

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Malaťák, Ph. D.

Autor práce: Ivo Křiváček

Praha 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Křiváček Ivo

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

Anglický název

Intensification of selected biogas station

Cíle práce

Seznámit se s problematikou zpracování biologicko rozložitelných odpadů anaerobní fermentací. Navrhnout inovaci technologické linky na zpracování biologicko rozložitelných odpadů ve vybraném zemědělském podniku a ekonomicky ji zhodnotit.

Metodika

1. Charakteristika dosavadního zpracování biologicko rozložitelných odpadů
2. Řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu výběrem technologického systému
3. Výběr sledovaných parametrů navrhovaného zařízení
4. Ekonomické posouzení návrhu

Osnova práce

1. Úvod
2. Přehled poznatků z literatury
3. Výchozí podmínky podniku
4. Návrh řešení a dosažené výsledky
5. Diskuse a závěry

Rozsah textové části

60

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 80-7157-682-4

Juchelková, D.: Likvidace 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

Malaťák, 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., Jevič P., 2004, Biomasa – obnovitelný zdroj energie, nakladatelství FCC Public, Praha, 284 str., ISBN 80-86534-06-5

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

Vedoucí práce

Malaťák Jan, doc. Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2012

Termín odevzdání

duben 2015


doc. Ing. Miroslav Píkrýl, CSc.
Vedoucí katedry




prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Intenzifikace vybrané bioplynové stanice“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jana Malaťáka, Ph. D. a použil jen pramenů citovaných v přiložené bibliografii.

V Praze dne 31. března 2015

.....
podpis autora práce

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Janu Malaťákovi, Ph.D. za odborné vedení a dále společnosti GB Consulting s.r.o. za poskytnutí potřebných podkladů. Zároveň děkuji své rodině za její trpělivost a podporu v průběhu mého studia na České zemědělské univerzitě v Praze.

Abstrakt: Cílem této diplomové práce je seznámení se s problematikou zpracování biologicko rozložitelných odpadů technologií anaerobní fermentace a navržení inovace této technologické linky ve vybraném zemědělském podniku. Dále provést zhodnocení technické i ekonomické stránky navrženého řešení. Celá práce je rozdělena do pěti kapitol, přičemž první kapitola je věnována obecnému úvodu. Druhá kapitola se věnuje přehledu poznatků z literatury a je zaměřena na seznámení se základními pojmy a nejdůležitějšími legislativními předpisy Evropské unie a České republiky, shrnuje charakteristiku biodegradabilních odpadů a obecně popisuje technologii anaerobního zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Ve třetí kapitole je proveden popis výchozích podmínek vybraného podniku a diagnóza nedostatků stávajícího provozu. Čtvrtá kapitola je věnována samotnému návrhu možných řešení, výběru konkrétní intenzifikační technologie a technickému i ekonomickému zhodnocení návrhu. Práce je ukončena diskuzí a závěrem k řešené problematice v poslední páté kapitole.

Klíčová slova: biologicky rozložitelné odpady, fermentor, bioplyn, kogenerační jednotka

Intensification of selected biogas station

Summary: The aim of this dissertation is to get to know problems of processing biodegradable waste by anaerobic fermentation technology, and to innovate this technological line in selected agricultural enterprise. Next to make an evaluation (both technical and economical) of suggested solution. The whole thesis is divided in to five chapters, first is devoted to general introduction. The second chapter is devoted to statement of findings in literature, and is focused on getting to know with basic terms and the most important legislative regulations of the European Union and the Czech Republic. It is summarizing characteristics of biodegradable waste and describing technology of anaerobic processing of biodegradable waste in general. There is description of initial conditions in selected enterprise and diagnosis of imperfections of current working in chapter three. The fourth chapter is devoted to suggestion of possible solutions, selection of specific intensification technology, and to technical and economical evaluation of the suggestion. There is closing of the thesis and discussion of solved problems in chapter five.

Key words: biodegradable waste, fermenter, biogas, cogeneration unit

Obsah

1 ÚVOD	3
2 PŘEHLED POZNATKŮ Z LITERATURY	4
2.1 LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY A ZÁKLADNÍ POJMY	4
2.1.1 <i>Legislativní předpisy Evropské unie</i>	4
2.1.2 <i>Legislativní předpisy České republiky</i>	5
2.1.3 <i>Základní pojmy</i>	7
2.2 BIOMASA A BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉ ODPADY	8
2.2.1 <i>Základní charakteristika</i>	9
2.2.2 <i>Bilance bioodpadů v ČR</i>	11
2.2.3 <i>Biomasa využitelná pro anaerobní fermentaci</i>	13
2.3 ANAEROBNÍ ZPRACOVÁNÍ BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ	16
2.3.1 <i>Mechanismus vzniku bioplynu</i>	17
2.3.2 <i>Faktory ovlivňující vznik bioplynu</i>	19
2.3.3 <i>Složení a vlastnosti bioplynu</i>	21
2.3.4 <i>Využití bioplynu</i>	23
2.3.5 <i>Rozdělení technologií na výrobu bioplynu</i>	24
2.3.6 <i>Strojní linka na výrobu bioplynu</i>	25
3 VÝCHOZÍ PODMÍNKY PODNIKU	29
3.1 CHARAKTERISTIKA PODNIKU	29
3.2 POPIS TECHNOLOGIE BPS	30
3.2.1 <i>Příjem a úprava materiálu</i>	30
3.2.2 <i>Anaerobní fermentor</i>	31
3.2.3 <i>Bioplynová koncovka</i>	32
3.2.4 <i>Kalová koncovka</i>	34
3.2.5 <i>Kogenerační jednotka</i>	35
3.3 NEDOSTATKY STÁVAJÍCÍHO PROVOZU	36
4 NÁVRH ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	39
4.1 MOŽNOSTI A STRUČNÁ ANALÝZA VYUŽITÍ TEPLA	39
4.2 DÁLKOVÉ VYTÁPĚNÍ.....	40
4.2.1 <i>Charakteristika</i>	40
4.2.2 <i>Návrh řešení vytápění vybraných objektů v obci</i>	41
4.3 GENERÁTOR S ORC TURBÍNOU.....	43

4.3.1	Popis ORC technologie	43
4.3.2	Vybraná ORC technologie	44
4.3.3	Návrh technologického řešení ORC Green Machine	46
4.4	VÝBĚR KONKRÉTNÍ TECHNOLOGIE PRO VYUŽITÍ TEPLA	48
4.4.1	Technické hledisko	48
4.4.2	Právní hledisko	48
4.4.3	Ekologické hledisko	49
4.4.4	Ekonomické hledisko	49
4.4.5	Sociální hledisko	49
4.4.6	Porovnání vybraných hledisek	50
4.5	TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ	50
4.5.1	Produkce bioplynu	51
4.5.2	Produkce elektřiny	52
4.5.3	Produkce tepla	53
4.5.4	Jednotka Green Machine	54
4.6	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	54
4.6.1	Náklady a výnosy	55
4.6.2	Zhodnocení investice	56
5	DISKUZE A ZÁVĚR	59
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61
	SEZNAM TABULEK	66
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM GRAFŮ	67
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	68
	SEZNAM PŘÍLOH	69

1 Úvod

Podle zprávy EBA Biogas Report je v současné době v Evropě zprovozněno více než 13.800 bioplynových stanic a toto číslo i nadále roste. Dokonce i Bulharsko a Srbsko spustily v roce 2012 své první technologie na výrobu bioplynu. Celkem se v Evropě na výrobě bioplynu z biomasy podílí 31 zemí. Těchto 13.800 bioplynových stanic s téměř 7,5 GW elektrických instalovaného výkonu by mohla nahradit sedm jaderných reaktorů v Belgii nebo vyprodukovat téměř stejné množství elektrické energie jako všechny uhelné elektrárny v České republice. I díky takovému množství bioplynových stanic se daří naplňovat cíle směrnice Evropského parlamentu a Rady č.2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, aby bylo v rámci EU dosaženo v roce 2020 alespoň 20% podílu OZE na hrubé spotřebě energie. [1]

V České republice bylo k 1. lednu 2014 v provozu celkem 500 bioplynových stanic s instalovaným elektrickým výkonem 392,35 MW. V roce 2013 se tak z bioplynu vyprodukovalo 2.243 GWh elektřiny a celkově se podílel na výrobě elektřiny z OZE v ČR hodnotou 22,1 %. Současně s elektrickou energií bylo vyprodukováno nemalé množství tepelné energie, které se odhaduje na více než 8.500 TJ za rok 2013. Efektivní využití tepelné energie je podstatnou slabinou většiny bioplynových stanic. [2]

Z důvodu neustavičného zvyšování důrazu na ochranu životního prostředí v rámci celé EU jsou definovány stále nové motivační prostředky. V cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu (ERÚ) je stanovena podmínka, že bioplynové stanice uvedené do provozu po 1. lednu 2012 musí efektivně využívat vyrobenou tepelnou energii minimálně v úrovni 10 % vůči vyrobené elektrické energii z obnovitelných zdrojů. Tyto stanice pak mohou být zařazeny do kategorie AF1, kde je stanoven vyšší tarif na výkup vyprodukované elektřiny. [3]

Tato práce je zaměřena na výběr a zhodnocení efektivního využití tepelné energie vyprodukované díky chlazení technologie kogenerační jednotky na vybrané bioplynové stanici, která by jinak byla mařena na chladičích technologie kogenerační jednotky a vypouštěna do prostředí.

2 Přehled poznatků z literatury

2.1 Legislativní předpisy a základní pojmy

V této kapitole je uveden výčet pouze základních legislativních předpisů a některých pojmů pro lepší pochopení problematiky anaerobního zpracování biologicky rozložitelných odpadů (BRO) a následného energetického využití vzniklého produktu. Protože výstavba bioplynových stanic (BPS) a jejich provoz je velice sofistikovaná a zasahuje do nejrůznějších oblastí, nelze vypsát veškeré právní předpisy a technické normy, které by se mohly tohoto oboru dotýkat.

Odpadové hospodářství v České republice (ČR) je relativně mladým odvětvím, které se rychle a dynamicky rozvíjí, a to především z důvodu zvyšujících se nároků na ochranu životního prostředí, zdraví lidí a zvířat a trvale udržitelného rozvoje. První zákon upravující nakládání s odpady vyšel teprve v roce 1991. Před tímto rokem nebylo nakládání s odpady žádným zvláštním způsobem řízeno ani kontrolováno. V roce 2001 vyšel nový zákon o odpadech, který je stále platný, i když za dobu své existence prošel mnohými změnami a zasluhoval by kompletní revizi. Nejvíce změn nastalo v období po 1. květnu 2004, kdy ČR vstoupila do Evropské unie (EU) a byla povinna implementovat evropské předpisy do svého právního systému.

2.1.1 Legislativní předpisy Evropské unie

- **Směrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů**

Směrnice Rady 1999/31/ES ze dne 26. dubna 1999 o skládkách odpadů si klade za cíl stanovit pomocí přísných technických a provozních požadavků na skládky odpadů opatření, která povedou k předcházení nebo maximálnímu omezení negativních účinků skládkování odpadů na životní prostředí a lidské zdraví. Podle článku 5 ukládá tato směrnice všem členským státům EU postupně snižovat podíl biologicky rozložitelných komunálních odpadů (BRKO) ukládaného na skládky odpadů, a to zejména pomocí recyklace, kompostování, výroby bioplynu nebo materiálového či energetického využití. Pro členské státy EU z této směrnice mimo jiné vyplývá, že musí postupně omezit ukládání BRKO na skládky odpadů a to do roku 2006 na 75% hmotnostních, do roku 2009 na 50%

hmotnostních a do roku 2016 na 35% hmotnostních stavu, který byl v referenčním roce 1995. Některým zemím EU včetně ČR byl umožněn odklad splnění těchto cílů o čtyři roky. [4]

- **Nařízení Evropského parlamentu a Rady 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě**

Toto nařízení ze dne 21. října 2009 stanoví hygienická a veterinární pravidla pro vedlejší produkty živočišného původu (VPŽP) a získané produkty s cílem zabraňovat rizikům pro zdraví lidí a zvířat, která v souvislosti s těmito produkty vznikají, a snižovat je na minimum, a zejména chránit bezpečnost potravinového a krmivového řetězce. Podle oddílu 4 jsou tyto produkty rozděleny do třech kategorií podle potenciálních hygienických rizik. Přičemž nejméně riziková je kategorie 3 a naopak nejvíce rizikovou je kategorie 1.

V zařízeních na výrobu bioplynu lze zpracovávat pouze materiál kategorie 2 a 3, přičemž materiál kategorie 2 musí být vystaven tzv. tlakové sterilizaci. Tlakovou sterilizací se rozumí úprava materiálu před vstupem do zařízení v hygienizační jednotce po desintegraci na velikost částic 50 mm a menších a zajištění minimální teploty celé hmoty v jednotce 133 °C při době zdržení nejméně 20 minut a tlaku 3 bary. [5]

- **Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů**

Tato směrnice ze dne 23. dubna 2009 stanoví společný rámec pro podporu energie z obnovitelných zdrojů (OZE) a závazné cíle pro celkový podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie tak, aby bylo v rámci EU dosaženo v roce 2020 alespoň 20% podílu OZE na hrubé spotřebě energie. Pro ČR z této směrnice vyplývá, že cílová hodnota podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v roce 2020 musí činit 13%. [6]

2.1.2 Legislativní předpisy České republiky

- **Zákon o odpadech**

Základním právním předpisem v oblasti odpadového hospodářství ČR je zákon

č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Poslední změnou je zákon č.167/2012 Sb. Zákon o opadech klade důraz na předcházení vzniku odpadů a stanoví hierarchii nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje. Jednoznačně upřednostňuje materiálové či energetické využití odpadů před jejich odstraněním. [7]

- **Katalog odpadů**

Katalog odpadů je stanoven vyhláškou Ministerstva životního prostředí (MŽP) č.381/2001 Sb. Podle této vyhlášky je původce odpadů nebo oprávněná osoba povinna zařazovat vzniklý odpad pod šestimístní katalogová čísla. V nich první dvojčíslí označuje skupinu odpadu, druhé dvojčíslí podskupinu a třetí dvojčíslí určuje konkrétní druh odpadu. Účelem katalogizace vzniklých odpadů je jejich snadná identifikovatelnost a kontrola jejich pohybu za účelem optimalizace nakládání s odpadem. [8]

- **Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady**

Vyhláška MŽP č.341/2008 Sb. definuje seznam BRO a požadavky na kvalitu těchto odpadů, které vstupují do technologie materiálového využívání. Dále stanoví technické požadavky na vybavení a provoz zařízení biologického zpracování bioodpadů a technologické požadavky na úpravu těchto odpadů.

Podle této vyhlášky je při anaerobní fermentaci bioodpadů nutné dosáhnout teploty materiálu v reaktoru nejméně 55 °C a udržet ji nejméně po dobu 24 hodin bez přerušení, přičemž nezbytná celková doba procesu je více než 30 dnů. Celková doba zdržení může být kratší než 30 dnů, nejméně však 20 dnů, pokud provozovatel zajistí, že produkovaný digestát trvale splňuje hodnoty stability dle platné technické normy. Toto se nevyžaduje, jsou-li zpracovávaným materiálem rostlinné tkáně. [9]

- **Plán odpadového hospodářství**

Na konci roku 2014 schválila vláda ČR nový Plán odpadového hospodářství (POH) pro roky 2015 až 2024. Strategie nového plánu vychází ze 4 hlavních cílů, kterými jsou předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů, minimalizace nepříznivých účinků na lidské zdraví a životní prostředí při vzniku odpadů a nakládání s nimi, udržitelný rozvoj společnosti, přiblížení se k evropské „recyklační společnosti“ a

maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů. Na plnění těchto cílů se podílí jednotlivá ministerstva a správní celky ČR. Plnění POH je každým rokem vyhodnocováno prostřednictvím Hodnotící zprávy. [10]

- **Zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů**

Zákon č.180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů upravuje v souladu s legislativou EU způsob podpory výroby elektřiny z OZE při dodržování ochrany životního prostředí a klimatu. Podle tohoto zákona patří mezi OZE mimo jiné i energie bioplynu a biomasy. Zákon dále ukládá povinnost provozovatelům přenosové nebo distribuční soustavy přednostně připojit k těmto soustavám zařízení produkující elektřinu z OZE. Výkupní ceny elektrické energie stanovuje Energetický regulační úřad (ERÚ) vždy na příslušný kalendářní rok. [11]

2.1.3 Základní pojmy

Vybrané základní pojmy, které jsou definovány zákonem o odpadech a zákonem o podpoře výroby z OZE a s nimiž se budeme setkávat v následujících kapitolách: [7], [11]

- **Odpad**: je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č.1 k tomuto zákonu.
- **Komunální odpad**: veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.
- **Nakládání s odpady**: shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů.
- **Odpadové hospodářství**: činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.
- **Využití odpadů**: činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu, a to i v zařízení neurčeném k využití odpadů nebo že je k tomuto konkrétnímu účelu upraven; v příloze č. 3

k zákonu o odpadech je uveden příkladný výčet způsobů využití odpadů.

- **Biologicky rozložitelný odpad:** jakýkoli odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu.
- **Biologický odpad:** biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a veřejné zeleně, potravinářský a kuchyňský odpad z domácností, restaurací, stravovacích nebo maloobchodních zařízení a srovnatelný odpad ze zařízení potravinářského průmyslu.
- **Obnovitelný zdroj energie:** nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou geotermální energie, energie větru, vody, slunečního záření, půdy, vzduchu, biomasy, skládkového plynu, kalového plynu a bioplynu.
- **Biomasa:** biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětví, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu.

Dalšími důležitými pojmy, které jsou v oblasti zpracování biologicky rozložitelných materiálů a současné výrobě bioplynu nezbytné, jsou následující: [12]

- **Anaerobní fermentace:** (neboli anaerobní vyhnívání, anaerobní digesce, metanogenní kvašení, metanizace) je vícestupňový přírodní proces rozkladu organických látek některými skupinami mikroorganismů bez přístupu kyslíku.
- **Bioplyn:** plynná směs metanu (CH_4), oxidu uhličitého (CO_2), dusíku (N_2), vodíku (H_2) a dalších plynů, která je schopna hoření a využití pro produkci tepla a elektřiny; je využitelný jako energeticky bohaté palivo.
- **Digestát:** tuhá nerozložená frakce organických látek vláknité povahy, využitelná jako organické hnojivo, před aplikací na půdu obvykle upravována jako kompost, tj. aerobní fermentací.
- **Perkolát:** procesní tekutina obsahující základní živiny pro rostliny v dostupné formě, použitelná v zemědělství jako tekuté hnojivo.

2.2 Biomasa a biologicky rozložitelné odpady

Biomasa je materiál biologického původu, který může být produktem výrobní činnosti nebo vyprodukovaným odpadem. Ve druhém případě hovoříme o odpadní biomase, neboli biologicky rozložitelných odpadech, biodegradabilních odpadech,

bioodpadech apod. Pod pojmem odpadní biomasa si můžeme představit např. rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny, lesní odpady, odpady z živočišné výroby, organické zbytky z potravinářské a průmyslové výroby, ale i bioodpady z komunální sféry. [13]

2.2.1 Základní charakteristika

Biomasu lze, kromě již výše uvedené definice, popsat jako substanci biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady), která je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby a péče o krajinu. V tomto materiálu se uchovává nemalé množství energetického potenciálu, který někteří odborníci celosvětově odhadují okolo 1.400 EJ. To je přibližně pětikrát více, než činí světová spotřeba fosilních paliv. A i pro tuto skutečnost hovoříme o biomase jako o obnovitelném zdroji energie. [14]

Biomasa jako zdroj tepla je téměř jedinou použitelnou energií, která provázela člověka od dávné minulosti, až do současnosti. Dnešní civilizace je stále více závislá na tepelné i elektrické energii a ustavičně vzrůstají globální obavy o vyčerpávání zdrojů fosilních paliv a o nepříznivých dopadech vysoké spotřeby energií na životní prostředí. Nejen z těchto důvodů využívání OZE představuje rozsáhlý program vědecko-výzkumných aktivit, vývoje technologií a jejich promyšleného uplatňování při minimalizaci negativních vlivů na životní prostředí. Vedle klasických systémů spalování jsou využitelné i technologie zplyňování, anaerobního zpracování s následnou kogenerací (kombinovaná výroba elektřiny a tepla – KVET), a další. [15]

Biologická rozložitelnost těchto materiálů je závislá na jejich chemickém složení a zejména na obsahu uhlohydrátů, tuků a proteinů a na obsahu celulózy, hemicelulózy a ligninu. Energetický obsah biologicky rozložitelných substrátů nám vyjadřuje tzv. chemická spotřeba kyslíku (CHSK), která udává celkovou spotřebu kyslíku pro oxidaci všech látek v substrátu. Složení biologických materiálů tedy ovlivňuje výtěžnost produkovaného bioplynu a jeho kvalitu. [16]

- **Polysacharidy**

U rostlinných surovin a odpadů se ze skupiny polysacharidů nejčastěji setkáváme se škrobem, celulózą a hemicelulóžami. Škrob je při fermentaci substrátu snadněji rozložitelný než celulóža, protože je hydrolyzován amylolytickými enzymy. Důležitější než škrob z důvodu stabilního procesu fermentace je celulóža, která sice hydrolyzuje pomaleji, ale má vyšší výtěžnost bioplynu. Hemicelulózy jsou oproti celulóže mnohem složitější heteropolysacharidy, které však podléhají enzymatické hydrolýze rychleji a snáze. [16], [17]

- **Lignin**

Lignin je obvyklou součástí rostlinných pletiv a zvířecích fekálií. Jedná se o amorfní heteropolymer, který je nerozpustný ve vodě a velmi odolný vůči biomethanizačním rozkladům. Proto je nutné očekávat jeho zvýšený obsah ve zbytkovém digestátu. Chová se jako štít a limituje rychlost a míru enzymatické hydrolýzy. Přesto je důležitou součástí biomasy, bez které by nebylo humusu, huminových kyselin ani žádného uhlí. Mezi podobné anaerobně nerozložitelné látky patří lignany a terpeny. [16], [17]

- **Lipidy**

Název lipidy se často zaměňuje s termínem tuky, přičemž do této skupiny patří obecně všechny estery vyšších mastných kyselin, které lze nalézt v rostlinných nebo živočišných tkáních. Lipidy bývají přítomny mimo jiné zejména v gastroodpadech, v odpadech z odlisování pokrmových olejů, v pokrutinách a v neodtučněných masokostních moučkách. Ze všech látek mají nejvyšší výtěžnost bioplynu a koncentraci metanu. Hydrolyzují se na glycerol a na mastné kyseliny. Při anaerobním zpracování tuků mohou někdy vznikat problémy nadměrného pění a oddělování tuků ze suspenze na hladinu, čímž se surovina dostává mimo působení fermentačního procesu. [16], [17]

- **Proteiny**

Proteiny neboli bílkoviny jsou vysokomolekulární polymery α -aminokyselin vzájemně provázaných peptidickými vazbami. Jedná se o velmi dobře biologicky rozložitelné látky s dobrou výtěžností metanu. Bílkoviny na rozdíl od sacharidů a tuků jsou

zdrojem dalších biogenních prvků, především dusíku a síry, které vytvářejí při anaerobní fermentaci nežádoucí sloučeniny (amoniak, sulfan, apod.). Tyto sloučeniny mají inhibiční účinky na proces biozplyňování. Proto je nezbytná opatrnost při dávkování materiálů s vyšším obsahem proteinů. [16], [17]

V následující tabulce je uvedena specifická produkce bioplynu a obsah metanu v bioplynu u základních složek biodegradabilních materiálů.

Tab. 2.1: Specifická produkce bioplynu základních složek biomasy [16]

Látka	Produkce bioplynu [m ³ .kg ⁻¹ rozložené sušiny]	Obsah metanu [% obj.]	Odpovídající průměrná výhřevnost bioplynu [MJ.m ⁻³]
Tuky	1,12 – 1,58	71 – 84	24,9
Sacharidy	0,76 – 0,89	50 – 54	17,8
Bílkoviny	0,56 – 0,78	62 – 67	23,4

2.2.2 Bilance bioodpadů v ČR

Biologicky rozložitelné odpady představují cca 23 % veškeré produkce odpadů v ČR. Dle Katalogu odpadů jsou nejvíce zastoupeny ve skupinách 02 - odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin; 03 - odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky. Mezi BRO se řadí i bioodpady z komunální sféry, které dle Katalogu odpadů patří do skupiny 20 - komunální odpady. Odhaduje se, že BRKO tvoří cca 40-50 % z celkového množství vyprodukovaného komunálního odpadu. Seznam BRO je uveden v příloze č.1. [18], [19]

Podle Statistické ročenky životního prostředí ČR, která vychází z informačního systému odpadového hospodářství (ISOH), bylo v roce 2012 vyprodukováno celkem více než 30 mil. tun odpadů, z toho komunální odpad (KO) tvořil cca 5,2 mil. tun. To činí přibližně 495 kg KO na jednoho obyvatele. Téměř 23,8 mil. tun odpadů bylo využito materiálově nebo energeticky a zbylá část zlikvidována odstraněním, nejčastěji uložením na skládku odpadů. [20]

V následující tabulce je uvedena produkce BRO v ČR podle skupin odpadů za roky 2010 až 2013 dle ISOH, který spravuje společnost Cenia, Česká informační agentura životního prostředí. Z databáze byly vybrány pouze druhy odpadů uvedené v příloze č.1

ktéto práci. Z tabulky je patrné, že nejvíce BRO je obsaženo ve skupině 20, tedy v komunálním odpadu a naopak nejméně jsou zastoupeny ve skupině 16 jako organické odpady vadných šarží a nepoužitých výrobků. Celkové množství BRO má podle tohoto zdroje spíše klesající trend. [21]

Tab. 2.2: Produkce BRO za roky 2010-2013 [21]

Skupina odpadů	Rok 2010	Rok 2011	Rok 2012	Rok 2013
	Produkce BRO [tis. tun]			
02	491,3	332,8	259,2	285,2
03	201,6	160,2	158,7	139,7
04	31,1	33,9	35,2	41,6
15	581,2	597,9	563,6	577,1
16	1,4	1,1	1,3	2,2
17	32,3	38,2	36,4	45,1
19	491,3	535,8	510,4	483,8
20	1.037,2	1.077,6	1.056,9	1.092,3
Celkem	2.867,4	2.777,5	2.621,7	2.667,0

Energetické využití biomasy má hned několik základních důvodů:

- Odklon ukládání BRO na skládky odpadů dle směrnice 1999/31/ES.
- Plnění cílů směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů.
- Ochrana životního prostředí a trvale udržitelného rozvoje.
- Zachování neobnovitelných zdrojů (fosilní paliva) pro další generace, atd.

V další tabulce je uveden souhrnný kvalifikovaně odhadnutý a vypočtený potenciál biomasy pro výrobu energie v ČR. Celková střední hodnota energetického potenciálu činí 214,7 PJ.rok⁻¹, z níž cca 88 % tvoří zemědělská a lesní biomasa a necelých 12 % BRO z komunální sféry. [22]

Tab. 2.3: Celkový energetický potenciál biomasy v ČR [22]

Druh biomasy	Hodnota potenciálu [PJ]	Střední hodnota [PJ]	Procentuální zastoupení [%]
Zemědělská biomasa	133,9-186,8	161,4	75,1
Lesní dendromasa	26,3-30,4	28,3	13,2
BRKO	25	25	11,7
Celkem	185,2-242,2	214,7	100

V energetice ČR dlouhodobě dochází k výrazným strukturálním změnám. Za posledních dvacet let došlo k výraznému útlumu výroby elektřiny z uhlí ve prospěch výroby elektřiny z jádra a obnovitelných zdrojů. Podíl na prvotních energetických zdrojích (PEZ) se za posledních deset let zdvojnásobil ze 7,8 % podílu v roce 1993 na 15,9 % podíl v roce 2013. Největší vliv měl na tento růst boom výstavby solárních elektráren v letech 2010 až 2012 a následující rozvoj výroby elektřiny za využití biomasy a bioplynu. [23]

2.2.3 Biomasa využitelná pro anaerobní fermentaci

Pro výrobu bioplynu v BPS je možné zpracovávat širokou škálu organických materiálů. Důležité je zachovat u zpracovávaných materiálů požadavky na kvalitu vstupního substrátu do BPS. Možnými materiály využitelnými pro technologii anaerobní fermentace mohou být: [24]

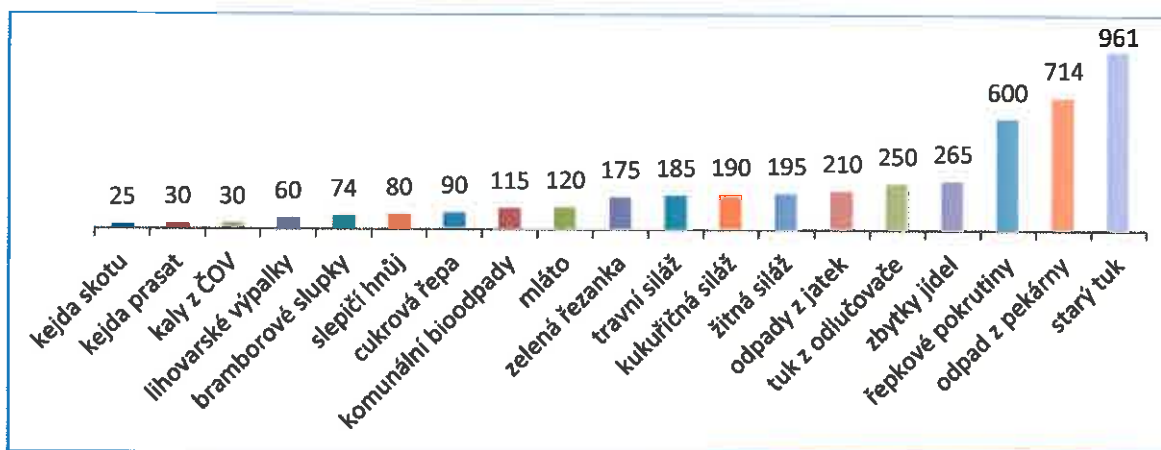
- Výstupy z chovu hospodářských zvířat (kejda, hnůj, podestýlky, atd.),
- cíleně pěstovaná biomasa (kukuřice, řepa, senáž, vojtěška, atd.),
- bioodpady z potravinářských provozů (pekárny, lihovary, pivovary, cukrovary, masokombináty, apod.),
- zbytky z jídelen, restaurací a hotelů,
- prošlé potraviny a bioodpady ze supermarketů,
- bioodpady z domácností a ze zahrad,
- bioodpady z údržby veřejné zeleně (tráva, listí). [24]

Abychom dosáhli maximální výtěžnosti bioplynu, dávkuje se do fermentoru směsné materiály. Tento proces nazýváme kofermentací, při němž se fermentuje homogenizovaná směs, obvykle cíleně pěstovaná fytomasa smísená s exkrementy a další biomasou. Nejčastěji používaným substrátem je směs fytomasy s kejdou, přičemž sušina kejdy v substrátu má vyšší podíl než sušina fytomasy. Kofermentace kejdy s fytomasou umožňuje stabilizovat proces produkce bioplynu díky pufrační schopnosti kejdy v substrátu a omezuje tvorbu vyšší koncentrace amoniaku. Fytomasa optimalizuje poměr uhlíkatých a dusíkatých látek. [12]

Produkce bioplynu se u různých materiálů výrazně liší. Obecně je nejvyšší produkce dosahována u materiálů s vyšším obsahem tuků a nejmenší produkce u kejdy hospodářských zvířat a u kalů z ČOV. V grafu 2.1 na následující stránce je znázorněna

teoretická výtěžnost bioplynu v m³ vztažená na jednu tunu biomasy. [24]

Graf 2.1: Teoretická výtěžnost bioplynu u vybraných surovin [24]



- **Substráty ze zemědělství**

Mezi substráty ze zemědělství, které lze využít pro zpracování technologií anaerobní fermentace patří hlavně exkrementy hospodářských zvířat (chlévká mrva, kejda, močůvka, hnojůvka), rostlinné odpady (sláma, bramborová nať, řepný chrást, silážní šťávy, znehodnocená krmiva, apod.) a samozřejmě cíleně pěstovaná fytomasa (kukuřice, řepa), která se upravuje zejména silážováním. Exkrementy hospodářských zvířat jsou jedním z nejvhodnějších materiálů pro výrobu bioplynu, protože jsou hlavním zdrojem metanogenních bakterií, i když nepatří mezi materiály s vysokou měrnou produkcí bioplynu. Zejména kejda, která má nižší obsah sušiny a lze dobře kombinovat s ostatními substráty (např. kukuřičná siláž), je nejvíce využívaným materiálem. Naopak chlévkovou mrvu kvůli vysokému obsahu sušiny je nutné nejprve naředit pro zajištění čerpatelnosti. Kukuřice a řepa se pro výrobu bioplynu hodí zejména díky vysokému výnosu hmoty na hektar a tedy i díky vysoké výtěžnosti bioplynu na hektar. [12], [25]

- **Odpady z potravinářského průmyslu**

Využití odpadů z potravinářského průmyslu má svá specifika daná atypičností provozů, proměnlivostí surovin, sezónností výroby, širokým spektrem výrobků a jejich častou obměnou. Dalším specifickým znakem tohoto odvětví je zpracování většinou nákladně produkováných surovin, které se často rychle kazí (maso, mléko, zelenina, ovoce, tuky, apod.). Energetické využití těchto surovin je relativně nákladné, a proto velmi

málo časté. Častěji se využívají ke krmení nebo pro výrobu kompostu. Mezi BRO z potravinářského průmyslu patří hlavně odpady z výroby sladu (zadina, splávky odpadní máčecí vody), výroby piva (mláto, kvasnice, kaly), výroby škrobu (zdrtky), výroby cukru (řízky, melasa, řepné kořínky a úlomky, kaly), výroby tuků a olejů (pokrutiny, slupky, olejnatá drť, kaly), z lihovarnictví (výpalky, lihovarnická šáma), zpracování vína (kvasničné kaly), zpracování mléka (syrovátka, kaly), mlynářského průmyslu (otruby, zadní mouky), zpracování masa (krev, kosti, rohovina, jatečné odpady, tukové odpady) a další. [26]

- **Biologicky rozložitelné komunální odpady**

Odpad z komunální sféry tvoří nejvýznamnější část na celkové produkci odpadu v ČR. Odhaduje se, že BRKO je zastoupeno v komunálním odpadu z cca 40-50 %. Největší podíl BRKO v současnosti tvoří materiál z údržby veřejné zeleně se 100% biologicky rozložitelnou složkou a směsný komunální odpad (SKO) s přibližně 40% biologicky rozložitelnou složkou. Z důvodu omezení ukládání BRO na skládky je anaerobní zpracování jedním z možných řešení dosažení vymezených cílů. Bariérou pro využití anaerobní technologie je však vysoká technologická a ekonomická náročnost. [19]

Jednou z možností zpracování SKO je tzv. mechanicko biologická úprava odpadů (MBÚ). Účelem mechanické etapy je většinou magnetická separace kovů, desintegrace materiálu a oddělení lehké frakce od těžké pomocí rotačních nebo vibračních sítí, přičemž lehká frakce je tvořena zejména plasty. Po mechanické úpravě následuje etapa biologická, při které se používá právě podsítná frakce. Biologickým zpracováním se rozumí především aerobní a anaerobní technologie, tedy kompostování a výroba bioplynu. [27]

- **Biomasa z údržby zeleně**

Biomasa z údržby zeleně se člení mezi KO a zahrnuje především trávu a listí. Před samotným biologickým zpracováním je nutné materiál zbavit větví a kamenů. Pro lepší výtěžnost bioplynu se doporučuje travní odpad upravit konzervací, nejčastěji senážováním, kdy fytomasa zavadne na sušinu 25-40 %. Největší produkce bioplynu byla zjištěna právě u fytomasy z čerstvě otevřených senážních balíků a to přibližně $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny. [12]

- **Kaly z čistíren odpadních vod**

Kaly z komunálních čistíren odpadních vod (ČOV) jsou vhodným materiálem pro výrobu bioplynu pro svůj vysoký obsah tuků. Problémem kalů z ČOV je obsah nebezpečných mikroorganismů, těžkých kovů a dalších zdraví a životní prostředí ohrožujících látek. Tyto složky mohou mít inhibiční účinky na celý proces biometanizace. Výskyt nežádoucích organismů lze účinně eliminovat pomocí tzv. pasterizace před samotnou fermentací, která je založena na ohřevu materiálu na teplotu zhruba 72 °C a ponechání na této teplotě po dobu alespoň 20 minut. [18]

2.3 Anaerobní zpracování biologicky rozložitelných odpadů

Anaerobní fermentace je velmi složitý vícestupňový biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Vlivem působení metanogenních, acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů je výsledkem plynný produkt tzv. bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou složek, metanu (CH₄) a oxidu uhličitého (CO₂). Ve skutečnosti ale obsahuje řadu minoritních plynů. Tyto anaerobní mikroorganismy produkující metan (metanogeny), pro které je kyslík i v sebemenší koncentraci prudkým jedem, jsou jedny z nejstarších živých organismů na Zemi. Díky těsné symbióze s jinými aerobními organismy, které jim zajišťují energetický zdroj a anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, mohli přežít až do dnešní doby. [14]

Proces anaerobní fermentace může probíhat za určitých podmínek samovolně v přírodě nebo může být záměrně vyvolán pomocí sofistikovaných biotechnických zařízení. Výsledkem je vždy směs plynů a fermentovaný zbytek organické látky. Podle původu nebo místa vzniku pak rozeznáváme: [14]

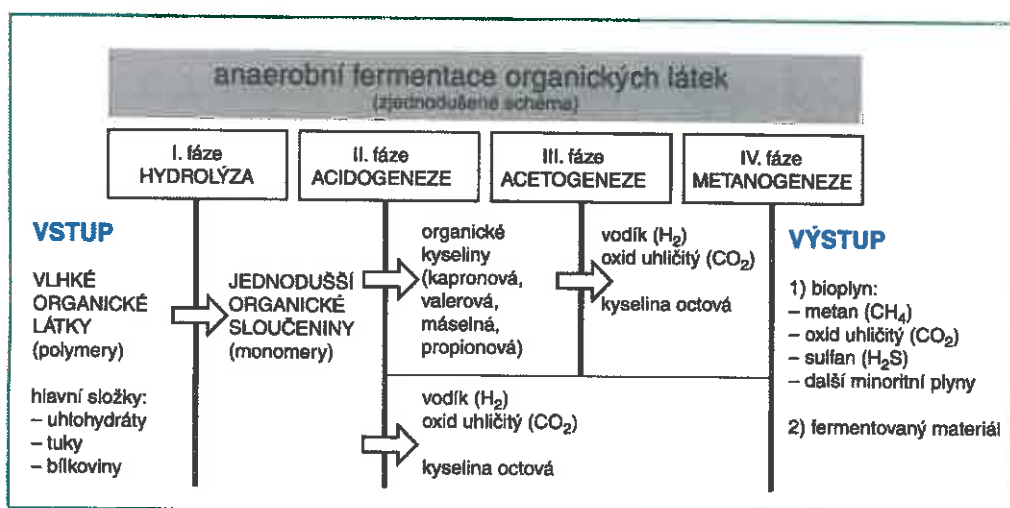
- **Zemní plyn:** vznikl anaerobním rozkladem biomasy nahromaděné v dávných dobách. Je energeticky nejhodnotnější s obsahem až 98 % metanu a je klasifikován jako neobnovitelný zdroj energie.
- **Důlní plyn:** původ jeho vzniku je obdobný jako u zemního plynu. Pro svoji výbušnost ve směsi se vzduchem, resp. kyslíkem, je velmi nebezpečný a energetické využití nemá.

- **Kalový plyn:** vzniká anaerobním rozkladem organických usazenin v přírodních i umělých nádržích. Uvolňuje se ze dna oceánů, moří, jezer, močálů, rybníků, ale i v biologickém stupni ČOV, rýžovištích, rašeliništích, apod. Intenzita jeho vývinu i chemické složení jsou velice variabilní a závisí na podmínkách, při nichž vzniká.
- **Skládkový plyn:** vzniká anaerobním rozkladem organických látek, které jsou obsaženy v KO z cca 20-60 %. Má velmi variabilní složení a díky jeho povrchovým výronům je velmi nebezpečný. Z toho důvodu je důležité ho jímat a energeticky využít nebo bezpečně likvidovat pomocí speciálního hořáku.
- **Bioplyn:** obecně lze tento název použít pro všechny plynné směsi vzniklé činností metanogenních mikroorganismů, v technické praxi se ale používá pro plynnou směs produkovanou pomocí umělých technických zařízení.

2.3.1 Mechanismus vzniku bioplynu

Anaerobní rozklad organických látek je soubor dílčích, na sebe navazujících biologických procesů, na kterých se podílí několik skupin anaerobních mikroorganismů. Pro konverzi organické hmoty na konečný plynný produkt je důležitá jejich koordinovaná metabolická součinnost, kdy produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává potravou pro skupiny další, a proto nedostatečná aktivita jedné skupiny může porušit dynamickou rovnováhu celého systému. Celý mechanismus vzniku bioplynu (obr. 2.1) rozdělujeme do čtyř základních fází, přičemž mikroorganismy produkující metan stojí až na samém konci rozkladného řetězce. [13]

Obr. 2.1: Schéma mechanismu vzniku bioplynu [14]



- **I. fáze – hydrolýza**

Hydrolýza je prvním stadiem rozkladu organických látek a začíná v době, kdy prostředí ještě obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro nastartování této fáze je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti, a to nad 50 % hmotnostního podílu. [14] Při hydrolýze se makromolekulární látky, polysacharidy, lipidy a proteiny rozkládají na látky nízkomolekulární, které jsou rozpustné ve vodě pomocí extracelulárních hydrolytických enzymů produkovaných fermentačními bakteriemi a jsou schopné transportu dovnitř buňky, kde rozklad pokračuje. [13]

- **II. fáze – acidogeneze**

Při acidogenezi může zpracovávaný materiál obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, ale během této fáze dochází k vytvoření anaerobního (bezokyslíkatého) prostředí. To zajišťují fakultativní anaerobní mikroorganismy, které jsou zde aktivovány. [14] Produkty hydrolýzy jsou uvnitř buňky rozkládány na jednodušší látky, přičemž závisí na parciálním tlaku vodíku. Při nízkém tlaku se produkuje hlavně kyselina octová (CH_3COOH), vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2). Naopak při vyšším tlaku jsou produkovány vyšší organické kyseliny (především propionová, máselná, valerová, kapronová), kyselina mléčná a etanol. [13]

- **III. fáze – acetogeneze**

Acetogeneze je zvláštním případem acidogeneze a někdy je označována za mezifázi. V této fázi dochází k rozpadu vyšších produktů acidogeneze na kyselinu octovou, H_2 a CO_2 . Tvorba kyseliny octové je důležitým spojovacím článkem pro produkci metanu. Velmi důležitou roli zde hrají syntrofní acetogenní bakterie produkující mimo jiné H_2 a jejich těsná součinnost s dalšími skupinami mikroorganismů, které vyprodukovaný H_2 spotřebovávají. Přebytek H_2 by mohl mít inhibiční účinek na činnost metanogenních mikroorganismů. [13], [14]

- **IV. fáze – metanogeneze**

Metanogeneze je poslední fází produkce bioplynu, která probíhá za striktních anaerobních podmínek a při níž metanogenní mikroorganismy rozkládají produkty

předchozích fází a produkují metan (CH₄). Metanogenní bakterie rozlišujeme na pouze acetotrofní, pouze hydrogenotrofní a obojetné. Acetotrofní metanogeny rozkládají především kyselinu octovou na metan (CH₄) a oxid uhličitý (CO₂) a hydrogenotrofní metanogeny produkují metan (CH₄) z vodíku (H₂) a oxidu uhličitého (CO₂). Níže jsou znázorněny základní zjednodušené reakce tvorby metanu oběma způsoby. [13], [14]



Jednotlivé fáze probíhají s odlišnou kinetickou rychlostí, např. metanogeneze probíhá přibližně pětikrát pomaleji než zbylé tři fáze. Pro stabilitu celého procesu anaerobní fermentace je velmi důležitá optimální rovnováha v kinetice jednotlivých fází a tomu je třeba přizpůsobit konstrukci bioplynových technologických systémů a dávkování surového materiálu, aby se eliminovala hrozba přetížení fermentoru a další nepříznivé dopady. [14]

2.3.2 Faktory ovlivňující vznik bioplynu

Na celý proces anaerobní fermentace a zároveň i na produkci bioplynu mají vliv nejrůznější faktory. Zatímco některé proces biometanizace ovlivňují pozitivně a zvyšují nebo usnadňují tak tvorbu bioplynu, jiné mohou mít účinky opačné: negativní až inhibující. Mezi ovlivňující faktory patří zejména složení zpracovávaného substrátu, obsah sušiny, teplota prostředí, hodnota pH, poměr uhlikatých a dusíkatých látek a další. Těmto faktorům je důležité věnovat značnou pozornost, poněvadž jejich znalost je důležitým elementem pro správný návrh technologie a optimalizaci celého procesu. [28]

• Složení substrátu

Substrát vhodný pro zpracování anaerobní fermentací by měl obsahovat vysoký podíl biologicky rozložitelných látek (polysacharidy, lipidy, proteiny, ad.) a co nejnižší podíl anorganických látek (popeloviny). [14] Dále je důležité, aby zpracovávaný materiál měl vyvážený poměr organického uhlíku a nutrientů, mezi které patří zejména dusík (N) a fosfor (P). Z bilance produkce biomasy se udává jako optimální poměr CHSK:N:P v rozmezí od 300:6,7:1 do 500:6,7:1. Dále se doporučuje poměr uhlíku, dusíku a fosforu C:N:P = 100:1:0,5. Neméně důležitým je i poměr uhlikatých a dusíkatých látek, který se

optimálně přibližuje k C:N = 30:1. Pokud je poměr C:N příliš vysoký, metanogeny spotřebují dusík velmi rychle a zbývajícího uhlíku si nebudou všímat. V opačném případě by se mohl dusík akumulovat ve formě amoniaku, což by vedlo k nárůstu pH. Vedle dusíku a fosforu je žádoucí přítomnost dalších mikronutrientů: Na, K, Ca, Mg, Fe, S, Ni, Co, Mo, Se, W, které jsou součástí některých enzymových systémů autogenních a metanogenních bakterií. [29]

- **Obsah sušiny**

Optimální obsah sušiny pro zpracování pevných materiálů je 22-25 %, v případě tekutých materiálů je obsah sušiny 8-14 %. Substrát s obsahem sušiny menším než 3 % má při anaerobní fermentaci negativní energetickou bilanci, tzn. že proces je udržován na požadované teplotě při dodání tepla z externího zdroje. Pozitivní energetické bilance dosahuje při sušině vyšší než 3-5 %. Horní hranice obsahu sušiny je dána mezí čerpatelnosti materiálu a to 50 %. [14]

- **Teplota**

Tvorba metanu probíhá v širokém rozmezí teplot, přibližně od 5 do 95 °C. Teplota ovlivňuje anaerobní proces podobně jako ostatní biochemické procesy, tj. s rostoucí teplotou roste rychlost procesu. Odezva mikroorganismů na změnu teploty je u všech druhů kvalitativně stejná, ale kvantitativně může být úplně odlišná. Změna teploty má za následek změnu rychlosti probíhajících pochodů a následně porušení dynamické rovnováhy procesu, což může vést až k havárii. Většina anaerobních reaktorů pracuje v mezofilní oblasti při teplotách 30-40 °C nebo v termofilní oblasti při teplotách 45-60 °C. [30]

- **Hodnota pH**

Hodnota pH je důležitý činitel pro růst metanogenních bakterií. Optimální hodnota se pohybuje v neutrální oblasti 6,5-7,5. Mimo tyto hodnoty je činnost mikroorganismů silně inhibována. Nejčastější příčinou je vyšší produkce kyselin rychlejšími mikroorganismy, než je jejich spotřeba, a potom dochází k akumulaci v systému a následně přetížení reaktoru. Proto je nutné řídit zatížení podle množství a složení mastných kyselin v substrátu nebo udržovat prostředí v neutrální oblasti pH přidáním

alkalizačních přísad, aby nedošlo ke zhroucení systému. [12]

- **Desintegrace materiálu**

Stupeň desintegrace organického substrátu zvětšuje kontaktní plochu a zlepšuje přístupnost substrátu pro anaerobní mikroorganismy. To má za následek zvýšení rychlosti anaerobního procesu, prohloubení stupně rozkladu materiálu, snížení viskozity a tím zvýšení čerpatelnosti. Existuje množství různých způsobů desintegrace, které můžeme označit jako mechanické, chemické, fyzikální, biologické nebo jejich kombinace. [12]

- **Toxické a inhibující látky**

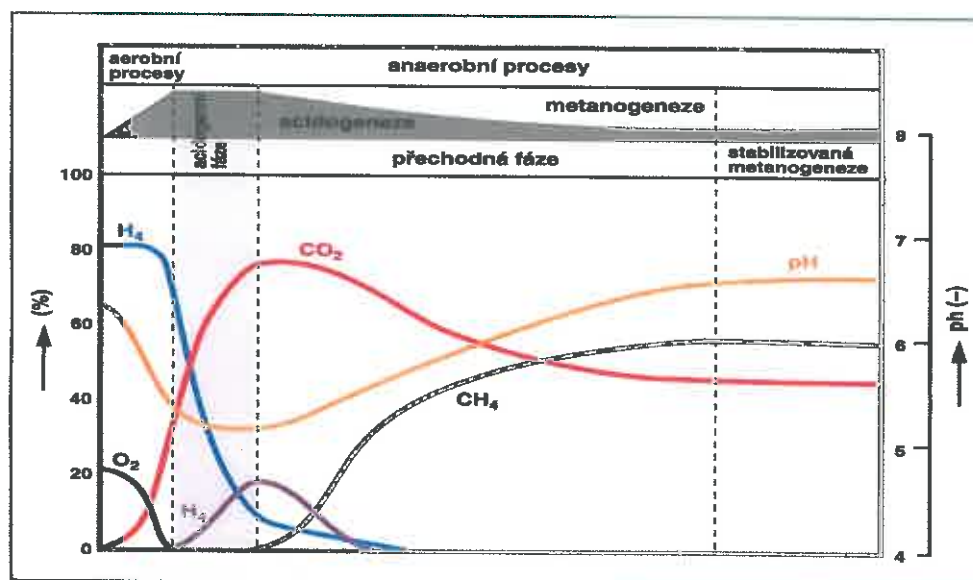
Toxické a inhibující látky jsou látky, které mají negativní vliv na biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičním působením nižších mastných kyselin a amoniaku, které je závislé na pH. Při nízkém pH mají negativní vliv na proces nižší mastné kyseliny a při vyšším pH amoniak. Dalšími nepříznivě působícími látkami mohou být vyšší koncentrace nutrientů, těžkých kovů (Cu, Pb, Cr, Zn, ad.), sulfidů a samozřejmě kyanidů. [29], [30]

Mezi látky potlačující mikrobiální rozvoj patří především všechny druhy antibiotik používaných jako léčiva pro zvířata, nebo preventivně jako součást krmných směsí. Do pracovního prostoru reaktorů bychom neměli dávat ani materiály, které jsou již ve hnilobném rozkladu. [14]

2.3.3 Složení a vlastnosti bioplynu

Fyzikální a chemické vlastnosti bioplynu závisí především na materiálových a procesních parametrech: zejména na průběhu procesu, skladbě živin v substrátu a teplotě substrátu. V ideálním případě by bioplyn obsahoval pouze metan a oxid uhličitý a jejich podíl by se pohyboval v rozmezích 50-75 % CH₄ a 25-50 % CO₂. V praxi však surový bioplyn kromě těchto dvou majoritních plynů obsahuje ještě další minoritní plyny, které mohou poukazovat na přítomnost některých chemických prvků v substrátu nebo poruchy průběhu fermentace. Mezi minoritní plyny se řadí zejména sulfan (H₂S), vodík (H₂), dusík (N₂), kyslík (O₂), amoniak (NH₃), a další. Jak ukazuje následující obrázek (obr.2.2), je složení bioplynu během náběhu anaerobní fermentace variabilní. [31], [32]

Obr. 2.2: Schéma změn složení bioplynu při náběhu fermentace [14]



Kvalita bioplynu je určována především podílem hořlavého metanu, který zároveň udává výhřevnost bioplynu. Výhřevnost se u „kvalitního“ bioplynu pohybuje v rozmezí 13,72 až 27,44 MJ.m⁻³, samostatný CH₄ má výhřevnost 35,8 MJ.m⁻³. CH₄ stejně jako CO₂ jsou bezbarvé plyny bez zápachu. CH₄ tvoří při koncentraci 5-15 % obj. se vzdušným kyslíkem výbušnou směs. Samostatně je CH₄ lehčí než vzduch, CO₂ těžší. Bioplyn začíná být lehčí než vzduch při obsahu CH₄ vyšším než 53 % objemových. Ačkoli je CH₄ netoxický plyn, může při koncentraci od 0,1 % obj. působit anesteticky. V následující tabulce (tab. 2.4) jsou uvedeny vybrané fyzikální vlastnosti bioplynu. [13]

Tab. 2.4: Vybrané fyzikální vlastnosti bioplynu [13]

Charakteristika	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	Bioplyn (60 % CH ₄ , 40 % CO ₂)
Objemový díl [%]	55 – 70	27 – 47	1	3	100
Výhřevnost [MJ.m ⁻³]	35,8	---	10,8	22,8	21,5
Hranice zápalnosti [% obj.]	5 – 15	---	4 – 80	4 – 45	6 – 12
Zápalná teplota [°C]	650 – 750	---	585	---	650 – 750
Měrná hmotnost [kg.m ⁻³]	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2

2.3.4 Využití bioplynu

Díky relativně vysokému obsahu metanu a tím i vysoké výhřevnosti se bioplyn řadí mezi ušlechtilé zdroje energie a zároveň právem patří do skupiny OZE. Historicky nejstarším způsobem využití bioplynu je jeho přímé spalování s následnou výrobou tepla pro vytápění nebo pro ohřev teplé vody. Další možností je využití bioplynu jako zdroje tepla pro sušení různých zemědělských produktů, popřípadě dřeva. [33]

Efektivnějším a nejvíce využívaným způsobem užití bioplynu je pohon upraveného spalovacího motoru nebo plynové turbíny, na kterou je napojen agregát na výrobu elektrické energie, tzv. kogenerace. Jedná se o kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (KVET), kterými lze pokrýt energetické nároky bioplynové stanice a zbytek prodat do distribuční sítě. [33] Celé toto soustrojí se nazývá kogenerační jednotka (KGJ) a může dosahovat výkonu od 10 kW až po výkony přesahující 200 kW. Celková energetická účinnost kogenerace bývá 80-88 %, přičemž cca třetina vyrobené energie představuje energii elektrickou a zbylé dvě třetiny energii tepelnou. Z 1 m³ bioplynu lze získat přibližně 2 kWh el. energie. Dále se lze setkat s tzv. trigenerací, což je vlastně KGJ spojená s absorpční chladicí jednotkou a mimo tepla a elektřiny může vyrábět i chlad. [18]

Jinou možností využití bioplynu je jeho čištění na kvalitu zemního plynu dle příslušné legislativy a jeho následná komprimace do distribuční plynovodní sítě nebo použití pro pohon motorových vozidel. Bariérou tohoto způsobu využití je vysoká ekonomická náročnost úpravy bioplynu, jenž zahrnuje především jeho sušení, odstranění CO₂ a dalších nežádoucích příměsí (především sulfanu). Sulfan je jedovatý plyn, který ve spojení s vodní parou obsaženou v bioplynu vytváří kyselinu sírovou. Ta má silné korozivní účinky na okolní prostředí, především motory a plynovody. [25]

Dalšími relativně novými způsoby využití bioplynu je výroba vodíku, termofotovoltaika a ORC cykly. Biovodík by bylo možné získávat z bioplynu pomocí chemických štěpných reakcí za vzniku vodíku a oxidu uhelnatého. Teoreticky lze z jednoho molu metanu získat až čtyři moly vodíku. Tento způsob je ale technologicky náročný a energeticky deficitní. To znamená, že přibližně 20 % energie je nutné doplnit z externích zdrojů. Dalším problémem je produkce zbytkového CO₂, který je nutné z vodíku odstranit. Takzvaná termofotovoltaika využívá jednoduchý princip, kde horké spaliny z hořáku

proudí kolem fotovoltaických prvků citlivých na infračervené záření. Na podobném principu je konstruován i tzv. magnetohydrodynamický generátor, u něhož proud ionizovaných spalin protéká mezi silnými magnety, na jejichž vinutí je generován elektrický proud. [34]

Mezi perspektivní postupy energetického využití bioplynu patří organické Rankinovy cykly (ORC), což jsou procesy zvyšující účinnost výroby elektrické energie z bioplynu u klasických technologií. Jedná se o uzavřený cyklus, jehož základním principem je tepelné čerpadlo využívající teplo k odparu těkavé látky. Páry těkavé látky pohání turbínu spojenou na hřídeli s elektrickým generátorem. Expandované páry se pak chladí ke kondenzaci a získaná kapalina se vrací do výparníku. Mezi hlavní přednosti ORC patří činnost při nepřiliš vysokých tlakách, vyloučení korozních vlivů a vyloučení úprav teplotního média, které lze využít zároveň k mazání turbíny. [34]

2.3.5 Rozdělení technologií na výrobu bioplynu

Obecně se zařízení pro řízenou anaerobní fermentaci organických látek nazývají bioplynové stanice (BPS). Podle zpracovávaného substrátu je lze rozdělit na tyto tři skupiny: [35]

- Zemědělské BPS: nejvíce rozšířené BPS v ČR zpracovávají hlavně statková hnojiva a zemědělskou biomasu.
- Čistírenské BPS: zpracovávají kaly z ČOV.
- Ostatní BPS: zpracovávají bioodpady a VPŽP, případně biosložku vytříděnou z SKO. Mezi ostatní BPS patří tedy i komunální BPS.

Technologie na produkci bioplynu lze rozdělit podle nejrůznějších hledisek a mohou být vzájemně kombinovány pro dosažení optimalizace procesu fermentace. Dále je uvedeno základní rozdělení technologií.

- Podle dávkování surového materiálu [14]
 - Diskontinuální: technologie s přerušovaným provozem, kdy doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru. Používá se hlavně při suché fermentaci tuhých organických materiálů. Nevýhodou je na obsluhu náročný způsob manipulace s materiálem.

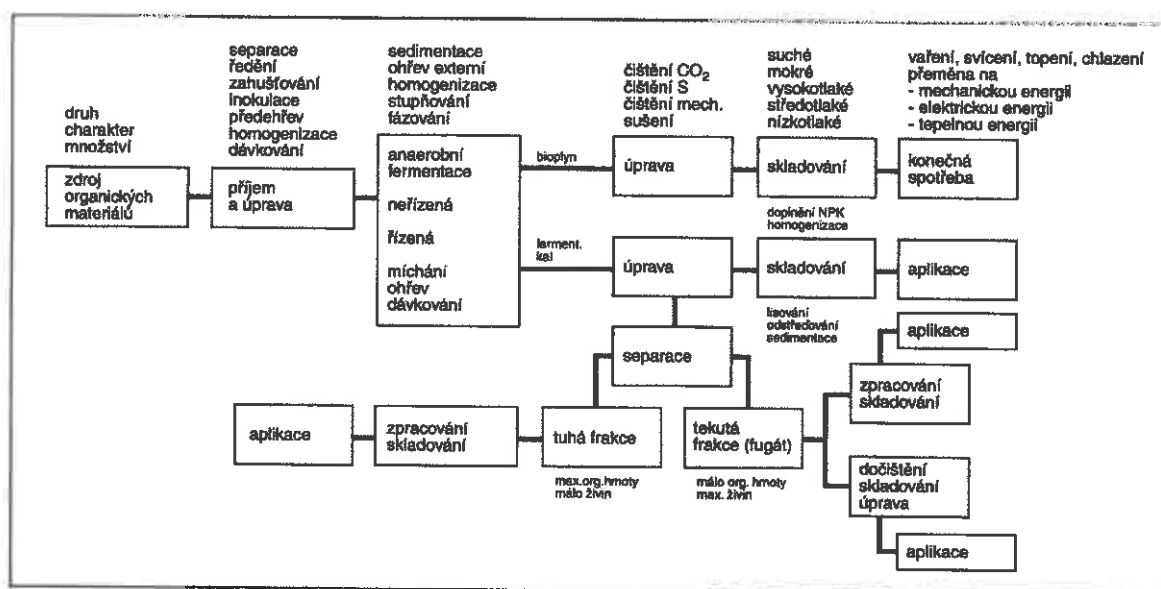
- **Semikontinuální:** doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru. Jedná se o nejpoužívanější způsob plnění při zpracování tekutých organických materiálů při použití více vyhnívacích nádrží. Materiál se dávkuje jedenkrát až čtyřikrát za den. Výhodou je snadná automatizace procesu.
- **Kontinuální:** průtokový systém používaný při plnění fermentorů tekutých organických materiálů s minimálním obsahem sušiny.
- **Podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu [14]**
 - **Mokrý fermentace:** technologie zpracovávající tekutý organický materiál s nízkým podílem sušiny v rozmezí 3-14 %. Nejvíce využívaná technologie v ČR, zejména u zemědělských BPS.
 - **Suchá fermentace:** technologie zpracovávající tuhý organický materiál s podílem sušiny v rozmezí 18-30 %, výjimečně až 50 %. Vhodná pro BPS zpracovávající bioodpady z komunální sféry.
- **Podle počtu stupňů procesu [31]**
 - **Jednostupňový proces:** při tomto procesu probíhají všechny fáze fermentace v jednom vyhnívacím prostoru.
 - **Vicestupňový proces:** některé fáze procesu probíhají odděleně; a sice buď použitím většího počtu vyhnívacích nádrží, nebo oddělením ve vyhnívacím prostoru.
- **Podle teploty procesu [14]**
 - **Psychrofilní:** teplotní pásmo 15-20 °C.
 - **Mezofilní:** teplotní pásmo 35-40 °C.
 - **Termofilní:** teplotní pásmo okolo 55 °C

2.3.6 Strojní linka na výrobu bioplynu

Strojní linka pro anaerobní fermentaci organických materiálů s výrobou bioplynu může mít mnoho variant. Konkrétní podoba závisí na druhu zpracovávaného substrátu a na stupni jeho úpravy před vstupem do hlavní části BPS, tedy fermentoru. Lišit se může i podle uspořádání bioplynové koncovky, ale také podle uspořádání kalové koncovky včetně způsobu využití bioplynu a vyfermentovaného zbytku. Strukturu strojní linky na

výrobu bioplynu můžeme rozdělit na čtyři základní části, které jsou ve své podstatě pro každou BPS obdobné. Jedná se o: Příjem a úpravu materiálu, Anaerobní fermentory, Bioplynovou koncovku a Kalovou koncovku. Schéma strojní linky je znázorněno na následujícím obrázku 2.3. [14]

Obr. 2.3: Schéma strojní linky na výrobu bioplynu [14]



• Příjem a úprava materiálu

Příjmová část je pro všechny technologie anaerobní fermentace společná. Dochází v ní k evidenci přijímaného materiálu (odpadu), zjišťování jeho charakteru, množství apod. Nedílnou součástí jsou pak silniční váhy určené k vážení dopravních prostředků přivážející vstupní materiál. [18]

Technické vybavení příjmové části se však již liší podle zpracovávané suroviny. U tekutých materiálů (např. kejda hospodářských zvířat) se nejčastěji používá soustava zásobníků, ve kterých dochází k úpravě sušiny materiálu na požadovanou hodnotu a zároveň k jeho homogenizaci, příp. odstraňování nežádoucích příměsí a pasterizaci. Tyto zásobníky mohou být betonové, plastové nebo kovové a zpravidla jsou vybaveny míchacím zařízením nebo tzv. macerátory, které slouží k požadovanému rozmělnění vstupní suroviny. Při zpracování tuhých materiálů (např. BRKO) se dále používá zařízení pro třídění a drcení. Především se jedná o různé typy drtičů (kladivové, nožové, aj.), magnetické separátory a různé typy třídičů (bubnové, balistické, apod.). Při zpracování

VPŽP je nutné dle nařízení EP a Rady 1069/2009 používat tzv. tlakovou sterilizaci pro hygienizaci materiálu před vstupem do anaerobních fermentorů. [18]

- **Anaerobní fermentor**

Anaerobní fermentor, může být také mimo jiné nazýván reaktor, bioreaktor, digestor, vyhnívací nádrž, apod., je nejdůležitější technologickou částí BPS, ve kterém probíhá samotný proces metanizace. Musí splňovat vysoké požadavky na vytvoření příhodného prostředí pro rozvoj mikrobiálních kultur. Proto je nutné, aby byl fermentor kvalitně plynotěsně, vodotěsně a tepelně izolován. Pro udržení stabilní teploty se používá ohřevu materiálu přímo v reaktoru nebo mimo něj. [18]

Podle typu konstrukce lze rozdělit fermentory na vertikální a horizontální. Výhodou vertikálních fermentorů je lepší dosažení poměru mezi jeho povrchem a objemem, díky čemuž se snižují tepelné ztráty a náklady na konstrukční materiál. Naopak výhodou horizontální konstrukce je možnost instalace výkonného a energeticky relativně úsporného mechanického míchacího zařízení a tudíž lepšího promíchání materiálu. Podle umístění rozlišujeme fermentory nadzemní, podzemní a polozapuštěné. Nejvíce využívané jsou nadzemní typy, pro které lze použít méně mechanicky náročné tepelné izolace. Podzemní typy jsou pak dobře chráněny před kolísáním venkovní teploty a nezabírají leckdy cenné místo. Konstrukci fermentorů je možné provádět ze stavebních, kovových nebo plastových materiálů. [31]

- **Bioplynová koncovka**

Bioplynová koncovka obsahuje zejména potrubí na dopravu vyprodukovaného bioplynu, bezpečnostní zařízení proti zpětnému zahoření plynu, dmychadlo, regulační a kontrolní prvky, hořák zbytkového plynu, zařízení na úpravu bioplynu (čištění od H₂O, CO₂, H₂S, mechanických nečistot apod.) a samozřejmě samotný zásobník (plynojem) a zařízení na koncové využití bioplynu. [14]

Produkovány bioplyn je shromažďován a skladován v tzv. plynojemech; jedná se o hermeticky uzavřené zásobníky o objemu až několik set tisíc metrů krychlových. Plynojemy rozdělujeme na nízkotlaké (do 5 kPa) a vysokotlaké (až 0,5 MPa) a podle typu konstrukce na mokré, suché, dvoumembránové textilní a textilní vaky a matrace. Nejvíce

využívané plynojemy v současné době jsou dvoumembránové textilní plynojemy. Mokrý plynojemy můžeme spatřit spíše ve starších provozech. [13]

- **Kalová koncovka**

Kalová koncovka slouží pro úpravu, skladování a zpracování vyfermentovaného zbytku (digestátu). Obsahuje dopravní potrubí, různé armatury, dopravní čerpadla, homogenizátory, sklady a separační zařízení. Separační zařízení slouží zejména pro separaci tuhé a tekuté frakce a k tomu účelu jsou používány spádová nebo rotační síta, dekantéry, šnekové a pásové lisy, apod. Separovanou tuhou frakci lze použít jako hnojivo a tekutou k inokulaci materiálu před vstupem do fermentoru. Tekutou složku lze případně podrobit biologicko-chemickému čištění a odvést do blízké vodoteče. [14]

3 Výchozí podmínky podniku

3.1 Charakteristika podniku

Společnost První zemědělská Ratměřice spol. s r. o. (dále jen První zemědělská) se sídlem ve středočeských Ratměřicích v okrese Benešov se zabývá zemědělskou výrobou se zaměřením na rostlinnou a živočišnou výrobu. Do obchodního rejstříku byla společnost zapsána dne 10. srpna 1992 se základním kapitálem 4.780,- tisíc Kč a jedním společníkem Mydlářka a.s. Benešov. V obchodním rejstříku má společnost zapsány následující předměty podnikání: [36]

- Zemědělství, včetně prodeje nezpracovaných zemědělských výrobků za účelem zpracování nebo dalšího prodeje,
- zemní práce,
- silniční motorová doprava nákladní,
- ubytovací služby,
- nakládání s odpady (vyjma nebezpečných odpadů),
- zámečnictví, nástrojářství,
- kovářství, podkovářství,
- opravy pracovních strojů a ostatních dopravních prostředků,
- výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 a 3 živnostenského zákona.

První zemědělská zaměstnává průměrně 25 zaměstnanců, z toho tři řídící pracovníky. Obhospodařuje celkem cca 2.400 hektarů zemědělské půdy zahrnující ornou půdu i trvalé travní porosty. V rostlinné výrobě se zabývá pěstováním jak obilnin, tak i technických plodin; zejména kukuřice na výměře více než 200 hektarů. Živočišná výroba je zaměřena na chov s výkrmem skotu a prasat. [36]

V důsledku kolísání rentability chovu skotu, rovněž tak absolutního postupného snižování počtu kusů vepřového žíru, byly náklady na jednotku produkce masa či mléka na hranici rentability, popř. i pod ní. Z toho důvodu bylo rozhodnuto pro diverzifikaci podnikání s cílem zaměřit se na takové nezemědělské činnosti, které by umožnily dosahovat zvýšených a stabilních peněžních výnosů, a které by pokud možno, co nejvíce potlačovaly nepříznivé výkyvy hospodářských výsledků spojených se zemědělskou činností

a zároveň by umožňovaly dosahovat relativně rovnoměrné a přijatelné rentability. Na základě uvedených poznatků bylo rozhodnuto o výstavbě BPS s výkonem 537 kW elektrických. BPS byla vystavena u obce Jankov a uvedena do provozu v roce 2012 a tvoří samostatnou provozní jednotku společnosti (výnosové středisko), která vykazuje své náklady i realizované výnosy. [36]

3.2 Popis technologie BPS

BPS je situována přibližně 1 km severně od obce Jankov jako součást areálu zemědělské prvovýroby pro chov a výkrm vepřového žiru. Technologie anaerobní fermentace je koncipována jako dvoustupňový mokrý proces se semikontinuálním plněním fermentoru v mezofilním teplotním pásmu. Vstupní surovinou pro výrobu bioplynu jsou exkrementy z vlastních chovů hospodářských zvířat (prasečí kejda) a cíleně pěstovaná a upravená fytomasa (kukuřičná siláž, travní senáž). Produkovaný bioplyn je v místě BPS využíván pro pohon plynového motoru, který dále pohání elektrický generátor o instalovaném výkonu 537 kW. Část vyrobené elektřiny (cca 7 %) je využívána pro vlastní potřebu a zbytek dodáván do distribuční sítě společnosti ČEZ Distribuce, a.s. [37]

3.2.1 Příjem a úprava materiálu

Pro výrobu bioplynu se využívá, jak bylo již zmíněno, kofermentace prasečí kejdy, kukuřičné siláže a travní senáže. Maximální povolená vsádková množství těchto materiálů a jejich hmotnostní podíl jsou uvedena v tabulce 3.1. [37]

Tab. 3.1: Povolená množství zpracovávané biomasy [37]

Substrát	Celková sušina VL [%]	Organická sušina OL [%]	Roční vsádka		Denní vsádka		Hmotnostní podíl [%]
			[t.rok ⁻¹]	[m ³ .rok ⁻¹]	[t.den ⁻¹]	[m ³ .den ⁻¹]	
Kejda prasat	6,0	4,2	11.750	11.520	33,2	32,5	55,0
Kukuřičná siláž	32,0	32,0	6.400	9.845	18,1	27,8	30,0
Travní senáž	35,0	33,0	3.000	5.455	8,4	15,4	15,0
Celkem	x	x	21.150	26.820	59,7	75,7	100,0

Dávkování surovin je rozděleno na dvě části: dávkování materiálu s nízkou sušinou (prasečí kejda) a dávkování materiálu s vyšší sušinou (kukuřičná siláž, travní senáž). Prasečí kejda je sváděna ze stájí potrubím do stávající jímky u stájí a odtud dále pomocí tlakového potrubí do nově vybudované železobetonové příjmové jímky. Tato jímka o objemu přibližně 120 m³ zároveň slouží k prvotnímu promíchání suroviny a vyrovnání sušiny do hranice čerpatelnosti, tj. cca kolem 10 %. Do hlavního fermentoru je pak dávkována pomocí čerpadla ve stanovených intervalech. [37]

Siláž a senáž je navážena ze skladovacích ploch pomocí kolového nakladače do dávkovacího zařízení (obr. 3.1). Dávkovač je vybaven váhou, řídicím článkem pro dávkování obsahu podle nastavených parametrů a rozdružovači. Pomocí těchto rozdružovačů je materiál dezintegrován a promícháván. Takto upravený materiál je nakonec pomocí šnekového dopravníku vtlačován pod hladinu substrátu do hlavního fermentoru, kde dochází mimo jiné k jeho promíchávání se stávající surovinou. [37]

Obr. 3.1: Dávkovací zařízení [zdroj: autor]



3.2.2 Anaerobní fermentor

Fermentor (obr.3.2) je proveden částečně zapuštěnou železobetonovou monolitickou konstrukcí jako válcová jímka a rozdělen vnitřní stěnou tvaru prstence na dvě nádrže: hlavní fermentor a koncový fermentor, tedy provedení kruh v kruhu. Celý fermentor je samozřejmě opatřen tepelnou izolací o tloušťce 80 mm. Hlavní fermentor je umístěn ve vnitřní nádrži o průměru 25 m a objemu 2.488 m³ a je vybaven třemi šikmo umístěnými míchadly. Koncový fermentor je tvořen vnějším prstencem o větším průměru

32,5 m a objemu 1.830 m³ a je vybaven dvěma kolmo postavenými míchadly. [37]

Obr. 3.2: Anaerobní fermentor [zdroj: autor]



Fermentovaný materiál je ohříván na teplotu v mezofilní oblasti okolo 35 až 40 °C. Vytápění je řešeno soustavou teplovodního potrubí, kde topným médiem je ohřátá chladicí voda z motoru kogenerační jednotky. Průměrná doba zdržení v hlavním fermentoru je přibližně 32 dnů, kdy dochází k rozložení organické složky substrátu za současného vývinu bioplynu. Přesun materiálu z hlavního fermentoru do koncového je řešen přepadem. V koncovém fermentoru je potom doba zdržení cca 29 dnů, přičemž dochází ke konečnému rozložení organické složky substrátu s výtěžkem bioplynu okolo 30 % z celkové produkce. Celková doba zdržení substrátu ve fermentačním procesu je přibližně 61 dnů. [37]

Ve stropní konstrukci jsou osazeny plynotěsné revizní otvory o rozměrech 1x1 m a 3x2 m, které slouží pro kontrolu procesu fermentace, ale i pro případné servisní práce. K otvorům je zajištěn přístup pomocí ocelového schodiště s mezipodestou ukotveného k obvodovému plášti. [37]

3.2.3 Bioplynová koncovka

Produkováný bioplyn obsahuje v průměru 53 % metanu. Jeho složení je variabilní a závisí na kvalitě vstupních surovin a teplotě vnějšího prostředí. Elementární složení bioplynu je uvedeno v následující tabulce 3.2. Měření složení bioplynu je prováděno kontinuálně pomocí analyzátoru plynů na obsah CH₄, CO₂, H₂S a O₂. [37]

Tab. 3.2: Elementární složení bioplynu [37]

Prvek	Značka	Objemový podíl [%]
Metan	CH ₄	40 – 80
Oxid uhličitý	CO ₂	20 – 50
Dusík	N ₂	0 – 3
Vodík	H ₂	0 – 1
Kyslík	O ₂	0 – 1
Sulfan	H ₂ S	0 – 2

Za běžného provozu je bioplyn odváděn z hlavního fermentoru do koncového fermentoru z důvodu zkvalitnění bioplynu zvýšením obsahu metanu. Z fermentoru je odváděn plynovodním potrubím do plynojemu (obr.3.2), kde je hromaděn tak, aby se zabránilo nadměrnému kolísání tlaku a množství plynu.

Obr. 3.3: Plynojem [zdroj: autor]



Mezi fermentorem a plynojemem je osazen odlučovač kondenzátu na nejnižším místě tak, aby kondenzované páry mohly samospádem do něho stékat a ty jsou dále přečerpávány do digestátové části. Plynojem je konstruován jako nízkotlaký železobetonový objekt kruhového půdorysu z vodonepropustného betonu částečně zapuštěný v zemi s vnitřní membránou s využitelnou kapacitou 450 m³ bioplynu. Z plynojemu je plyn dopravován pomocí dmyhadla potrubím ke KGJ, kde je využíván pro KVET, nebo k bezpečnostnímu hořáku přebytečného plynu (fléře), před nimiž jsou

osazena bezpečnostní zařízení proti zpětnému šlehnutí. [37]

Produkovaný bioplyn obsahuje určité množství plynného sulfanu (H_2S) v závislosti na charakteru zpracovávaného materiálu (prasečí kejda). Sulfan je nežádoucí příměsí, která způsobuje korozi materiálů, snižuje životnost některých dílů KGJ a negativně ovlivňuje emise spalin. Proto je nutné bioplyn odsiřovat. Odsiřování probíhá ve fermentoru na principu mikroaerofilní oxidace plynného sulfanu zajišťované sulfátredukujícími bakteriemi. Tato oxidace spočívá v přivádění vzdušného kyslíku do prostoru fermentoru (viz reakční rovnice 3.1). Dávkování musí být prováděno tak, aby nedošlo ke snížení kvality bioplynu a zároveň k ohrožení bezpečnosti provozu a musí být kontinuálně kontrolováno pomocí analyzátoru plynu. Adekvátní dávky vzduchu jsou v rozmezí od 0,1 do 4 % obj., tedy pod spodní hranicí zápalnosti. [37]



3.2.4 Kalová koncovka

Vedlejším výstupem z procesu anaerobní fermentace je digestát. Jedná se o „vyhořelý“ materiál, který je přečerpáván z prostoru dofermentoru do skladovací jímky (obr.3.4) na fermentační zbytek. Skladovací jímka je tvořena kruhovou, vodotěsnou železobetonovou částečně zapuštěnou nádrží o objemu přibližně 7.000 m^3 . Do jímky se kromě digestátu svádí i kontaminovaná dešťová voda z manipulačních ploch a kondenzát odseparovaný z bioplynu. Jímka je vybavena míchacím a čerpacím zařízením. [37]

Obr. 3.4: Skladovací jímka digestátu [zdroj: autor]



Fermentační zbytek se využívá jako hnojivo a aplikuje se na pozemky zemědělské půdy. Jeho aplikací dochází k navracení organických živin zpět do přírodního koloběhu. Nakládání s digestátem jako hnojivem se řídí zákonem č. 274/1998 Sb. o hnojivech v aktuálním znění. [37]

3.2.5 Kogenerační jednotka

Vyprodukovaný bioplyn je v BPS Jankov zcela využíván k výrobě elektrické energie na KGJ typu JMS 312 GS-B.L (obr.3.5), o instalovaném výkonu 537 kW elektrických, rakouské společnosti GE Jenbacher GmbH. V KGJ je instalován vodou chlazený čtyřtaktní plynový motor GE Jenbacher. Motor je konstruován jako 12-válcový vidlicový s dávkováním palivové směsi pomocí turbokompresoru. Pracuje podle metody LEANOX, při níž se do motoru přivádí směs plynu s přebytkem vzduchu, aby se emise minimalizovaly již při spalování v motoru. [38]

Obr. 3.5: Kogenerační jednotka [zdroj: autor]



Vyrobená elektrická energie je z menší části (přibližně 7 %) používána pro vlastní spotřebu a zbývající energie je prodávána společnosti ČEZ Distribuce a.s. na základě smlouvy o připojení k distribuční soustavě VN 22 kV. KGJ je s veškerým příslušenstvím umístěna ve strojovně provozní budovy. Větrání je zajištěno přívodem vzduchu stěnou pomocí přetlakového ventilátoru a filtru vzduchu. Odvod je v protější stěně přes tlumič. Na střeše budovy jsou instalovány chladiče motoru KGJ. Výfuk spalin je ve výšce 6,5 m nad terénem. Základní technické údaje KGJ JMS 312 GS-B.L jsou uvedeny v následující tabulce 3.3. [37]

Tab. 3.3: Základní technická data KGJ JMS 312 GS-B.L [38]

jmenovitý elektrický výkon [kW]	537
využitelný tepelný výkon [kW]	593
příkon v palivu [kW]	1.350
účinnost elektrická [%]	39,8
účinnost tepelná [%]	43,9
účinnost celková [%]	83,7
spotřeba plynu při 100 % výkonu [Nm ³ .hod ⁻¹]	257

Z tabulky je patrné, že při provozu KGJ vzniká nemalé množství tepelné energie, téměř 600 kW. Část této energie je využívána pro ohřev topného média k vytápění fermentoru, část tepla se využívá v sušárně v areálu zemědělské společnosti a nevyužitý zbytek se maří v chladiči na střeše budovy. Objem tepla použitého na vytápění sušky při jejím provozu činí 30,7 %. [36]

Při projektovaném provozu 8.500 hod.rok⁻¹ je celková produkce elektrické energie přibližně 4.500 MWh.rok⁻¹. Projektovaná energetická bilance BPS je uvedena v následující tabulce 3.4. [37]

Tab. 3.4: Projektovaná energetická bilance BPS [37]

Výroba elektřiny [MWh.rok ⁻¹]	4.564
Výroba tepla [MWh.rok ⁻¹]	5.040
z toho:	
<i>spaliny při vychlazení na teplotu 180 °C [MWh.rok⁻¹]</i>	2.380
<i>chlazení motoru, oleje a 1.stupně pal.směsi [MWh.rok⁻¹]</i>	2.660
Vlastní spotřeba elektřiny [MWh.rok ⁻¹]	331
Vlastní spotřeba tepla [MWh.rok ⁻¹]	1.394
Dále využitelné teplo [MWh.rok ⁻¹]	3.646

3.3 Nedostatky stávajícího provozu

Při spalování získaného bioplynu v KGJ je primárním produktem samozřejmě elektrická energie. Avšak při procesu výroby této energie vzniká nemalé množství tepelné energie, které bývá zpravidla větší množství než energie elektrické. Tento poměr je patrný i z tabulky 3.4 v předcházející kapitole. Někteří autoři dokonce uvádí poměr

vyprodukované energie 1/3 elektrické a 2/3 tepelné. [18] Zdrojů odpadního tepla je při spalování bioplynu v KGJ hned několik. Teplo je produkováno na různých teplotních úrovních a v různých částech soustrojí. Největší množství tepla je získáno pomocí systému vodního chlazení spalovacího motoru, kde se nejčastěji využívají k odvodu tepla deskové výměníky. K získání tepla z výfukových plynů se používají trubkové výměníky z nerez oceli. V neposlední řadě je teplo produkováno také při chlazení oleje. [25]

Podle Národního akčního plánu ČR pro energii z obnovitelných zdrojů (NAP) z roku 2012 je navrženo v roce 2020 dosažení 14 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě. V roce 2020 by měly být v ČR v provozu bioplynové stanice o celkovém instalovaném výkonu 364 MWe a měly by vyrábět přibližně 9.128 TJ elektrické energie a 8.843 TJ tepelné energie. [39]

Pro zmíněnou tepelnou energii je nezbytné hledat efektivní využití z několika základních důvodů:

- Zlepšení ekonomické bilance BPS,
- tlak na využívání energií z OZE ukotvený v legislativních předpisech EU a ČR,
- ochrana životního prostředí,
- možnost využití dotačních prostředků.

Nutnost využívání tepla je dána i cenovým rozhodnutím ERÚ. Podle tohoto rozhodnutí musí BPS kategorie AF1, které byly uvedeny do provozu po 1. lednu 2012, uplatnit užitečné teplo minimálně v úrovni 10 % vůči vyrobené elektřině z OZE, na kterou je uplatňována podpora v daném kalendářním roce. Pokud tak neučiní, hrozí přeřazení bonifikace z tarifu pro AF1 na tarif pro AF2. [3]

Ve výše popsané BPS v Jankově je celkový využitelný tepelný výkon KGJ 593 kW získaný z chlazení bloku motoru, prvního stupně plnicí směsi, oleje a spalin. Při provozu KGJ 8.500 hodin za rok, kterého je běžně dosahováno, je roční výroba tepelné energie 5.040 MWh, což činí více než 18 tisíc GJ tepla za rok. Část vyprodukovaného tepla je využita pro ohřev substrátu na mezofilní teplotní pásmo ve fermentoru a část je možné využít ve vybudované sušárně zemědělských produktů. Vlastní spotřeba tepla činí maximálně 1.394 MWh za rok a v případě celoročního provozu sušárny by byla spotřeba tepla 1.452 MWh za rok. Využití tepla v sušárně je velice variabilní a závisí na

kontinuálnosti toku materiálu a na ročním období. Disponibilní teplo, které je v tomto okamžiku mařeno na chladičích umístěných na střeše, může tedy dosahovat hodnot podle provozu sušárny od 2.194 MWh.rok⁻¹ do 3.646 MWh.rok⁻¹ v případě jejího nevyužívání. Z toho plyne, že množství ročního disponibilního tepla činí 8 až 12,5 tisíc GJ, kterým lze krýt roční potřeby až tří set domácností. Teoretická tepelná bilance BPS v Jankově při provozu 8.500 hodin je uvedena v následující tabulce 3.5. [36]

Tab. 3.5: Teoretická roční tepelná bilance [36]

Výroba tepla [MWh.rok ⁻¹]	5.040
Vlastní spotřeba tepla [MWh.rok ⁻¹]	1.394
Spotřeba tepla při provozu sušárny [MWh.rok ⁻¹]	1.452
Minimální disponibilní teplo [MWh.rok ⁻¹]	2.194
Maximální disponibilní teplo [MWh.rok ⁻¹]	3.646

Z vyložené bilance je patrné neefektivní využívání tepla, které je v tomto okamžiku ve větší části mařeno v chladičích umístěných na střeše provozní budovy. Další část této práce bude proto věnována výběru a návrhu adekvátního systému pro efektivní využití tepelné energie.

4 Návrh řešení a dosažené výsledky

Na základě nedostatků dosavadního provozu BPS v Jankově jsou v této kapitole posouzeny možnosti efektivního využití vyprodukované tepelné energie při chlazení technologie KGJ, vybrána konkrétní technologie a provedeno technické i ekonomické zhodnocení vybrané technologie.

4.1 Možnosti a stručná analýza využití tepla

Možností využití vyprodukované tepelné energie při provozu KGJ je několik, avšak vybrat efektivní způsob může být značně problematické. Výběr závisí na mnohých faktorech: místní podmínky, poptávka po využití energie, vývoj cen energií, dostupnost dotačních titulů, legislativní podmínky, ekonomická náročnost, apod. Možnosti využití tepla mohou být následující: [40]

- Krytí vlastní technologické spotřeby tepla,
- vytápění a ohřev TUV,
- využití v zemědělském provozu (chov teplomilných živočichů a ryb, skleníkové plodiny, odchov kuřat, apod.),
- sušení dřeva a zemědělských produktů,
- generátor s ORC turbínou,
- absorpční chlazení, ad.

Každá z těchto možností má své výhody i nevýhody. Výběr technologie musí být ekonomicky i technicky proveditelný. Pokud je vybrána správná technologie pro využití odpadního tepla z KGJ, může mít pro podnik spravující bioplynovou stanici významné ekonomické a environmentální přínosy. A v některých případech nejen pro BPS, ale i pro obec a potažmo i místní občany.

Další část této práce se bude zabývat pouze dvěma způsoby, které se zdají být pro výše popsanou BPS realizovatelné. Těmito způsoby jsou výstavba teplovodu a vytápění některých objektů v blízké obci Jankov včetně ohřevu teplé užitkové vody (TUV), a nebo využití generátoru s ORC turbínou pro dodatečnou produkci elektrické energie a tím zvýšení účinnosti KGJ. Z těchto dvou potenciálních možností bude vybrán finální způsob

využití odpadního tepla.

4.2 Dálkové vytápění

4.2.1 Charakteristika

Přímé užití tepelné energie v systémech dálkového vytápění, respektive centrálního zásobování teplem (CZT), představuje asi nejjednodušší způsob využití odpadního tepla. Patří mezi nejefektivnější způsoby udržitelného využívání tepla, kterým se nahrazují fosilní paliva, a tím dochází ke snížení emisí skleníkových plynů. Rozsah těchto systémů může být velice variabilní, od malých pro několik odběratelů až po komplexní systémy pro celé obce. V obou případech může být využito teplo právě z bioplynových stanic. [41]

Systémy dálkového vytápění se skládají z teplovodního potrubí rozděleného na topné a vratné větve, aby vytvořily uzavřený topný cyklus. Neméně důležitou součástí jsou tepelné výměníky většinou umístěné v objektu odběratelů, na které je napojen interní topný systém. Teplá voda je dopravována od výměníku instalovaného u KGJ k výměníkům koncových uživatelů, kde se ochlazuje a vrací se zpět. Aby se zamezilo tepelným ztrátám, je nezbytná řádná izolace potrubí a jeho uložení pod povrchem země v tzv. nezámrazné hloubce, tj. minimálně 0,8 m hluboko. Dalším vybavením jsou zařízení pro připojení, systémy pro skladování tepla a kalorimetry sloužící k měření tepla. [41]

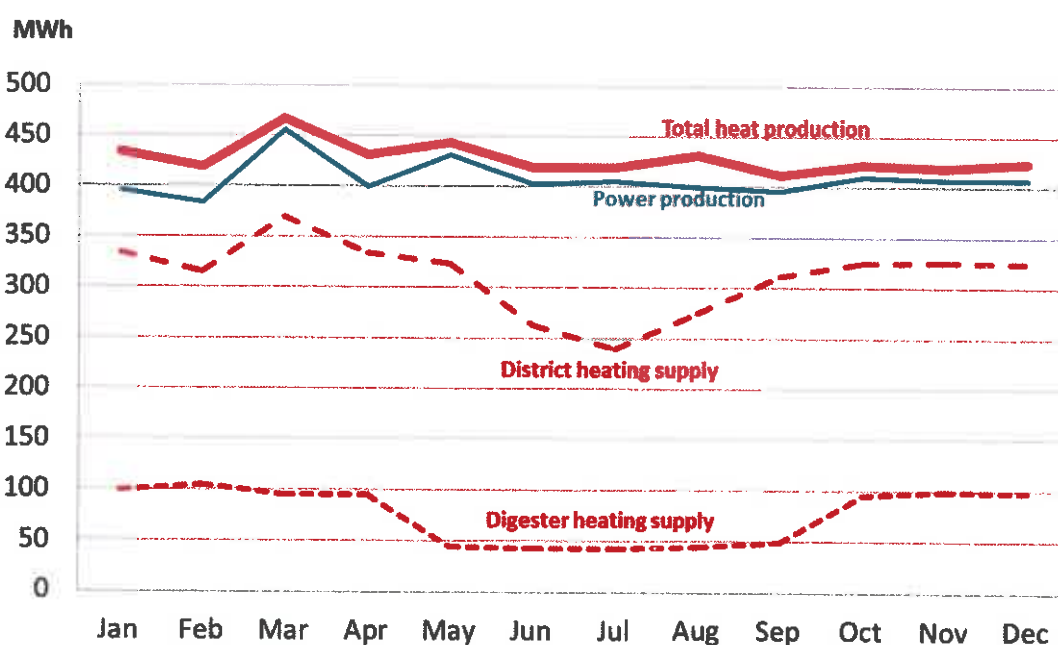
I v případě použití nejmodernějších systémů nelze tepelným ztrátám zcela zabránit. Snahou je udržet tyto ztráty alespoň na minimální hodnotě. Velikost tepelných ztrát nejvíce ovlivňují následující parametry: [41]

- Délka potrubního systému,
- izolace potrubí,
- typ půdy,
- hloubka uložení potrubí,
- objem, průtok a teplota oběhové vody,
- předpokládané teplotní rozdíly v koncovém výměníku,
- počet sériově zapojených výměníků, ad.

Nevýhodou této možnosti je výrazně nepravidelná potřeba tepla během roku. V letním období je teplo potřebné pouze pro ohřev TUV a jeho produkce je přebytečná.

Naopak v zimním období je potřebné kromě ohřevu TUV pro samotné vytápění objektů, jeho produkce bývá nedostatečná a je nutné využívat další doplňkový zdroj. Příklady křivek průměrných potřeb tepla během roku u BPS s výkonem 600 kW_{th} jsou uvedeny v grafu 4.1. V tomto případě mohou být do soustavy zařazeny akumulátory tepla, které se používají pro vyrovnání denních či krátkodobých výkyvů ve spotřebě tepla. Tyto akumulátory jsou schopné zásobovat až 57 rodinných domů při výkonu BPS 500 kW_{el}. Další možností je využití sezónních skladovacích systémů, které umožňují ukládat odpadní teplo vyrobené v létě na zimní měsíce. Tyto systémy jsou konstruovány jako podzemní vrt, který uchovává tepelnou energii přímo v půdě. Teplo je pak přenášeno prostřednictvím průtočného potrubí nebo U-smyček. V tomto případě dokáže systém při výkonu BPS 500 kW_{el} zásobovat až 135 rodinných domů. [41]

Graf 4.1: Průměrné potřeby tepla během roku pro střední Evropu [41]



4.2.2 Návrh řešení vytápění vybraných objektů v obci

Odpadní teplo z technologie BPS Jankov by bylo možné využít pro celoroční ohřev teplé užitkové vody (TUV) a pro vytápění vybraných objektů v topné sezóně v blízké obci Jankov, jejíž centrum se nachází asi 1 km jižně od zmíněné BPS. V Jankově žije téměř 900 obyvatel převážně v rodinných domech a nachází se zde základní občanská vybavenost.

Nejzajímavějších objektů pro připojení na případný teplovod je celkem pět a jsou to následující:

- Obecní úřad,
- Základní škola,
- Mateřská škola a školní jídelna,
- Domov seniorů,
- Dům s pečovatelskou službou.

V současnosti jsou tyto objekty vytápěny pomocí plynových kotlů, respektive kotlů na tuhá paliva, které by mohly zůstat instalovány jako doplňkový zdroj tepelné energie v případě odstavení BPS z důvodu oprav nebo servisních prací a rovněž v případě pokrytí tepelných ztrát ve špičce. Celkový předpokládaný odhad špičkového výkonu zdroje tepla těchto objektů je 500 kW. Při odhadovaném ročním využití zdroje 1.500 hodin představuje předpokládaná roční spotřeba 2,7 tis. GJ tepla.

Budovaný teplovod by byl napojen na stávající výměníky v provozní budově KGJ a odtud veden přes zemědělské pozemky směrem k severní části obce Jankov do ulice Karlova a dále touto ulicí okolo fotbalového hřiště až k Náměstí, kde by byly postupně napojeny budovy Domova s pečovatelskou službou, Mateřské školy a Obecního úřadu. Z Náměstí by byl teplovod dále veden do ulice Školní, kde by byly napojeny budovy Základní školy a Domova seniorů (viz příloha 2). Celková délka teplovodu včetně přípojek by byla přibližně 1,1 km. V každém objektu by byla instalována kompletní předávací stanice s měřením spotřebovaného tepla a případná akumulace.

Odhadované investiční náklady na výstavbu teplovodu se skládají z několika dílčích nákladů:

- 6,6 mil. Kč – výstavba teplovodu v ceně cca 6 tis. Kč za běžný metr teplovodu,
- 1,5 mil. Kč – kompletní předávací stanice v každém objektu v ceně cca 0,3 mil. Kč za jednu.
- 0,3 mil. Kč – inženýrské práce,
- 0,5 mil. Kč – rezerva.

Celková orientační výše nákladů by byla 8,9 mil. Kč. Při příjmech z prodeje tepla za cenu 490,- Kč za jeden GJ a celkové spotřebě 2,7 tis. GJ tepla, by činily celkové příjmy

přibližně 1,3 mil. Kč za rok. Z toho vyplývá prostá návratnost investic cca sedm let. Skutečná návratnost bude ovšem o něco delší, poněvadž je nutné započítat další náklady na údržbu a případné opravy. Snížení doby návratnosti investic by mohla ovlivnit případná dotační politika. Jedná se pouze o odhad sloužící pro prvotní orientaci. V případě získání přesnější hodnoty je nutné provést detailnější rozbor. [42]

4.3 Generátor s ORC turbínou

4.3.1 Popis ORC technologie

Generátor s ORC turbínou se u BPS využívá pro zvýšení účinnosti výroby elektrické energie na technologii KGJ. Zjednodušeně se jedná o technologii produkující dodatečnou elektrickou energii z odpadního tepla KGJ. Organický Rankinův cyklus (ORC) představuje speciální formu elektrárenského Rankin-Clausiova cyklu. ORC místo vody a páry využívá organickou kapalinu. To umožňuje využívat tepelné zdroje s nižší teplotou, jako je právě odpadní teplo z technologie KGJ s teplotami v rozmezí 70 – 90 °C. Děje se tak díky nižšímu bodu varu používaných organických kapalin oproti vodě, jenž má bod varu přibližně 100 °C. Mimo tohoto rozdílu je princip ORC systému stejný jako u Rankinova cyklu s vodou. Jako pracovní kapalina se nejčastěji využívají chladiva nebo uhlovodíky. Tato kapalina je čerpána do výměníku, kde se vypaří, expanduje v turbíně a nakonec znovu zkondenzuje. Jedná se o uzavřený cyklus. [41]

Klíčovým faktorem pro optimální funkci nízkoteplotního ORC je správný výběr pracovní kapaliny. Jedním z důležitých parametrů je účinnost přenosu tepla, který ovlivňuje termodynamickou charakteristiku kapaliny a tím i provozní podmínky procesu. Používané kapaliny jsou charakterizovány následujícími parametry: [41]

- Izoentropická křivka nasycených par,
- teplota varu a tuhnutí,
- maximální tolerovaná teplota,
- latentní teplo a hustota,
- potenciál narušení ozonové vrstvy (ODP) a potenciál globálního oteplování (GWP),
- korozivita, hořlavost a toxicita,
- dostupnost a cena.

Výroba elektrické energie se realizuje přes vysokootáčkový generátor poháněný vysokootáčkovou turbínou zapojenou v okruhu ORC. Generátor je s turbínou spojen na přímo bez použití jakékoli převodovky, což umožňuje účinnější transformaci kinetické energie na energii elektrickou. Generované napětí není stejné jako napětí sítě a také frekvence se mnohonásobně liší od frekvence napětí v síti. Z tohoto důvodu je v obvodu instalovaný usměrňovač s bateriovým vyrovnávačem. [43]

Z odpadního tepla KGJ o výkonu 1 MW_{el} lze teoreticky vyrobit až 7 – 10 % dodatečné elektrické energie, tzn. 70 – 100 kW_{el} . Celková elektrická účinnost KGJ se tak může dostat k hodnotě okolo 45 %. [41]

4.3.2 Vybraná ORC technologie

K přeměně odpadní tepelné energie na energii elektrickou pro BPS v Jankově s využitím systému ORC byla vybrána konkrétní jednotka Green Machine Series 4000 od společnosti Electratherm Inc. se sídlem v Renu ve státě Nevada v USA. Tuto americkou společnost, vyrábějící energeticky čisté technologie, zastupuje v České republice společnost GB Consulting, s. r. o. se sídlem v Brně. GB Consulting se kromě technologií na efektivní využití odpadního tepla zabývá také technologií na zplyňování veškeré biomasy včetně odpadní, tzv. nízkou katalytickou depolymerizací odpadních plastů, navrhuje energeticky úsporné technologie pro hospodaření s energií a nabízí technologie pro skladování energie. [44]

Pro využití odpadního tepla z technologie KGJ u bioplynových stanice lze použít pouze výše uvedenou jednotku Green Machine Series 4000 (GM). Jiné jednotky nejsou pro BPS z důvodu jejich parametrů použitelné. Aby instalace jednotky GM byla možná, musí KGJ splňovat některé důležité parametry jako jsou: výstupní teplota chladící vody, tepelný výkon a průtok chladící vody. Tyto parametry jsou uvedeny a porovnány v následující tabulce (tab. 4.1), ze které je patrné, že lze zvolenou jednotku aplikovat pro BPS v Jankově. [45]

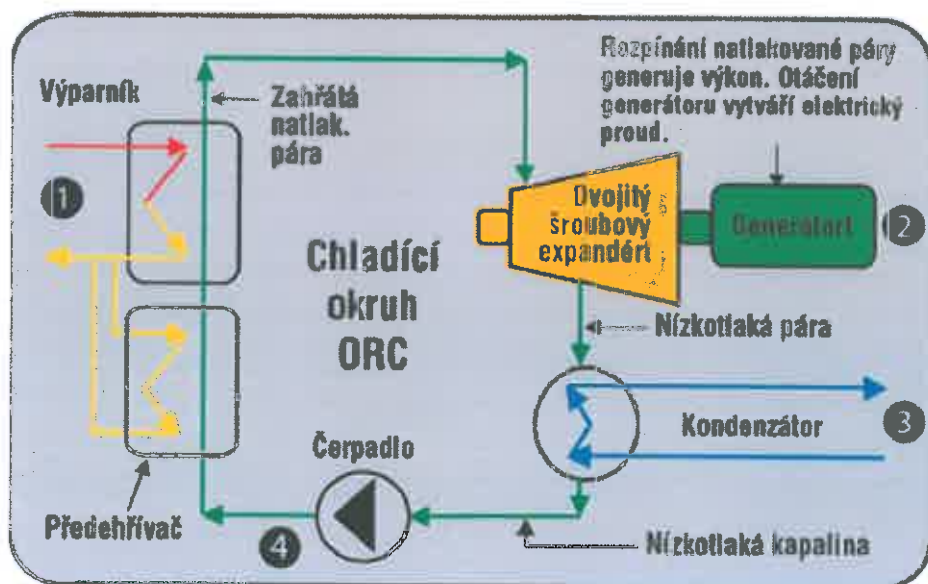
Tab. 4.1: Porovnání důležitých parametrů KGJ a GM [38], [45]

Parametr	Hodnota KGJ	Hodnota GM	Vyhovuje
Teplota vody [°C]	98	77 – 116	ANO
Tepelný výkon/příkon [kW]	429 *)	300 – 860	ANO
Průtok vody [l.s ⁻¹]	6,2	3,8 – 12,6	ANO

*) jedná se o maximální disponibilní teplo po odečtení vlastní spotřeby BPS

Princip funkce GM je obdobný jako u konvenčního parního motoru, kdy se voda varem přeměňuje v páru, která pak provádí mechanickou práci. ORC využívá nepotřebné teplo k ohřátí provozní kapaliny na bod varu a její přeměně na plyn. Jednotky GM nepoužívají pro expanzi plynu klasickou turbínu, ale patentovaný dvojitý šroubový expandér (Twin Screw Expander). Tento expandér zajišťuje relativně vysokou účinnost systému při velmi nízkých otáčkách, díky čemuž odpadá tradiční systém mazání a vysoké teploty při provozu. Další výhodou zmíněného expandéru je převod 3:1 bez převodovky a olejového čerpadla a tudíž nízké provozní náklady. Funkce GM je patrná z následujícího schématu (obr.4.1) a popisu. [45]

Obr. 4.1: Schéma principu funkce GM [46]



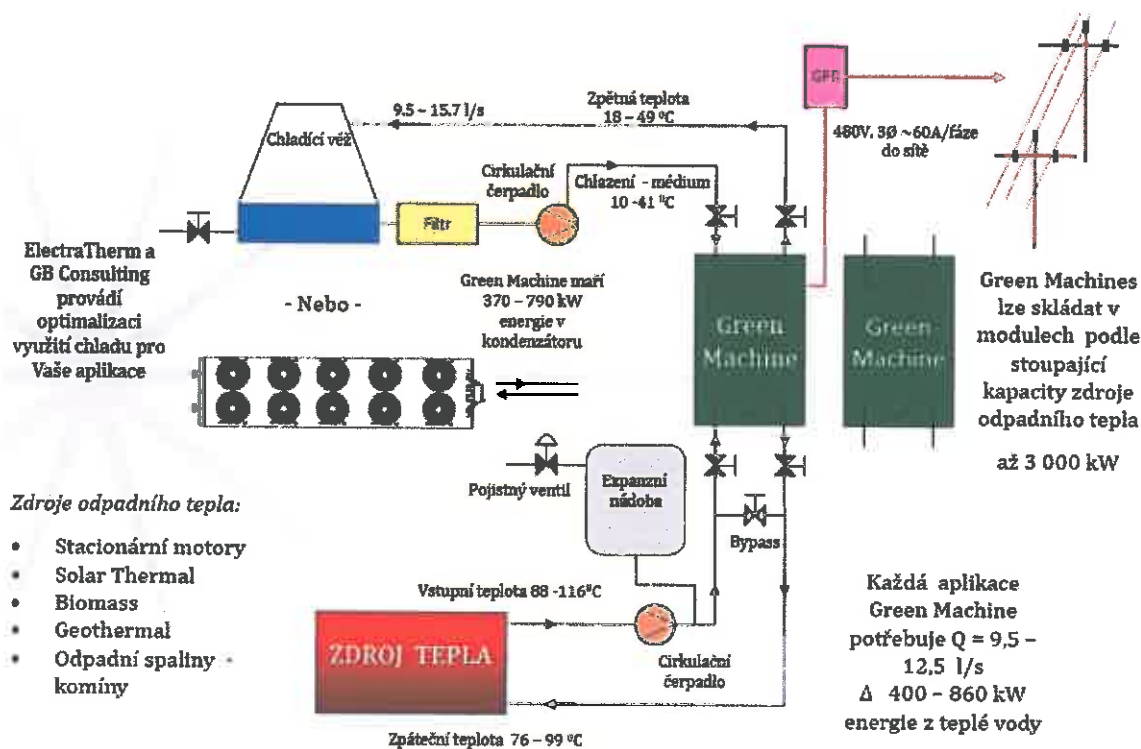
- 1 – Teplo je předáváno ve výparníku provozní kapalině, kterou ohřívá na bod varu a transformuje ji na páru.
- 2 – Pára vstupuje do šroubového expandéru, který transformuje energii páry na energii mechanickou, díky níž se pohání generátor.

- 3 – Pára je v kondenzátoru ochlazená zdrojem studené vody a mění své skupenství z fáze plynné na fázi kapalnou.
- 4 – Provozní kapalina je zpět do systému vháněna vysokotlakým čerpadlem a vrací se zpět do výparníku. Celý proces se opakuje.

4.3.3 Návrh technologického řešení ORC Green Machine

GM by byla instalována v prostorách BPS v kontejnerovém provedení ihned vedle provozní budovy s kogenerační jednotkou a připojena na primární okruh KGJ. Celá technologie využití odpadního tepla z KGJ je zcela samostatná a centrálně řízena systémem MaR Green Machine. Jednotka GM obsahuje veškeré prvky řízení a regulace, vč. snímačů potřebných hodnot a dat, které jsou kompatibilní a mohou spolupracovat s MaR stávajícího systému řízení BPS. Na následujícím schématu (obr.4.2) je zobrazeno obecné zapojení GM. Konkrétní schéma zapojení je součástí projektové dokumentace. [46]

Obr. 4.2: Zjednodušený diagram zapojení GM [46]



Součástí jednotky je adiabatický chladič se skrápěním pro dosažení stabilní teploty chladicího okruhu při vysokých venkovních teplotách. Ke skrápění dochází při teplotách nad 25 °C a teplota vratné vody je udržována na maximální hodnotě 27 °C, čímž je zajištěna stabilita ΔT mezi teplou a studenou stranou. Spotřeba elektrické energie pro chlazení je závislá na aktuální venkovní teplotě. Při průměrné teplotě 8,6 °C v ČR má chladič příkon maximálně 2 kW. Při provozu chladicího zařízení pro GM není v provozu stávající chladicí zařízení KGJ; a tím dojde ke snížení spotřeby elektrické energie. [46]

- **Horká strana – výparník**

- Požadovaný celkový trvalý tepelný příkon: 338 až 736 kW,
- rozsah teploty vody: min. 88 °C až max. 116 °C, cílová teplota 98 °C,
- pokles teploty vody: 9 °C až 22 °C,
- průtok teplé vody: 7,6 až 12 l.s⁻¹, pokles tlaku vody ve výparníku se pohybuje v rozmezí 28 až 50 kPa podle průtoku.

- **Studená strana – kondenzátor**

- Celkový poměr tepelného odpadu: 336 až 686 kW,
- kondenzační teplota: teplota přiváděné studené vody by měla být nejméně o 73 °C nižší než teplota přiváděné teplé vody; čistý výkon lze maximalizovat vyšším ΔT ,
- maximální teplota kondenzační vody: 38 °C,
- zvýšení teploty kondenzační vody: cca 15 °C,
- průtok kondenzační vody: 8,8 až 15,7 l.s⁻¹; pokles tlaku vody v kondenzátoru se pohybuje v rozmezí 20 až 50 kPa podle průtoku.

Odhadované investiční náklady na instalaci jednotky GM včetně projektové dokumentace a uvedení do provozu je 6,35 mil. Kč. Při elektrickém výkonu GM 32 kWe, ročním provozu 8.500 hodin a výkupní ceně elektřiny 3,55 Kč za 1 kWh, bude odhadovaný celkový roční výnos přibližně 1 mil. Kč. Z toho vyplývá prostá návratnost investic téměř 6 let. Skutečná návratnost bude ovšem o něco delší, poněvadž je nutné započítat další náklady na údržbu a případné opravy. Snížení doby návratnosti investic by mohla ovlivnit případná dotační politika. Jedná se pouze o odhad sloužící pro prvotní orientaci. V případě získání přesnější hodnoty, je nutné provést detailnější rozbor. [46]

4.4 Výběr konkrétní technologie pro využití tepla

V předchozí kapitole byly stručně popsány dvě vybrané potenciální technologie pro využití odpadního tepla z BPS Jankov včetně jejich hrubého ekonomického zhodnocení. Tato část práce bude věnována porovnání vybraných hledisek, na základě kterých bude zvolen finální systém využití odpadního tepla u řešené BPS. Jako základní hlediska pro porovnání byla zvolena: technické, právní, ekologické, ekonomické a sociální.

4.4.1 Technické hledisko

Technický popis obou systémů byl již uveden v předchozích kapitolách a není třeba jej znovu detailně rozebírat. U dálkového vytápění je technická proveditelnost mnohem složitější než u ORC systému. Je nutné provádět rozsáhlé zemní práce v délce přibližně jednoho kilometru a poklást důkladně izolovaný teplovod. Společně s vratnou větví a přípojkami se jedná v součtu o potrubí dlouhé více než dva kilometry. Dále je nutné instalovat kompaktní předávací stanice o požadovaném tepelném výkonu v každém vytápěném objektu v obci a napojit je na stávající topný systém.

Z technického hlediska je patrně jednodušší instalace jednotky GM, která by byla kompletně v kontejnerovém provedení osazena vedle provozní budovy a napojena na primární okruh chlazení KGJ. Stavební práce by zahrnovaly pouze vybudování betonové základové desky a přístřešku, který by chránil jednotku před nepříznivými povětrnostními vlivy. Nezbytnou součástí je ovšem připojení na elektrickou distribuční síť.

4.4.2 Právní hledisko

V obou případech je nezbytné vytvořit kompletní projektovou dokumentaci, která bude sloužit nejen pro samotnou realizaci projektu, ale hlavně pro získání územního rozhodnutí a stavebního povolení dle stavebního zákona v platném znění. U systému dálkového vytápění je nutné navíc získat souhlas vlastníků dotčených pozemků, kteří budou muset souhlasit s umístěním teplovodu na jejich pozemku formou věcného břemene. Protože dodávky a prodej tepla jsou založeny na obchodním vztahu mezi dodavatelem a odběratelem, je povinnost vlastníka BPS získat licenci na výrobu a rozvod tepelné energie dle energetického zákona. Nejdůležitějším článkem je samozřejmě zájem

ze strany obce, která je vlastníkem výše uvedených objektů a se kterou by byl uzavřen smluvní vztah o dodávkách tepla. Výhodou této potenciálnosti je skutečnost, že se jedná (dle energetického zákona) o tzv. užitečné teplo, které má pozitivní vliv na zařazení BPS do výhodnější skupiny z pohledu prodeje vyprodukované elektřiny. [42]

V případě technologie GM odpadá potřeba získání věcných břemen a licence pro výrobu a prodej tepelné energie. Zde je potřebný smluvní vztah pouze mezi vlastníkem BPS jako výrobcem elektrické energie a provozovatelem elektrické distribuční soustavy.

4.4.3 Ekologické hledisko

Jakékoli smysluplné využití odpadní tepelné energie přináší z ekologického hlediska rozhodně pozitivní vliv a to zejména díky úspoře jiných paliv a forem energie. Zároveň jsou eliminovány negativní vlivy na životní prostředí z hlediska emisí škodlivin vypouštěných do ovzduší. Mezi tyto škodliviny patří zejména CO₂, SO₂, oxidy dusíku a tuhé zbytkové látky, které mohou mít nepříznivé účinky na skleníkový efekt a globální oteplování. V porovnání obou popsaných technologií se ekologičtější jeví instalace jednotky GM přinejmenším z pohledu výstavby.

4.4.4 Ekonomické hledisko

Jak již bylo uvedeno, na výstavbu dálkového vytápění jsou odhadované investiční náklady téměř 9 mil. Kč a prostá návratnost investic přibližně sedm let. U jednotky GM jsou odhadované investiční náklady 6,35 mil. Kč a prostá návratnost investic téměř šest let. Tyto hodnoty jsou bez úvahy případných dotací ze strany státu, které by dobu návratnosti vynaložených investic ještě zkrátily. Z uvedeného vyplývá lepší ekonomická bilance pro jednotku GM. Nutné je ovšem podotknout, že z důvodu energetického zákona a nařízení ERÚ není výroba elektrické energie z odpadního tepla pomocí ORC systému považována za tzv. užitečné teplo, které bylo popsáno výše.

4.4.5 Sociální hledisko

Ze sociálního hlediska je využití tepla z BPS vítané tím více, čím více z něho mají prospěch obyvatelé z blízkého okolí. Z tohoto pohledu je rozhodně výhodnější varianta výstavby teplovodního potrubí a vytápění vybraných objektů v obci.

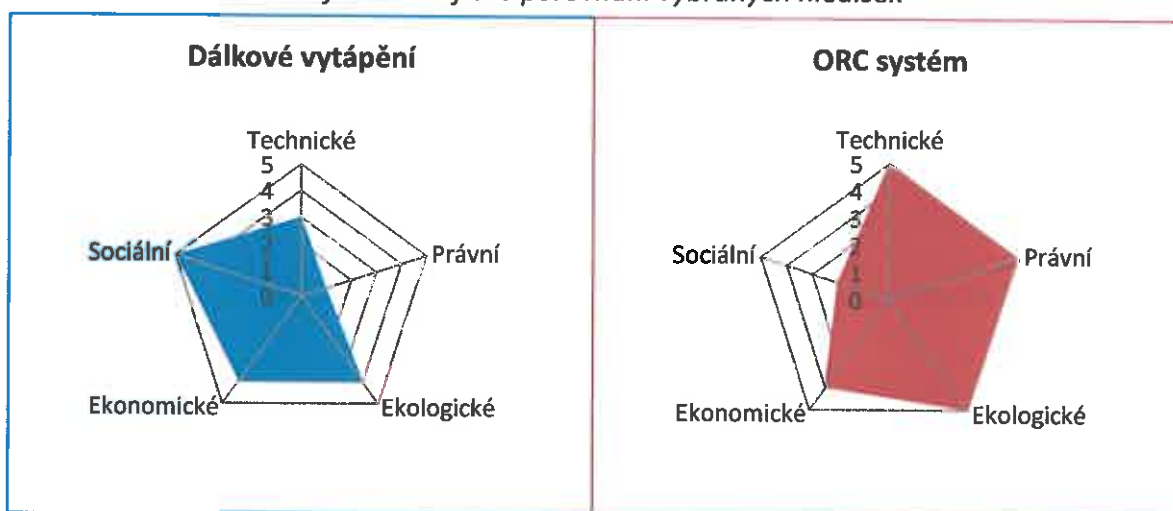
4.4.6 Porovnání vybraných hledisek

V následující tabulce (4.2) je uvedeno porovnání výše popsaných hledisek pomocí bodového hodnocení (1 – nejhorší podmínky; 5 – nejlepší podmínky).

Tab.4.2: Porovnání vybraných hledisek

Hledisko	Dálkové vytápění	ORC systém
Technické	3	5
Právní	1	5
Ekologické	4	5
Ekonomické	4	4
Sociální	5	2
Celkem	17	21

Graf 4.2: Grafické porovnání vybraných hledisek



Z uvedeného porovnání je patrné, že obě technologie mají své výhody i nevýhody. Nepatrně lépe vychází možnost využití tepla pomocí systému ORC při dodatečné produkci elektrické energie. Pro využití odpadního tepla z KGJ v Jankově budeme tedy uvažovat pořízení jednotky Green Machine s ORC systémem.

4.5 Technické zhodnocení

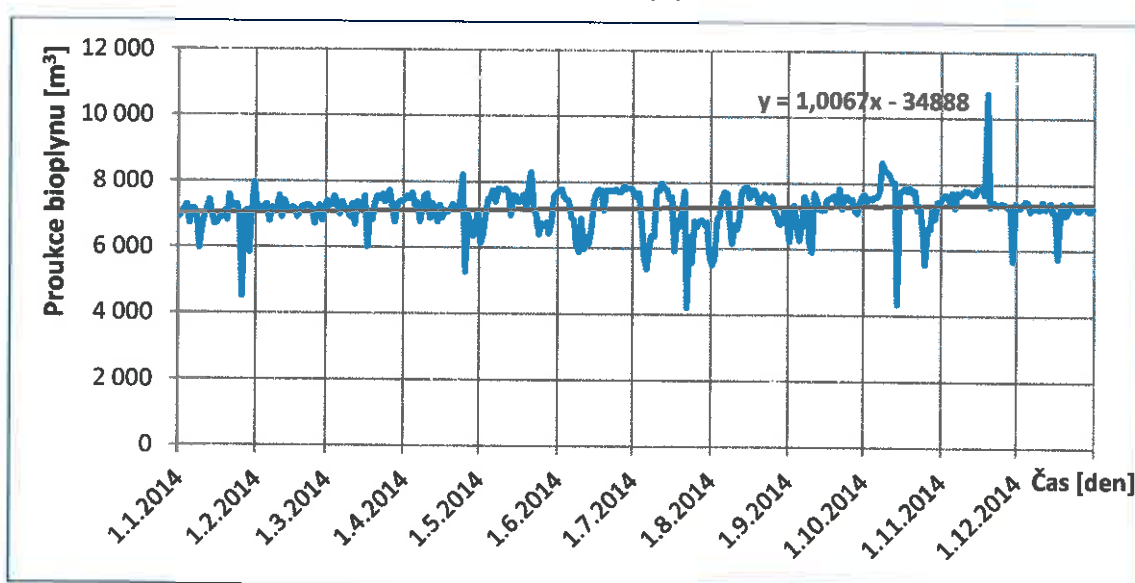
Pro účely technického zhodnocení jsou použita naměřená data v termínu od 1.1.2014 do 31.12.2014. Na BPS bylo, kromě měření denní produkce bioplynu a elektrické

energie, prováděno pomocí analyzátoru plynů měření obsahu vybraných složek v bioplynu. Jedná se o obsah metanu (CH₄), oxidu uhličitého (CO₂), sulfanu (H₂S) a kyslíku (O₂). Denní produkce elektrické energie včetně vlastní spotřeby a denní produkce bioplynu jsou uvedeny v příloze č.3 k této práci. Ve stanoveném období dosáhla technologie celkem 8.542,5 provozních hodin, tj. o 42,5 hodiny více než byla předpokládaná provozní doba. Celkové vytížení technologie dosáhlo 97,1 %, přičemž stoprocentním vytížením se rozumí provoz 24 hodin denně po celý rok.

4.5.1 Produkce bioplynu

V roce 2014 bylo vyprodukováno celkem 2.632.544 m³ bioplynu o průměrném obsahu metanu 52,75 %. Denní produkce bioplynu je znázorněna v grafu 4.3 a pohybovala se v rozmezí od 4.226 m³ do 10.753 m³. Výroba bioplynu a jeho obsah metanu je závislý zejména na složení vstupního substrátu a teplotě prostředí. Průměrná hodinová produkce bioplynu činila 308,17 m³.hod⁻¹.

Graf 4.3: Denní produkce bioplynu v roce 2014



- Průměrná denní produkce bioplynu:

$$\bar{p}_b = \frac{\sum_{i=1}^n (p_{b,i} \cdot t_i)}{\sum_{i=1}^n t_i} = 7.233,96 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \quad (4.1)$$

- Rozptyl:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n p_{b,i}^2 - \bar{p}_b \cdot \sum_{i=1}^n p_{b,i}}{t-1} = 9.680,8 \quad (4.2)$$

- Směrodatná odchylka:

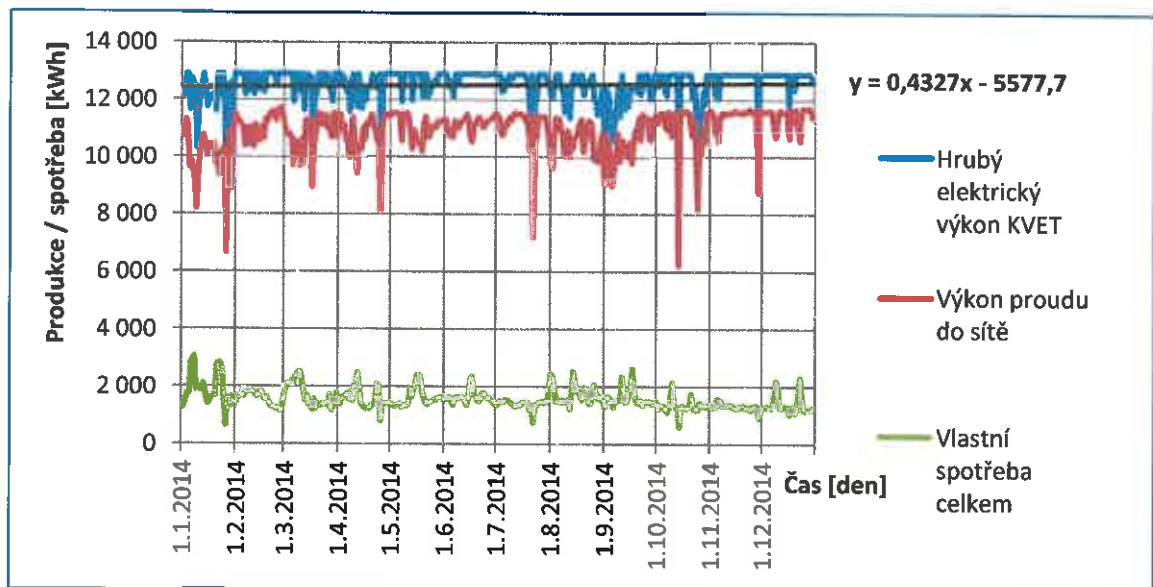
$$s = \sqrt{s^2} = 98,39 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \quad (4.3)$$

Projektovaná produkce bioplynu je $2.188.696 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ a produkce metanu $1.153.914 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$. Projektovaná produkce bioplynu byla tedy v roce 2014 překročena o 443.848 m^3 , tj. o 20,3 %. Většina vyprodukovaného bioplynu byla využita pro výrobu elektrické energie na KGJ a jeho přebytky zlikvidovány na bezpečnostním hořáku. [37]

4.5.2 Produkce elektřiny

Celková výroba elektrické energie za sledované období činila $4.569.590 \text{ kWh}$. Vlastní spotřeba celé technologie BPS byla v tomto roce 469.985 kWh , což dělá přibližně 10,3 % z celkové produkce a vlastní spotřeba farmy byla 108.102 kWh , což je přibližně 2,4%. Do distribuční sítě bylo tedy v roce 2014 prodáno celkem $3.986.754 \text{ kWh}$ elektrické energie. Hrubá denní produkce se pohybovala v rozmezí od 6.920 kWh do 12.900 kWh . Tato produkce včetně spotřeby a prodeje elektřiny je uvedena v grafu 4.4.

Graf 4.4: Denní produkce a spotřeba elektřiny v roce 2014



- Průměrná hrubá denní produkce elektrické energie:

$$\overline{p_e} = \frac{\sum_{i=1}^n (p_{e,i} \cdot t_i)}{\sum_{i=1}^n t_i} = 12.559,33 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1} \quad (4.4)$$

- Rozptyl:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n p_{e,i}^2 - \overline{p_e} \cdot \sum_{i=1}^n p_{e,i}}{t-1} = 596,85 \quad (4.5)$$

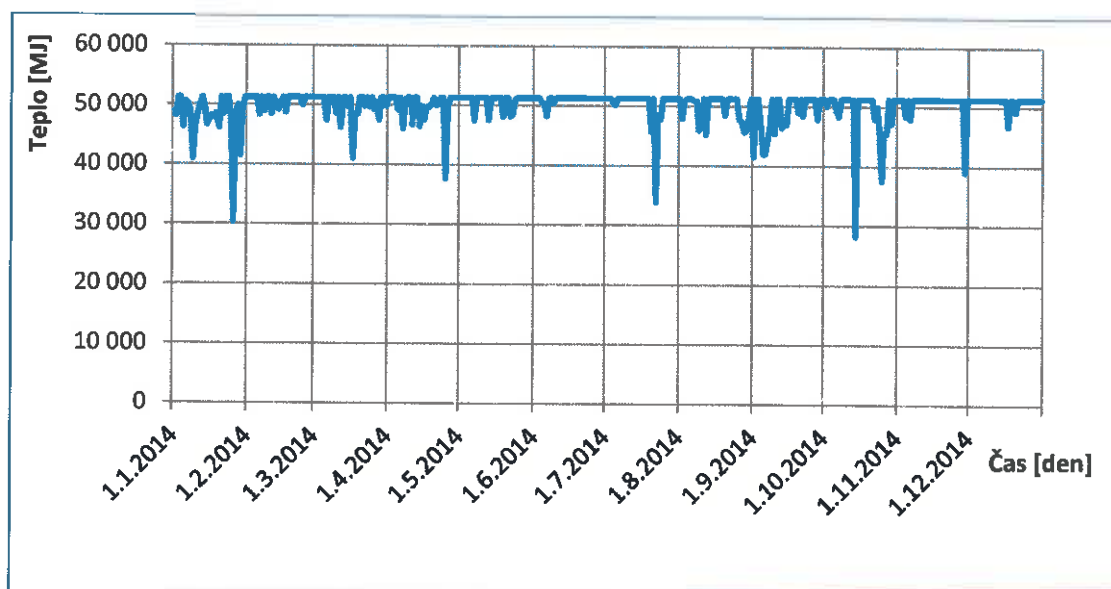
- Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{s^2} = 24,43 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1} \quad (4.6)$$

4.5.3 Produkce tepla

Teoretická celková produkce tepelné energie za rok 2014 byla podle provozních hodin technologie KGJ 5.065.697 kWh. To znamená více než 18.236 TJ tepla. Vlastní spotřeba tepla na ohřev fermentoru činila 1.400.970 kWh. Instalovaná jednoproudá sušárna v areálu BPS má tepelný příkon 370 kW pro sušení při 70 °C. Při provozu přibližně 3.000 hodin za rok je celkový roční tepelný příkon sušárny 1.110.000 kWh. To znamená, že zbývá 2.554.727 kWh, tj. 9.197 GJ disponibilního tepla, které je mařeno na instalovaných chladičích technologie KGJ. Provoz sušárny je velice nárazový a závisí na přísunu materiálu určeného pro sušení. V následujícím grafu 4.5 je uvedena denní teoretická produkce tepla podle počtu provozních hodin.

Graf 4.5: Denní produkce tepla v roce 2014



Ve výše uvedených grafech můžeme pozorovat zřetelnou závislost produkce elektrické a tepelné energie a bioplynu v čase. K výkyvům produkce dochází většinou ve stejném časovém období.

4.5.4 Jednotka Green Machine

Při použití jednotky GM o elektrickém výkonu 30 – 50 kW dojde v první řadě ke zvýšení účinnosti KGJ díky navýšení produkce elektrické energie a v druhé řadě k úspoře energie potřebné pro chlazení technologie KGJ. Oba případy povedou ke zlepšení ekonomické efektivnosti podniku. Dalším přínosem, který nesmí být opomenut, je pozitivní dopad na životní prostředí díky využití vyprodukovaného tepla při chlazení KGJ, které je jinak vypouštěno do prostředí.

Celkové maximální teoretické roční disponibilní teplo použitelné pro transformaci na elektrickou energii při provozu 8.500 hodin je 3.646.000 kWh, z toho vyplývá možný hodinový příkon pro jednotku GM 429 kW. V následující tabulce 4.3 jsou uvedeny technické parametry při provozu uvedené jednotky.

Tab.4.3: Technické parametry pro provoz jednotky GM [46]

Vstupní parametry	
Využitelné teplo	429 kW.hod ⁻¹
Využitelné teplo za rok	3.646.000 kWh.rok ⁻¹
Teplota horké vody	98 °C
Průtok horké vody	6,2 l.s ⁻¹
Instalovaný elektrický výkon KGJ	537 kW
Elektrický výkon	
Průměrný hrubý vyrobený výkon	34 kW
Průměrný čistý vyrobený výkon	32 kW
Roční hrubý vyrobený výkon	289.000 kWh.rok ⁻¹
Roční čistý vyrobený výkon	272.000 kWh.rok ⁻¹
Úspora elektrické energie za chlazení KGJ	5 kW
Roční úspora elektrické energie	42.500 kWh.rok ⁻¹

Hodnoty spotřebovaného tepla a elektrického výkonu vycházejí z naměřených hodnot při zkouškách Electrathermu a mohou se lišit o ±8 %. [46]

4.6 Ekonomické zhodnocení

Investiční politika podniku patří k jeho nejdůležitějším strategickým rozhodnutím a je nutné jí věnovat náležitou pozornost a provést řádné zhodnocení takovéto investice. Dobře zvolená a správně zaměřená investice je zdrojem přírůstků zisku. Naopak

nesprávně zaměřená neefektivní investice může přivést podnik až k bankrotu. Obecně lze říci, že bez investic se žádný podnik, který chce obstát v konkurenci a dále se rozvíjet, neobejde.

4.6.1 Náklady a výnosy

• Náklady

Investice na pořízení a zprovoznění jednotky GM je uvažována v celé výši z vlastních prostředků bez pořízení cizího kapitálu nebo poskytnutí případné dotace od státu. Celková investice je rozdělena na dvě části. Výše první části investice je 6.250 tis. Kč bez DPH a zahrnuje tyto položky: [46]

- Prováděcí projektová dokumentace,
- dodávka jednotky GM,
- dodávka adiabatického chladiče,
- hydraulické propojení KGJ a jednotky GM,
- propojení GM s adiabatickým chladičem,
- uvedení celé technologie do provozu,
- elektroinstalace vč. připojení na distribuční síť
- instalace MaR.

Další část investice bude tvořit cena za terénní úpravy a vybudování základové desky a přístřešku pro jednotku GM v odhadované výši 85 tis. Kč bez DPH. Celkové náklady na pořízení a zprovoznění jednotky GM činí 6.335 tis. Kč. Dále je nutné uvažovat provozní náklady na pravidelnou údržbu a servis zařízení. Veškeré náklady bez DPH jsou uvedeny v následující tabulce 4.4. [46]

Tab.4.4: Souhrn nákladů na jednotku GM [46]

Souhrn nákladů	
Dodávka a zprovoznění jednotky GM	6.250.000 Kč
Vybudování základové desky a přístřešku	85.000 Kč
Servisní práce (lichý rok)	95.120 Kč
Servisní práce (sudý rok)	124.660 Kč

• **Výnosy**

Mezi výnosy patří v první řadě částka za prodej elektrické energie vyprodukované pomocí jednotky GM. Při celkové roční produkci 272.000 kWh a prodejní ceně 3,55 Kč.kWh⁻¹ to znamená roční výnos 965.600 Kč. Elektrická energie vyrobená pomocí technologie ORC spadá do nižšího tarifu. Dále zde musíme uvést úsporu elektrické energie na chlazení technologie KGJ v celkové roční výši 42.500 kWh, kterou lze prodat do sítě za cenu 4,12 Kč.kWh⁻¹. Celková roční úspora za chlazení tedy činí 175.100 Kč. Souhrn výnosů je uveden v tabulce 4.5. [46]

Tab.4.5: Souhrn výnosů při použití jednotky GM

Souhrn výnosů	
Prodej el.energie vyprodukované jednotkou GM (3,55 Kč.kWh ⁻¹)	965.600 Kč
Úspora energie za chlazení KGJ (4,12 Kč.kWh ⁻¹)	175.100 Kč

4.6.2 Zhodnocení investice

Pro zhodnocení efektivnosti uvažované investice byly zvoleny následující výpočty a podmínky:

- Doba návratnosti investice – DN < 0,6 (doba odepisování),
- rentabilita investice – R_i > běžná úroková míra z dlouhodobých investic,
- čistá současná hodnota – ČSH > 0.

• **Odpisový plán**

Zákon o daních z příjmu ukládá podniku povinnost zatřídit nabytý dlouhodobý majetek v roce pořízení do příslušné odpisové skupiny a stanovit tak odpisový plán. Pořízení jednotky GM spadá dle uvedeného zákona do třetí odpisové skupiny pod kód 27.11 - Elektrické motory, generátory a transformátory pokud nejsou uvedeny v jiné položce této přílohy; a bude se odepisovat rovnoměrně po dobu 10 let. [47]

- Odpis pro první rok:

$$odpis_1 = \frac{5,5}{100} \cdot PC = 348.425, - Kč \quad (4.7)$$

- Odpis pro druhý až desátý rok:

$$\text{odpis}_{2-10} = \frac{10,5}{100} \cdot PC = 665.175, - \text{Kč} \quad (4.8)$$

- **Čistá současná hodnota**

Čistá současná hodnota (ČSH) vyjadřuje v absolutní výši rozdíl mezi současnou hodnotou výnosů investice a současnou hodnotou investičních výdajů na pořízení investice. [48] Pro výpočet ČSH je uvažována doba provozu shodně s dobou odepisování 10 let, nominální úroková sazba 8 % a meziroční inflace 2 %.

Tab.4.6: Výpočet ČSH

Rok provozu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cash Flow (tis. Kč)	913,12	967,86	1009,09	1003,91	1046,35	1041,46	1085,16	1080,58	1125,56	1121,31
Odúročitel $(1+i)^{-n}$	0,9259	0,8573	0,7938	0,7350	0,6806	0,6302	0,5835	0,5403	0,5002	0,4632
Odúročené CF (tis. Kč)	845,48	829,78	801,05	737,90	712,13	656,30	633,18	583,80	563,06	519,38

$$\text{ČSH} = \sum_{n=1}^{10} CF \cdot \frac{1}{(1+i)^n} - IV = 6.882,07 - 6.335,0 = 547,07 \text{ tis. Kč} \quad (4.9)$$

V tomto případě nám výpočet dokládá, že zvolená investice je efektivní, neboť je jednoznačně splněna podmínka ČSH>0.

- **Vnitřní výnosové procento**

Cílem VVP je určit takovou diskontní míru, při níž se současná hodnota peněžních příjmů z investic rovná současné hodnotě kapitálových výdajů na investici. Zároveň vyjadřuje minimální výnosnost, kterou musí investice dosáhnout, aby nebyla ztrátová. [48]

$$\text{VVP: } \sum_{n=1}^{10} CF \cdot \frac{1}{(1+i)^n} - IV = 0 \quad (4.10)$$

$$\text{VVP} = 9,81 \%$$

- **Doba návratnosti investice**

Doba návratnosti investice udává počet let, za který se investiční výdaj splatí peněžními příjmy z investice. Čím je tato doba kratší, tím je vynaložená investice

efektivnější. [48]

$$DN = \frac{\textit{investiční náklad}}{\textit{očekávaný roční příjem z investice}} = 6,1 \textit{ let} \quad (4.11)$$

V tomto případě je doba návratnosti přibližně 60 % v porovnání s dobou odepisování pořízeného majetku, což značí efektivní investici.

- **Rentabilita investice**

Rentabilita investice udává vzájemný poměr výnosu investice a vložených investičních nákladů a ukazuje výnosnost investice. Rentabilita by měla být vyšší než běžná úroková míra z dlouhodobých vkladů. [49]

$$R_i = \frac{\textit{očekávaný roční příjem z investice}}{\textit{investiční náklad}} \cdot 100 = 16,4 \% \quad (4.12)$$

Vypočtená rentabilita investice s hodnotou 16,4 % opět značí efektivní investici. V tomto případě je běžná úroková míra z dlouhodobých vkladů jednoznačně nižší než vypočtená R_i .

Souhrnem lze konstatovat, že se jedná o efektivní investici, která povede ke zlepšení ekonomické bilance podniku. Jak již bylo uvedeno, zhodnocení bylo provedeno pro variantu bez možnosti čerpání dotačních titulů. V případě, že by stát nabídl potřebnou dotační politiku, mohla by být doba návratnosti investice ještě kratší a rentabilita investice z vlastního kapitálu rozhodně vyšší.

5 Diskuze a závěr

Hlavním cílem této práce bylo seznámení se s problematikou zpracování biologicky rozložitelných odpadů technologií anaerobní fermentace a navržení inovace této technologické linky ve vybraném zemědělském podniku a v neposlední řadě zhodnocení technické i ekonomické stránky navrženého řešení.

Jako referenční bioplynová stanice byla vybrána zemědělská BPS v Jankově, která je součástí areálu zemědělské prvovýroby pro chov a výkrm vepřového žíru a kterou provozuje společnost První zemědělská Ratměřice, s. r. o. Vyprodukovaný bioplyn je používán k transformaci na elektrickou energii pomocí kogenerační jednotky o instalovaném elektrickém výkonu 537 kW_e a tepelném výkonu 593 kW_t. Při ročním provozu 8.500 hodin, kterého tato technologie běžně dosahuje, je celkový teoretický roční tepelný výkon 5.040,5 MWh, což je v přepočtu více než 18.000 GJ tepla. Část této tepelné energie je použita na ohřev substrátu ve fermentoru na mezofilní teplotní pásmo a část se nárazově používá ve vybudované sušárně zemědělských produktů. Poněvadž stále zbývá až 13.125 GJ tepla za rok, které je mařeno na instalovaných chladičích a uvolňováno do prostředí, bylo hlavním nedostatkem uvedené bioplynové stanice diagnostikováno právě neúčinné využívání tepelné energie. Práce byla zaměřena na výběr optimálního řešení, které by celou technologii zefektivnilo.

Možností využití zbytkového tepla při provozu KGJ je několik, avšak vybrat efektivní způsob může být značně problematické. Výběr závisí na mnohých faktorech, které byly i v tomto případě brány v úvahu. Volba byla nakonec zaměřena na dvě potenciální možnosti s největší pravděpodobností realizovatelnosti. První možností byl návrh pro vybudování teplovodu v délce přibližně 1 km a zásobování teplem některých objektů v přilehlé obci. Druhou možností byl návrh na pořízení generátoru s ORC turbínou pro dodatečnou produkci elektrické energie a tím zvýšení účinnosti KGJ. Po seznámení s detailními parametry obou možností bylo provedeno jejich porovnání dle vybraných hledisek a nakonec zvolen návrh pořízení jednotky Green Machine Series 4000 od společnosti Electratherm Inc. v Renu (USA) zastoupenou společností GB Consulting s.r.o. v Brně. Tato jednotka využívá princip Organického Rankinova Cyklu k transformaci

tepelné energie na energii elektrickou.

Jak je patrné z technického hodnocení v kapitole 4.5, dojde použitím jednotky GM ke zvýšení účinnosti KGJ díky navýšení produkce elektřiny a zároveň k úspoře energie potřebné pro chlazení technologie KGJ. V obou případech to povede k vylepšení ekonomické efektivity podniku. Při uvažovaném příkonu $429 \text{ kW}_t \cdot \text{h}^{-1}$ tepla a průměrném čistém výkonu 32 kW_e elektřiny bude roční vyrobený výkon jednotky 272.000 kWh_e . Dále dojde k úspoře elektřiny ve výši 42.500 kWh_e nyní potřebné na chlazení technologie KGJ. Při těchto technických výstupech je počítáno s ročním výnosem $1.140,7$ tisíc Kč. Pro celkovou investici $6.335,0$ tisíc Kč vychází předpokládaná doba návratnosti investice přibližně 5,5 roku. I z ekonomického hodnocení uvedeného v kapitole 4.6 je patrné, že také ostatní kritéria spatřují tuto investici jako efektivní.

Provoz technologie s ORC systémem je možnou alternativou, jak využívat přebytečnou tepelnou energii a v tomto případě z ní vyrábět potřebnou energii elektrickou, jejíž cena neustále roste. Další výhodou tohoto systému je pozitivní vliv na životní prostředí právě díky využívání tepla a zabránění jeho zbytečného uvolňování do atmosféry a přispívání tak k tolik diskutovanému globálnímu oteplování. Bohužel i tento systém má své nevýhody. Základní nevýhodou je změna pohledu ERÚ na využívání tepla ORC technologií a jeho vyřazení z tzv. uplatnění užitečného tepla z obnovitelných zdrojů.

Seznam použité literatury

- [1] Nový prezident EBA přednesl nejnovější statistiky výroby bioplynu. In *ISG informační servis GAS*. Praha: Český plynárenský svaz, 2014. s. 85. ISSN 1212-7825.
- [2] Statistika výroby bioplynu za rok 2013. In *ISG informační servis GAS*. Praha: Český plynárenský svaz, 2014. s. 85. ISSN 1212-7825.
- [3] *Energetický regulační věstník*. Ročník 14. Jihlava: ERÚ, 2014. 16 s. [online]. 2014-11-12. [cit. 2014-12-11]. Dostupné z <http://www.eru.cz/documents/10540/613886/ERV_4_2014/4f60ee4b-5bfa-4636-846f-5c7dee3d8683>
- [4] *Council directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste*. [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0031&rid=1>>
- [5] *Regulation (EC) No 1069/2009 of the European parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal by-products Regulation)*. [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R1069-20140101&rid=1>>
- [6] *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*. [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&rid=1>>
- [7] *Zákon č.185/2001 Sb., ze dne 15. května 2001, o odpadech a o změně některých dalších zákonů*. [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/\\$file/Zakon_185_2001.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/$file/Zakon_185_2001.pdf)>
- [8] *Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů*. [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/744b4ecf4745be95c12570060044610a?OpenDocument>>
- [9] *Vyhláška č.341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na*

- skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.* [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/5d5bc2d98306d4fec125770600325b84?OpenDocument>>
- [10] *Nařízení vlády č. 352/2014 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky na období 2015-2024.* [online]. [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_141222_Vlada_schvalila_POH/\\$FILE/POH%20CR%20352%202014%20narizeni%20vlady%20sb0141-2014.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_141222_Vlada_schvalila_POH/$FILE/POH%20CR%20352%202014%20narizeni%20vlady%20sb0141-2014.pdf)>
- [11] *Zákon č.180/2005 Sb., ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů.* [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: <[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/94D8ACBE55D98F61C1257074002922F8/\\$file/137-10.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/94D8ACBE55D98F61C1257074002922F8/$file/137-10.pdf)>
- [12] USŤAK, S. et.al. *Bioplynová fermentace biomasy a biologicky rozložitelných odpadů.* 2. vydání. Praha: CZ Biom a Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2006. 180 s. ISBN 80-86555-78-X.
- [13] MALAŤÁK, J. – VACULÍK, P. *Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství: Zpracování biologicky rozložitelných odpadů.* 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 180 s. ISBN 978-80-213-1747-5.
- [14] PASTOREK, Z. – KÁRA, J. – JEVIČ, P. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie.* Praha: FCC Public, 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.
- [15] JUCHELKOVÁ, D. *Likvidace a využití odpadů.* 1. vydání. Ostrava: VŠB technická univerzita Ostrava, 2000. 76 s. ISBN 80-7078-747-3.
- [16] VÁŇA, J. – USŤAK, S. *Využití odpadů a surovin ze zemědělského provozu k výrobě bioplynu.* In *Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství, Zemědělské bioplynové stanice.* 1. Vydání. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o., 2010. s. 28-39. ISBN 978-80-86832-49-4.
- [17] STRAKA, F. et.al. *Bioplyn: příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů.* 2. rozšířené a doplněné vydání. Říčany: GAS s.r.o., 2006. 726 s. ISBN 80-7328-090-6.
- [18] ALTMAN, V. - VACULÍK, P. – MIMRA, M. *Technika pro zpracování komunálního odpadu.* 1. Vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2.
- [19] *Výstavba komunálních bioplynových stanic s využitím BRKO.* Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2009. [online]. [cit. 2014-10-14]. Dostupné z: <<http://czbiom.cz/wp-content/uploads/bioplynky.pdf>>
- [20] *Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2013.* Praha: Ministerstvo

- životního prostředí, 2013. [online]. [cit. 2014-10-15]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Ro%C4%8Denka%20%C5%BDP%20%C4%8CR%202013_0.pdf>
- [21] Veřejný informační systém odpadového hospodářství Ministerstva životního prostředí. [online]. [cit. 2014-10-15]. Dostupné z: <<http://isoh.cenia.cz/groupisoh/>>
- [22] *Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2012. 100 s. ISBN 978-80-7434-074-1. [online]. [cit. 2014-10-18]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/179051/APB_final_web.pdf>
- [23] *Roste výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů*. Český statistický úřad. [online]. [cit. 2014-10-18]. Dostupné z: <http://notes.czso.cz/csu/tz.nsf/i/roste_vyroba_elektriny_z_obnovitelnych_zdroju_20141008>
- [24] *Desatero bioplynových stanic*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2007. 24 s. ISBN 978-80-7084-618-6.
- [25] KRATOHVÍLOVÁ, Z. et.al. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. Praha: CZ Biom – České sdružení pro biomasu, 2009. 157 s. [online]. [cit. 2014-10-19]. Dostupné z: <http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pruvodce_vyrobou_vyuzitim_bioplynu.pdf>
- [26] ZEMÁNEK, P. et.al. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze, 2010. 113 s. ISBN 978-80-86884-52-3.
- [27] KROPÁČEK, I. – HABART, J. *Mechanicko - biologická úprava odpadov*. Biom.cz [online]. 2004-10-06 [cit. 2014-10-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mechanicko-biologicka-uprava-odpadov>>. ISSN: 1801-2655.
- [28] KŘIVÁČEK, I. *Zhodnocení technologie a techniky zpracování komunálních biologicky rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu*. Praha, 2012. 44 s. Bakalářská práce na ČZU v Praze. Vedoucí práce Jan Malaťák.
- [29] HUTŇAN, M. et.al. *Produkcia bioplynu z biomasy*. In *Produkcia bioplynu, pyrolýza, splynovanie – efektívny spôsob zhodnotenia biomasy ako obnoviteľného zdroja energie*. Bratislava: Ústav chemického a environmentálneho inžinierstva FCHPT STU, 2010. s. 4-35. ISBN 978-80-89088-88-1.
- [30] KAJAN, M. – LHOTSKÝ, R. *Možnosti zvýšení výroby bioplynu na stávajících zařízeních*. Třeboň: ENKI o.p.s., 2006. 122 s. [online]. [cit.2014-10-26]. Dostupné z: <<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/30.pdf>>
- [31] SCHULZ, H. – EDER, B. *Bioplyn v praxi: Základy, plánování, stavba zařízení, příklady*. Přel. M.Šedivá, 1. české vydání. Ostrava: nakladatelství HEL, 2004. 168 s. ISBN-80-86167-21-6.

- [32] KÁRA, J. et.al. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. 1. vydání. Praha: VÚZT v.v.i., 2007. 117 s. ISBN 978-80-86884-28-8.
- [33] BRANDEJSOVÁ, E. – PŘIBYLA, Z. *Bioplynové stanice: zásady zřizování a provozu plynového hospodářství*. Praha: GAS s.r.o., 2009. 118 s. ISBN 978-80-7328-192-2.
- [34] STRAKA, F. – DOUCHA, J. *Nové možnosti energetického využití bioplynu*. Biom.cz [online]. 2011-07-11 [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-moznosti-energetickeho-vyuziti-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [35] Bioplyn a jeho energetické využití. In *Energetické využití odpadů: Odpad je nevyčerpatelný zdroj energie*. Praha: Odpadové fórum, 2010. s. 16-17. ISBN 978-80-85990-15-7.
- [36] *Ocenění nemovitosti č.0112/1/2013/V*. Praha: Ústav oceňování majetku ČKOM a.s., 2013. 43 s.
- [37] *Provozní řád: Zemědělská bioplynová stanice Jankov*. Ratměřice: 2012. 33 s.
- [38] *Technische Beschreibung BHKW JMS 312 GS-B.L D25: Farmtec BGA Jankov-Ratmerice (CZ, SO 10619)*. Jenbach: GE Jenbacher GmbH Austria, 2012. 38 s.
- [39] *Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů*. MPO 2012. 103 s. [online]. [cit.2014-12-10]. Dostupné z <<http://www.mpo.cz/dokument120572.html>>
- [40] CZ Biom: *Využití odpadního tepla z výroby bioplynu*. Biom.cz [online]. 2020-12-18 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vyroby-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [41] RUTZ, D. – RAMANAUSKAITE, R. – JANSSEN, R. *Sustainable Heat Use of Biogas Plants*. Mnichov, Germany: WIP Renewable Energies, 2012. 82 s. ISBN 978-3-936338-29-4.
- [42] VOŘÍŠEK, T. – MÁLEK B. *Udržitelné využívání tepla z bioplynových stanic: Předběžná studie proveditelnosti využití tepla u bioplynové stanice*. Praha: SEVEn, 2013. 25 s. [online]. [cit.2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.biogasheat.org/wp-content/uploads/2014/02/D3.5e_SEVEn_CZ.pdf>
- [43] PAVELKOVÁ, E. – ŽIVĚLOVÁ, I. *Posouzení ekonomické efektivity výroby elektrické energie z odpadního tepla*. Elektrevue.cz. [online]. 2011-04-06 [cit.2014-12-20]. Dostupné z: <<http://www.elektrevue.cz/cz/clanky/energetika--vykonova-elektronika--elektrotechnologie/50/posouzeni-ekonomicke-efektivnosti-vyroby-elektricke-energie--z-odpadniho-tepla/>>
- [44] *About GB Consulting*. [online]. [cit.2014-12-29]. Dostupné z: <<http://www.gmachine.eu/about-gb-consulting>>
- [45] *What is a Green Machine?*. [online]. [cit.2014-12-29]. Dostupné z:

<http://electratherm.com/orc_knowledge_center/what_is_a_green_machine/>

- [46] *Technický popis a cenová nabídka ORC technologie Green Machine*. Brno: GB Consulting, 2014. 16 s.
- [47] *Zákon č.586/1992 Sb., o daních z příjmů*. [online]. [cit.2015-03-01]. Dostupné z: <<http://business.center.cz/business/pravo/zakony/dprij/>>
- [48] ROŠOCHATECKÁ, E. et.al. *Ekonomika podniků*. 10. Vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. 209 s. ISBN 978-80-213-2259-2.
- [49] HOMOLKA, J. et.al. *Podniková ekonomika a řízení*. 1. Vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013. 288 s. ISBN 978-80-213-2398-8.

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Specifická produkce bioplynu základních složek biomasy

Tabulka 2.2: Produkce BRO za roky 2011-2013

Tabulka 2.3: Celkový energetický potenciál biomasy v ČR

Tabulka 2.4: Vybrané fyzikální vlastnosti bioplynu

Tabulka 3.1: Povolená množství zpracovávané biomasy

Tabulka 3.2: Elementární složení bioplynu

Tabulka 3.3: Základní technická data KGJ JMS 312 GS-B.L

Tabulka 3.4: Projektovaná energetická bilance BPS

Tabulka 3.5: Teoretická roční tepelná bilance

Tabulka 4.1: Porovnání důležitých parametrů KGJ a GM

Tabulka 4.2: Porovnání vybraných hledisek

Tabulka 4.3: Technické parametry pro provoz jednotky GM

Tabulka 4.4: Souhrn nákladů na jednotku GM

Tabulka 4.5: Souhrn výnosů při použití jednotky GM

Tabulka 4.6: Výpočet ČSH

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Schéma mechanismu vzniku bioplynu

Obrázek 2.2: Schéma změn složení bioplynu při náběhu fermentace

Obrázek 2.3: Schéma strojní linky na výrobu bioplynu

Obrázek 3.1: Dávkovací zařízení

Obrázek 3.2: Anaerobní fermentor

Obrázek 3.3: Plynojem

Obrázek 3.4: Skladovací jímka digestátu

Obrázek 3.5: Kogenerační jednotka

Obrázek 4.1: Schéma principu funkce GM

Obrázek 4.2: Zjednodušený diagram zapojení GM

Seznam grafů

Graf 2.1: Teoretická výtěžnost bioplynu u vybraných surovin

Graf 4.1: Průměrné potřeby tepla během roku pro střední Evropu

Graf 4.2: Grafické porovnání vybraných hledisek

Graf 4.3: Denní produkce bioplynu v roce 2014

Graf 4.4: Denní produkce a spotřeba elektřiny v roce 2014

Graf 4.5: Denní produkce tepla za rok 2014

Seznam použitých zkratek

BPS	bioplynová stanice
BRO	biologicky rozložitelný odpad
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
CZT	centrální zásobování teplem
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
GM	Green Machine Series 4000
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
ISOH	Informační systém odpadového hospodářství
KGJ	kogenerační jednotka
KO	komunální odpad
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
MBÚ	mechanicko biologická úprava
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NAP	Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů
ORC	organický Rankinův cyklus
OZE	obnovitelné zdroje energie
PEZ	prvotní energetické zdroje
POH	Plán odpadového hospodářství
SKO	směsný komunální odpad
TUV	teplá užitková voda
VPŽP	vedlejší produkty živočišného původu

Seznam příloh

Příloha 1: Seznam biologicky rozložitelných odpadů dle vyhlášky č.341/2008 Sb.

Příloha 2: Schéma teplovodu pro obec

Příloha 3: Denní produkce bioplynu a elektrické energie za rok 2014

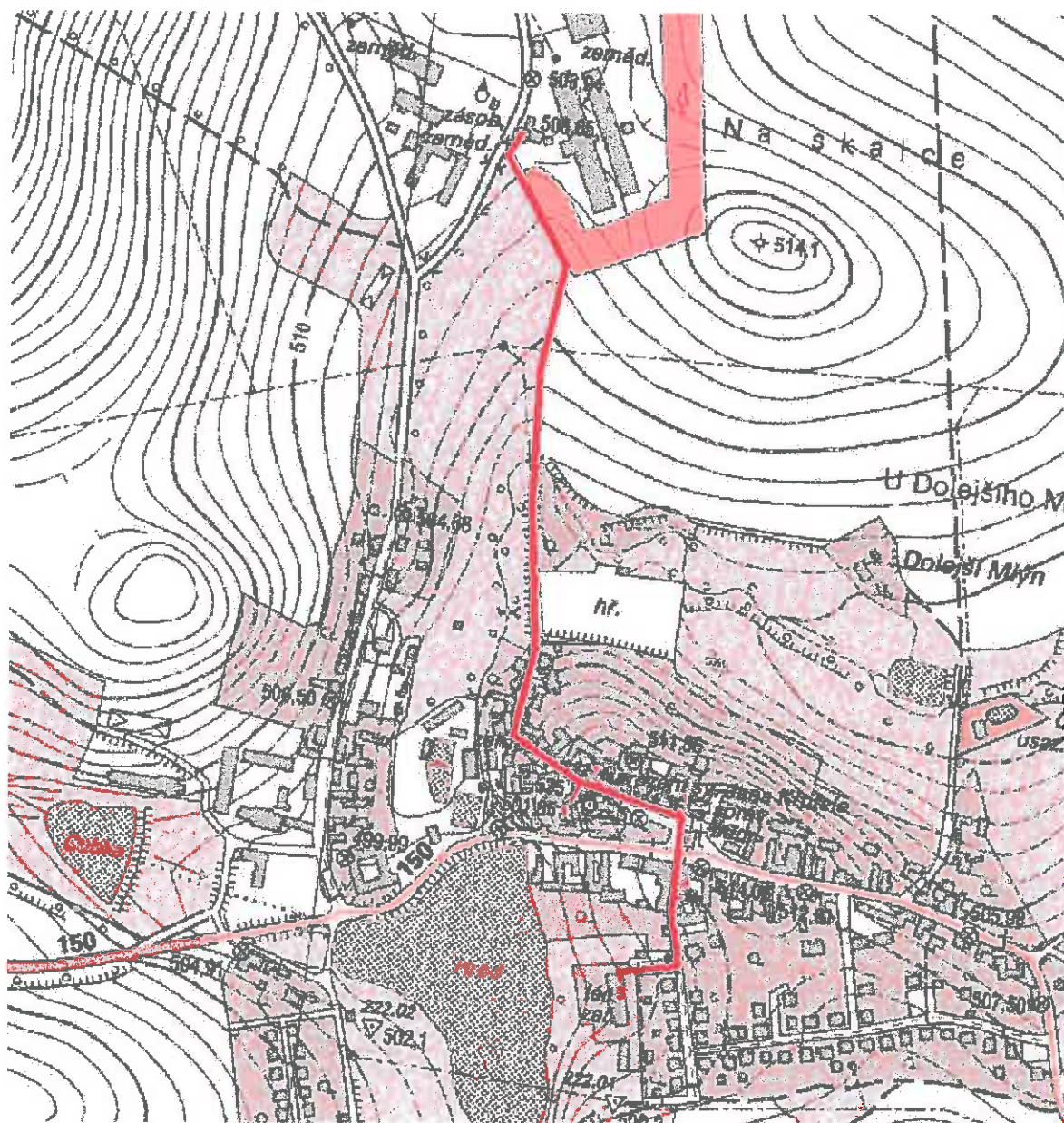
Příloha 1: Seznam biologicky rozložitelných odpadů dle vyhlášky č.341/2008 Sb.

Kód odp.	Popis odpadu
02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
02 01 01	Kaly z praní a z čištění
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalně soustředěvané odděleně a zpracováváné mimo místo vzniku
02 01 07	Odpady z lesnictví
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 02 01	Kaly z praní a čištění
02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
02 03 01	Kaly z praní, čištění, loupání, odstřeďování a separace
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 03 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 03 99	Odpady jinak blíže neurčené
02 04	Odpady z výroby cukru
02 04 01	Zemina z čištění a praní řepy
02 04 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 05	Odpady z mlékárenského průmyslu
02 05 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 05 02	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
02 06 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 06 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)
02 07 01	Odpad z praní, čištění a mechanického zpracování surovin
02 07 02	Odpad z destilace lihovin
02 07 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 07 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
03 01	Odpady ze zpracování dřeva, výroby desek a nábytku
03 01 01	Odpadní kůra a korek
03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy
03 03	Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvláknování odpadního papíru a lepenky
03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
03 03 09	Odpadní kaustifikační kal
03 03 10	Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění
03 03 11	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod 03 03 10
04 01	Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu
04 01 01	Odpadní klišovka a štípenka

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

04 01 07	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 02	Odpady z textilního průmyslu
04 02 10	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
04 02 20	Ostatní kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
15 01	Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
15 01 03	Dřevěné obaly
16 03	Vadné šarže a nepoužité výrobky
16 03 06	Organické odpady neuvedené pod číslem 16 03 05
17 02	Dřevo, sklo, plasty
17 02 01	Dřevo
19 05	Odpady z aerobního zpracování pevných odpadů
19 05 03	Kompost nevyhovující jakosti
19 06	Odpady z anaerobního zpracování odpadů
19 06 03	Extrakty z anaerobního zpracování komunálního odpadu
19 06 04	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu
19 06 05	Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
19 06 06	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného odpadu
19 08	Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
19 08 09	Směs tuků a olejů z odlučovačů tuků obsahujících pouze jedlé oleje a jedlé tuky
19 08 12	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11
19 08 14	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 13
19 09	Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely
19 09 01	Pevné odpady z primárního čištění
19 09 02	Kaly z čiření vody
19 09 03	Kaly z dekarbonizace
19 12	Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)
19 12 01	Papír a lepenka
19 12 07	Dřevo
20 01	Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)
20 01 01	Papír a lepenka s výjimkou s vysokým leskem a odpadu z tapet
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 10	Oděvy
20 01 11	Textilní materiály
20 01 25	Jedlý olej a tuk
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 38
20 02	Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 03	Ostatní komunální odpady
20 03 02	Odpad z tržišť
20 03 04	Kal ze septiků a žump
20 03 07	Objemný odpad

Příloha 2: Schéma teplovodu pro obec



- 1 – Dům s pečovatelskou službou; 2 – Mateřská škola; 3 – Obecní úřad; 4 - Základní škola;
5 – Domov seniorů

Příloha 3: Denní produkce bioplynu a elektrické energie za rok 2014

Výroba elektrické energie BPS Jankvo 2014										
Datum	Provozní hodiny KVET	Vytížení KVET	Hrubý elektrický výkon KVET	Vlastní spotřeba BPS	Vlastní spotřeba BPS	Spotřeba farmy	Zelený bonus	Výkon proudu do sítě	Proud ze sítě	Produkce bioplynu
[d:m:r]	[h:m]	[%]	[kWh]	[kWh]	[%]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[m ³]
1.1.2014	22:52	95,3	12280	1067	8,3	234	11168	10934	45	6909
2.1.2014	22:35	94,1	12130	1109	8,6	236	10962	10726	59	7018
3.1.2014	24:00	100,0	12890	1362	10,6	229	11528	11299	0	7168
4.1.2014	24:00	100,0	12890	1558	12,1	232	11332	11100	0	7284
5.1.2014	21:39	90,3	11640	1202	9,3	588	10225	9637	213	6718
6.1.2014	23:42	98,9	12740	1848	14,3	1014	10892	9878	0	7150
7.1.2014	23:29	97,8	12610	1927	15,0	1031	10683	9652	0	7157
8.1.2014	22:54	95,4	12290	1967	15,3	1091	10285	9194	38	7017
9.1.2014	19:09	79,8	10290	1177	9,1	734	8941	8207	172	5963
10.1.2014	21:36	90,1	11610	1292	10,0	614	10090	9476	228	6588
11.1.2014	22:44	94,7	12210	1547	12,0	331	10598	10267	65	6971
12.1.2014	23:30	97,9	12620	1654	12,8	332	10927	10595	39	7190
13.1.2014	24:00	100,0	12890	1788	13,9	337	11102	10765	0	7432
14.1.2014	23:16	96,8	12480	1620	12,6	312	10820	10508	40	7019
15.1.2014	21:50	91,0	11730	1357	10,5	210	10255	10045	118	6693
16.1.2014	22:14	92,6	11940	1389	10,8	43	10480	10437	71	6734
17.1.2014	22:35	94,1	12130	1490	11,6	153	10567	10414	73	6882
18.1.2014	22:22	93,2	12010	1566	12,2	37	10417	10380	27	6908
19.1.2014	22:44	94,7	12200	1698	13,2	41	10502	10461	0	7103
20.1.2014	21:35	90,0	11600	1330	10,3	378	10117	9739	153	6813
21.1.2014	24:00	100,0	12890	1713	13,3	1061	11177	10116	0	7587
22.1.2014	22:41	94,5	12180	1445	11,2	1387	10735	9348	0	7224
23.1.2014	24:00	100,0	12890	1458	11,3	1378	11432	10054	0	7258
24.1.2014	24:00	100,0	12890	1464	11,4	1149	11426	10277	0	7301
25.1.2014	22:19	93,0	11990	1273	9,9	319	10651	10332	66	6879
26.1.2014	14:14	59,3	7640	354	2,7	316	6977	6661	309	4517
27.1.2014	22:47	94,9	12230	1301	10,1	292	10889	10597	40	6999
28.1.2014	23:24	97,5	12570	1292	10,0	354	11269	10915	9	7108
29.1.2014	19:25	80,9	10430	1034	8,0	324	9212	8888	184	5840
30.1.2014	23:08	96,4	12430	1316	10,2	368	11058	10690	56	7054
31.1.2014	24:00	100,0	12890	1011	7,8	354	11879	11525	0	7962
1.2.2014	24:00	100,0	12890	1104	8,6	361	11786	11425	0	7201
2.2.2014	24:00	100,0	12890	1290	10,0	354	11600	11246	0	7204
3.2.2014	24:00	100,0	12890	1297	10,1	362	11593	11231	0	7174
4.2.2014	24:00	100,0	12890	1385	10,7	355	11505	11150	0	7232
5.2.2014	24:00	100,0	12890	1533	11,9	354	11357	11003	0	7300
6.2.2014	22:38	94,3	12150	1348	10,5	346	10727	10381	75	6785
7.2.2014	24:00	100,0	12890	1526	11,8	350	11364	11014	0	7193
8.2.2014	22:54	95,4	12290	1496	11,6	351	10794	10443	0	7075

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

9.2.2014	24:00	100,0	12890	1505	11,7	349	11385	11036	0	7178
10.2.2014	24:00	100,0	12890	1508	11,7	347	11382	11035	0	7569
11.2.2014	22:41	94,5	12180	1487	11,5	345	10693	10348	0	6906
12.2.2014	24:00	100,0	12890	1400	10,9	348	11490	11142	0	7434
13.2.2014	23:13	96,7	12460	1336	10,4	344	11081	10737	43	7189
14.2.2014	23:01	95,9	12360	1473	11,4	341	10887	10546	0	7106
15.2.2014	23:41	98,7	12720	1494	11,6	344	11226	10882	0	7212
16.2.2014	24:00	100,0	12890	1506	11,7	341	11384	11043	0	7162
17.2.2014	22:48	95,0	12240	1276	9,9	329	10960	10631	4	6916
18.2.2014	24:00	100,0	12890	1246	9,7	330	11644	11314	0	7038
19.2.2014	24:00	100,0	12890	1314	10,2	339	11576	11237	0	7226
20.2.2014	24:00	100,0	12890	1276	9,9	224	11614	11390	0	7232
21.2.2014	24:00	100,1	12900	1271	9,9	66	11629	11563	0	7271
22.2.2014	24:00	100,0	12890	1273	9,9	62	11617	11555	0	7261
23.2.2014	24:00	100,0	12890	1218	9,5	61	11672	11611	0	7154
24.2.2014	23:23	97,4	12550	1199	9,3	69	11345	11276	6	6713
25.2.2014	24:00	100,0	12890	1209	9,4	83	11681	11598	0	7110
26.2.2014	24:00	100,0	12890	1135	8,8	75	11755	11680	0	7279
27.2.2014	24:00	100,0	12890	1102	8,6	74	11788	11714	0	6823
28.2.2014	24:00	100,0	12890	1120	8,7	308	11770	11462	0	7171
1.3.2014	24:00	100,0	12890	1154	9,0	643	11736	11093	0	7416
2.3.2014	24:00	100,0	12890	1215	9,4	827	11675	10848	0	7258
3.3.2014	24:00	100,0	12890	1219	9,5	919	11671	10752	0	7289
4.3.2014	24:00	100,0	12890	1251	9,7	822	11639	10817	0	7548
5.3.2014	24:00	100,0	12890	1257	9,8	949	11633	10684	0	7293
6.3.2014	22:11	92,4	11910	994	7,7	1093	10797	9704	119	7001
7.3.2014	24:00	99,9	12880	1266	9,8	1083	11614	10531	0	7381
8.3.2014	24:00	100,0	12890	1261	9,8	1085	11629	10544	0	7152
9.3.2014	24:00	100,0	12890	1427	11,1	1097	11463	10366	0	7171
10.3.2014	22:45	94,8	12220	1427	11,1	1101	10793	9692	0	6927
11.3.2014	24:00	100,0	12890	1401	10,9	878	11489	10611	0	7311
12.3.2014	21:38	90,2	11630	1372	10,6	498	10258	9760	0	6688
13.3.2014	24:00	99,5	12830	1237	9,6	297	11593	11296	0	7385
14.3.2014	24:00	100,0	12890	1297	10,1	407	11593	11186	0	7282
15.3.2014	23:16	96,8	12480	1378	10,7	30	11102	11072	0	7213
16.3.2014	24:00	99,4	12810	1421	11,0	57	11389	11332	0	7555
17.3.2014	19:12	80,0	10310	941	7,3	278	9250	8972	119	6018
18.3.2014	22:43	94,6	12190	1239	9,6	353	10890	10537	61	7016
19.3.2014	22:40	94,4	12160	1231	9,6	41	10888	10847	41	6841
20.3.2014	24:00	100,0	12890	1280	9,9	155	11610	11455	0	7321
21.3.2014	24:00	100,0	12890	1294	10,0	75	11596	11521	0	7556
22.3.2014	23:18	96,9	12490	1356	10,5	25	11134	11109	0	7470
23.3.2014	24:00	100,0	12890	1393	10,8	43	11497	11454	0	7612
24.3.2014	23:15	96,8	12470	1361	10,6	25	11109	11084	0	7383
25.3.2014	24:00	100,0	12890	1413	11,0	25	11477	11452	0	7605
26.3.2014	23:03	96,0	12370	1315	10,2	29	11028	10999	27	7736
27.3.2014	23:39	98,0	12630	1482	11,5	259	11148	10889	0	7175
28.3.2014	22:14	92,6	11930	1177	9,1	28	10701	10673	52	6769
29.3.2014	24:00	100,0	12890	1300	10,1	52	11590	11538	0	7321
30.3.2014	24:00	100,0	12890	1363	10,6	47	11527	11480	0	7402

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

31.3.2014	23:19	97,1	12520	1362	10,6	428	11158	10730	0	7401
1.4.2014	24:00	100,0	12890	1336	10,4	176	11554	11378	0	7470
2.4.2014	24:00	100,0	12890	1377	10,7	30	11513	11483	0	7576
3.4.2014	24:00	97,9	12620	1365	10,6	289	11255	10966	0	7477
4.4.2014	24:00	98,9	12750	1348	10,5	284	11402	11118	0	7655
5.4.2014	23:01	95,4	12290	1248	9,7	416	11005	10589	37	7280
6.4.2014	24:00	97,2	12530	1368	10,6	403	11162	10759	0	7355
7.4.2014	21:33	89,8	11570	1297	10,1	283	10243	9960	30	6786
8.4.2014	23:37	97,3	12540	1290	10,0	552	11213	10661	37	7227
9.4.2014	24:00	100,0	12890	1402	10,9	111	11488	11377	0	7587
10.4.2014	24:00	98,4	12680	1357	10,5	655	11323	10668	0	7627
11.4.2014	21:52	91,1	11740	934	7,2	1195	10635	9440	171	6890
12.4.2014	24:00	100,0	12890	1362	10,6	1146	11528	10382	0	7339
13.4.2014	24:00	96,3	12410	1406	10,9	646	11004	10358	0	7188
14.4.2014	21:44	90,6	11680	1364	10,6	49	10310	10261	6	6784
15.4.2014	23:23	96,0	12370	1325	10,3	26	11025	10999	20	7292
16.4.2014	22:14	92,6	11940	1217	9,4	58	10672	10614	51	6910
17.4.2014	23:20	96,8	12470	1239	9,6	22	11205	11183	26	7128
18.4.2014	23:13	96,2	12400	1241	9,6	29	11131	11102	28	7067
19.4.2014	23:27	97,3	12540	1231	9,6	22	11305	11283	4	7145
20.4.2014	24:00	99,9	12880	1379	10,7	26	11501	11475	0	7310
21.4.2014	23:25	97,1	12510	1365	10,6	32	11123	11091	22	7196
22.4.2014	23:27	96,2	12400	1375	10,7	30	11000	10970	25	7186
23.4.2014	24:00	98,2	12650	1334	10,4	777	11316	10539	0	7455
24.4.2014	24:00	100,0	12890	1338	10,4	742	11552	10810	0	8223
25.4.2014	17:39	71,3	9190	682	5,3	145	8269	8124	239	5262
26.4.2014	23:19	97,0	12500	1219	9,5	150	11251	11101	30	7015
27.4.2014	24:00	100,0	12890	1278	9,9	136	11612	11476	0	6666
28.4.2014	24:00	100,0	12890	1334	10,4	125	11556	11431	0	6365
29.4.2014	24:00	99,9	12880	1305	10,1	136	11575	11439	0	6663
30.4.2014	24:00	100,1	12900	1284	10,0	126	11616	11490	0	7098
1.5.2014	24:00	100,0	12890	1351	10,5	75	11539	11464	0	6147
2.5.2014	24:00	100,0	12890	1353	10,5	28	11537	11509	0	6400
3.5.2014	24:00	100,0	12890	1312	10,2	31	11578	11547	0	6989
4.5.2014	24:00	100,0	12890	1324	10,3	39	11566	11527	0	7487
5.5.2014	24:00	100,0	12890	1339	10,4	40	11551	11511	0	7510
6.5.2014	24:00	100,0	12890	1374	10,7	60	11516	11456	0	7741
7.5.2014	22:13	92,5	11920	1210	9,4	99	10651	10552	59	7395
8.5.2014	24:00	100,0	12890	1310	10,2	71	11580	11509	0	7787
9.5.2014	24:00	100,0	12890	1286	10,0	84	11604	11520	0	7767
10.5.2014	24:00	100,0	12890	1265	9,8	97	11625	11528	0	7755
11.5.2014	24:00	100,0	12890	1319	10,2	87	11571	11484	0	7793
12.5.2014	24:00	100,0	12890	1545	12,0	384	11345	10961	0	7665
13.5.2014	22:15	92,8	11960	1298	10,1	362	10636	10274	26	6985
14.5.2014	24:00	100,0	12890	1380	10,7	574	11510	10936	0	7597
15.5.2014	24:00	100,0	12890	1375	10,7	646	11515	10869	0	7570
16.5.2014	24:00	100,0	12890	1342	10,4	1066	11548	10482	0	7378
17.5.2014	24:00	100,0	12890	1348	10,5	1061	11542	10481	0	7457
18.5.2014	24:00	100,0	12890	1372	10,6	1051	11518	10467	0	7616
19.5.2014	22:32	93,9	12100	1229	9,5	629	10800	10171	71	7225

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

20.5.2014	24:00	100,0	12890	1368	10,6	309	11522	11213	0	7810
21.5.2014	24:00	100,0	12890	1394	10,8	84	11496	11412	0	8305
22.5.2014	22:32	93,9	12100	1287	10,0	113	10788	10675	25	7153
23.5.2014	22:44	94,7	12200	1285	10,0	199	10894	10695	21	7003
24.5.2014	23:52	96,7	12460	1369	10,6	129	11082	10953	9	6411
25.5.2014	24:00	97,9	12620	1370	10,6	153	11250	11097	0	6737
26.5.2014	24:00	98,1	12640	1412	11,0	150	11228	11078	0	6676
27.5.2014	24:00	97,6	12580	1395	10,8	163	11185	11022	0	6767
28.5.2014	24:00	100,0	12890	1411	10,9	226	11479	11253	0	6438
29.5.2014	24:00	100,0	12890	1410	10,9	230	11480	11250	0	6792
30.5.2014	24:00	100,0	12890	1438	11,2	233	11452	11219	0	7567
31.5.2014	24:00	100,0	12890	1392	10,8	216	11498	11282	0	7671
1.6.2014	24:00	100,1	12900	1366	10,6	209	11534	11325	0	7740
2.6.2014	24:00	100,0	12890	1386	10,8	217	11504	11287	0	7791
3.6.2014	24:00	96,6	12450	1459	11,3	211	10991	10780	0	7581
4.6.2014	23:39	98,0	12630	1446	11,2	213	11172	10959	12	7477
5.6.2014	23:34	96,3	12410	1308	10,1	209	11067	10858	35	7432
6.6.2014	22:34	94,0	12110	1163	9,0	217	10896	10679	51	6930
7.6.2014	24:00	100,0	12890	1420	11,0	199	11470	11271	0	6870
8.6.2014	24:00	100,0	12890	1424	11,0	218	11466	11248	0	6053
9.6.2014	23:37	97,9	12620	1386	10,8	213	11213	11000	21	5891
10.6.2014	24:00	100,0	12890	1460	11,3	210	11430	11220	0	6892
11.6.2014	24:00	100,0	12890	1433	11,1	224	11457	11233	0	5966
12.6.2014	24:00	100,0	12890	1495	11,6	114	11395	11281	0	6341
13.6.2014	24:00	100,0	12890	1484	11,5	25	11406	11381	0	6114
14.6.2014	24:00	100,0	12890	1251	9,7	140	11639	11499	0	6551
15.6.2014	24:00	100,0	12890	1408	10,9	209	11482	11273	0	7432
16.6.2014	24:00	100,0	12890	1380	10,7	881	11510	10629	0	7669
17.6.2014	24:00	100,0	12890	1405	10,9	952	11485	10533	0	7769
18.6.2014	24:00	100,0	12890	1384	10,7	452	11506	11054	0	7763
19.6.2014	24:00	100,0	12890	1362	10,6	325	11528	11203	0	7143
20.6.2014	24:00	100,0	12890	1276	9,9	296	11614	11318	0	7772
21.6.2014	24:00	100,0	12890	1283	10,0	219	11607	11388	0	7745
22.6.2014	24:00	100,0	12890	1377	10,7	208	11513	11305	0	7752
23.6.2014	24:00	99,8	12860	1399	10,9	419	11461	11042	0	7739
24.6.2014	24:00	99,5	12830	1440	11,2	347	11390	11043	0	7787
25.6.2014	24:00	99,9	12880	1359	10,5	325	11521	11196	0	7699
26.6.2014	24:00	100,0	12890	1271	9,9	347	11619	11272	0	7710
27.6.2014	24:00	100,1	12900	1379	10,7	252	11521	11269	0	7881
28.6.2014	24:00	100,0	12890	1328	10,3	221	11562	11341	0	7815
29.6.2014	24:00	100,0	12890	1279	9,9	213	11611	11398	0	7827
30.6.2014	24:00	100,0	12890	1200	9,3	211	11690	11479	0	7807
1.7.2014	24:00	100,0	12890	1167	9,1	209	11723	11514	0	7690
2.7.2014	24:00	100,0	12890	1211	9,4	226	11679	11453	0	7568
3.7.2014	24:00	100,0	12890	1313	10,2	224	11577	11353	0	7680
4.7.2014	23:39	95,3	12280	1261	9,8	219	11001	10782	18	6830
5.7.2014	23:29	95,5	12310	1288	10,0	207	11013	10806	9	5712
6.7.2014	24:00	98,5	12690	1338	10,4	230	11352	11122	0	5376
7.7.2014	24:00	98,1	12640	1338	10,4	215	11302	11087	0	6120
8.7.2014	24:00	99,8	12860	1327	10,3	204	11533	11329	0	6392

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

9.7.2014	24:00	99,9	12870	1334	10,4	131	11536	11405	0	6365
10.7.2014	24:00	98,7	12720	1340	10,4	91	11380	11289	0	7774
11.7.2014	24:00	99,9	12880	1263	9,8	114	11617	11503	0	7750
12.7.2014	24:00	100,0	12890	1232	9,6	97	11658	11561	0	7990
13.7.2014	24:00	100,0	12890	1252	9,7	129	11638	11509	0	7830
14.7.2014	24:00	100,0	12890	1264	9,8	124	11626	11502	0	7786
15.7.2014	24:00	100,1	12900	1245	9,7	135	11655	11520	0	7518
16.7.2014	24:00	100,0	12890	1321	10,2	156	11569	11413	0	7565
17.7.2014	24:00	100,0	12890	1287	10,0	158	11603	11445	0	5921
18.7.2014	24:00	98,7	12720	1337	10,4	144	11383	11239	0	6843
19.7.2014	24:00	98,7	12720	1312	10,2	158	11408	11250	0	6682
20.7.2014	21:24	89,2	11500	1100	8,5	131	10347	10216	53	7159
21.7.2014	24:00	100,0	12890	1210	9,4	167	11680	11513	0	7747
22.7.2014	15:51	63,3	8160	661	5,1	110	7333	7223	166	4226
23.7.2014	22:43	94,6	12190	1238	9,6	152	10921	10769	31	6379
24.7.2014	22:23	93,3	12030	1230	9,5	148	10777	10629	23	5571
25.7.2014	24:00	100,0	12890	1326	10,3	152	11564	11412	0	6829
26.7.2014	24:00	100,0	12890	1323	10,3	153	11567	11414	0	6664
27.7.2014	24:00	100,1	12900	1326	10,3	161	11574	11413	0	6847
28.7.2014	24:00	100,0	12890	1311	10,2	151	11579	11428	0	6864
29.7.2014	24:00	100,0	12890	1334	10,4	167	11556	11389	0	6742
30.7.2014	24:00	97,8	12610	1337	10,4	177	11273	11096	0	6795
31.7.2014	24:00	98,0	12630	1326	10,3	576	11304	10728	0	5777
1.8.2014	24:00	95,0	12250	1283	10,0	1189	10967	9778	0	5508
2.8.2014	22:26	93,5	12050	1153	8,9	1208	10839	9631	58	5703
3.8.2014	23:50	97,4	12550	1165	9,0	809	11367	10558	18	6892
4.8.2014	24:00	100,0	12890	1195	9,3	319	11695	11376	0	7024
5.8.2014	24:00	100,0	12890	1241	9,6	374	11649	11275	0	7552
6.8.2014	24:00	100,0	12890	1337	10,4	213	11553	11340	0	7720
7.8.2014	23:50	96,1	12390	1291	10,0	193	11090	10897	9	7690
8.8.2014	23:49	96,6	12450	1273	9,9	288	11166	10878	11	6939
9.8.2014	21:30	89,6	11550	1174	9,1	310	10344	10034	32	6167
10.8.2014	21:48	90,8	11700	1180	9,2	309	10520	10211	0	6734
11.8.2014	24:00	97,1	12510	1257	9,8	320	11253	10933	0	6591
12.8.2014	21:09	88,1	11360	1006	7,8	237	10249	10012	105	6924
13.8.2014	24:00	97,1	12520	1326	10,3	532	11194	10662	0	7756
14.8.2014	24:00	100,0	12890	1386	10,8	1178	11504	10326	0	7863
15.8.2014	24:00	100,0	12890	1407	10,9	800	11483	10683	0	7887
16.8.2014	24:00	97,9	12620	1413	11,0	457	11207	10750	0	7546
17.8.2014	24:00	99,4	12810	1394	10,8	460	11416	10956	0	7777
18.8.2014	24:00	100,0	12890	1440	11,2	260	11450	11190	0	7784
19.8.2014	24:00	100,0	12890	1439	11,2	125	11451	11326	0	7627
20.8.2014	22:40	94,4	12170	1387	10,8	604	10783	10179	0	7322
21.8.2014	24:00	97,1	12510	1404	10,9	495	11106	10611	0	7556
22.8.2014	24:00	97,4	12550	1402	10,9	398	11148	10750	0	7666
23.8.2014	24:00	98,6	12710	1353	10,5	90	11357	11267	0	7549
24.8.2014	24:00	98,5	12700	1338	10,4	91	11362	11271	0	7469
25.8.2014	24:00	100,0	12890	1399	10,9	412	11491	11079	0	7593
26.8.2014	22:23	93,3	12030	1438	11,2	660	10592	9932	0	7187
27.8.2014	22:16	92,9	11970	1470	11,4	322	10500	10178	0	7011

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

28.8.2014	21:23	89,1	11480	1420	11,0	200	10060	9860	0	6748
29.8.2014	21:32	89,7	11560	1521	11,8	190	10039	9849	0	6803
30.8.2014	22:34	94,0	12120	1455	11,3	112	10665	10553	0	7221
31.8.2014	24:00	96,8	12470	1495	11,6	144	10975	10831	0	6827
1.9.2014	19:26	81,0	10440	1192	9,2	118	9172	9054	76	6238
2.9.2014	24:00	95,7	12340	1427	11,1	118	10913	10795	0	7235
3.9.2014	24:00	95,0	12240	1586	12,3	99	10654	10555	0	7325
4.9.2014	22:04	91,9	11850	1508	11,7	121	10342	10221	0	6702
5.9.2014	19:39	81,9	10560	1439	11,2	125	9121	8996	0	6265
6.9.2014	19:41	82,9	10680	1195	9,3	118	9377	9259	108	6784
7.9.2014	20:48	86,7	11180	1416	11,0	119	9764	9645	0	7609
8.9.2014	21:53	91,2	11760	1384	10,7	114	10361	10247	15	7396
9.9.2014	24:00	96,3	12410	1457	11,3	113	10953	10840	0	6230
10.9.2014	21:15	88,5	11400	1413	11,0	146	9987	9841	0	5911
11.9.2014	24:00	100,0	12890	1471	11,4	903	11419	10516	0	7703
12.9.2014	24:00	96,7	12460	1443	11,2	429	11017	10588	0	7510
13.9.2014	21:43	90,5	11670	1404	10,9	91	10256	10165	10	7216
14.9.2014	21:56	91,4	11780	1401	10,9	122	10379	10257	0	7188
15.9.2014	21:59	91,6	11810	1356	10,5	457	10442	9985	12	7185
16.9.2014	24:00	96,5	12440	1429	11,1	491	11011	10520	0	7491
17.9.2014	24:00	96,4	12430	1451	11,3	1191	10979	9788	0	7541
18.9.2014	24:00	96,1	12390	1397	10,8	568	10993	10425	0	7587
19.9.2014	24:00	97,1	12520	1448	11,2	136	11072	10936	0	7638
20.9.2014	22:55	95,3	12280	1359	10,5	94	10899	10805	22	7400
21.9.2014	24:00	100,0	12890	1418	11,0	113	11472	11359	0	7838
22.9.2014	22:41	94,5	12180	1419	11,0	128	10725	10597	36	7226
23.9.2014	24:00	100,0	12890	1223	9,5	159	11667	11508	0	7608
24.9.2014	24:00	100,0	12890	1282	9,9	164	11608	11444	0	7617
25.9.2014	24:00	100,0	12890	1369	10,6	159	11521	11362	0	7497
26.9.2014	24:00	100,0	12890	1334	10,4	168	11556	11388	0	7525
27.9.2014	24:00	94,8	12220	1341	10,4	173	10879	10706	0	7185
28.9.2014	22:23	93,3	12020	1251	9,7	167	10769	10602	0	7103
29.9.2014	24:00	96,6	12450	1276	9,9	170	11174	11004	0	7454
30.9.2014	24:00	100,1	12900	1330	10,3	159	11570	11411	0	7622
1.10.2014	24:00	100,0	12890	1331	10,3	162	11559	11397	0	7676
2.10.2014	23:25	96,7	12460	1063	8,2	180	11367	11187	30	7453
3.10.2014	24:00	100,0	12890	1197	9,3	169	11693	11524	0	7564
4.10.2014	24:00	100,0	12890	1195	9,3	153	11695	11542	0	7514
5.10.2014	24:00	100,0	12890	1203	9,3	160	11687	11527	0	7607
6.10.2014	23:06	95,8	12350	1075	8,3	148	11258	11110	17	7599
7.10.2014	22:37	94,2	12140	1006	7,8	138	11107	10969	27	7780
8.10.2014	24:00	100,0	12890	1146	8,9	154	11744	11590	0	8642
9.10.2014	24:00	100,0	12890	1138	8,8	556	11752	11196	0	8445
10.10.2014	24:00	100,0	12890	1143	8,9	1027	11747	10720	0	8366
11.10.2014	24:00	100,0	12890	1150	8,9	224	11740	11516	0	8240
12.10.2014	24:00	100,0	12890	1156	9,0	157	11734	11577	0	8036
13.10.2014	24:00	100,0	12890	1167	9,1	157	11723	11566	0	8032
14.10.2014	13:13	53,7	6920	510	4,0	107	6318	6211	92	4352
15.10.2014	24:00	100,0	12890	1119	8,7	149	11771	11622	0	7758
16.10.2014	24:00	100,0	12890	1193	9,3	166	11697	11531	0	7791

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

17.10.2014	24:00	100,0	12890	1134	8,8	154	11756	11602	0	7875
18.10.2014	24:00	100,0	12890	1104	8,6	157	11786	11629	0	7771
19.10.2014	24:00	100,0	12890	1134	8,8	190	11756	11566	0	7892
20.10.2014	24:00	100,0	12890	1171	9,1	169	11719	11550	0	7731
21.10.2014	24:00	100,0	12890	1160	9,0	600	11730	11130	0	7788
22.10.2014	22:28	93,7	12080	1053	8,2	281	11015	10734	12	7195
23.10.2014	23:25	97,1	12520	1059	8,2	162	11456	11294	5	7326
24.10.2014	21:34	89,9	11590	1060	8,2	160	10530	10370	0	6690
25.10.2014	17:34	73,2	9440	1113	8,6	136	8327	8191	0	5559
26.10.2014	21:24	89,2	11500	1332	10,3	128	10168	10040	0	6643
27.10.2014	21:18	88,8	11450	1199	9,3	149	10195	10046	56	6628
28.10.2014	24:00	95,3	12280	1225	9,5	141	11055	10914	0	7195
29.10.2014	22:05	92,0	11860	1200	9,3	140	10660	10520	0	6938
30.10.2014	24:00	100,0	12890	1177	9,1	155	11713	11558	0	7448
31.10.2014	24:00	100,0	12890	1193	9,3	152	11697	11545	0	7427
1.11.2014	24:00	100,0	12890	1242	9,6	133	11648	11515	0	7579
2.11.2014	24:00	100,1	12900	1137	8,8	138	11763	11625	0	7671
3.11.2014	24:00	100,0	12890	1199	9,3	155	11691	11536	0	7639
4.11.2014	22:41	94,5	12180	1162	9,0	148	11018	10870	0	7435
5.11.2014	24:00	100,0	12890	1236	9,6	356	11654	11298	0	7745
6.11.2014	22:25	93,4	12040	1252	9,7	232	10788	10556	0	7265
7.11.2014	24:00	99,9	12880	1128	8,8	405	11752	11347	0	7735
8.11.2014	24:00	100,0	12890	1134	8,8	215	11756	11541	0	7653
9.11.2014	24:00	100,0	12890	1179	9,1	164	11711	11547	0	7743
10.11.2014	24:00	100,0	12890	1209	9,4	201	11681	11480	0	7808
11.11.2014	24:00	100,1	12900	1212	9,4	152	11688	11536	0	7781
12.11.2014	24:00	100,0	12890	1232	9,6	153	11658	11505	0	7772
13.11.2014	24:00	100,0	12890	1210	9,4	123	11680	11557	0	7680
14.11.2014	24:00	100,0	12890	1223	9,5	130	11667	11537	0	7675
15.11.2014	24:00	100,0	12890	1176	9,1	114	11714	11600	0	7858
16.11.2014	24:00	100,0	12890	1127	8,7	132	11763	11631	0	7847
17.11.2014	24:00	100,0	12890	1131	8,8	198	11759	11561	0	7911
18.11.2014	24:00	100,0	12890	1211	9,4	114	11679	11565	0	7677
19.11.2014	24:00	100,0	12890	1184	9,2	120	11706	11586	0	10753
20.11.2014	24:00	100,0	12890	1242	9,6	131	11648	11517	0	7316
21.11.2014	24:00	100,0	12890	1171	9,1	131	11719	11588	0	7462
22.11.2014	24:00	100,0	12890	1179	9,1	115	11711	11596	0	7412
23.11.2014	24:00	100,0	12890	1176	9,1	124	11714	11590	0	7351
24.11.2014	24:00	100,0	12890	1093	8,5	118	11797	11679	0	7402
25.11.2014	24:00	100,0	12890	1188	9,2	131	11702	11571	0	7406
26.11.2014	24:00	100,0	12890	1190	9,2	118	11700	11582	0	7379
27.11.2014	24:00	100,0	12890	1242	9,6	108	11648	11540	0	7314
28.11.2014	24:00	100,0	12890	1243	9,6	117	11647	11530	0	7332
29.11.2014	18:17	75,5	9730	851	6,6	89	8862	8773	17	5657
30.11.2014	24:00	100,0	12890	1084	8,4	115	11806	11691	0	7422
1.12.2014	24:00	100,0	12890	1164	9,0	125	11726	11601	0	7333
2.12.2014	24:00	100,0	12890	1207	9,4	117	11683	11566	0	7285
3.12.2014	24:00	100,0	12890	1181	9,2	121	11709	11588	0	7378
4.12.2014	24:00	100,0	12890	1205	9,3	114	11685	11571	0	7486
5.12.2014	24:00	100,0	12890	1177	9,1	128	11713	11585	0	7438

Intenzifikace vybrané bioplynové stanice

6.12.2014	24:00	100,0	12890	1166	9,0	110	11724	11614	0	7176
7.12.2014	24:00	100,0	12890	1196	9,3	141	11694	11553	0	7326
8.12.2014	24:00	100,0	12890	1110	8,6	601	11780	11179	0	7300
9.12.2014	24:00	100,1	12900	1052	8,2	1156	11848	10692	0	7246
10.12.2014	24:00	100,0	12890	1146	8,9	834	11744	10910	0	7245
11.12.2014	24:00	100,0	12890	1194	9,3	123	11696	11573	0	7466
12.12.2014	24:00	100,0	12890	1134	8,8	134	11756	11622	0	7244
13.12.2014	24:00	100,0	12890	1193	9,3	127	11697	11570	0	7358
14.12.2014	24:00	100,0	12890	1202	9,3	127	11688	11561	0	7442
15.12.2014	24:00	100,0	12890	1213	9,4	124	11677	11553	0	7150
16.12.2014	24:00	100,0	12890	1171	9,1	134	11719	11585	0	7144
17.12.2014	21:53	91,2	11760	940	7,3	110	10764	10654	56	5735
18.12.2014	24:00	100,0	12890	1132	8,8	120	11758	11638	0	7288
19.12.2014	24:00	100,0	12890	1213	9,4	123	11677	11554	0	7417
20.12.2014	23:02	95,7	12330	1017	7,9	108	11296	11188	17	7057
21.12.2014	24:00	100,0	12890	1095	8,5	115	11795	11680	0	7188
22.12.2014	24:00	100,0	12890	1162	9,0	596	11728	11132	0	7429
23.12.2014	24:00	100,0	12890	1081	8,4	1257	11809	10552	0	7371
24.12.2014	24:00	100,0	12890	1114	8,6	568	11776	11208	0	7279
25.12.2014	24:00	100,0	12890	1081	8,4	116	11809	11693	0	7212
26.12.2014	24:00	100,0	12890	1069	8,3	116	11821	11705	0	7271
27.12.2014	24:00	100,0	12890	1072	8,3	118	11818	11700	0	7373
28.12.2014	24:00	100,0	12890	1072	8,3	123	11818	11695	0	7330
29.12.2014	24:00	100,1	12900	1086	8,4	121	11814	11693	0	7204
30.12.2014	24:00	100,0	12890	1137	8,8	134	11753	11619	0	7181
31.12.2014	24:00	97,9	12620	1147	8,9	110	11473	11363	0	7283
CELKEM	8 542,5	97,1	4 569 590	469 985	10,0	108 102	4 094 856	3 986 754	4 749	2 632 544