

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

**KATEDRA ZEMĚDĚLSKÉ DOPRAVNÍ A
MANIPULAČNÍ TECHNIKY**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh využití tepla produkovaného v kogeneračních jednotkách
bioplynových stanic

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Frolík, Csc.

Autor:

Radim Kuneš

2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2011/2012

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

Jméno a příjmení: **Radim KUNEŠ**
Osobní číslo: **Z10049**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Návrh využití tepla produkovaného v kogeneračních jednotkách bioplynových stanic.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cílem práce je navrhnout a vyhodnotit využití tepla produkovaného spalovacím motorem v kogeneračních jednotkách bioplynových stanic.

1. Základní suroviny pro výrobu bioplynu a jejich vliv na výtěžnost, vlastnosti a chemické složení získaného plynu.
2. Úpravy motoru pro spalování bioplynu a výkon jednotlivých typů používaných kogeneračních jednotek.
3. Zdroje a bilance tepelné energie produkované kogenerační jednotkou.
4. Teplotní úroveň a nositel tepelné energie.
5. Akumulace tepelné energie a její přenos.
6. Jednoduché finanční vyhodnocení efektivnosti navržených řešení.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J.: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. VÚZT, Praha, 2007. ISBN 978-80-86888-28-1;
SLADKÝ, V.: Studie vytápění obce palivem z biomasy. [Study of community heating by biomass fuel]. Energie 21, 2009, roč. 2, č. 5, s. 12-15;
KÁRA, J. Směry rozvoje bioplynových stanic v zemědělství. [Trends in biogas plants development in agriculture]. Mechanizace zemědělství, 2007, roč. 57, č. 5, s. 26-30;
KÁRA., J., KAZDA, M. Bioplynová stanice jako součást centralizovaného zásobování teplem v obci. [Biogas plant as a part of centralized heat supply in a community]. In JEVÍČ, P., ŠEDIVÁ, Z., PLÍVA, P. (ed.). Co se zbytkovou biomasou v zemědělství - hnojivo, energie, suroviny? Sborník přednášek a odborných prací vydaný k mezinárodnímu semináři konanému 25.6.2009 jako odborná doprovodná akce Národní výstavy hospodářských zvířat a zemědělské techniky, Brno - Výstaviště. Praha : VÚZT ve spolupráci MZe ČR - ČZU - TF - KTZS, 2009, č. 1, s. 56-61. ISBN 978-80-86884-45-5.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Frolík, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

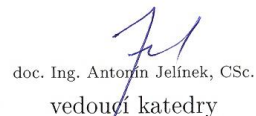
Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2013**



Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studená 13
370 05 České Budějovice



doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 26. března 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma návrh využití tepla produkovaného v kogeneračních jednotkách bioplynových stanic vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů v platném znění.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Josefu Frolíkovi, Csc., za rady a pomoc při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat zemědělskému družstvu Novosedly za prohlídku bioplynové stanice a za poskytnutí podkladů ke zpracování bakalářské práce.

ABSTRAKT:

Cílem bakalářské práce je navrhnout a vyhodnotit využití tepla produkovaného spalovacím motorem v kogeneračních jednotkách bioplynových stanic. V úvodních částech se zabývám vznikem bioplynu, jeho složením a podmínkami jeho výroby. Dalšími faktory, o kterých se zmiňuji, jsou vstupní suroviny a jejich vliv na výtěžnost bioplynu. Dále popisují kogenerační jednotky a jejich motory.

V další části se věnuji popisu bioplynové stanice Novosedly. Zmiňuji jednotlivé části bioplynové stanice, vstupní suroviny a použité technologie. Zpracoval jsem hodnoty vyrobené tepelné a elektrické energie a množství vyrobeného bioplynu. Dále množství zpracovaných vstupních surovin a vyprodukovaného digestátu.

V poslední části následuje samotné vyhodnocení tepelné bilance a návrh projektu na využití odpadního tepla z kogenerační jednotky včetně finančního vyhodnocení.

Klíčová slova: bioplyn, kogenerační jednotka, odpadní teplo, bioplynová stanice

SUMMARY:

The goal of this bachelor thesis is to propose and evaluate the use of heat produced by combustion engines in cogeneration units of biogas stations. The introductory part deals with the generation of biogas, with its composition and conditions of its production. Other factors that are mentioned are in-put raw materials and their impact on biogas yield. Furthermore, cogeneration units and their engines are described.

The next chapter is dedicated to the description of the biogas station Novosedly. Various biogas station components are mentioned as well as in-put raw materials and technologies used. The values of the produced heat and electric energy are processed along with the amount of produced biogas. Amount of in-put raw materials and produced digestate are taken into account in this calculation.

The last part focuses on the evaluation alone of the heat balance and it proposes a project how to use the waste heat from cogeneration unit together with its financial assessment.

Key words: biogas, cogeneration unit, waste head, biogas station

1. ÚVOD	7
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	8
2.1 Vznik Bioplynu.....	8
2.2 Druhy bioplynu podle vzniku.....	10
2.3 Podmínky prostředí pro výrobu bioplynu	11
2.4 Parametry ovlivňující vznik bioplynu.....	11
2.5 Výtěžnost vstupních surovin	12
2.6 Využití bioplynu	14
2.6.1 Přímé spalování bioplynu.....	15
2.6.2 Kogenerace.....	16
2.6.3 Čištění bioplynu a výroba biometanu	17
2.7 Kogenerační jednotky	17
2.7.1 Kogenerační jednotky s pístovými spalovacími motory	18
2.7.2 Přehled používaných KJ firmy MWM Deutz	20
2.8 Využití odpadního tepla	21
2.8.1 Vlastní (technologická) spotřeba tepla na provoz BPS	21
2.8.2 Dodávka tepla do systémů centrálního zásobování teplem	21
2.10.3 Využití tepla v zemědělských areálech	22
2.10.4 Využití tepla k sušení.....	22
Sušení produktů rostlinné výroby.....	22
Sušení pilin a dřevní štěpky.....	23
Sušení dřeva.....	23
2.10.5 Vytápění skleníků a využití produkovaného CO ₂	24
2.10.6 Výroba chladu pomocí trigenerace	24
2.9 Zemědělské BPS	25
2.9.1 Organický odpad z BPS	27
3. CÍL	28
4. METODIKA	29
4.1 Informace o BPS	29
4.2 Zpracované hodnoty	29
4.3 Návrh využití odpadního tepla.....	29
5. BIOPLYNOVÁ STANICE NOVOSEDLY	30
5.1 Obec Novosedly	30
5.2 Zemědělské družstvo Novosedly	31
5.3 Informace o bioplynové stanici	31

5.4 Hlavní části BPS.....	32
6. ZPRACOVANÉ HODNOTY Z BPS NOVOSEDLY	38
6.1 Vstupní suroviny pro výrobu bioplynu.....	38
6.2 Produkce bioplynu	39
6.3 Vyrobena elektrická energie	40
6.4 Produkce tepelné energie	42
6.5 Produkce digestátu.....	44
7. NÁVRH VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA K SUŠENÍ SEPARÁTU	45
7.1 Stanovení podmínek pro sušení separátu	45
7.2 Výpočet odpařené vody	46
7.3 Návrh sušičky pro sušení separátu	47
7.4 Výpočet teoretické produkce usušeného separátu a spotřeby tepla k jeho sušení	47
7.5 Vlastnosti pelet a návrh peletizační linky	49
7.6 Množství vyrobených pelet	51
7.7 Finanční vyhodnocení	51
8. ZÁVĚR.....	55
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58

1. Úvod

Bioplyn je hodnocen jako obnovitelný zdroj energie a ačkoliv byl u nás doposud spíše podceňován, v ČR má tento zdroj významný potenciál. Reálně totiž může zajistit zásobování desítek tisíc českých domácností obnovitelnou energií. Může tak významně pomoci při řešení snižování závislosti ČR na fosilních palivech.

Bioplyn se vyrábí v bioplynových stanicích, což jsou moderní a ekologická zařízení, která zpracovávají například biologicky rozložitelné odpady nebo cíleně pěstované plodiny. Organická hmota je v nich zpracovávána za nepřístupu vzduchu v uzavřených reaktorech a výsledkem procesu jsou ekologická elektřina a teplo a dále digestát, který lze používat jako kvalitní hnojivo.

Ke konci roku 2012 je v ČR evidováno 481 BPS. Jejich instalovaný výkon je 362,24 MW. Na konci roku 2006 bylo přitom v provozu pouze 18 zařízení. Oživení nastalo díky přijetí zákona č. 180/2005 Sb. a zvýšení výkupní ceny za elektřinu vyrobenou z bioplynu. Vyrobená elektrická energie v roce 2012 byla 1 406GWh. Základní podmínkou pro využití potenciálu bioplynu je nastavení skutečně aktivního systému státní podpory. Zejména se jedná o významné navýšení výkupní ceny za elektřinu a o odstranění stávajících administrativních a legislativních bariér. [27]

2. Literární přehled

2.1 Vznik Bioplynu

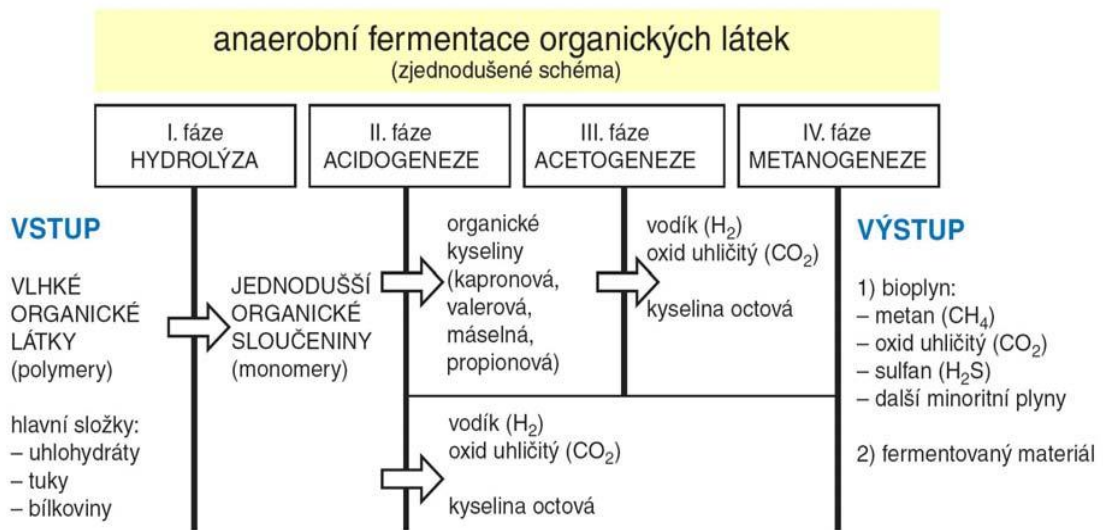
Bioplyn vzniká v biologickém procesu, při němž dochází bez přístupu kyslíku k vytvoření směsice plynů – bioplynů – z organické hmoty. Tento v přírodě velice rozšířený proces se nachází například v rašeliništích, na dně jezera, v jímce s kejdou či v bachoru přežvýkavců. Zde je přitom organická masa téměř úplně přeměněna na bioplyn a jen nepatrné množství na novou biomasu nebo na teplo. Vytvořená směsice plynů se skládá asi z dvou třetin metanu a jedné třetiny oxidu uhličitého. Vedle toho se v bioplynu nalézají ještě nepatrné množství vodíku, sulfanu, amoniaku a ostatních stopových prvků. Abychom ozřejmili proces vzniku bioplynu, může být rozdělen na více dílčích kroků. [3]

Tabulka 2.1 - Složení bioplynu [7]

Složka	Koncentrace v [%]
Metan	45 - 75
Oxid uhličitý	25 – 48
Vodík	0 – 3
Dusík	1 – 3
Sulfan	0,1 – 1

Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada dalších procesních a materiálových parametrů. Je to například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, kyselost materiálu, anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí.

Co si představujeme pod pojmem „anaerobní fermentace“? Jedná se o velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů.



Obrázek 2.1 - Zjednodušené schéma anaerobní fermentace [1]

Pro snazší vysvětlení celého procesu použijeme velmi zjednodušené schéma anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů (obrázek 2.1) rozdělujícího proces do čtyř základních fází.

I. fáze – HYDROLÝZA – začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti (nad 50 % hmotnostního podílu). Hydrolytické mikroorganismy ještě nevyžadují striktně bezkyslíkaté prostředí. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy) na jednodušší organické látky (monomery).

II. fáze – ACIDOGENEZE – zpracovávaný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, v této fázi však dojde definitivně k vytvoření anaerobního prostředí. Zajistí to četné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích. Vznik oxidu uhličitého (CO₂), vodíku (H₂) a kyseliny octové (CH₃COOH₃) umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy).

III. fáze – ACETOGENEZE – je někdy označována jako mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu

octovou, vodík a oxid uhličitý.

IV. fáze – METANOGENEZE – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou na metan (CH_4) a oxid uhličitý, hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého. [1]

2.2 Druhy bioplynu podle vzniku

Pro tuto směs plynů, obsahujících vždy dva majoritní plyny metan a oxid uhličitý a v praxi početnou, avšak objemově zanedbatelnou řadu minoritních plynů, se ustálily různé názvy podle jejich původu nebo místa vzniku rozeznáváme:

1) Zemní plyn - vznikl anaerobním rozkladem biomasy nahromaděné v dávných dobách. Je energeticky nejhodnotnější, obsahuje 98 % metanu. Je klasifikován jako neobnovitelný zdroj energie.

2) Důlní plyn - původ jeho vzniku je obdobný jako u zemního plynu. Energetické využití má omezené jen na vhodné lokality, pro svoji výbušnost ve směsi s kyslíkem je velmi nebezpečnou příčinou důlních, ale i povrchových havárií.

3) 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 čistíren odpadních vod. Intenzita jeho vývinu i chemické složení jsou značně variabilní. Je to způsobeno rozdílem procesních podmínek, za kterých vzniká.

4) Skládkový plyn - většina skládek komunálního odpadu obsahuje 20 – 60 % organických materiálů, ze kterých může za vhodných podmínek anaerobní fermentací vznikat po mnoho let skládkový plyn s velmi proměnlivým složením. Jeho povrchové výrony jsou velmi nebezpečné, proto je žádoucí skládkové plyny získané při odplynění skládek komunálního odpadu využít k energetickým účelům nebo likvidovat bezpečnostním hořákem.

5) Bioplyn - obecně lze tento název použít pro všechny druhy plyných směsí, které vznikly činností mikroorganismů. Tím je vyjádřeno, že všechny druhy bioplynů

anaerobního původu vznikají principiálně stejným způsobem ať probíhá metanogenní proces pod povrchem země, v zaživacím traktu živočichů, ve skládkách komunálních odpadů, v lagunách nebo v řízených anaerobních reaktorech. V technické praxi se ustálilo použití názvu bioplyn pro plynou směs vzniklou anaerobní fermentací vlhkých organických látek v umělých technických zařízeních (reaktorech, digestorech, lagunách se zařízením na jímání bioplynu). [1]

2.3 Podmínky prostředí pro výrobu bioplynu

Při popisu podmínek prostředí se musí rozlišovat mezi mokrou a suchou fermentací, neboť z toho vyplývají, obzvláště s ohledem na obsah vody, rozdíly mezi těmito oběma metodami. Na základě dalšího rozšíření se má následně přistoupit na mokrou fermentaci.

Striktní rozdělení metod na mokrou a suchou fermentaci je z biologického hlediska zavádějící, neboť bakterie podílející se na fermentovacím procesu potřebují pro své přežití tekuté medium. Také u definice o obsahu suché hmoty fermentovaného substrátu dochází stále znovu k nedorozuměním, neboť často je používáno více substrátů s rozdílnými obsahy suché hmoty. Bakterie ve svém bezprostředním okolí v obou případech potřebují dostatek vody. Neexistuje žádná přesná definice hranice mezi mokrou a suchou fermentací, avšak v praxi už zdomácnělo, že až do obsahu suché hmoty ve fermentoru od 12 - 15 % se hovoří o **mokrém fermentaci**, neboť takový obsah je ještě čerpatelný. Přestoupí-li obsah suché hmoty v biofermentoru 16 %, tak proces označujeme jako **suchá fermentace**. [3]

2.4 Parametry ovlivňující vznik bioplynu

Vlhkost prostředí – metanové bakterie mohou pracovat a množit se pouze ve vlhkém prostředí (vlhkost minimálně 50 %).

Anaerobní prostředí – metanové bakterie jsou striktně anaerobní.

Přítomnost světla – světlo bakterie neničí, ale brzdí jejich množení.

Hodnota pH – optimální pH pro růst metanogenních mikroorganismů je 6,5 – 7,5.

Přísun živin – metanové bakterie potřebují pro svou buněčnou stavbu rozpustné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky.

Velké kontaktní plochy – organické látky nerozpustné ve vodě musejí být rozdrobeny tak, aby vznikaly velké dotykové plochy.

Přítomnost toxických a inhibujících látek – za toxické nebo inhibující látky pokládáme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičním působením mastných kyselin a amoniaku.

Zatížení vyhnívajícího prostoru – udává, jaké maximální množství organické sušiny na m³ a den může být dodávána do fermentoru, aby nedošlo k jeho přetížení.

Rovnoměrný přísun substrátu – aby nedošlo k nadměrnému zatížení fermentoru, je třeba zajistit rovnoměrný přísun substrátu.

Odplyňování substrátu – když není plyn z vyhnívací nádrže odváděn, může v nádrži dojít k velkému nárůstu tlaku plynu. Odplyňování substrátu lze zajistit pravidelným mícháním.

Teplota prostředí – tvorba metanu probíhá v širokém rozmezí teplot (4 – 90 °C). Pro udržení stability procesu je rovněž nutné zajistit konstantní teplotu. Teplota ovlivňuje anaerobní digesci stejně jako všechny ostatní biochemické procesy. Se zvyšující se teplotou vzrůstá rychlost všech probíhajících procesů. Avšak změnou teploty a tím i rychlosti probíhajících pochodů dochází k porušení dynamické rovnováhy procesu. Pro metanogenním stabilní průběh anaerobního rozkladu je tedy nutné udržovat konstantní teplotu. [2]

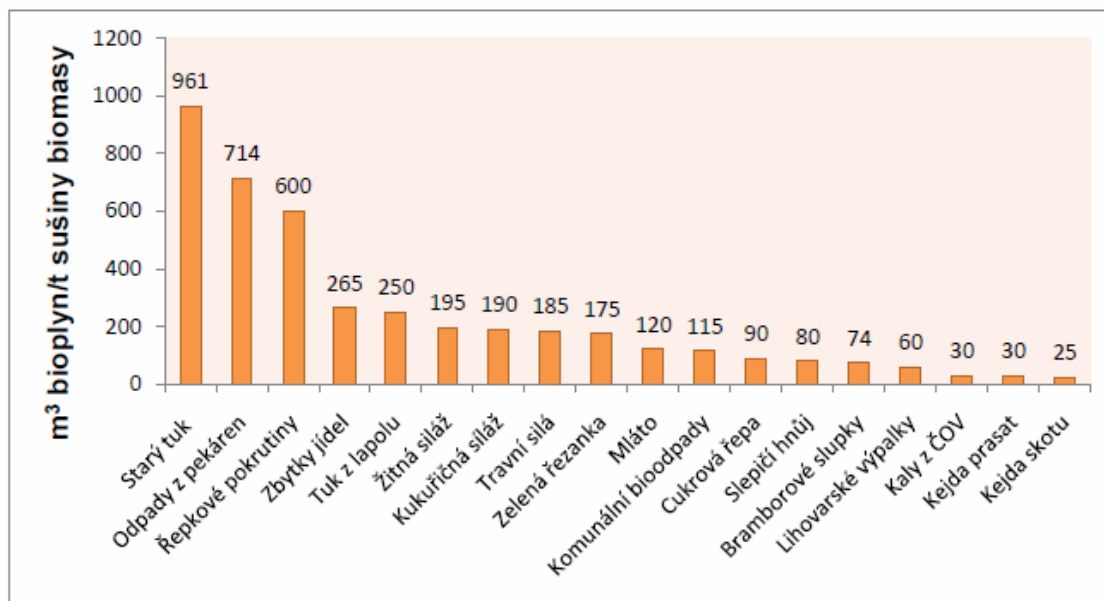
2.5 Výtěžnost vstupních surovin

Produkce bioplynu z jednotlivých druhů vstupních materiálů do BPS se výrazně liší. Uvedené hodnoty vyjadřují teoretickou výtěžnost. Reálné hodnoty záleží na kvalitě vstupu a použité technologii. Výtěžnost není závislá pouze na vlastnostech vstupního materiálu, ale musí být vždy vyhodnocena podle konkrétních podmínek (způsob

provozu zařízení, teplota, doba zdržení). Z tohoto důvodu dochází částečně i u stejných substrátů ke značným rozptylům hodnot ve výtěžnosti.

Při zajišťování surovin je třeba zvážit, jaké vlastnosti se nejvíce podílí na výtěžnosti. V první řadě je to množství sušiny materiálu. Především u exkrementů nelze spoléhat na tabulkové hodnoty v původní hmotě, ale je třeba zjistit obsah sušiny konkrétního materiálu. Dalším důležitým parametrem kvality surovin je organická sušina, neboli obsah spalitelných látek. Právě organická sušina je mikroorganismy zpracována při vzniku bioplynu.

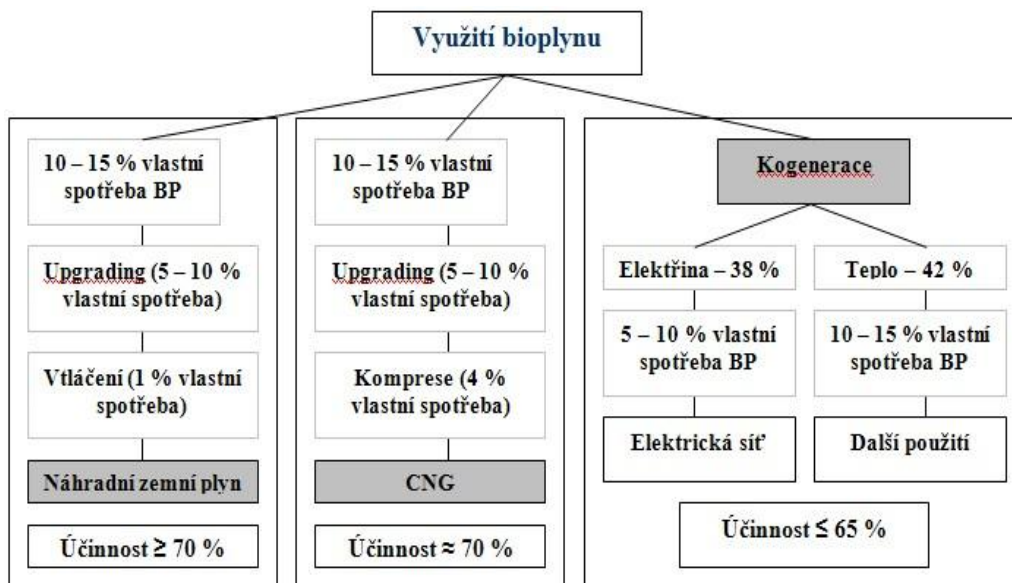
Pro získání přesných odhadů produkce bioplynu z konkrétního materiálu je možné provést také zkoušky výtěžnosti v některé ze zkušebních laboratoří. Výtěžnost významně závisí jednak na vlastnostech a kvalitě vstupního materiálu, a jednak musí být vždy vyhodnocena podle konkrétních podmínek. Z tohoto důvodu dochází i u stejných substrátů ke značným rozptylům hodnot ve výtěžnosti. Substráty s větším množstvím bílkovin nebo s vyšším obsahem dusíku mohou ve fermentoru působit negativně na aktivitu anaerobních společenstev, takže je snížena výtěžnost. Toto nebezpečí hrozí například u nevhodného dávkování drůbežích podestýlek, jatečních odpadů, masokostní moučky. Materiály jako kukuřice a kejda mají naopak vhodnou koncentraci dusíku, takže tento problém je zde omezen. Pro optimální chod je nutné držet co nejvíce jednotné složení vstupních surovin a přechody mezi jinými materiály dělat pouze pozvolna a v řádu měsíců. U různých technologií je míra flexibility samozřejmě rozdílná. [16]



Obrázek 2.2 - Teoretická výtěžnost surovin [16]

2.6 Využití bioplynu

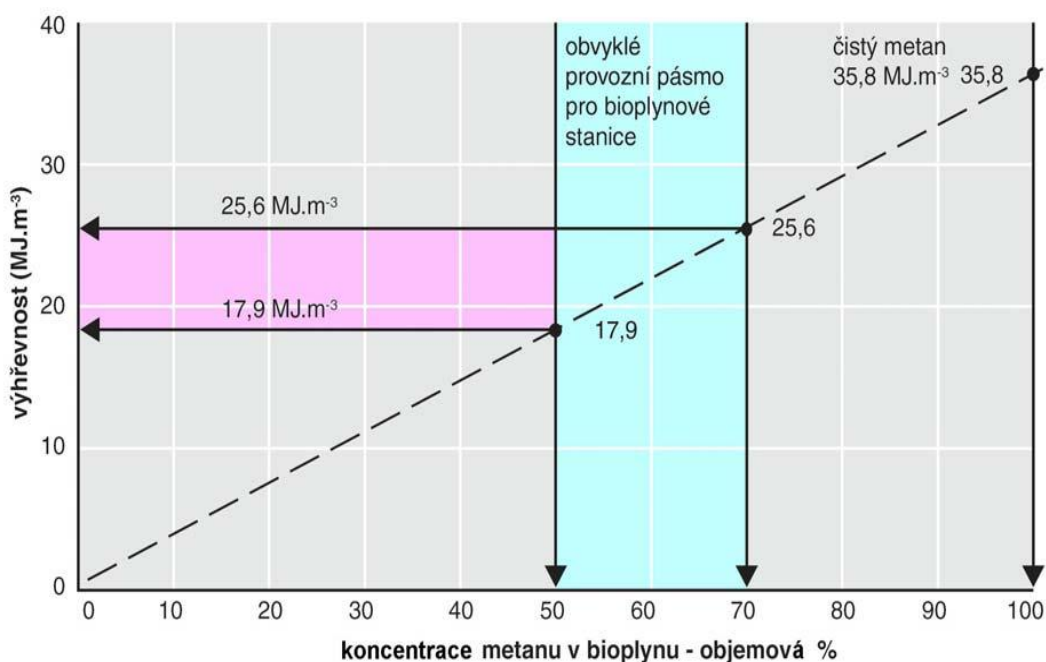
Nejjednodušším použitím bioplynu je jeho **přímé spalování** pro výrobu tepla. Účelnějším využitím než pro výrobu tepla je kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (**kogenerace**). Velkým a v naší republice zatím nedoceněným potenciálem je využití bioplynu jako pohonné hmoty pro motorová vozidla. Jeho „upgrading“ nebo-li úpravu vyžaduje vyčištění bioplynu na 98% metan (**biometan**), a jeho stlačení na 20 MPa. Hlavní předností biomehtanu je jeho čerpání do plynárenské sítě a následná distribuce až k místům jeho následného využití. [15]



Obrázek 2.3 - Srovnání energetického využití bioplynu [K]

2.6.1 Přímé spalování bioplynu

Prakticky všichni výrobci hořáků nabízejí modifikace určené na spalování bioplynu. Běžné typy kotlů žádné další speciální úpravy nepotřebují. Pokud bioplyn obsahuje vysoký obsah sirnatých sloučenin (sulfan), je třeba je odstranit nebo provádět častější kontrolu a čištění teplosměnných ploch kotle a komínů. Hořením směsi metanu se vzduchem se vytváří nová směs plynů. Ve skutečnosti hoření plynů probíhá ve směsích s mírným přebytkem vzduchu, a to přibližně asi o 10 %. Z uvedených informací vyplývá, že největším problémem při spalování bioplynu je jeho kvalita a stálost energetických parametrů, které mohou ovlivnit funkci spotřebiče. Jako příklad uveďme experimenty provedené s radičními kotli. Surový bioplyn se ukázal jako nevhodný zdroj energie s ohledem na nežádoucí chemické reakce mezi některými složkami bioplynu a speciální keramickou výplní radičních kotlů. Tento problém by se dal odstranit čištěním bioplynu, což však technologii znevýhodňuje ekonomicky i náročnějším provozem z hlediska obsluhy. Pouhé spalování bioplynu na výrobu tepla je méně efektivní v případě, kdy jej lze využít výhodněji pro pohon kogenerační jednotky a získávat kromě tepla i elektrickou energii. [1]



Obrázek 2.4 - Výhřevnost bioplynu v závislosti na koncentraci metanu [2]

2.6.2 Kogenerace

V praxi se nejvíce setkáváme s využitím bioplynu v kogeneračních jednotkách. Tato metoda dosahuje vysoké účinnosti přeměny energie z bioplynu na elektrickou a tepelnou energii (80 - 90 %). Zhruba lze počítat, že asi 30 % energie bioplynu se transformuje na elektrickou energii, 60% na energii tepelnou a zbytek jsou tepelné ztráty. Na výrobu 1 kWh elektrické energie je potřeba spálit v kogenerační jednotce přibližně 0,6 – 0,7 m³ bioplynu s obsahem metanu kolem 60 %. Na výrobu 1kWh elektrické energie a 1,27 kWh tepelné energie bude potřeba přibližně 5 – 7 kg odpadní biomasy, 5 – 15 kg komunálních odpadů nebo 4 - 7 m³ tekutých komunálních odpadů. [4]

Mezi výhody použití kogenerační jednotky patří minimalizace nákladů na rozvod energie, jelikož teplo i elektřina vznikají najednou a v místě své spotřeby, čímž jsou minimalizovány náklady na přípojky energií a rozvody. Současně se tím redukuje

ztráty v rozvodných sítích. Z ekologického hlediska tedy tento systém výroby energií zatěžuje méně životní prostředí. V případě nouze se dále nabízí využití kogeneračních jednotek jako záložních zdrojů elektrické energie, které jsou nezávislé na výpadcích sítě. [9]

Oproti klasickým elektrárnám, kogenerační zařízení využívají odpadní teplo například k ohřevu vody, která se poté používá jako médium při vytápění přilehlých i vzdálených objektů. Nejčastější aplikací kogeneračních jednotek jsou potom městské a průmyslové teplárny, spalovny komunálních odpadů, bioplynové stanice, ale i nemocnice a hotely.

Elektrická energie se získává přeměnou mechanické energie a to za pomoci elektromagnetické indukce v elektrickém generátoru. Používají se generátory synchronní i asynchronní. Tepelná účinnost zařízení k elektrické účinnosti bývá většinou v poměru 5:4. U některých typů spalovacích zařízení je však tento poměr i 1:1. [8]

2.6.3 Čištění bioplynu a výroba biometanu

Bioplynová stanice může být alternativně ke kogenerační jednotce osazena zařízením na čištění a úpravu bioplynu. Upravený plyn má v podstatě vlastnosti zemního plynu (více než 95 % metanu) a je možné jej za splnění všech zákonných požadavků použít v běžných rozvodech zemního plynu nebo pro pohon upravených vozidel a zemědělských strojů. Pro zemědělství může být v budoucnu zajímavá zejména druhá možnost v případě, že bude rozvíjen trh se systémem stlačeného zemního plynu (CNG). [6]

2.7 Kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky spalující bioplyn nebo důlní plyn mají od jednotek, které spalují zemní plyn, svá určitá specifika, která jsou dána složením plynu (především podílem metanu v palivu) a také množstvím plynu, jenž jsme schopni pro spalování zajistit.

Obsah metanu v bioplynu se pohybuje obvykle v intervalu 60 – 70 %. Přičemž hranice únosnosti pro spalování bioplynu je obvykle 40% podíl metanu a 60% podíl oxidu uhličitého. Důvodem je, že při snižování obsahu metanu ve směsi se snižuje rychlost laminárního plamene a nastávají problémy se zhášením motoru během provozu, což je nežádoucí jev, protože se tím snižuje i účinnost a životnost spalovacího motoru. Další kritické faktory při provozu plynového spalovacího motoru jsou:

Teplota plynu - před vstupem do kogenerační jednotky by neměla být vyšší jak 40 °C. Je-li teplota vyšší, dochází k nadměrnému teplotnímu namáhání armatur a řídicích jednotek. To vede nejčastěji k poškození membrán a tím k jejím netěsnostem.

Tlak plynu - by se měl pohybovat v rozmezí 9 – 20 kPa.

Vlhkost plynu – pokud relativní vlhkost plynu dosahuje více jak 80 %, dochází k tvorbě vodních zátek.

Spád potrubí – souvisí s vlhkostí plynu. Musí se s ohledem na kondenzaci plynu volit co nejmenší, aby se zamezilo vodním zátkám, které se tvoří v prohlubních. Je nutné ale podotknout, že hodnoty kritických faktorů se liší podle použitých materiálů a konstrukčního uspořádání, a proto každý výrobce kogeneračních jednotek tyto kritické hodnoty uvádí trochu jiné. [8]

2.7.1 Kogenerační jednotky s pístovými spalovacími motory

Modul KJ se skládá vedle spalovacího motoru a generátoru elektrické energie ze systémů výměníků tepla ke zpětnému získání tepelné energie z odpadních plynů, z uzavřeného oběhu chladicí vody a z uzavřeného oběhu mazacího oleje.

Jako spalovací motory jsou používány **plynové Ottovy motory**, nebo **vznětové motory se zápalným paprskem** (dvou palivové motory).

Plynové Ottovy motory jsou vyvinuty speciálně pro plynový pohon a pracují podle Ottova principu. Motory jsou provozovány s ohledem na minimalizování emisí oxidů dusíku jakožto motory s nízkým obsahem paliva s vysokým přebytkem vzduchu (spalování chudé směsi). Jsou vybaveny turbokompresorem pro zvýšení plnicího tlaku vzduchu. Plynové Ottovy motory jsou určeny na minimální obsah metanu v bioplynu

od přibližně 45 %. Je-li obsah metanu nižší, může docházet k problémům s provozem. Pokud by bioplyn nebyl k dispozici, mohou být poháněny jinými druhy plynu (zemní plyn). Toho využijeme při spouštění provozu bioplynové stanice. Velkým výrobcem je společnost MWM Deutz. Podstatné charakteristické údaje plynových Ottových motorů, které jsou relevantní pro použití při využití bioplynu, jsou představeny v tabulce 2.2. [10]

Tabulka 2.2 – Vlastnosti KJ s plynovými Ottovy motory [10]

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> — Elektrický výkon až do 1MW — Elektrická účinnost 34 – 40 % (při jmenovitém výkonu nad 300 kW) — Generální oprava motoru po 60 000 provozních hodinách (přibližně 7,5 let) — Použitelnost: Bioplyn s minimálním obsahem metanu 45 %
Vhodnost	— Všechny typy aplikací při spalování bioplynu
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> — Emisní limity jsou zaručeně dodržovány — Vysoká celková účinnost
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> — Lehce vyšší náklady než u vznětových motorů — Vyšší pořizovací náklady vzhledem k malé výrobní sérii
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> — V případě přehřátí (menší odběr technologického tepla) je nutný přídavný chladič — Regulace výkonu v závislosti na kvalitě plynu je možná
Konstrukční formy	— Zástavba v budově, nebo v kontejneru
Údržba	— Podle návodu k obsluze KJ

Vznětové motory se zápalným paprskem (dvou palivové motory) pracují podle Dieselova principu. Bioplyn je přimícháván přes plynový mísič ke spalovanému vzduchu a je zapalován vznětovým palivem (naftou), přiváděným do spalovacího prostoru. Motory jsou opět provozovány s vysokým přebytkem vzduchu. Regulace zátěže je realizována regulací přiváděného množství zápalného oleje nebo množství plynu. Při vypadávání zásobení bioplynem mohou být motory tohoto typu poháněny čistým olejem nebo naftou. Přestavění na náhradní paliva je bezproblémové a může být potřebné při rozjíždění bioplynové stanice k přípravě procesního tepla. Jako vznětové palivo bývá zpravidla používána motorová nafta nebo topný olej (mazut), alternativou může být také bionafta nebo čistý rostlinný olej. Z hlediska motorové techniky se musí

počítat s vyšším opotřebením filtrů. Jedna z velkých společností zabývajících se výrobou těchto motorů je Schnell Motor. Charakteristické znaky a parametry použití vznětových dvou palivových motorů jsou uvedeny v tabulce 2.3. [10]

Tabulka 2.3 – Vlastnosti KJ se vznětovými motory [10]

Charakteristické znaky	— Až 10 % podílu kapalného paliva (nafta, řepkový olej) ke spalování — Elektrický výkon až 350 kW — Generální oprava motoru po 35 000 hodinách (přibližně 4,4 let) — Elektrická účinnost 30 – 40 %
Vhodnost	— Všechny typy aplikací při spalování bioplynu
Přednosti	— Ve spodním výkonostním rozsahu zvýšená elektrická účinnost v porovnání s plynovými Ottovými motory
Nedostatky	— Zanesení vstřikovacích trysek spalinami (karbonizace) vede ke zvýšenému zatížení odpadními plyny (NO _x) a k častějším údržbářským pracím — Musí být použito dodatečného paliva (nafta, řepkový olej) — Horší emise v některých parametrech
Zvláštnosti	— Je možné a lze doporučit regulaci výkonu v závislosti na kvalitě plynu
Konstrukční formy	— Zástavba v budově nebo v kontejneru
Údržba	— Podle návodu k obsluze KJ

2.7.2 Přehled používaných KJ firmy MWM Deutz

Tabulka 2.4 – KJ firmy MWM Deutz [26]

Typ jednotky	Elektrický výkon [kW]	Tepelný výkon [$\pm 8\%$ kW]
TCG 2020 V12	1 200	1 255
TCG 2020 V16	1 560	1 655
TCG 2020 V20	2000	2 085
TCG 2016 V8 C	400	398
TCG 2016 V12 C	537	540
TCG 2016 V16 C	840	850

2.8 Využití odpadního tepla

2.8.1 Vlastní (technologická) spotřeba tepla na provoz BPS

Spotřeba tepla pro technologické procesy zahrnuje ohřev substrátu ve fermentoru a krytí tepelných ztrát jeho pláštěm. Pro výpočet spotřeby tepla na ohřev substrátu je uvažováno množství vstupní hmoty ředěné na cca 10 % sušiny. Tento materiál je ohříván z průměrné teploty substrátu (uskladněného obvykle ve venkovních jímkách) v dané lokalitě na přibližně 40 °C. Spotřeba tepla na vlastní technologii BPS se pohybuje v rozmezí 10 - 30 % celkové produkce využitelného tepla v kogenerační jednotce. [J]

2.8.2 Dodávka tepla do systémů centrálního zásobování teplem

Pro dodávku tepelné energie do CZT je zásadním faktorem dosažitelnost odběrného místa s dostatečnou spotřebou energie a vhodným odběrovým diagramem. Čím blíže se nachází odběrné místo od zdroje energie (kogenerační jednotky), tím nižší náklady představuje investice pro vybudování teplovodní přípojky. Nejvýhodnější je vždy dodávka energie do centrální kotelny již existujícího systému CZT, odpadají tím náklady spojené s rozvodnou sítí a přípojkami. Alternativní možností je namísto teplovodu vybudovat rozvody bioplynu. Kogenerační jednotka bude v tomto případě instalována co nejbližší odběrného místa, bioplyn jímáný z fermentačního procesu bude přiveden přímo k jednotce. Nevýhodou tohoto způsobu je nutnost instalace dvou kogeneračních jednotek, jedné u odběrného místa a druhé v místě BPS, která zajistí energii potřebnou k pokrytí technologického tepla BPS. Kogenerační jednotka může být zapojena do systému tak, aby umožňovala předehřev vratné topné vody. Tento způsob umožňuje využít veškeré dodané teplo. [14]

2.10.3 Využití tepla v zemědělských areálech

Kogenerační jednotka je v tomto případě zapojena jako hlavní zdroj tepla, pokrývající převážnou část či veškerou potřebu tepelné energie. Teplotní spád takto zapojeného systému odpovídá teplotnímu spádu získanému na výměnících kogenerační jednotky. Jedná se především o vytápění a přípravu teplé vody v administrativních budovách, halách pro chov zvířat, dílenských provozech. Vždy je potřeba vzít v úvahu skutečnou potřebu tepla v těchto objektech, to znamená dodržet zákonné a normové požadavky na energetickou náročnost či tepelně-technické parametry jednotlivých konstrukcí a výměny vzduchu. [14]

2.10.4 Využití tepla k sušení

Teplu z kogenerační jednotky je možné využít pro přímý ohřev sušícího média či pro jeho předehřev a následný dohřev jiným zdrojem tepla. Teplu z bioplynové stanice je využitelné ve většině používaných typů sušiček. Vždy je však potřeba dbát na dodržení technologické kázně a pro každou komoditu je potřeba volit vhodný režim sušení. Ne vždy je tak možné využít veškeré disponibilní teplo z kogenerační jednotky.[14]

Sušení produktů rostlinné výroby

Sušení jednotlivých surovin závisí na jejich druhu a době sklizně, obvykle probíhá od července do listopadu. V případě zajištění dostatečných skladovacích kapacit je teoreticky možné zajistit i kontinuální celoroční provoz sušičky. Nejčastěji jsou sušeny: ječmen, řepka, pšenice, kukuřice, travní senáž.

Z hlediska návrhu velikosti sušičky je důležité správně stanovit disponibilní výkon kogenerační jednotky v jednotlivých měsících provozu. Na základě disponibilního výkonu kogenerační jednotky a ročního odběrového diagramu tepla (je-li využíváno pro vytápění) je možné dimenzovat potřebný výkon sušičky. Uskladněním zemědělských komodit určených k sušení je možné optimalizovat a prodloužit její

provoz a ovlivnit tak i návrh jejího výkonu. Doba sušení a množství usušených komodit jsou závislé na počáteční a konečné požadované vlhkosti (obsahu sušiny). Někteří dodavatelé uvádí požadavek na maximální vstupní vlhkost sypkých surovin okolo 50 %. Výstupní vlhkost bývá požadována mezi 10 - 25 % dle druhu sušené komodity a požadavků odběratele. [14]

Sušení pilin a dřevní štěpky

Výhodou sušení štěpky oproti sezónním zemědělským komoditám je možnost celoročního sušení. Požadavek na nízký obsah vlhkosti na výstupu ze sušárny (7 - 20 %) a tedy i vysoké odsušky vlhkosti (až 50 %) zvyšuje energetickou náročnost sušení vztaženou na jednotku objemu. Jedná se často o energeticky náročnější proces než v případě zemědělských komodit. Vysušené zemědělské komodity, piliny a dřevní štěpku je dále možné využít k výrobě pelet. Technologie peletování z rostlinné biomasy je v podstatě shodná s technologií využívanou u výroby dřevních pelet. Některé rostliny mají vhodnou vlhkost do 15 % již při sklizni a není je tedy nutné dále dosušet, ostatní je nutné sušit. Peletování je vhodnou doplňkovou činností sušení zemědělských komodit, pilin a dřevní štěpky. [14]

Sušení dřeva

Umělé sušení dřeva se liší od přirozeného sušení tím, že do složeného řeziva se v sušárně nuceně přivádí teplý vzduch ventilátorem a teplota sušícího vzduchu má teplotu vyšší než je běžná teplota venkovního vzduchu při sušení přirozeném. Při umělém sušení se běžně používá teplota sušícího vzduchu do 100 °C. Sušení kusového dřeva je logisticky a provozně náročnější než sušení plodin zemědělské výroby. Na rozdíl od sypkých materiálů nelze použít kontinuální provoz sušení. Nejčastěji používaným typem sušáren v aplikacích na bioplynové stanice jsou sušárny komorové, v nichž probíhá sušení v opakovaných cyklech. Tento proces je logisticky náročný a neumožňuje rovnoměrný kontinuální odběr tepla z bioplynové stanice. Důležitým faktorem při návrhu velikosti a množství sušáren řeziva je provedení předchozího průzkum dostupnosti dostatečného množství řeziva k sušení. Je-li dostatek sušeného materiálu je možné optimalizovat velikost a počet jednotek tak, aby bylo možné využít téměř veškeré odpadní teplo z kogenerační jednotky. Reálně však není technicky možné využít 100 % dostupného tepla. [14]

2.10.5 Vytápění skleníků a využití produkovaného CO₂

Pro vytápění skleníků s využitím tepla z kogenerační jednotky se nabízejí dva způsoby. Prvním je instalace teplovzdušných jednotek s výměníkem voda-vzduch. Výhodou tohoto typu distribuce je rovnoměrné rozložení teploty v celém objemu a použitelnost ve všech druzích skleníků. Druhým způsobem je instalace teplovodního otopného systému (stropní, stěnové, podlahové, radiátorové). Použitelnost tohoto systému závisí na konkrétních podmínkách. Výhodou je nižší spotřeba elektrické energie oproti teplovzdušnému systému. Zajímavou aplikací, prozatím využívanou zejména v Holandsku, je využití emisí CO₂ vznikajících při spalování plynu v kogeneračních jednotkách. Rostliny jej využívají jako zdroj uhlíku. [14]

2.10.6 Výroba chladu pomocí trigenerace

Termínem trigenerace označujeme společnou výrobu elektřiny, tepla a chladu. Současná dodávka všech tří energetických toků však není nezbytnou podmínkou a z provozního hlediska není ani ve většině případů vyžadována. Pojmem trigenerace tedy označujeme i zařízení umožňující variabilně dodávku elektřiny a tepla nebo elektřiny a chladu. Technologicky jde o spojení kogenerační technologie s absorpční chladicí jednotkou.

Toto spojení je pro obě zařízení vysoce nezávislé a fyzické propojení je realizováno pouze v místech tepelných výměníků napojením proudů médií z kogenerační technologie a absorpční jednotky. Z pohledu provozu kogenerační technologie je toto řešení výhodné, neboť absorpční oběh využívá tepelnou energii produkovanou kogeneračním zdrojem v letních měsících, čímž je možno dosáhnout vyššího ročního využití kogenerační jednotky.

Pokud sledujeme ekonomický přínos uplatnění trigeneračních jednotek je nutné zhodnotit potřebu dodávky chladu v našich podmínkách. Detailní zhodnocení je nutné provést pro každý objekt dle platné normy, ale na tomto místě můžeme uvést několik obecných charakteristik:

- maximální požadovaný chladicí výkon je blízký 80 % výpočtového tepelného výkonu na vytápění,
- roční potřeba chladu odpovídá přibližně 25 % roční potřeby tepla,
- meziroční srovnání jednotlivých chladících sezón vykazuje výrazně větší variabilitu, než vykazuje srovnání sezón topných.

Z ekonomického hlediska představuje nasazení trigenerační technologie ve srovnání s pořízením technologie kogenerační značné navýšení investičních nákladů v okamžiku pořízení. V průběhu provozu potom dochází k větším úsporám za dodávku energií. Srovnání doby návratnosti kogenerační a trigenerační technologie uplatněné v konkrétních podmínkách ukazuje, že doplnění kogenerační technologie o absorpční chladicí jednotku nijak zásadně neovlivňuje dobu návratnosti, ale poskytuje investorovi možnost větších zisků (úměrně zvýšení investice) dosažených za dobu životnosti zařízení. Vyrobený chlad lze využít pro klimatizaci v budovách, obchodních centrech, nemocnicích, pro chlazení mléka a potravin v průmyslových provozech. [23]

2.9 Zemědělské BPS

Na první pohled se dá říci, že zemědělské BPS jsou svým konceptem jednodušší jak v požadavcích na technologii, tak i na řízení provozu. Pravdou je, že technologických obtíží je na zemědělských BPS méně. Přesto jsou mezi nabízenými technologiemi značné rozdíly v kvalitě a trvanlivosti některých komponent.

Mezi technologicky komplikovanější kroky patří míchání ve fermentorech, které musí být velmi dobře konstruované, aby ve fermentoru nemohla vzniknout plovoucí krusta související se zpracováním rostlinných materiálů. Tato krusta vzniká postupným nanášením hmoty, která se drží na hladině. Za několik měsíců se tak může vytvořit i desítky centimetrů tlustá vrstva, která ubírá reakční prostor fermentoru, může ucpávat odvodní potrubí a působit problémy biologickému procesu vyhnívání. Proto jsou dnes zemědělské bioplynové stanice převážně vybavovány pádlovými pomaloběžnými míchadly, která zamezují vzniku plovoucích krust tak, že při míchání protínají hladinu a plovoucí hmotu stlačují pod ní. Pod hladinou pak dochází k saturaci vodou a následnému rozkladu. [12]

Vstupní suroviny zemědělské BPS lze hodnotit jako nejméně problematické. Zpracovávají pouze suroviny ze zemědělské prvovýroby, zejména (statková hnojiva) a cíleně pěstované plodiny (kukuřice). Jsou většinou situovány v areálech stávajících zemědělských provozů a zpracováním a stabilizací statkových hnojiv výrazně snižují dosavadní zatížení oblasti pachovými látkami. [13]

Na těchto BPS není možné zpracovávat odpady podle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech ani jiné materiály spadající pod Nařízení Evropského parlamentu č. 1774/2002, o vedlejších živočišných produktech. [11]

Nejvíce materiálů vhodných pro výrobu bioplynu je produkováno v zemědělství. Jedná se zejména o exkrementy hospodářských zvířat, vedlejší produkci z rostlinné výroby a cíleně pěstované energetické plodiny. Velké množství zbytkové biomasy je vyprodukováno také v navazujícím potravinářském průmyslu. Významný potenciál pro budoucí energetické využití v sobě zahrnují také biologicky rozložitelné komunální odpady. Vyprodukovanou biomasu lze rozdělit na dvě základní skupiny – **záměrně pěstovanou a odpadní:**

1. Biomasa záměrně pěstovaná:

- energetické plodiny (šřovík, tritikale, čirok, křídlatka, traviny),
- cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina, kukuřice.

2. Biomasa odpadní:

- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (kukuřičná a obilná sláma, řepková sláma, zbytky z lučních a pastevních areálů, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic),
- odpady z živočišné výroby (exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv)
- biologicky rozložitelné komunální odpady (kuchyňské odpady, kaly z čistíren odpadních vod). [2]

2.9.1 Organický odpad z BPS

Digestát je tuhý organický zbytek po vyhnití se sníženým obsahem biologicky rozložitelných látek. Je přečerpáván z fermentoru do skladovací jímky. Pokud vyhovuje všem parametrům stanoveným vyhláškou Ministerstva životního prostředí, lze ho využít jako hnojivo, přídavek do kompostu nebo k úpravě povrchu terénu. Digestát má obsah sušiny mezi 5 - 10 %. Po odseparování ho rozdělujeme na **fugát** a **separát**.

Fugát, nebo-li odpadní voda, je tekutý produkt vyhnívacího procesu a má charakter odpadní vody. Je silně zakalený a obsahuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Zpravidla je odváděn do čistírny odpadních vod, nebo bývá rozvážen na zemědělské plochy jako hnojivo. Jeho obsah sušiny je 2 – 4 %.

Separát je suchý materiál, který vychází ze separátoru. Po vyseparování bývá uložen na pole jako kompost a nebo sušen a přidáván do pelet, které se spalují. Obsah sušiny se pohybuje okolo 27 - 30 %. [6]

3. Cíl

Cílem mojí bakalářské práce je navrhnout a vyhodnotit využití tepla produkovaného spalovacím motorem v kogeneračních jednotkách bioplynových stanic.

4. Metodika

4.1 Informace o BPS

Jako zdroj informací pro mojí bakalářskou práci jsem si vybral BPS Novosedly. Popsal jsem hlavní části, ze kterých se BPS skládá a uvedl používané technologie.

4.2 Zpracované hodnoty

Z interních zdrojů, které mi byly poskytnuty ZD Novosedly, jsem zpracoval hodnoty vstupních surovin a výstupních produktů do tabulek a grafů:

- druhy a hmotnost vstupních surovin,
- produkce bioplynu,
- výroba elektrické energie a její bilance,
- produkce tepelné energie a její bilance,
- produkce digestátu.

4.3 Návrh využití odpadního tepla

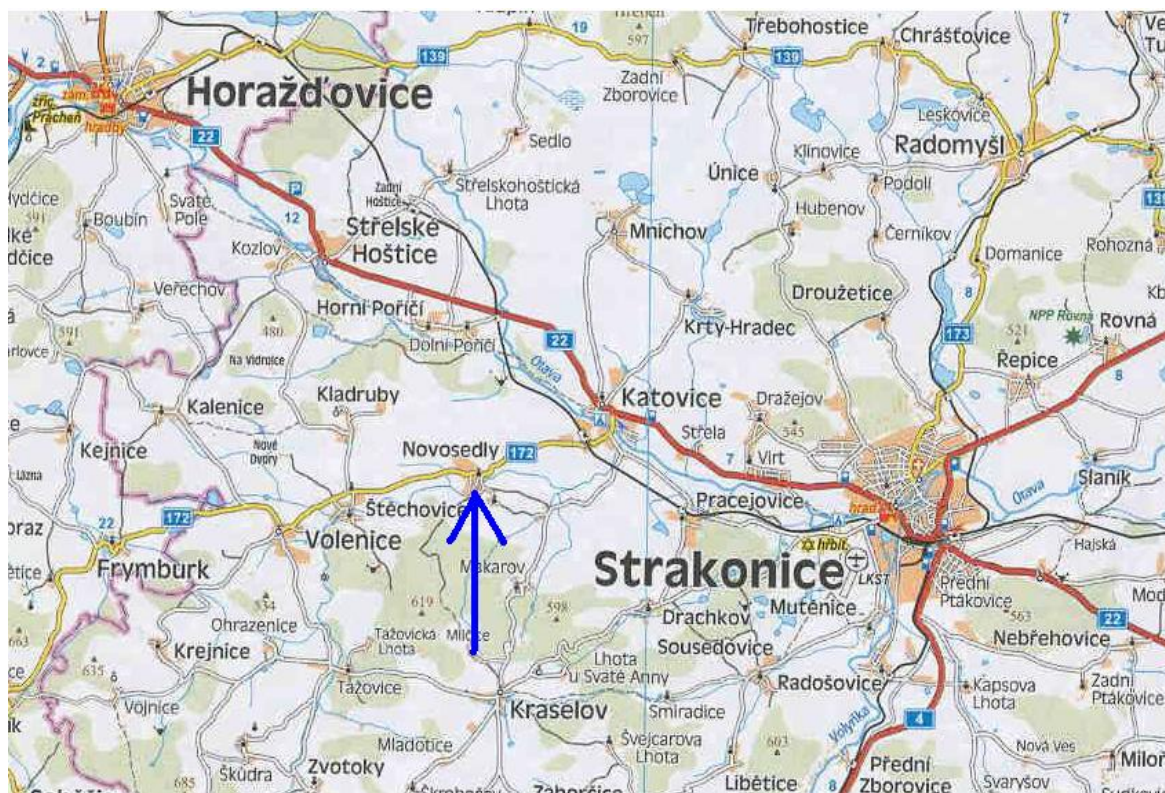
Pomocí zpracované bilance tepelné energie jsem mohl navrhnout vhodné využití odpadního tepla. Po rozhodnutí využití odpadního tepla k sušení separátu jsem podle uvedeného postupu navrhl projekt na výrobu pelet:

- stanovení podmínek pro sušení separátu,
- výpočet potřebné odpařené vody,
- návrh sušičky pro sušení separátu,
- výpočet teoretické produkce usušeného separátu a spotřeby tepla k jeho sušení,
- vlastnosti pelet a návrh peletizační linky,
- množství vyrobených pelet,
- finanční vyhodnocení.

5. Bioplynová stanice Novosedly

5.1 Obec Novosedly

Se nachází v Jihočeském kraji v okrese Strakonice, necelých 8 km západně od Strakonice. Obec je složena ze tří základních sídelních jednotek, kterými jsou Koclov, Novosedly a Sloučín. Celková katastrální výměra je 8,44 km². Leží v nadmořské výšce 450 m. n. m. V obci žije 350 obyvatel. Je zde restaurace se sálem, obchod, škola, školka i sportoviště. Nedávno obec vybuodovala čističku odpadních vod a prošla plynofikací.



Obrázek 5.1 - Poloha obce Novosedly na mapě [19]

5.2 Zemědělské družstvo Novosedly

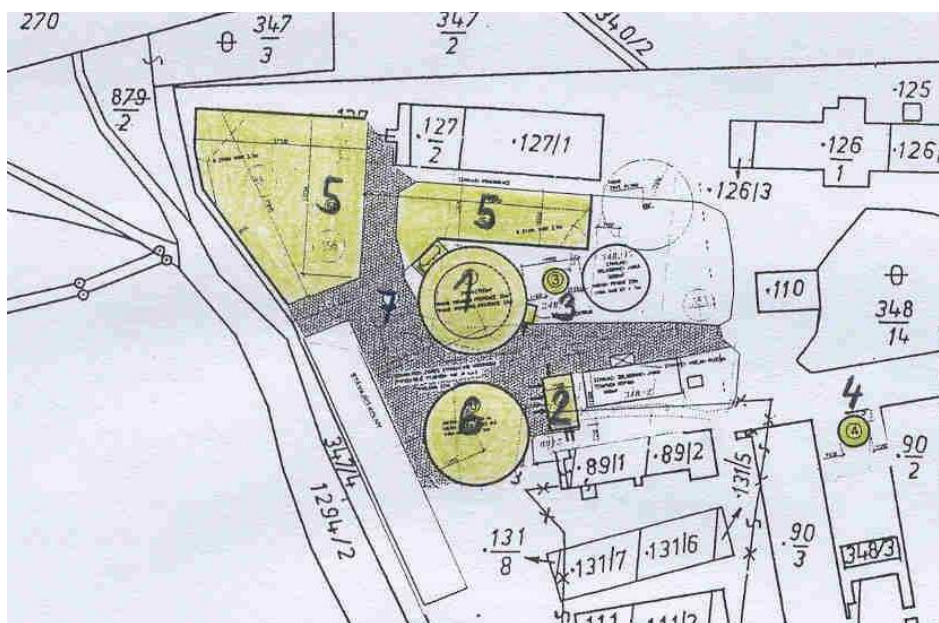
Vzniklo v roce 1990 po transformaci JZD Novosedly. Nyní družstvo hospodaří v katastrech obcí Novosedly, Poříčí, Štěchovice, Kladruby, Volenice, Vojnice, Krejnice, Kalenice a Tažovice. Celková výměra obhospodařovaných pozemků je 2 230 ha. Z toho tvoří 1 830 ha orná půda a 400 ha louky. Pozemky se nacházejí ve výšce 400 - 600 m. n. m. Rostlinná výroba je zaměřena na produkci obilí, kukuřice a brambor. Živočišná hlavně na produkci kravského mléka a vepřového masa. Mléko z dvou mléčných farem je hlavním pilířem výroby. Většina vypěstovaných obilovin slouží na vlastní krmný fond. Družstvo zaměstnává 85 zaměstnanců převážně z okolních vesnic. Družstevní kuchyně vaří obědy nejen pro zaměstnance, ale i pro okolní podniky.

5.3 Informace o bioplynové stanici

Během roku 2009 byla za přispění evropských fondů vybudována bioplynová stanice o instalovaném elektrickém výkonu 537 kW. Jako hlavní dodavatel byla vybrána firma Farmtec. Celá stanice byla navržena a vybudována tak, aby svým provozem nijak neobtěžovala obyvatele obce Novosedly. Celkové náklady se vyšplhaly na bezmála 80 milionů korun. Při optimálním výkonu by návratnost této investice měla být do 10 let. Do zkušebního provozu byla stanice spuštěna na konci roku 2009. Pro podnik má stanice nemalý finanční přínos. Jako vstupní materiál vedle kukuřičné siláže, travní senáže a bramborových zdrtek využívá i prasečí kejdu, kterou ve velkém množství vyprodukuje výkrmna prasat v Kladrubech. Odtud je kejda přečerpávána podzemním potrubím do zásobních jímek a následně do fermentoru. Kukuřičná siláž zčásti nahradí dnes nerentabilní plodiny. Jedná se například o krmné obiloviny, jejichž cena v posledním roce klesla díky nízkým stavům dobytka pod výrobní náklady. Vyrobená elektrická energie je dodávána společnosti ČEZ. Odpadní teplo slouží k sušení obilovin, ohřevu TUV, vytápění dílny, kuchyně a administrativní budovy.

5.4 Hlavní části BPS

Na obrázku 5.2 je znázorněno uspořádání hlavních částí BPS v areálu ZD Novosedly. Hlavní fermentor se nachází co nejbližěji silážním žlabům, aby bylo jeho plnění co nejeftivnější.

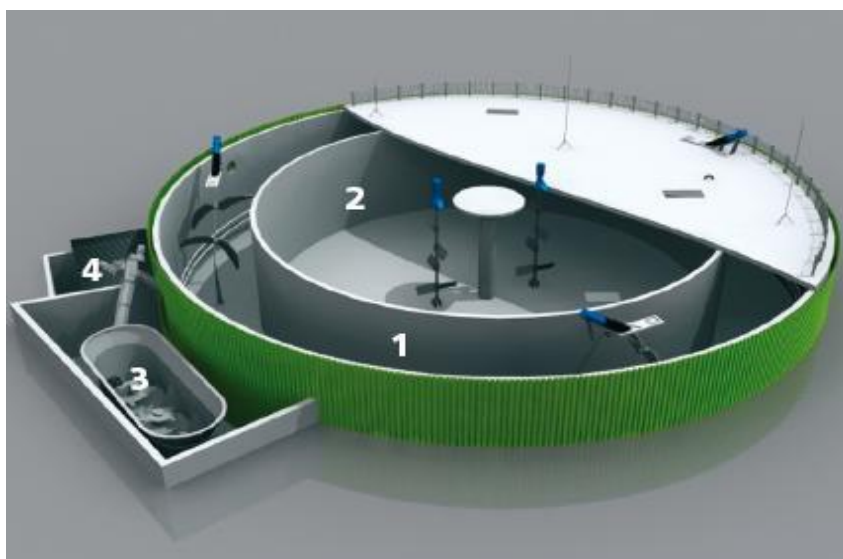


Obrázek 5.2 - Umístění částí BPS v areálu ZD Novosedly

Legenda: 1-Fermentor 2-Provozní budova 3-Plynojem 4-Přečerpávající jímka 5-Silážní žlaby 6-Skladovací jímka 7-Zpevněná plocha

Fermentor:

Je tvořen částečně zapuštěnou a zastropenou kruhovou jímkou rozdělenou na dva prostory soustřednými prstenci. Celkový objem fermentoru je $5\,183\text{ m}^3$. Výška fermentoru je 6 m. Vnější stěna fermentoru je zateplená. Strop je zateplen a překryt vrstvou betonové mazaniny. Ve vnitřním prostoru fermentoru je osazena technologie – vrtulová míchadla (ve vnějším prstenci), pádlová míchadla (ve vnitřním prstenci), odsíření plynu a šnekový vynašeč usazenin. Vytápění fermentoru zabezpečuje stálou teplotu v komorách $38 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jedná se o teplovodní vytápění využívající zbytkové teplo vyvinuté při provozu kogenerační jednotky. Rozvod jednotlivých okruhů vytápění je v obvodové stěně fermentoru.



Obrázek 5.3 - Schéma prstencového fermentoru. [21]

Legenda: 1-Hlavní fermentor 2-Pomocný fermentor 3-Dávkovač 4-Čerpací centrum

K objektu fermentoru patří dávkovač pevných substrátů s násypkou a čerpací centrum. Dávkovač je umístěn v betonové vaně zapuštěné v terénu. Substrát v dávkovači je promícháván a šnekovým dopravníkem pravidelně automaticky dávkován do fermentačního prostoru. Dávkovač má objemnou násypku 50 m^3 , materiál se do něj naváží čelním nakladačem 2x denně.

Čerpací centrum je umístěno v prostoru u paty fermentoru, pod úrovní dna. Zde dochází k přečerpávání prasečí kejdy vcházející do fermentoru a digestátu vycházejícího z fermentoru. Přívod prasečí kejdy je z nové kruhové přečerpávací jímky o objemu 196 m^3 a stávající jímky 600 m^3 . Odváděný digestát je čerpán do skladovací jímky.



Obrázek 5.4 - Dávkovač pevných substrátů [22]

Plynojem :

Pro vyrovnání nestejnomyrného vývinu bioplynu je na plynové cestě mezi fermentor a kogenerační jednotku umístěn plynojem. Jedná se o plynojem s vakem o objemu 400 m³. Je umístěn v nadzemní kruhové schránce ze železobetonu s lehkým ocelovým zastřešením. Plynojem se nachází v prostoru mezi fermentorem a provozní budovou. Jeho průměr je 8 m a výška 10 m.

Přijímací kejdová jímka:

Je navržena jako podzemní kruhová monolitická jímka. Užiténá kapacita jímky je 196 m³, průměr 10 m a výška 6 m. Jímka je opatřena kontrolním plovákovým systémem, který nám zjišťuje množství kejdy v jímce.

Silážní žlab:

Pro uskladnění kukuřičné siláže a travní senáže jsou využity silážní žlaby pro skladování substrátu s obsahem sušiny nad 30 %, což vylučuje tvorbu a odtok silážních šťáv. Skladovací kapacita je 4 263 m³ u menšího a 9 866 m³ u většího silážního žlabu. Plocha je provedena z vodostavebního betonu a je ohraničena vyvýšenými obrubníky.

Skladovací jímka:

Slouží jako koncový sklad digestátu, který je do ní přečerpáván z fermentoru. Je tvořena železobetonovým dnem a svislými železobetonovými stěnami a je nezastropena. Celková kapacita je 6 083 m³, průměr 34 m a zastavěná plocha má výměru 935 m³. Jímka je postavena z betonu. Jímka je opatřena kontrolním plovákovým systémem, který nám zjišťuje množství digestátu v jímce.

Provozní budova :

Je zděný objekt o rozměrech 17,5 x 9,5 m ve kterém je umístěna kogenerační jednotka. V části objektu provozní budovy je umístěno obslužné zázemí stanice (velín, elektrorozvodna a zásoby oleje). Objekt má sedlovou střechu.

Ve velínu se odehrává ovládací a kontrolní činnost obsluhy. Je zde umístěna řídicí skříň agregátu, synchronizační skříň, skříň silových elektrorozvodů a terminál pro řízení a kontrolu (stolní počítač a příslušný software).

Do prostoru pro kogenerační jednotku je přístup z exteriéru zvukově odhlučněnými vraty umožňující manipulaci s kogenerační jednotkou a z předstíň dveřmi pro častý pohyb obsluhy. Jinak je místnost bez okenních otvorů.

V místnosti jsou umístěny pro provoz jednotky nezbytné periférie (tlumič výfuku, výměník tepla pro vytápění, výměník pro maření tepla a generátorové sběrnice). Z vnějšku místnosti je umístěna regulační plynová řada jako zakončení plynovodu od plynojemu. Větrání je zajištěno přívodem vzduchu z východní stěny pomocí tlačného ventilátoru s filtrem vzduchu a tlumičem sání. Odvod vzduchu je vyveden do západní části střechy přes tlumič odvodu vzduchu. Na střeše objektu je umístěn chladič kogenerační jednotky a výfuk.



Obrázek 5.5 - Pohled na BPS

Legenda: 1-Skladovací jímka 2-Fermentor 3-Provozní budova 4-Plynojem 5-Silážní žlab

Kogenerační jednotka:

Je motor určený pro spalování bioplynu s generátorem elektrického proudu. V BPS se používá KJ od firmy MWM Deutz s typem motoru TCG 2016 V12 C. Je to čtyřtákní motor, který pracuje podle Ottova principu a je přizpůsoben pro plynový pohon.

Zapálení směsi probíhá přímo ve spalovací komoře a je vhodný pro motory pracující blízko stechiometrického poměru. K jeho chlazení se používá voda. Motor má 12 válců uspořádaných do V a k jejich plnění využívá turbokompresor. Instalovaný elektrický a tepelný výkon je v poměru 1:1 (537 kW) a celková účinnost je 83 %.

Tepelnou energii získáváme pomocí výměníků z výfukových spalin, chladicí vody motoru, mazacího oleje motoru a z chlazení turbokompresoru.

Běžná údržba vyžaduje pravidelnou kontrolu stroje. Po 500 – 1 500 provozních hodin se provádí výměna oleje, filtrů a chladicí kapaliny. Po 8 000 – 25 000 provozních hodin se provádí výměna hlavy válců a turbokompresoru. Generální oprava nastává po 30 000 – 70 000 provozních hodin. Jedná se o výměnu pístů, kontrolu hřídele a ložisek.

Tabulka 5.1 – Informace o kogenerační jednotce

Výrobce	MWM Deutz
Typ motoru	TCG 2016 V12 C
Počet válců / uspořádání	12 / V
Kompresní poměr	15:1
Objem válců	26,3 dm ³
Vrtání / zdvih	132 mm / 160 mm
Střední rychlost pístu	8 m . s ⁻¹
Celkový instalovaný elektrický výkon	537 kW
Celkový instalovaný tepelný výkon	537 kW
Mechanická účinnost	42,8 %
Elektrická účinnost	41,5 %
Tepelná účinnost	41,5 %
Celková účinnost	83 %
Délka	3,7 m
Šířka	1,5 m
Výška	2,2 m
Hmotnost motoru	2 380 kg

Zdroj: (interní zdroje podniku)



Obrázek 5.6 - Kogenerační jednotka od firmy MWM Deutz

Tabulka 5.2 – Provozní doba KJ

Měsíc	Maximální možná doba provozu KJ [h]	Doba provozu KJ [h]
Leden	744	739
Únor	696	693
Březen	744	739
Duben	720	714
Květen	744	736
Červen	720	716
Červenec	744	736
Srpen	744	740
Září	720	718
Říjen	744	732
Listopad	720	715
Součet	8 040	7 978

Zdroj: (vlastní zpracování)

6. Zpracované hodnoty z BPS Novosedly

V této části bakalářské práce jsou zpracovány a vyhodnoceny hodnoty, které byly zjištěny ve sledovaném období od ledna do listopadu roku 2012. Hodnoty pochází z interních zdrojů ZD Novosedly. Všechny vstupní a výstupní hodnoty jsou zaznamenávány řídicím softwarem, který řídí celý provoz a technologické procesy v BPS. Niže uvedené hodnoty jsem získal z měsíčních výkazů, které jsou zaznamenávány řídicím softwarem, a následně je upravil a zpracoval do grafů a tabulek.

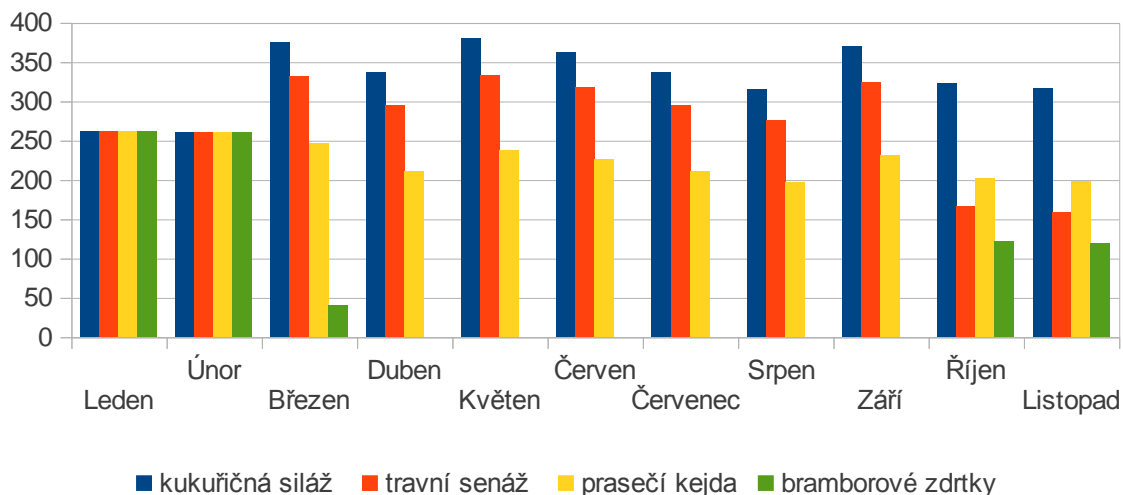
6.1 Vstupní suroviny pro výrobu bioplynu

V tabulce 6.1 je přehled druhů vstupních surovin a jejich spotřeba za sledované období. Hlavními vstupními surovinami jsou kukuřičná siláž, travní senáž, prasečí kejda a bramborové zdrtky. Všechny již zmíněné suroviny si ZD Novosedly vyprodukuje z vlastních zdrojů.

Tabulka 6.1 - Vstupní suroviny a jejich spotřebované množství v [t]

Měsíc	Druhy vstupních surovin a jejich spotřeba				Spotřebované množství
	Kukuřičná siláž	Travní senáž	Prasečí kejda	Bramborové zdrtky	
Leden	262	262	262	262	1 047,9
Únor	259,9	259,9	259,9	259,9	1 039,5
Březen	374,2	331,5	246,2	40,2	992,2
Duben	336,9	294,8	210,6	0	842,3
Květen	380	332,5	237,5	0	949,9
Červen	362,5	317,2	226,6	0	906,2
Červenec	336,9	294,8	210,6	0	842,2
Srpen	314,7	275,4	196,7	0	786,9
Září	369,7	323,5	231	0	924,1
Říjen	322,7	166,3	201,7	121	811,8
Listopad	316,2	158,1	197,6	118,6	790,4
Součet	3 635,7	3 016	2 278,7	801,7	9 933,4

Zdroj: (vlastní zpracování)

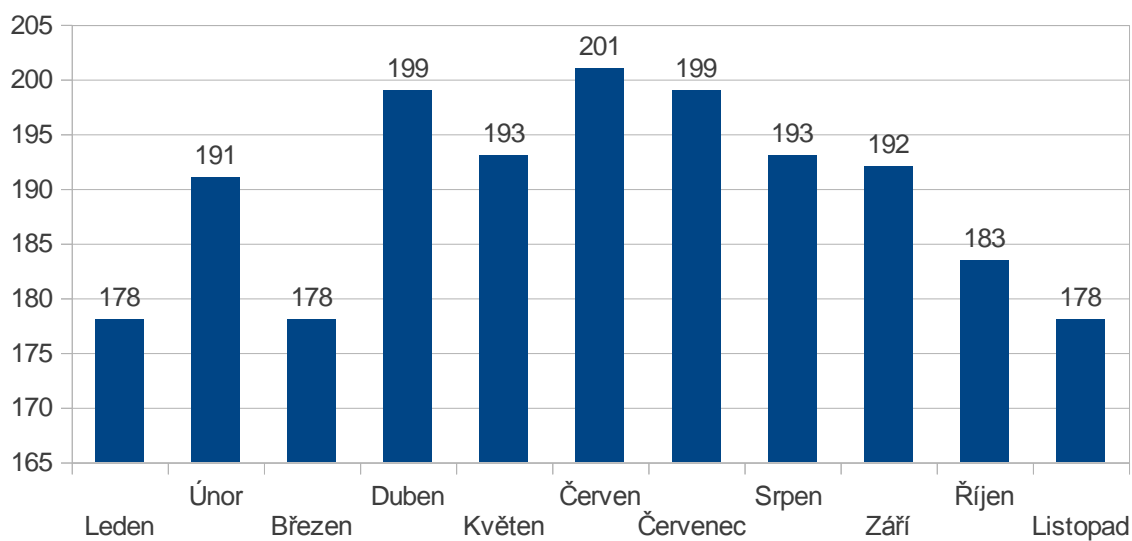


Graf 6.1 - Vstupní suroviny a jejich spotřeba ve sledovaném období v [t]

Zdroj: (vlastní zpracování)

6.2 Produkce bioplynu

V grafu 6.2 je přehled vyprodukovaného bioplynu v BPS za sledované období. Vlivů na produkci bioplynu je mnoho a některé jsou již zmíněny v předešlých kapitolách.



Graf 6.2 - Hodnoty vyprodukovaného bioplynu v [tis. m³]

Zdroj: (vlastní zpracování)

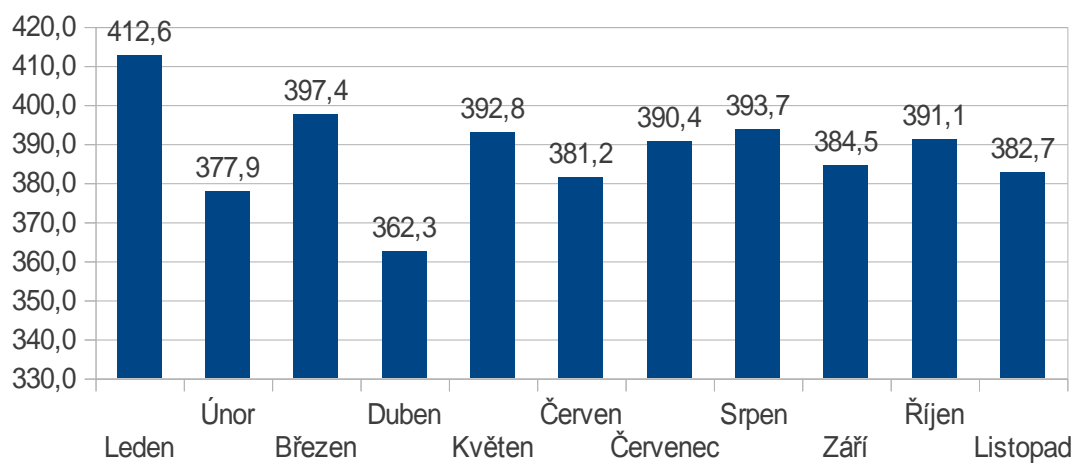
6.3 Vyrobená elektrická energie

V tabulce 6.2 jsou hodnoty vyrobené elektrické energie. Výroba elektrické energie v BPS je závislá na produkci a kvalitě bioplynu a druhu kogenerační jednotky. BPS využívá část elektrické energie na technologickou spotřebu svého provozu a pro využití ZD. Ostatní elektrickou energii dodává do sítě za garantovanou výkupní cenu společnosti ČEZ.

Tabulka 6.2 - Bilance elektrické energie v [MWh]

Měsíc	Vyrobená elektrická energie	Provoz BPS	Provoz ZD	Dodáno ČEZ
Leden	412,6	31,8	28,9	351,8
Únor	377,9	31,3	28,4	318,1
Březen	397,4	31,8	28,9	336,7
Duben	362,3	29,1	24,7	308,5
Květen	392,8	33,5	23,8	335,6
Červen	381,2	35	24,6	321,6
Červenec	390,4	33,7	25,4	331,4
Srpen	393,7	34,4	37,3	322,1
Září	384,5	33,7	26,5	324,2
Říjen	391,1	31,7	38,6	320,7
Listopad	382,7	30,4	28,1	324,3
Součet	4 266,6	356,4	351,2	3 595

Zdroj: (vlastní zpracování)



Graf 6.3 - Vyrobená elektrická energie v [MWh] ve sledovaném období

Zdroj: (vlastní zpracování)

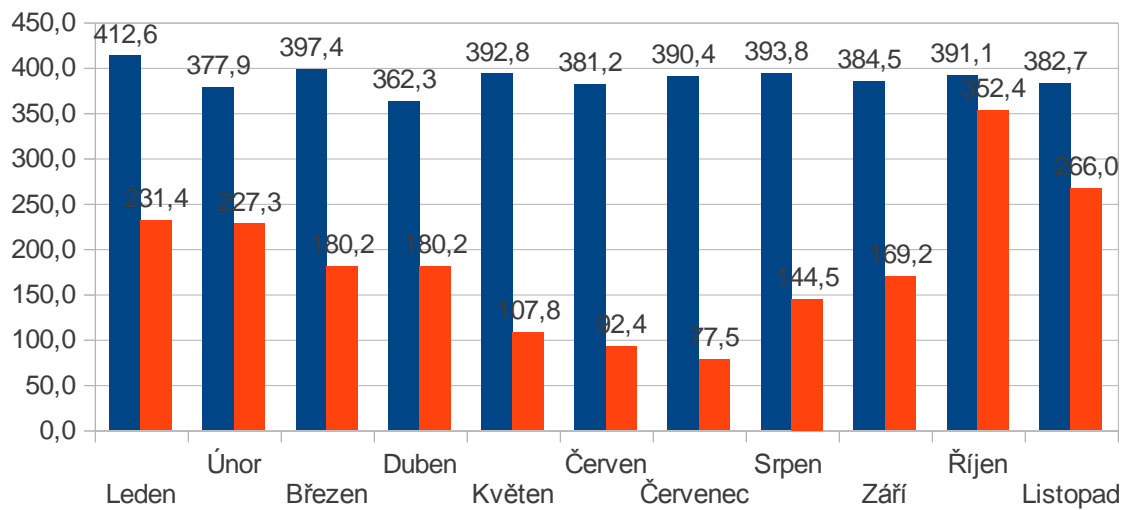
6.4 Produkce tepelné energie

V tabulce 6.3 a grafu 6.4 jsou hodnoty vyprodukované tepelné energie v BPS a její následné využití. BPS jí využívá k ohřívání hlavního a pomocného fermentoru. Další využití je pro potřeby ZD (vytápění budov, ohřev TUV a dosušení sklizených plodin). Nárůst spotřeby tepelné energie se zvyšuje především v zimních měsících a v měsících kdy se dosušují sklizené plodiny. Nevyužitá tepelná energie je mařena a odváděna do okolí.

Tabulka 6.3 - Energetická bilance v [MWh]

Měsíc	Vyrobene teplo	Spotřeba tepla			Nevyužité teplo
		Hlavní fermentor	Pomocný fermentor	Provoz ZD	
Leden	412,6	96,2	11,7	123,5	181,2
Únor	377,9	96	11	120,3	150,6
Březen	397,4	83	10	87,2	217,2
Duben	362,3	94	12	74,2	182,1
Květen	392,8	60	5	42,8	285
Červen	381,2	54,5	5,9	32	288,9
Červenec	390,4	36,5	4,1	36,9	312,9
Srpen	393,7	39,9	3,5	101,1	249,3
Září	384,5	46,1	7,5	115,6	215,3
Říjen	391,1	60	6	286,4	38,7
Listopad	382,7	70	11	185	116,7
Součet	4 266,6	736,2	87,7	1 205	2 237,9

Zdroj: (vlastní zpracování)



Graf 6.4 - Produkce tepelné energie a její efektivní využití v jednotlivých měsících v [MWh]

Zdroj: (vlastní zpracování)

6.5 Produkce digestátu

V tabulce 6.4 je produkce digestátu, který je přečerpáván z fermentoru do skladovací jímky. Poté je pomocí separátoru vyseparován separát, který slouží k sušení nebo zakládání kompostů. Fugát se používá jako hnojivo a je rozvážen na pole.

Tabulka 6.4 – Produkce digestátu, fugátu a separátu v [t]

Měsíc	Digestát	Fugát	Separát
Leden	863,9	647,9	216
Únor	856,9	642,7	214,2
Březen	817,9	613,5	205
Duben	694,4	520,8	173,6
Květen	783	587,3	195,8
Červen	747	560,3	186,7
Červenec	694,3	520,7	173,6
Srpen	648,7	486,5	162,2
Září	761,8	571,4	190,5
Říjen	669,3	501,9	167,3
Listopad	651,6	488,7	163
Součet	8 188,8	6 141,7	2 047,9

Zdroj: (vlastní zpracování)

7. Návrh využití odpadního tepla k sušení separátu

Bioplynové technologie produkují energii z obnovitelných zdrojů a jsou významné pro ochranu životního prostředí a k zužitkování biologických odpadů. Využití odpadního tepla z bioplynových stanic bylo v ČR doposud spíše podceňováno, ale v budoucnosti má významný potenciál. V této kapitole je proveden návrh na využití odpadního tepla k sušení separátu a jeho další zpracování k výrobě pelet.

7.1 Stanovení podmínek pro sušení separátu

Tekutý digestát s podílem 6 – 10 % sušiny je nutné odseparovat na síťových nebo bubnových separátorech. Po odseparování tuhé části získáme separát, který obsahuje přibližně 28 % sušiny (S_1). Separát pro výrobu pelet či briket je třeba dále sušit. Pro zpracování úsušků se obvykle požaduje konečná vlhkost v rozmezí 10 – 15 %, to znamená konečná sušina (S_2) v rozmezí 85 – 90 %. Z energetického hlediska je výhodné držet se co nejbližší podílu sušiny 88 %, aby se materiál zbytečně nepřesoušel a byl stabilizován pro skladování. V případě jeho využití pro lisování pelet nebo briket je ideální podíl sušiny 85 %. Při této hodnotě však již dosti záleží i na podmínkách uskladnění a vzrůstá nebezpečí rychlejšího rozkladu nebo množení plísní. [25]

7.2 Výpočet odpařené vody

Vzorec 7.1 udává kolik kilogramů vody je třeba odpařit z 1 kg vlhkého materiálu.

$$O_1 = 1 - \frac{S_1}{S_2} \quad [\text{kg}] \quad (7.1)$$

$$O_1 = 1 - \frac{28}{85} = 0,67 \text{ kg}$$

S_1 - separát s počátečním podílem sušiny [%]

S_2 - separát s konečným podílem sušiny [%]

-je třeba odpařit 0,67 kg vody z 1 kg separátu s obsahem sušiny 28 %, abychom získali separát s obsahem sušiny 85 %.

Vzorec 7.2 udává, kolik kilogramů vody je třeba odpařit, aby se získal 1 kg úsušku s požadovanou hodnotou sušiny 85 %.

$$O_2 = \frac{S_2}{S_1} - 1 \quad [\text{kg}] \quad (7.2)$$

$$O_2 = \frac{85}{28} - 1 = 2,04 \text{ kg}$$

S_1 - separát s počátečním podílem sušiny [%]

S_2 - separát s konečným podílem sušiny [%]

-je třeba odpařit 2,04 kg vody, abychom získali 1 kg separátu s obsahem sušiny 85 %.

[25]

7.3 Návrh sušičky pro sušení separátu

Pro sušení separátu bude použita pásová sušička. Ta je konstruována pro různé výkonové velikosti bioplynových stanic. Regulace sušení se provádí rychlostí pohybu pásu. Pásová sušička pracuje jako nízkoteplotní, s teplotou 80 – 120 °C. Pro naše potřeby použijeme pásovou sušičku od firmy Stela s měrnou spotřebou tepla na 1 kg odpařené vody 1,38 kWh. Výkonnost sušičky PBT 2-2200-9 uvedená v tabulce 7.1 je dána hmotností vyprodukovaného usušeného separátu za hodinu provozu. Vstupní separát má obsah sušiny 28 %. Výstupní separát má obsah sušiny 85 %.

Tabulka 7.1 - Parametry navrhované sušičky [25]

Typ sušičky	Výkonnost [kg . h ⁻¹]	Materiál
PBT 2-2200-9	450	separát

7.4 Výpočet teoretické produkce usušeného separátu a spotřeby tepla k jeho sušení

Za pomoci zpracovaných hodnot z předešlých kapitol jsem vytvořil tabulku kde jsou údaje o vyprodukovaném separátu s obsahem sušiny 28 % a množství odpadního tepla, které můžeme použít k jeho sušení. Tyto hodnoty jsou v prvním a druhém sloupci. Ze vzorce 7.1 jsem zjistil teoretickou produkci separátu s obsahem sušiny 85 %, která je ve třetím sloupci. Ze vzorce 7.2 jsem zjistil kolik je třeba odpařit vody ze separátu s obsahem sušiny 28 %, abychom získali separát s obsahem sušiny 85 %. Navrhovaná sušárna má měrnou spotřebu tepla na 1 kg odpařené vody 1,38 kWh. Ve čtvrtém sloupci je uvedena spotřeba tepla k sušení separátu. Teoreticky by šlo pomocí celkového odpadního tepla, které je 2 237,9 MWh sušit 2 417,6 t separátu s obsahem sušiny 28 % a tím získat 796,4 t separátu s obsahem sušiny 85 %.

Nastává nám problém, protože hodnota použitelného tepla je variabilní a nemáme každý měsíc k použití dostatek tepla k sušení. V pátém sloupci jsou hodnoty tepelné energie, která nám chybí k dosušení vyprodukovaného množství separátu, nebo naopak přebývá. Tento problém se dá jednoduše vyřešit skladováním separátu a jeho sušením v době kdy jsou přebytky tepla ztelnější.

Další nedostatek v našem případě je ten, že nestačíme vyprodukovat tolik separátu, abychom zajistili využití všeho tepla. V šestém sloupci je hmotnost separátu s obsahem sušiny 85 %, který by jsme teoreticky získali, kdybychom využili všechno odpadní teplo.

Tabulka 7.2 – Produkce separátu v [t] a spotřeba tepla v [MWh]

Měsíc	Produkce separátu 28 %	Odpadní teplo	Produkce separátu 85%	Spotřeba tepla k sušení:		Teoretická produkce separátu 85 %
					Rozdíl	
Leden	216	181,2	71,2	199,9	-18,7	64,5
Únor	214,2	150,6	70,6	198,3	-47,7	53,6
Březen	205	217,2	67,5	189,8	27,4	77,3
Duben	173,6	182,1	57,2	160,7	21,4	64,8
Květen	195,8	285	64,5	181,2	103,8	101,4
Červen	186,7	288,9	61,5	172,8	116,1	102,8
Červenec	173,6	312,9	57,2	160,7	152,2	111,4
Srpen	162,2	249,3	53,4	150,1	99,2	88,7
Září	190,5	215,3	62,8	176,3	39	76,6
Říjen	167,3	38,7	55,1	154,9	-116,2	13,8
Listopad	160	116,7	53,7	150,9	-34,2	41,5
Součet	2 047,9	2237,9	674,6	1895,6		796,4

Zdroj: (vlastní zpracování)

Legenda: červeně jsou označeny hodnoty odpadního tepla, kdy nejsme schopni pokrýt potřeby sušení

7.5 Vlastnosti pelet a návrh peletizační linky

Vlastnosti pelet

Pelety jsou vyráběny ze separátu silným stlačením, které se nazývá peletování. Peletováním vzniká biopalivo s vysokou energetickou hustotou, tepelnou výhřevností a výbornými vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace, které umožňují ekonomické skladování, předzásobení a automatický přívod paliva k topeništi. Spalují se ve speciálních automatických kotlích nebo kamnech. Jsou maximálně ohleduplné k životnímu prostředí. Při vytápění peletami dosahují podobného komfortu bezobslužnosti jako při použití elektrokotle nebo plynového kotle. Umožňují nezávislost na dodávkách fosilních paliv jako je plyn nebo uhlí. Neobsahují žádná chemická pojiva a jiné znečišťující látky. Většinou jsou vyráběny z místních zdrojů lokálními výrobci. Jejich popel lze využít jako ekologické zahradní hnojivo.

Výhřevnost pelet se pohybuje okolo $15 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ a předčí tak i některé druhy uhlí. K vytápění průměrného rodinného domu je ročně zapotřebí pouze 4 – 5 tun pelet. Cena za 1 000 kg těchto pelet se pohybuje okolo 5 000 Kč. [20]

Tabulka 7.3 – Výhřevnost pelet vyrobených ze separátu [17]

Složení	Separát	Separát a piliny 3:7	Separát a piliny 1:1
Výhřevnost [$\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$]	15,24	16,15	15,85

V tabulce 7.3 máme hodnoty výhřevnosti pelet s různým složením. V další části se budu zabývat pouze peletami vyrobenými ze separátu. Informace o výhřevnosti pelet vyrobených ze separátu a pilin mají pouze informační charakter.

Návrh peletizační linky

Pro výrobu pelet bude použita peletizační linka od firmy Kovo-Novák model MGL 200. Linka dokáže vyrobit 50 – 150 kg pelet za hodinu provozu. Jako vstupní materiál bude použit separát s obsahem sušiny 85 %.

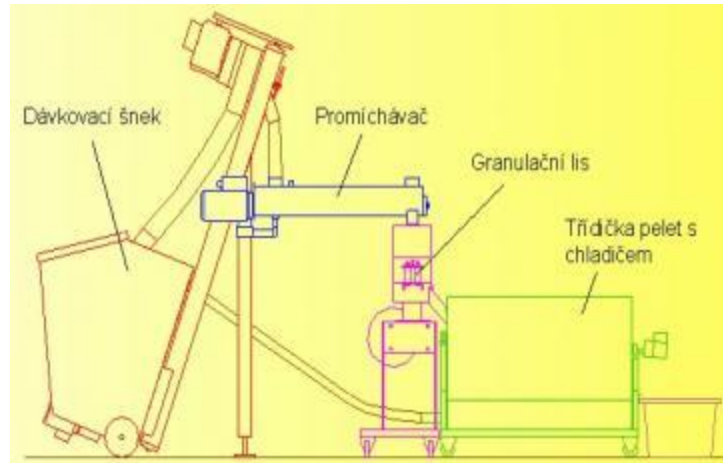
Tabulka 7.4 – Navrhovaná peletizační linka [18]

Model	Příkon linky [kW]	Výkon linky [kg · h ⁻¹]	Hmotnost [kg]
MGL 200	11	50 - 150	450

Skladba peletizační linky

Před peletováním je nutné všechny suroviny o větší zrnitosti jak 3 – 3,5 mm, šrotovat přes síta 3 – 3,5 mm. Pro drcení separátu využijeme kladívkový šrotovník se sacím adaptérem od firmy Kovo-Novák. Šrotovník je schopen vyprodukovat 300 - 600 kg separátu o velikosti zrn do 3,5 mm za hodinu provozu. Příkon elektromotoru je 15 kW.

Peletizační linku lze použít pro granulaci pilin ze dřeva, slámy a separátu. Linka se skládá z dávkovacího šneku s uzavřenou násypkou. Do násypky se nasype materiál pro granulování. Speciální šnek vynáší materiál k dávkovacímu otvoru, kterým přesně nastavená dávka hmoty propadáva do míchacího zařízení. Zbytek hmoty se přepadem odvádí zpět do násypky, takže pořád cirkuluje šnekem, přepadem a násypkou v uzavřeném okruhu. Hmota, která prošla dávkovacím otvorem do promíchávače hmoty se v něm může smíchat s dalšími přidávanými komponenty, napařit párou nebo zvlhčit vodou a dále propadáva přímo na granulační kola granulátoru, kde za vysokého tlaku a teploty dochází k částečné plastifikaci granulovaného materiálu průchodem přes granulační matici. Plynulým protlačováním vstupní suroviny kanálkem matrice při určitém tlaku dochází ke vzniku pelet. Pelety propadávají do třídičky, ve které se separuje prach. Průchodem třídičkou se zároveň i ochladí, čímž se zabrání jejich pozdějšímu rozpadávání vlivem přehřátí. Hotové pelety vypadávají z třídičky do připraveného zásobníku. [18]



Obrázek 7.1 – Popis peletizační linky MGL 200

7.6 Množství vyrobených pelet

Z předešlé kapitoly je zřejmé, že sušením získáme 674,6 t separátu, který bude sloužit jako vstupní materiál do peletizační linky. Ztráty při šrotování a peletizačním procesu jsou přibližně 5 %. To znamená, že peletizační linka vyrobí 640,9 t pelet.

7.7 Finanční vyhodnocení

Vstupní surovinou pro výrobu pelet bude použit separát. Ten je vyprodukován jako odpadní surovina z BPS, tudíž jsou náklady na jeho pořízení brány jako nulové.

Vyprodukovaný separát se musí před dalším zpracováním usušit na požadovanou vlhkost. K sušení bude využito odpadního tepla vyprodukovaného BPS. Náklady potřebné na využití tepla jsou nulové, protože jde o odpadní teplo, které by nebylo jinak využito. K sušení bude využita pásová sušička od firmy Stela typ PBT 2-2200-9 s pořizovací cenou 900 000 Kč.

Tabulka 7.5 – Náklady na elektrickou energii pro šrotování

Výkonnost šrotovníku	$300 - 600 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$
Příkon	15 kW
Hmotnost separátu	674 600 kg
Počet provozních hodin	$674\,600 : 600 = 1\,124,3 \text{ h}$
Spotřeba elektrické energie	$1\,124,3 \cdot 15 = 16\,865 \text{ kWh}$
Cena elektrické energie	$16\,865 \cdot 4,5 = 75\,893 \text{ Kč}$

Zdroj: (vlastní zpracování)

Po usušení separátu bude následovat jeho šrotování a následný peletizační proces. Kladívkový šrotovník je schopen vyprodukovat 300 – 600 kg sešrotovaného materiálu za hodinu provozu. Příkon jeho elektromotoru je 15 kW. Při maximální výkonnosti bude spotřeba elektrické energie jeho elektromotoru 16 865 kWh pro sešrotování 674,6 t separátu. Náklady na šrotování separátu budou 75 893 Kč při ceně 4,5 Kč · kWh⁻¹ elektrické energie. Postup výpočtu je znázorněn v tabulce 7.5.

Tabulka 7.6 – Náklady na elektrickou energii pro peletování

Výkonnost peletizační linky	$50 - 150 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$
Příkon	11 kW
Hmotnost separátu	674 600 kg
Počet provozních hodin	$674\,600 : 150 = 4\,497 \text{ h}$
Spotřeba elektrické energie	$4\,497 \cdot 11 = 49\,470 \text{ kWh}$
Cena elektrické energie	$49\,470 \cdot 4,5 = 222\,615 \text{ Kč}$

Zdroj: (vlastní zpracování)

Při maximální produkci vyrobí peletizační linka 150 kg pelet za hodinu provozu a příkon elektrické energie bude 11 kW. Při zpracování celkové produkce separátu (674,6 t) bude spotřebováno 49 470 kWh elektrické energie. Náklady na peletování (tabulka 7.6) budou 222 615 Kč při ceně 4,5 Kč . kWh⁻¹ elektrické energie. Pořizovací cena peletizační linky MGL 200 a kladívkového šrotovníku od firmy Kovo-Novák je 245 000 Kč.

Peletizační linka vyrobí 640,9 t pelet. Při prodejní ceně 5 000 Kč za 1 t pelet bude předpokládaný zisk 3 204 500 Kč.

Peletizační linka potřebuje k výrobě požadovaného množství pelet být v provozu 4 498 hodin. Sušička potřebuje k sušení materiálu na požadovanou vlhkost 4 551 provozních hodin. V tomto provozním období nejsou započítány odstávky pro údržbu a potřebné opravy.

Pro obsluhu peletizační linky a sušičky budeme potřebovat 3 zaměstnance, kteří budou pracovat ve třech směnách po sedmi hodinách. Náklady na mzdy všech zaměstnanců budou 540 000 Kč za rok. To odpovídá 15 000 Kč pro jednoho zaměstnance měsíčně.

Tabulka 7.7 – Finanční vyhodnocení

Položka	Roční náklady [Kč]	
Separát	0	
Tepelná energie k sušení	0	
Sušička	99 000	(2. odpisová skupina, doba odpisu 5 let, další roky 200 250 Kč)
Peletizační linka	27 000	(2. odpisová skupina, doba odpisu 5 let, další roky 55 000 Kč)
Elektrická energie k peletování	222 615	Možnost odběru z BPS
Elektrická energie ke šrotování	75 893	Možnost odběru z BPS
Mzdy obsluhy	540 000	
Celkové roční náklady	1 012 508	
Zisk z prodeje pelet	3 204 500	
Čistý zisk	2 191 992	

Zdroj: (vlastní zpracování)

8. Závěr

Hlavním cílem mojí bakalářské práce je navrhnout a vyhodnotit využití tepla produkovaného v kogeneračních jednotkách bioplynových stanic.

V této práci jsem zpracoval hodnoty vstupních surovin (biomasa) a vyrobených produktů (elektrická energie, tepelná energie, bioplyn, digestát) ve vybrané BPS. Popsal její hlavní části a použité technologie. Ze zpracovaných parametrů tepelné bilance BPS navrhnul projekt na využití odpadního tepla, které je produkované spalovacím motorem kogenerační jednotky.

Bioplynové stanice jsou energetické zdroje, které mají velký přínos pro životní prostředí. Přestože bioplyn zatím není schopen vytlačit fosilní paliva z jejich dominantního postavení na trhu s energiemi, má na rozdíl od nich zcela neomezené perspektivy pro budoucí využití. Bioplynové systémy ve všech možných uspořádáních pracují jako plně obnovitelné energetické zdroje. Veškeré i pomocné technologie lze v těchto systémech řešit jako ekologicky příznivé procesy.

Bioplynová stanice Novosedly byla uvedena do provozu firmou Farmtec během roku 2009. Náklady na její výstavbu se vyšplhaly k bezmála 80 milionů korun. Návratnost investice byla stanovena do 10 let. Vhodným využitím vyprodukovaného odpadního tepla by se tato doba mohla výrazně zkrátit. Do BPS byla instalována kogenerační jednotka od firmy MWM Deutz s elektrickým a tepelným výkonem 537 kW a celkovou účinností 83 %. Za sledované období byla v provozu 7 978 hodin z 8 040 možných.

Jako hlavní vstupní suroviny byly použity kukuřičná siláž, travní senáž, prasečí kejda a bramborové zdrtky. BPS pro svůj provoz spotřebovala nejvíce kukuřičné siláže a to 3 635,7 t. Další nejpoužívanější surovina byla travní senáž (3 016 t) , poté prasečí kejda (2 278,7 t) a bramborové zdrtky (801,7 t). Celková hmotnost těchto surovin byla 9 933,4 t. V produkci vstupních surovin je ZD soběstačné. Kukuřičnou siláž a travní

senáž skladuje v silážních žlabech. Prasečí kejdu přečerpává z odchovny prasat vzdálené 3 km pomocí podzemního potrubí.

Celková produkce bioplynu byla 2 085 tis. m³. Největší hodnota vyrobeného bioplynu byla zaznamenána v měsíci červnu (201 tis. m³).

Ve sledovaném období bylo vyrobeno 4 266,6 MWh elektrické energie a z toho do sítě dodáno 3 595 MWh. Zbytek byl použit na provoz BPS a ZD. Elektrickou energii využívá BPS k pohonu mechanických částí, které jsou nutné pro její provoz (míchadla, dávkovač, čerpadla). Tato technologická spotřeba činí 356,4 MWh, což je 8,7 % z celkové výroby. Obdobně je tomu u celého ZD, kde je spotřeba 351,2 MWh. Nárůst spotřeby elektrické energie v ZD je znatelný v měsících, kdy dochází ke sklizni plodin a jejich následné úpravě. Na spotřebu má vliv i zkracování světelného dne. Vyrobená elektrická energie je prodávána společnosti ČEZ. Tržba s prodeje je hlavní finanční příjem, který má vliv na návratnost investice.

BPS vyprodukovala 4 266,6 MWh tepelné energie. Pro ohřívání fermentoru využila 823,9 MWh, což je 19,3 % celkové produkce. Pro potřeby ZD bylo využito 1 205 MWh, což je 28,2 % celkové produkce. Nárůst spotřeby tepelné energie se zvyšuje především v zimních měsících a v měsících kdy se dosušují sklizené plodiny.

Za sledované období bylo v BPS vyprodukováno 8 188,8 t digestátu. Jeho produkce je závislá na druhu a množství vstupní biomasy. Z digestátu bylo získáno 6 141,7 t fugátu, který byl použit jako organické hnojivo na polích, které vlastní ZD Novosedly. Po odseparování bylo získáno 2 047,9 t separátu. Separát byl využit ke kompostování.

Zužitkování odpadního tepla z kogenerační jednotky je v dnešní době již podmínkou pro získání dotací na výstavbu BPS. Jednou z možností, jak lze efektivně využít horkou vodu a vzduch a navíc splnit požadovaný úkol pro získání dotace je využít odpadní teplo z BPS pro sušení rostlinného materiálu. Jeho vhodným využitím se může přispět k rychlejšímu návratu celkové investice do BPS.

Odpadní teplo z kogenerační jednotky je využíváno z části k provozu BPS a z části k vytápění administrativní budovy, ohřevu TUV a sušení plodin. Nicméně i přes tato využití stále zůstane nevyužito 2 237,9 MWh což představuje 52,5 % z celkové produkce tepla. Proto se nabízejí další možnosti jak efektivně využít odpadové teplo a zabránit jeho zbytečnému maření do okolního prostředí.

Při návrhu sušení separátu v pásové sušičce se podařilo využít převážnou část vyprodukovaného odpadního tepla. Pomocí 1 895,6 MWh tepla by se usušilo 2 047,9 t separátu, který byl vyprodukován fermentorem za sledované období a získat 674,6 t separátu s požadovaným obsahem sušiny. Hodnota nevyužitého tepla je 342,3 MWh což je 15,3 % z celkové produkce odpadního tepla z BPS.

K vytápění pásové sušičky lze také využít zemní plyn. Jeho cena je přibližně 868,39 Kč za 1 MWh. Při nahrazení 1 895,6 MWh odpadního tepla z BPS by náklady na jeho spotřebu byly 1 646 120 Kč. Vhodným využitím odpadního tepla ušetříme nemalé finanční prostředky.

Další částí navrhovaného projektu je výroba pelet ze separátu. Usušený separát musíme před vstupem do peletizační linky sešrotovat na požadovanou velikost zrn. Náklady na šrotování jsou 75 893 Kč. Poté následuje peletizační proces při kterém vyrobíme 640,9 t pelet. Náklady na provoz peletizační linky jsou 222 615 Kč. Celkové náklady projektu do kterých jsou zahrnuty mzdy zaměstnanců (540 000 Kč), roční odpisy sušičky (99 000 Kč) a peletizační linky (27 000 Kč) činí 1 012 508 Kč. Prodejní cena pelet je 5000 Kč za 1t. Předpokládaný zisk z prodeje pelet je 3 204 500 Kč. Při finančním vyhodnocení celého projektu byl vypočítán čistý zisk na 2 191 992 Kč. Velkou roli v ekonomice projektu hraje spousta faktorů jako jsou výkupní cena pelet, cena elektrické energie, poruchovost strojů, náklady na opravy strojů.

9. Seznam použité literatury

- [1] KÁRA, Jaroslav. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.
- [2] MUŽÍK, Oldřich, KÁRA, Jaroslav: *Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR*. *Biom.cz* [online]. 2009-03-04 [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.
- [3] STRAKA, František. *Bioplyn: příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů*. 2. rozšířené a doplněné vydání Říčany: GAS, 2006, 706 s. ISBN 8073280906.
- [4] MURTINGER, K. – BERANOVSKÝ, J. *Energie z biomasy*. 2. aktualizované vydání. Brno: ERA, 2008. 92 s. ISBN 978-80-7366-115-1
- [5] DVORSKÝ, E. – HEJTMÁNKOVÁ, P. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. 1. vydání. Praha: BEN, 2005. 287 s. ISBN 80-7300-118-7
- [6] CZ Biom, : *Další možnosti využití bioplynu*. *Biom.cz* [online]. 2013-12-18 [cit. 2012-12-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dalsi-moznosti-vyuziti-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] *Bioplyn*. *Biom.cz* [online]. 2012-09-13 [cit. 2012-12-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.
- [8] TRÁVNÍČEK, Petr, KARAFIÁT, Zbyšek: *Kogenerace pomocí plynových spalovacích motorů*. *Biom.cz* [online]. 2009-04-15 [cit. 2012-12-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kogenerace-pomoci-plynovych-spalovacich-motoru>>. ISSN: 1801-2655.
- [9] STUPAVSKÝ, Vladimír: *Mikrokogenerace a trigenerace*. *Biom.cz* [online]. 2010-08-09 [cit. 2012-12-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace>>. ISSN: 1801-2655.
- [10] CZ Biom, : *Volba vhodné kogenerační jednotky na bioplyn*. *Biom.cz* [online]. 2013-12-18 [cit. 2012-12-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/volba-vhodne-kogeneracni-jednotky-na-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.
- [11] KAZDA, Radek: *Projekt bioplynové stanice*. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, 2009, ISBN 978-80-214-4027-2
- [12] HABART, Jan: *V čem se liší zemědělská a komunální bioplynová stanice – zamyšlení u příležitosti otevření bioplynové stanice v Krásné Hoře a Vysokém Mýtě*. *Biom.cz* [online]. 2008-10-27 [cit. 2012-12-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/v-cem-se-lisi-zemedelska-a-komunalni-bioplynova-stanice-zamysleni-u-prilezitosti-otevreni-bioplynovy-stanice-v-krasne-hore>>. ISSN: 1801-2655.

- [13] BAČÍK, Ondřej: *Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu*. *Biom.cz* [online]. 2008-01-14 [cit. 2012-12-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>>. ISSN: 1801-2655.
- [14] ŠAFAŘÍK, Miroslav: *Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla*. *Biom.cz* [online]. 2012-03-13 [cit. 2013-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>>. ISSN: 1801-2655.
- [15] ČERMÁKOVÁ, Jiřina, TENKRÁT, Daniel: *Efektivní zhodnocení bioplynu*. *Biom.cz* [online]. 2011-08-22 [cit. 2013-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-zhodnoceni-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [16] CZ Biom, : *Výtěžnost bioplynu z jednotlivých materiálů*. *Biom.cz* [online]. 2013-12-18 [cit. 2013-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyteznost-bioplynu-z-jednotlivych-materialu>>. ISSN: 1801-2655.
- [17] KÁRA, Jaroslav, KOUTNÝ, Roman: *Využití fermentačních zbytků anaerobní digesce jako paliva*. *Biom.cz* [online]. 2009-12-30 [cit. 2013-03-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-fermentacnich-zbytku-anaerobni-digesce-jako-paliva>>. ISSN: 1801-2655.
- [18] www.kovonovak.cz
- [19] www.maps.google.cz
- [20] www.oze.tzb-info.cz
- [21] www.biogest.at
- [22] www.farmtec.cz
- [23] www.vetrani.tzb-info.cz
- [24] www.bioplyn.cz
- [25] www.pawlica.cz
- [26] www.mwm.info
- [27] CZ Biom, : *Bioplyn může zásobovat obnovitelnou elektřinou tisíce českých domácností*. *Biom.cz* [online]. 2007-03-15 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-muze-zasobovat-obnovitelnou-elektřinou-tisice-ceskych-domacnosti>>. ISSN: 1801-2655.

Seznam zkratk

BPS - Bioplynová stanice
ZD - Zemědělské družstvo
TUV - Teplá užitková voda
CTZ - Centrální zásobování teplem
ČEZ - České energetické závody
JZD - Jednotné zemědělské družstvo
KJ - Kogenerační jednotka
CNG - Compressed natural gass - Stlačený zemní plyn
ČR – Česká Republika

Seznam grafů

Graf 6.1 - Vstupní suroviny a jejich spotřeba ve sledovaném období v [t]
Graf 6.2 - Hodnoty vyprodukovaného bioplynu v [tis. m³]
Graf 6.3 - Vyrobená elektrická energie v [MWh] ve sledovaném období
Graf 6.4 - Produkce tepelné energie a její efektivní využití v jednotlivých měsících v [MWh]

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 - Zjednodušené schéma anaerobní fermentace
Obrázek 2.2 - Teoretická výtěžnost surovin
Obrázek 2.3 - Srovnání energetického využití bioplynu
Obrázek 2.4 - Výhřevnost bioplynu v závislosti na koncentraci metanu
Obrázek 5.1 - Poloha obce Novosedly na mapě
Obrázek 5.2 - Umístění částí BPS v areálu ZD Novosedly
Obrázek 5.3 - Schéma prstencového fermentoru
Obrázek 5.4 - Dávkovač pevných substrátů
Obrázek 5.5 - Pohled na BPS
Obrázek 5.6 - Kogenerační jednotka od firmy MWM Deutz
Obrázek 7.1 – Popis peletizační linky MGL 200

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 - Složení bioplynu
Tabulka 2.2 – Vlastnosti KJ s plynovými Ottovy motory
Tabulka 2.3 – Vlastnosti KJ se vznětovými motory
Tabulka 2.4 – KJ firmy MWM Deutz
Tabulka 5.1 – Informace o kogenerační jednotce
Tabulka 5.2 – Provozní doba KJ
Tabulka 6.1 - Vstupní suroviny a jejich spotřebované množství v [t]
Tabulka 6.2 - Bilance elektrické energie v [MWh]
Tabulka 6.3 - Energetická bilance v [MWh]
Tabulka 6.4 – Produkce digestátu, fugátu a separátu [t]
Tabulka 7.1 - Parametry navrhované sušičky
Tabulka 7.2 – Produkce separátu v [t] a spotřeba tepla v [MWh]
Tabulka 7.3 – Výhřevnost paliv vyrobených ze separátu
Tabulka 7.4 – Navrhovaná peletizační linka
Tabulka 7.5 – Náklady na elektrickou energii pro šrotování

Tabulka 7.6 – Náklady na elektrickou energii pro peletování

Tabulka 7.7 – Finanční vyhodnocení