3	45,1
4	18,372	11,76	1,1	3,67	194	0,6	50,3	45
5	19,441	12,44	1,17	3,89	202	0,6	50,3	45,1
6	19,494	12,48	1,17	3,9	165	0,6	50,5	45
7	18,832	12,05	1,13	3,77	169	0,6	50,5	44,8
8	19	12,16	1,14	3,8	168	0,6	50,6	44,8
9	19,648	12,57	1,18	3,93	178	0,6	50,6	44,9
10	18,261	11,69	1,1	3,65	161	0,6	50,7	44,5
11	18,716	11,98	1,12	3,74	194	0,6	50,7	44,7
12	17,964	11,5	1,08	3,59	159	0,6	50,8	44,6
13	17,846	11,42	1,07	3,57	159	0,7	50,8	44,7
14	18,15	11,62	1,09	3,63	174	0,6	50,8	44,7
15	17,675	11,31	1,06	3,54	171	0,6	50,9	44,6
16	18,071	11,57	1,08	3,61	166	0,6	50,9	44,5
17	18,799	12,03	1,13	3,76	173	0,6	50,9	44,6
18	17,573	11,25	1,05	3,51	167	0,6	50,9	44,7
19	18,631	11,92	1,12	3,73	154	0,6	51	44,4
20	18,913	12,1	1,13	3,78	173	0,6	51	44,4
21	18,96	12,13	1,14	3,79	160	0,6	51	44,4
22	17,028	10,9	1,02	3,41	159	0,6	51,1	44,4
23	18,468	11,82	1,11	3,69	174	0,6	51,1	44,4
24	18,425	11,79	1,11	3,69	177	0,6	51,3	44,2
25	19,357	12,39	1,16	3,87	185	0,6	51,4	44,2
26	19,609	12,55	1,18	3,92	143	0,6	51,5	44,1
27	19,464	12,46	1,17	3,89	159	0,6	51,5	44,4
28	19,4	12,42	1,16	3,88	146	0,6	51,7	44
29	20,097	12,86	1,21	4,02	148	0,6	51,7	44,1
30	19,597	12,54	1,18	3,92	159	0,6	51,7	44,2
průměr	18,667	11,95	1,12	3,73	165	0,6	50,9	44,6
celkem		357,89	33,57	111,83	4984	18,3	1526,8	1337,8

Příloha 4 Naměřené hodnoty (množství materiálu), analýza bioplynu - ZÁŘÍ

září	dávkovač množství	kukuřičná siláž	žito zrno	senáž	H ₂ S (sulfan - sirovodík)	O ₂ (kyslík)	CH ₄ (metan)	CO ₂ (koncentrace oxidu uhlíčího)
měření	[t]	[t]	[t]	[t]	[ppm]	[%]	[%]	[%]
1	19,203	12,29	1,15	5,76	133	0,6	51,1	44,7
2	14,544	9,31	0,87	4,36	171	0,6	51,2	44,7
3	19,616	12,55	1,18	5,88	135	0,5	51,3	45
4	20,154	12,9	1,21	6,05	159	0,6	51,3	44,6
5	14,563	9,32	0,87	2,91	164	0,6	51,5	44,4
6	21,279	13,62	1,28	6,38	143	0,6	51,5	44,4
7	20,858	13,35	1,25	4,17	156	0,6	51,6	44,2
8	17,957	11,49	1,08	3,59	159	0,6	51,6	44,4
9	17,611	11,27	1,06	5,28	156	0,6	51,6	44,2
10	18,577	11,89	1,11	5,57	147	0,6	51,6	44,2
11	20,387	13,05	1,22	6,12	180	0,6	51,6	44,2
12	20,05	12,83	1,2	6,02	154	0,5	51,6	44,8
13	19,911	12,74	1,19	5,97	138	0,6	51,6	44,3
14	22,384	14,33	1,34	6,72	131	0,6	51,6	44,3
15	18,665	11,95	1,12	3,73	153	0,6	51,7	44,2
16	19,107	12,23	1,15	5,73	158	0,6	51,7	44,1
17	18,494	11,84	1,11	5,55	169	0,6	51,7	44,1
18	19,315	12,36	1,16	5,79	148	0,6	51,7	44,2
19	19,421	12,43	1,17	3,88	150	0,6	51,8	44
20	18,492	11,83	1,11	3,7	149	0,6	51,8	44,1
21	19	12,16	1,14	5,7	154	0,6	51,8	44
22	19,697	12,61	1,18	5,91	173	0,6	51,8	44
23	18,492	11,83	1,11	5,55	144	0,6	51,8	44,1
24	18,765	12,01	1,13	5,63	158	0,4	51,8	44,7
25	18,767	12,01	1,13	5,63	155	0,6	51,9	44
26	18,359	11,75	1,1	5,51	142	0,6	52	43,9
27	19,915	12,75	1,19	5,97	126	0,6	52	44
28	19,744	12,64	1,18	3,95	148	0,6	52,1	43,8
29	19,62	12,56	1,18	5,89	145	0,5	52,2	44
30	21,403	13,7	1,28	6,42	120	0,6	52,2	43,8
31	20,186	11,36	1,25	4,3	125	0,6	52,2	42
průměr	19,145	12,25	1,15	5,31	165	0,6	51,7	44,2
celkem		378,96	35,7	163,62	4643	18,1	1602,9	1369,4