

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra technologií a měření

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bioplynová stanice Třemošná 998 kW

Kateřina Žáková

Plzeň 2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2014/2015

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

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina ŽÁKOVÁ**
Osobní číslo: **E13N0153P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Bioplynová stanice Třemošná 998 kW**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

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

1. Uveďte obecný popis bioplynových stanic (BPS) a jejich uspořádání
2. Analyzujte specifika BPS s obdélníkovým fermentorem a popište BPS Třemošná
3. Vyhodnoťte dosavadní provoz BPS - účinnost, vstupy, výstupy
4. Navrhněte možnosti zvýšení účinnosti a výtěžnosti BPS

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2015**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Téma

Bioplynová stanice Třemošná 998 kW

Anotace

Předkládaná práce je zaměřena na bioplynovou stanici Třemošná. Tato práce je rozdělena do čtyř částí. V první části se seznámíme s bioplynovými stanicemi, rozdělíme je na tři základní typy podle vstupů a ukážeme si mapy rozložení BPS v ČR. V druhé části se zaměříme na jednotlivé části bioplynových stanic a třetí část pojednává o BPS Třemošná. Poslední kapitola pojednává o možném dalším využití bioplynu.

Klíčová slova

bioplyn, bioplynové stanice, fermentory, anaerobní digesce, kogenerace

Theme

The biogas plant of 998 kW Třemošná

Abstract

This thesis is focused on biogas Třemošná. This work is divided into four parts . In the first part, we introduce the biogas plants , divide them into three basic types based on inputs and maps show the distribution of BPS in the country. The second part will focus on individual parts of biogas and the third part deals with the BPS Třemošná . The last chapter discusses the possible future use of biogas .

Key words

biogas, biogas plants, digesters, anaerobic digestion, cogeneration

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni 7. 5. 2015

Kateřina Žáková

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za pomoc a rady při zpracování této diplomové práce, dále panu Ing. Ivovi Příborskému a panu Mgr. Eduardu Ščerbovi Ph.D. za cenné informace potřebné ke zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat svým nejbližším za podporu během celého studia.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 BIOPLYNOVÉ STANICE	11
1.1 PROVOZ BPS	12
1.2 ROZDĚLENÍ BPS	12
1.2.1 Podle zpracovávané suroviny	12
1.2.2 Podle způsobu kvašení	14
1.2.3 Podle způsobu plnění fermentoru.....	15
1.3 VSTUPY BPS.....	17
1.4 VÝROBA A ZPRACOVÁNÍ BIOPLYNU	19
1.4.1 Vznik bioplynu.....	21
1.4.2 Produkty anaerobní digesce.....	24
1.5 VÝZNAM BPS	24
1.6 PODPORA BPS	25
2 ČÁSTI BPS.....	27
2.1 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA	27
2.2 FERMENTOR.....	29
2.2.1 Vertikální	29
2.2.2 Horizontální.....	30
2.2.3 Obdélníkový	31
2.2.4 Ohřev fermentoru.....	32
2.2.5 Míchací technika.....	32
3 BPS TŘEMOŠNÁ	34
3.1 PARAMETRY	34
3.2 ČÁSTI BIOPLYNOVÉ STANICE	34
3.3 TECHNOLOGIE NATŮRGAS	37
3.4 PROVOZ BPS TŘEMOŠNÁ.....	38
3.4.1 Vstupy.....	38
3.4.2 Výstupy.....	38
3.4.3 Účinnost.....	39
3.5 PRODUKCE ELEKTŘINY A TEPLA	39
4 NÁVRH NA ZEFEKTIVNĚNÍ BPS	41
4.1 BIOPALIVO.....	41
4.2 ÚPRAVA NA BIOMETAN.....	41
4.3 POHON DOPRAVNÍ TECHNIKY	43
5 ZÁVĚR	45
PŘÍLOHY.....	47
SEZNAM LITERATURY	51
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM PŘÍLOH.....	53

Seznam symbolů a zkratk

- BPS ... Bioplynová stanice
- OZE ... Obnovitelný zdroj energie
- ČOV ... Čistička odpadních vod
- ČR... Česká republika
- KJ ... Kogenerační jednotka
- LTO ... Lehké topné oleje
- CH_4 ... Metan
- CO_2 ... Oxid uhličitý
- H_2 ... Vodík
- N_2 ... Dusík
- H_2S ... Sulfan
- H_2O ... Voda
- ZB... Zelený bonus

Úvod

Tato práce je zaměřena na seznámení se s bioplynovými stanicemi, jejich dělením a principem výroby bioplynu. V dnešní době, i vzhledem k snižujícím se zásobám černého a hnědého uhlí, velký zájem využívat energii a teplo z obnovitelných zdrojů energie.

Za první bioplynovou stanicí (BPS) je považována čistírna v Třeboni, která kombinovala využití kalu z čistírny odpadních vod a vepřové kejdy z chovu prasat. Vystavěna byla v sedmdesátých letech minulého století a s doplněním o moderní BPS je provozována dodnes. V socialistických zemích vznikl v rámci kolektivního plánování program Bioplyn, který doplňoval již zahájený program na výstavbu velkochovů prasat s názvem Gigant. Vznikající anebo již provozující velkochovy byly doplňovány o kejdivé koncovky s vývinem bioplynu a čištěním odpadní vody na parametry vhodné pro vypouštění do povrchových vodotečí.

Tato myšlenka byla později doplněna ještě o výrobu koncentrovaného dusíkatého hnojiva z vyhnílého substrátu. Tím vývoj těchto gigantů neskončil, a tak byl zaveden další výzkum, který na základě faktu, že trávicí trakt prasat je nedokonalý a že v kejdě odchází příliš mnoho energie, měl za cíl připravit ze separované kejdy opět krmivo. Tyto myšlenky však ztroskotaly, protože takto vyrobené maso nebylo vhodné pro konzumaci. Pro mnoho výroben to znamenalo jejich zavření, ale některé s určitými přestavbami fungují dodnes. To znamenalo pro bioplynové stanice na dlouhou dobu zastavení vývoje.

Až dlouho po revoluci k nám začala pronikat myšlenka zemědělských bioplynových stanic z Německa. Pauza ve výstavbě BPS trvala 14 let. Za tu dobu se technologie značně změnila, zjednodušila a zlehčila. První novodobou „bioplynkou“ zahajující bioplynovou renesanci v ČR byla BPS v Letohradě. Vznikla v roce 2004 úpravou skladovacích nádrží na kejdu a disponovala elektrickým výkonem 22 kW. Ten byl záhy navýšen na současných 72 kW. Skutečným spouštěčem výstavby BPS byla diskuze o nově připravovaném zákonu na podporu obnovitelných zdrojů. V rámci této diskuze přišlo i revoluční cenové rozhodnutí Regulačního úřadu, které stanovilo zvýšenou výkupní cenu pro OZE ještě před platností zákona č. 180/2005 Sb. Základní myšlenkou nové cenové politiky a zákona o podpoře OZE bylo nastartovat tuto část energetiky doposud nazývanou jako alternativní.

Dnes můžeme konstatovat, že je v ČR cca 430 bioplynových stanic s instalovaným výkonem 333 MW, a to včetně čistíren odpadních vod. Další vývoj oboru by měl směřovat k instalacím s maximálním využitím energií v místě výroby s orientací na využití odpadů, vedlejších produktů a exkrementů. Z evropských zemí má nejvíce zkušeností s bioplynovou

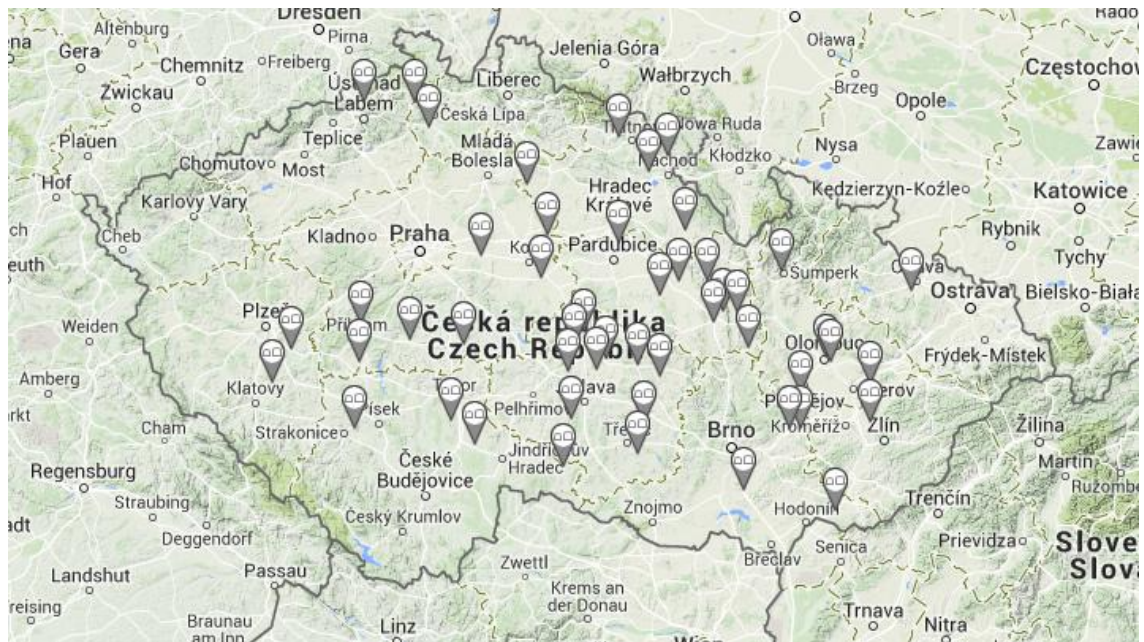
technologií Německo, kde je v současné době v provozu přes 3500 fermentačních zařízení především komunálního charakteru. V Dánsku funguje systém tzv. centralizovaných bioplynových stanic. Ke každé stanici je odpad svážen z okolních oblastí a stanice jsou umístěny tak, aby se jejich svozové zóny nepřekrývaly. Ve Švédsku se bioplyn kromě vytápění a výroby elektrické energie využívá i pro pohon vozidel a nedávno zde byl také zprovozněn první vlak poháněný bioplynem na světě.

Je nutné říci, že bioplyn se stal co do velikosti i významu plnohodnotným průmyslovým oborem, který způsobil významný nárůst investic do zemědělství a do regionálního rozvoje. S každou bioplynovou stanicí přibývá pracovních příležitostí a to jak během výstavby, tak hlavně při samotném provozu [8] [3].

1 Bioplynové stanice

Bioplynová stanice je technologické zařízení pro výrobu, skladování a zhodnocení bioplynu. Stanice zpracovává biomasu v reaktorech prostřednictvím řízeného procesu anaerobní fermentace. Řízená anaerobní digesce je z ekologického hlediska perspektivní způsob využití biomasy, resp. organického odpadu a energetických plodin. Produktem rozkladu organického materiálu bez přístupu vzduchu je bioplyn. Nejčastěji je využíván k výrobě tepla a elektřiny.

V současné době je v ČR více než 400 BPS, nejvíce z nich je zemědělských. S ohledem na současný stav výroby elektrické energie a tepla má bioplyn velkou budoucnost, když vezmeme v úvahu např. zásoby uhlí. Na Obr. 1.1 jsou zakresleny plánované stanice.



Obr. 1. 1 Plánované BPS [2]

Mezi hlavní nevýhody BPS patří fakt, že většina z doposud vystavěných stanic je lokalizována do míst, kde není možné nalézt efektivní využití pro veškeré teplo, které vzniká jako vedlejší produkt při spalování bioplynu v kogenerační jednotce, která má zpravidla podobu stacionárního spalovacího motoru s generátorem. Vlastní technologická spotřeba tepla reprezentuje jen relativně malou část jeho celkové výroby (typicky 20 – 30 %). Není-li pro disponibilní teplo z bioplynové kogenerace využití, může vlastně mařena až třetina energie v bioplynu.

Velký důraz je kladen na to, aby provoz stanice neobtěžoval své okolí pachem. Při správném návrhu a dodržování všech daných provozních zásad by k úniku pachů nemělo vůbec docházet. Nadměrný zápach může být zapříčiněn nevhodným skladováním vstupních surovin, nebo nedodržením předepsané doby zdržení digestátu ve fermentoru. Při zpracovávání jatečných odpadů je potřeba dbát na zvýšenou hygienu provozu. BPS musí při provozu dodržovat přípustnou míru obtěžování zápachem podle vyhlášky 362/2006 Sb. V případě, že dochází k nadměrnému úniku pachů z provozu a k obtěžování místních obyvatel, zasahuje Česká inspekce životního prostředí a udílí pokyn k nápravě nebo pokuty. V krajním případě může dojít i k uzavření provozu stanice.

1.1 Provoz BPS

V bioplynové stanici se biomasa zahřívá na provozní teplotu ve fermentoru, kde zůstává pevně stanovenou dobu. Optimální teplota pro anaerobní digesci je vázána na různé kmeny bakterií. Bioplyn vznikající ve fermentoru je odváděn do zásobníku a upravován pro další využití – spalování, při kterém je výslednou energií buď vzniklé teplo, nebo v případě kogeneračního zařízení teplo i elektřina.

Proces anaerobní digescce vyžaduje zajištění vhodných životních podmínek pro mikroorganismy. Základním předpokladem je anaerobní prostředí s dostatečnou vlhkostí (minimálně 50 %), optimální hodnota pH (6,5 – 7,5) a stálá teplota. Spolehlivá a ověřená technologie zajistí bezproblémový provoz. Technologické nedostatky se projevují zejména produkcí nežádoucího zápachu do okolí stanice.

1.2 Rozdělení BPS

V dnešní době jsou bioplynové stanice velmi rozšířeny, a proto je také můžeme dělit na několik skupin.

1.2.1 Podle zpracovávané suroviny

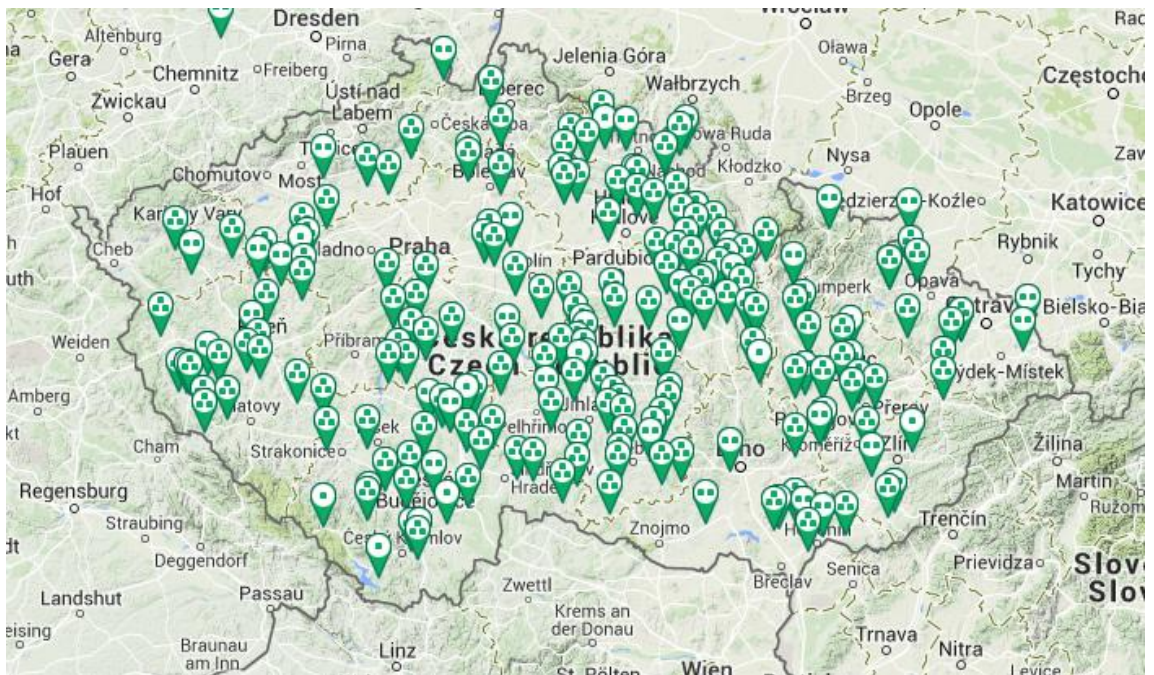
Stanice dělíme podle zpracovávané biomasy, rozlišujeme tři základní typy:

- **Zemědělské**

Tento typ stanic je nejhojněji zastoupen v tuzemsku i v ČR. Jejich výstavba nejčastěji probíhá přímo v areálech zemědělských provozů. Vstupy jsou tvořeny energetickými plodinami a statkovými hnojivy. Pro výstavbu kvalitních zemědělských stanic bylo na žádost Ministerstva zemědělství ČR zpracováno Českým sdružením pro biomasu Desatero přípravy

bioplynových stanic, které obsahuje zásady pro zprovoznění kvalitního zařízení:

1. precizní příprava projektů
2. dostatek kvalitních surovin
3. výtěžnost bioplynu
4. spolupráce s místní samosprávou
5. spolehlivá a ověřená technologie
6. optimalizace investičních nákladů
7. volba kogenerační jednotky
8. využití odpadního tepla
9. nakládání s digestátem
10. další možnosti využití. [3]



Obr. 1. 2 Zemědělské BPS [2]

• *Průmyslové*

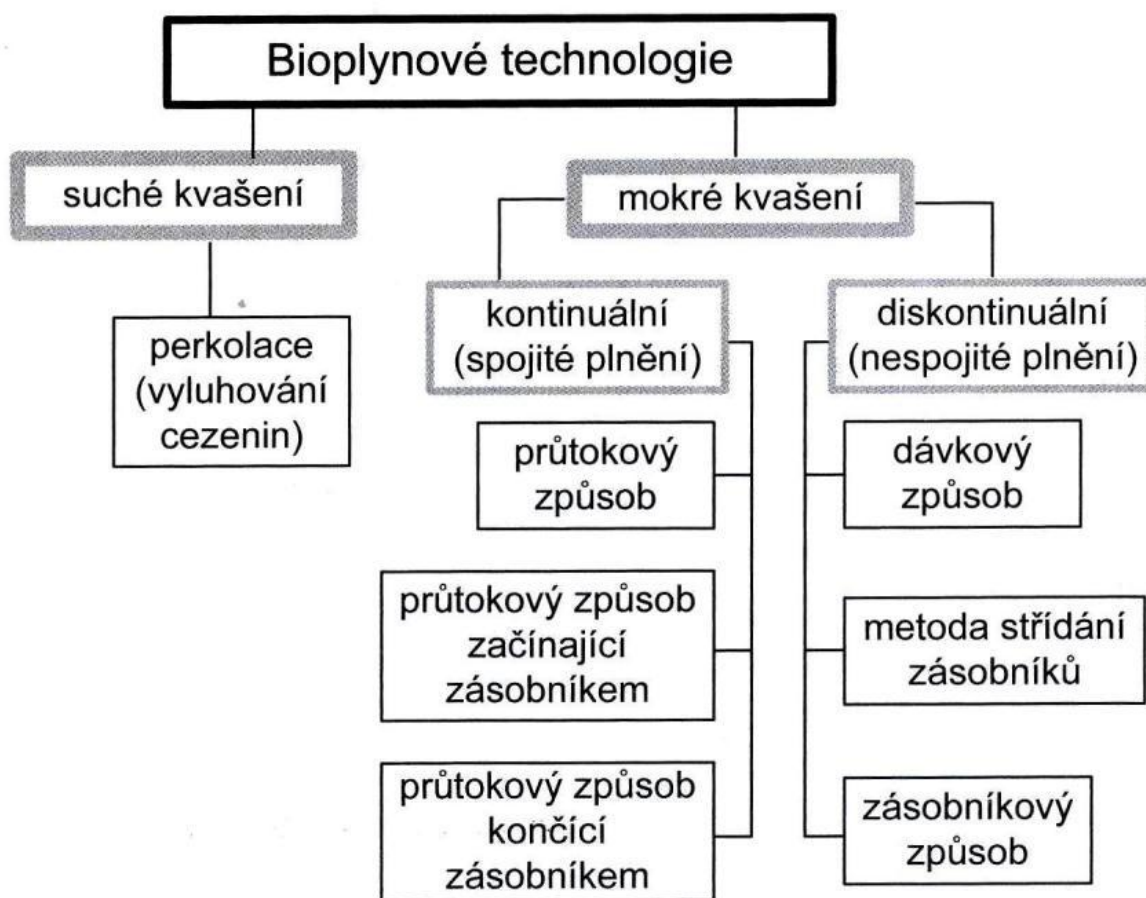
Ve fermentoru zpracovávají rizikové vstupy jako je např: jateční odpady nebo kaly z čističek odpadních vod. Jsou zde tedy kladeny větší nároky na technologii a dodržování hygienických pravidel. V ČR se vyskytují pouze dvě průmyslové bioplynové stanice. Nacházejí se v Chebu (123 kW) a v Kladrubech (310 kW).

• *Komunální*

Tyto stanice zpracovávají komunální bioodpady. Můžeme sem zahrnout odpad z údržby zeleně, vyříděné bioodpady z domácností, restaurací a jiných stravovacích míst. U těchto typů je velký problém se zápachem. Komunálních BPS je u nás kolem 13. Největší je BPS Velký Karlov s 2000 kW. [2]

1.2.2 Podle způsobu kvašení

Podle druhu zpracovávaného materiálu můžeme bioplynové technologie rozdělit na procesy se suchým kvašením a procesy s mokrým kvašením viz *Obr. 1.3*.



Obr. 1.3 Dělení bioplynové technologie podle konzistence substrátu [15]

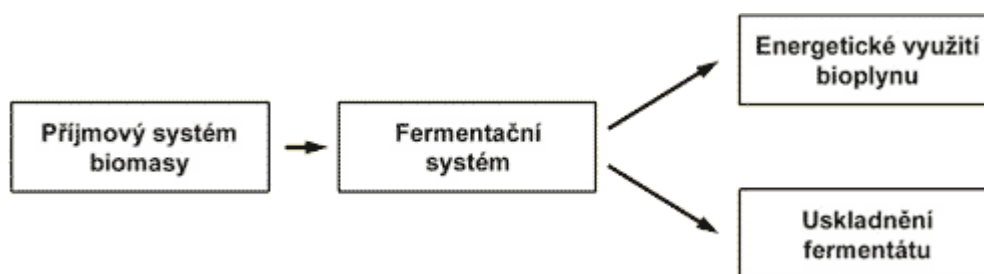
• *Suché kvašení*

Technologie suché fermentace zpracovává substráty o sušině 30 - 35 %. Zpravidla jde o aplikace mezofilního anaerobního procesu s rozsahem používaných reakčních teplot 32 - 38 °C. Optimální pH se pohybuje mezi 6,5 - 7,5 pH. V zásadě lze rozdělit technologie na diskontinuální (vsázkové) a kontinuální. Diskontinuální technologie suché fermentace sestává z několika reakčních komor (kovový kontejner nebo zděná komora s plynotěsnými

vraty) a meziskladu. Doprava zpracovávaného materiálu do komor a z nich je zpravidla prováděna běžnou manipulační technikou (např. traktor s radlicí). Cyklus diskontinuálního procesu začíná vyprázdňením a znovu naplněním reakčních komor. Start reakce trvá přibližně 3 dny a vlastní reakce a produkce bioplynu trvá 24 - 27 dnů. Proces je řízen dávkováním procesní tekutiny. Suché technologie byly původně navrženy pro zpracování komunálních bioodpadů. V podmínkách ČR bude využitelná především v zemědělských provozech, kde jsou k dispozici pouze vysokosušinnové substráty [16].

• *Mokrý kvašení*

Nejpoužívanější technologií výroby BP je tzv. mokrá fermentace, která zpracovává substráty s výsledným obsahem sušiny < 12%. Mokrý anaerobní fermentace probíhá v uzavřených velkoobjemových nádobách, tzv. fermentorech. Mokrý kvašení můžeme dále rozdělit podle způsobu plnění na spojitý a nespojitý plnění. Mokrý technologie mají širší uplatnění, jsou historicky rozšířenější, technicky propracovanější a jsou dobře provozně prověřené. Bohatší technologická výbava a příslušenství (např. míchadla, čerpadla, drtiče, separace, ...) zvyšuje provozní náklady (spotřeba elektřiny, servis a údržba) a četnosti poruch [16].



Obr. 1. 4 Blokové schéma mokré fermentace

1.2.3 Podle způsobu plnění fermentoru

• *Diskontinuální*

Označuje se také jako dávkový, cyklický nebo s přerušovaným provozem. Doba jednoho pracovního cyklu je stejná jako doba zdržení materiálu ve fermentoru. Vyhnívací nádrž je tedy naplněna najednou. Dávka v ní pak vyhnívá do konce doby kontaktu, aniž by se substrát přidával nebo odebíral. Po skončení doby kontaktu se vyhnívací nádrž vyprázdní najednou. Doba kontaktu se pohybuje v rozmezí několika dnů až týdnů. Tato doba závisí na druzích a úpravě materiálů ve fermentoru. Ve fermentoru se však zanechá podíl vzniklého

kalu (5 - 10 %). Tento kal nám naočkuje novou dávkou „zpracovanými“ bakteriemi. Pro naplňování a vyprazdňování dávkového fermentoru v jednom kroku je nutné mít vedle dávkového fermentoru dvě další nádrže (přípravnou a skladovací) o stejných rozměrech jako fermentor. Tato skutečnost tento postup prodražuje. Nevýhodou je také dlouhá doba přemístění obsahu z přípravné nádrže do vyhnívací. Dochází tak ke ztrátám již vznikajícího metanu a dusíku v přípravné nádrži. Z těchto důvodů je tento způsob v praxi málo využíván kdežto v laboratorní praxi se s ním pracuje ve většině případů.

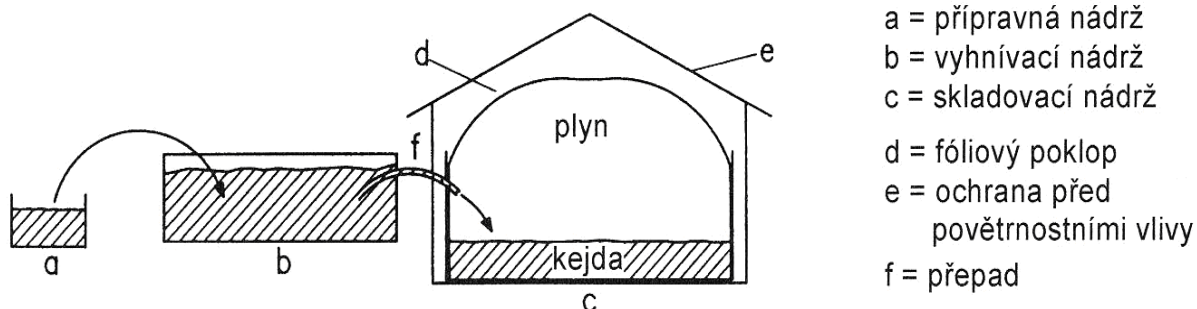
Velikou výhodou je hygienické hledisko. Při tomto způsobu plnění nemůže čerstvý substrát kontaminovat substrát zbavený choroboplodných zárodků, neboť je zpracovaný substrát z fermentoru přemístěn před vsazením čerstvého materiálu [15][17][18].

• *Semikontinuální*

U tohoto způsobu plnění je doba mezi jednotlivými dávkami kratší, než je doba zdržení substrátu ve fermentoru. Materiál se obvykle dávkuje jedenkrát až čtyřikrát za den. Materiál vstupující semikontinuálně do fermentoru má minimální vliv na změnu pracovních parametrů fermentoru (teplota, homogenita). Technologický proces lze snadno automatizovat [15][19].

• *Kontinuální*

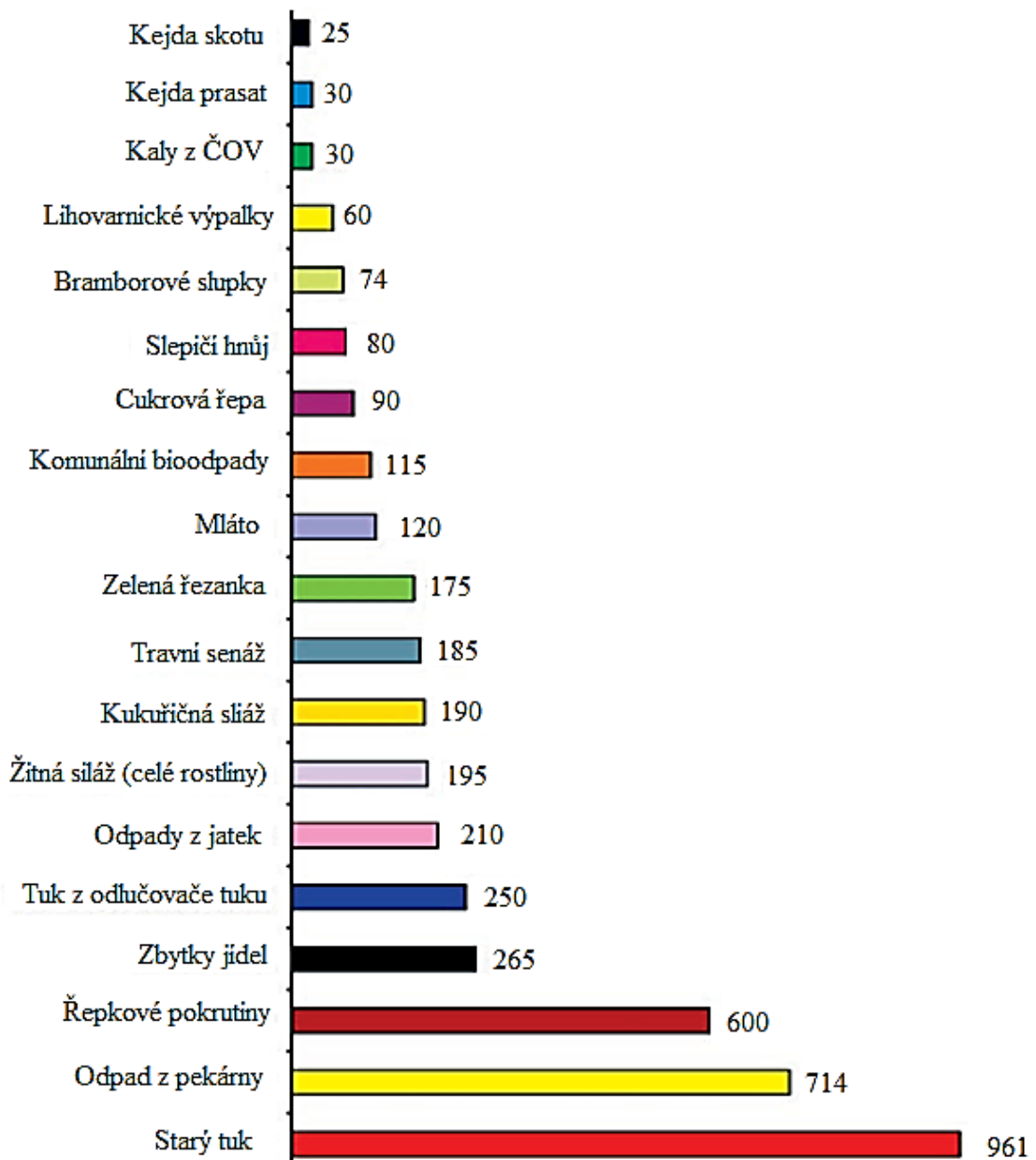
Tento způsob se používá pro plnění fermentorů, které jsou určeny pro zpracování tekutých organických materiálů s velmi malým obsahem sušiny. V současné době je nejvyspělejší metoda výroby bioplynu kontinuální metoda se zásobníkem. K průtokovému fermentoru je připojena skladovací nádrž na vyhnívací kejdu, která se zastřeší fóliovým poklopem, za účelem získání zbytkového bioplynu [15][19].



Obr. 1. 5 Kontinuální metoda se zásobníkem[16]

1.3 Vstupy BPS

Produkce bioplynu z jednotlivých druhů vstupů se výrazně liší, viz *Obr. 1.6*. Uvedené hodnoty vyjadřují teoretickou výtěžnost m^3 bioplynu na tunu biomasy. Reálné hodnoty záleží na kvalitě vstupu a použité technologii. Výtěžnost bioplynu není závislá pouze na vlastnostech vstupního materiálu, ale musí být vždy vyhodnocena podle konkrétních podmínek (např. způsob provozu zařízení, teplota, doba zdržení). Z tohoto důvodu dochází částečně i u stejných substrátů ke značným rozptylům hodnot ve výtěžnosti bioplynu.



Obr. 1. 6 Teoretická výtěžnost surovin [6]

Vstupní suroviny vhodné pro fermentaci jsou např.:

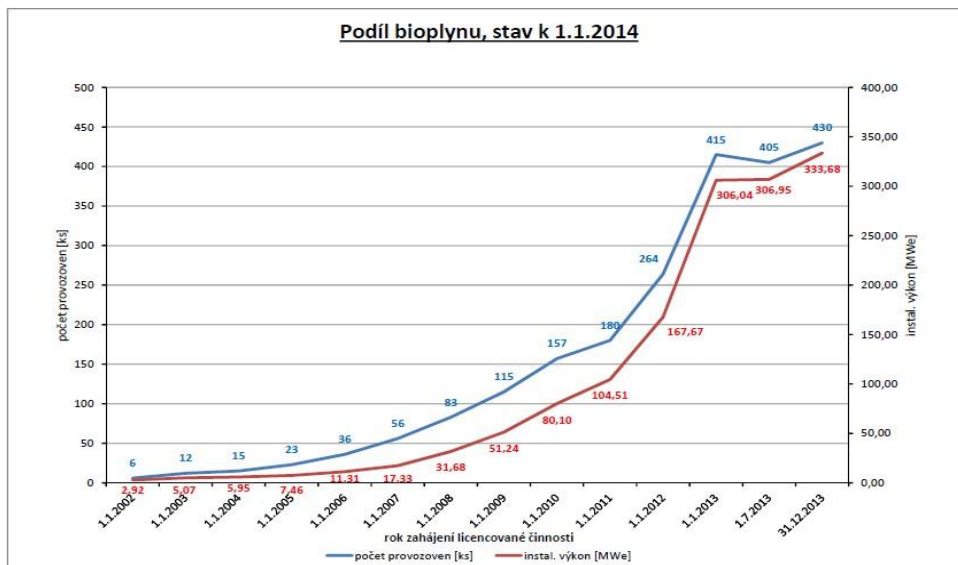
- bioodpady z údržby veřejné zeleně
- bioodpady z domácností a ze zahrad
- prošlé potraviny a bioodpady ze supermarketů
- zbytky z jídelen a restauračních zařízení
- bioodpady z podnikatelských provozů (pekárny, lihovary, pivovary, cukrovary, masokombináty)
- odpady z chovu hospodářských zvířat (kejda, hnůj, podestýlky atd.)
- cíleně pěstovaná biomasa (např. kukuřice, řepa, senáž)
- kaly z čistíren odpadních vod [20]

Ať se jedná o potraviny z domácností, či stravovacích provozů, mezi potraviny vhodné pro fermentaci patří pečivo, knedlíky, brambory, těstoviny, kávový lógr, čaje, ořechy, vejce, ovoce, zeleniny a podobně. Listí, zvadlé květiny, trusy a podestýlky domácích zvířat, zeminy z květináčů, zahrad také řadíme mezi vhodný bioodpad.

Je patrné z předchozího obrázku, že bioplynová stanice má velké množství výběru vstupních surovin. Jiné množství plynu vyprodukuje bioplynová stanice z tuny senáže, kukuřičné siláže, lihovarnického mláta či například odpadů z jatek. Nejméně plynu se vyprodukuje z hovězí či prasečí kejdy, kalů čistíren odpadních vod, dále z produktů z lihovarů, cukrové řepy. Naopak největší výnosnost bioplynu získáme ze surovin s vysokým obsahem tuku. Mezi tyto suroviny můžeme řadit starý tuk, pekárenské odpady, pokrutiny z vylisované řepky aj.[20]

BPS potřebuje více energetických materiálů než bílkovin. Materiály s větším množstvím bílkovin či složky s vyšším obsahem dusíku mohou v reaktoru působit negativně na aktivitu anaerobních společenstev, takže je snížena produkce bioplynu. Toto nebezpečí hrozí např. u nevhodného dávkování drůbežích podestýlek, jatečních odpadů, masokostní moučky apod. Materiály jako kukuřice, hnůj či kejda mají naopak vhodnou koncentraci dusíku, takže tento problém je zde omezen. [6]

Při kombinované výrobě elektřiny a tepla pomocí kogenerační jednotky je účinnost výroby elektrické energie 32 – 42 % a tepla 50 – 60 %. Přičemž elektrická energie se vykupuje za cenu 2,98 Kč /kWh, cena je státem garantovaná na 15 let od uvedení bioplynové stanice do provozu.

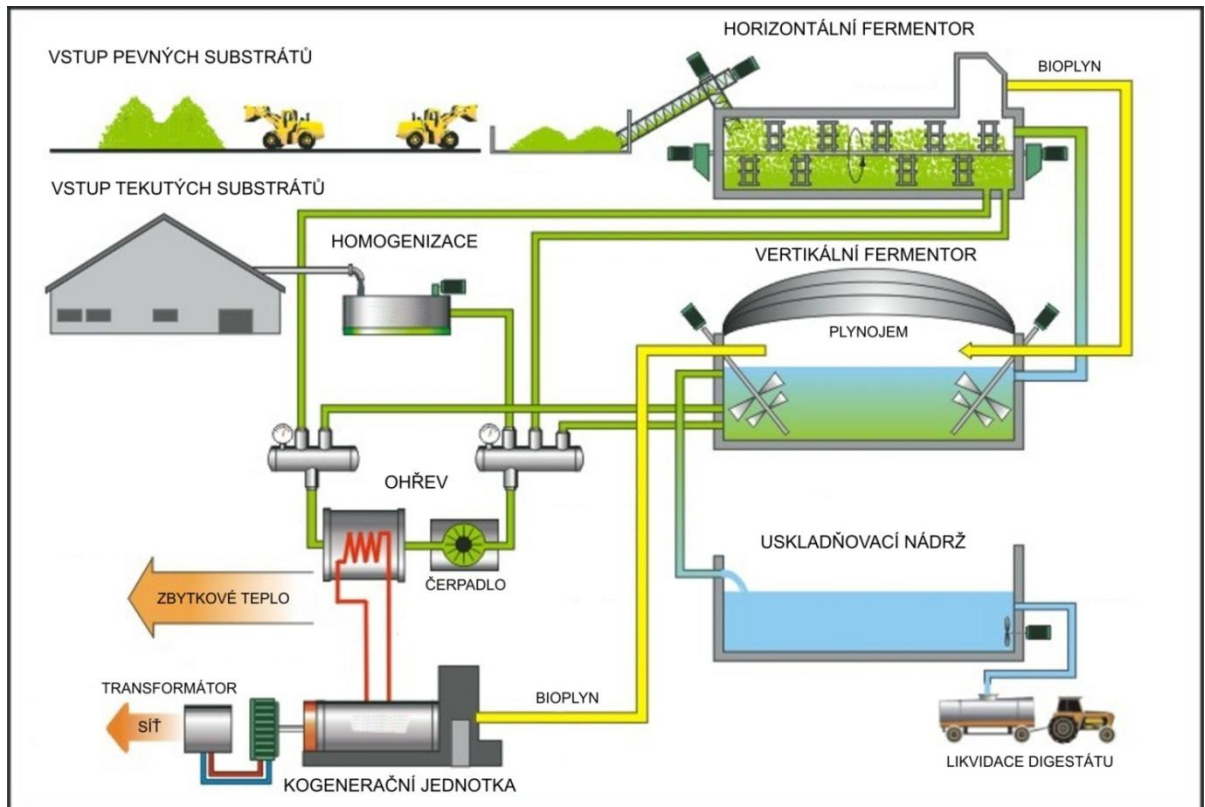


Obr. 1. 7 Podíl bioplynu [8]

1.4 Výroba a zpracování bioplynu

Zplyňování je složitější technologie, která nám umožňuje přeměnit biomasu na palivo plyné použitelné ve všech aplikacích používajících plyná paliva. Bioplyn je směs plynů z nich hlavní jsou metan CH_4 a oxid uhličitý CO_2 , velmi malý podíl tvoří vodík (H_2) dusík (N_2), sulfan (H_2S), vodní pára (H_2O) aj. Výslednými produkty anaerobní fermentace jsou bioplyn s obsahem 55 - 77% metanu o výhřevnosti cca 18 – 26 MJ/m³ a biologicky stabilizovaný substrát (digestát). Bioplyn vzniká v uzavřených nádržích se zamezeným vstupem kyslíku při rozkladu organických látek jako jsou zelené rostliny, exkrementy hospodářských zvířat, domovní či komunální odpady, také odpady z potravinářského průmyslu a další. Z 1 N/m³ bioplynu (66% metanu) se kogenerací (kogenerační jednotka, zařízení, které spaluje bioplyn a vyrábí 30 – 40 % elektřiny a 60% tepla) vyprodukuje: 2,21 kWh elektrické energie, 3,54 kWh tepelné energie.

V bioplynovém zařízení se biomasa zahřívá na provozní teplotu ve vzduchotěsných fermentorech. Obvyklá teplota se u mezofilních bakterií pohybuje od 37 do 43°C, pro termofilní bakterie se teplota pohybuje mezi 50 až 60°C. Princip výroby plynu je ve své podstatě velmi jednoduchý, ale při výrobě je nutné dodržovat bezpečnostní normy. [4] [5]



Obr. 1. 8 Bioplynová stanice [5]

Bioplyn obsahuje také sirovodík. Jedná se o velmi agresivní, korozi způsobující látku. Přítomnost H_2S tedy způsobuje problémy na armaturách, plynoměrech, hořácích a motorech, proto je nutné plyn odsířit.

Metody odstraňování sirovodíku se soustřeďují buď na minimalizaci vzniku sirovodíku, nebo na odstraňování již vzniklého sirovodíku z bioplynu.

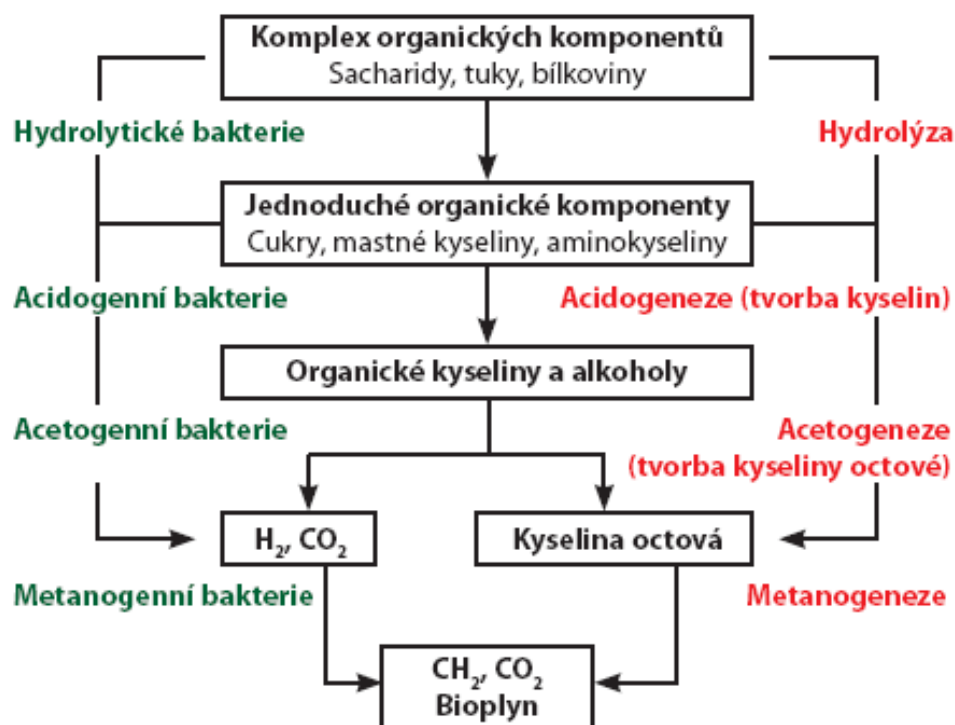
Metody odsiřování bioplynu

- Přidávání solí Fe ke zpracovanému substrátu. Tento způsob je účinný, ale prodražuje provoz vzhledem k relativně vysoké ceně solí a k produkci zvýšeného množství kalů.
- Udržování pH reaktoru na hodnotě 8, kdy je rozkládáno 90 % sirovodíku oproti 50 % při pH 7. Opět je nutné přivádět chemikálie - alkalizační činidla.
- Absorpční metoda využívá k odstranění sirovodíku prací kapaliny, ve kterých se sirovodík dobře rozpouští. Typickou látkou absorpční metody je například metanol.
- Při adsorpční metodě se sirovodík zachycuje na pevných absorbentech (aktivní uhlí, oxidy a hydroxidy kovů, ...)
- Biologická oxidace sirovodíku je řízena dodávkou vzduchu nebo O_2 přímo do anaerobního reaktoru, kde se v určitých místech vytvoří mikroaerobní podmínky.

Sirovodík se biologicky oxiduje pomocí sírných bakterií a vzniká tak elementární síra.[23]

1.4.1 Vznik bioplynu

V prvním kroku, fáze hydrolýzy, jsou štěpeny sacharidy na jednodušší cukry, tuky na mastné kyseliny a bílkoviny na aminokyseliny. Produkty hydrolýzy jsou ve fázi tvorby kyselin (acidogeneze) odbourány na organické kyseliny a nižší alkoholy. Fáze tvorby kyseliny octové (acetogeneze) představuje spojovací článek k tvorbě metanu. Zde jsou produkty fáze tvorby kyselin přeměněny na kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík, které jsou výchozími substráty pro tvorbu metanu (metanogeneze). Ve zdravém procesu běží všechny tyto kroky synchronně. Jednotlivé fáze anaerobní digesce probíhají s odlišnou kinetickou rychlostí. Metanogenní fáze probíhá přibližně pětikrát pomaleji než předcházející tři fáze. Ve většině BPS však probíhají všechny čtyři fáze simultánně. Při dosažení stádia tzv. stabilizované metanogeneze jde vlastně o dlouhodobě udržovanou rovnováhu mezi navazujícími procesy, hlavně pak mezi procesy acidogenními a metanogenními.



Obr. 1. 9 Výroba bioplynu [18]

Anaerobní rozklad organických látek je ovlivňován celou řadou faktorů, které mění životní prostředí mikroorganismů a mají zásadní vliv na průběh celého procesu. Jedná se zejména o tyto faktory:

- 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
- teplota prostředí – tvorba metanu probíhá v širokém rozmezí teplot (4 - 90 °C). Pro udržení stability procesu je rovněž nutné zajistit konstantní teplotu. Viz *obr. 1.10*
- 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 látka 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 vyhnívacího prostoru – udává, jaké maximální množství organické sušiny na m³ za den může být dodáváno do fermentoru, aby nedošlo k jeho přetížení
- rovnoměrný přísun substrátu – aby nedošlo k nadměrnému zatížení fermentoru, je třeba zajistit rovnoměrný přísun substrátu
- odplynování substrátu – není-li plyn z vyhnívací nádrže odváděn, může v nádrži dojít k velkému nárůstu tlaku plynu. Odplynování substrátu lze zajistit pravidelným mícháním.

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

stabilní průběh anaerobního rozkladu je tedy nutné udržovat konstantní teplotu. Běžně se vyskytují tři typické teplotní oblasti, které jednotlivým bakteriálním kmenům vyhovují:

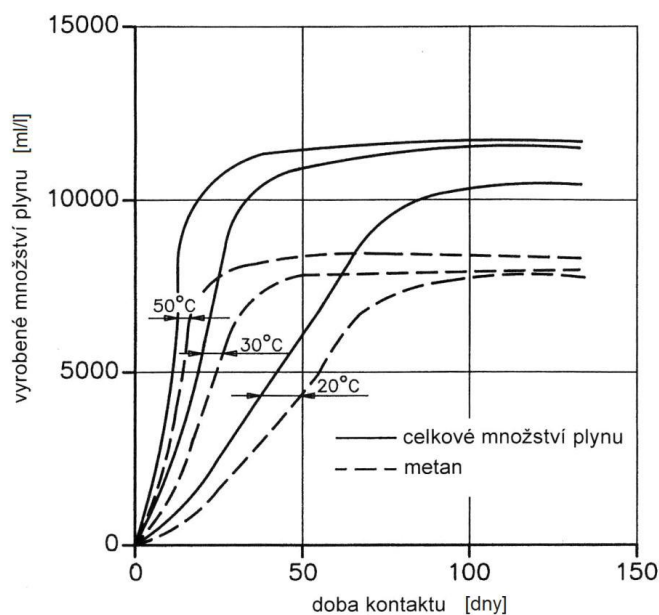
- psychrofilní oblast – teploty pod 20 °C
- mezofilní oblast – teploty od 25 do 40 °C
- termofilní oblast – teploty nad 45 °C

Rozdělení mikroorganismů do teplotních skupin psychrofilů, mezofilů a termofilů není úplně přesné. Různí autoři uvádějí trochu odlišné rozpětí teplot, případně jsou vkládány meziskupiny. Většina v současnosti provozovaných bioplynových stanic pracuje v mezofilní teplotní oblasti. [18]

Jak je možné vidět na *Obr 1.10*, Metanové baterie jsou nejvíce produktivní v rozmezí teplot 0 °C a 90 °C. Při teplotách nad horní hranicí bakterie hynou, pod spodní hranicí bakterie přežívají, avšak neprodukují metan. Rychlost procesu vyhnívání je na teplotě silně závislá.

BPS je možné dále rozdělit na:

- Jednostupňové – všechny čtyři fáze probíhají v jednom fermentoru
- Dvoustupňové – důvodem je rozdělení acidogenní fáze, která je kyselá, od metanogenní fáze. Zde je větší výtěžnost bioplynu a vyšší stabilita procesu, ale taky větší investiční a provozní náklady.



Obr. 1. 10 Vliv teploty vyhnívacího procesu a doby kontaktu na množství a složení vyrobeného plynu [15]

1.4.2 Produkty anaerobní digesce

• *Bioplyn*

Tvořen převážně metanem a oxidem uhličitým. Obsah metanu se pohybuje mezi 50 a 75%. Bioplyn se nejčastěji spaluje v kotlích a vyprodukované teplo se používá na vytápění budov nebo na ohřev vody. Další možností je kombinovaná výroba tepla a elektrické energie v kogenerační jednotce.

• *Fugát*

Fugát neboli procesní voda, je tekutý produkt vyhnívacího procesu a má charakter vody odpadní. Je silně zakalený a obsahuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Zpravidla je odváděn do čistírny odpadních vod.

• *Digestát*

Tuhý zbytek po vyhnití se sníženým obsahem biologicky rozložitelných látek. Tento materiál, pokud vyhovuje všem parametrům stanoveným vyhláškou Ministerstva životního prostředí, lze využít jako hnojivo, přísávek do kompostu nebo k úpravě povrchu terénu. Složení digestátu by mělo být přísně kontrolováno, jinak by mohlo dojít ke kontaminaci zemědělské půdy.

1.5 Význam BPS

Česká republika se zavázala zvyšovat podíl vyrobené energie z obnovitelných zdrojů. To znamená suroviny, které jsou při procesu anaerobní digesce biologicky rozložitelné. Základní podmínkou pro správné a efektivní fungování stanic je dodržování technologických postupů, které byly pro jednotlivé stanice navrženy. Při dodržení těchto zásad můžeme označit provozy BPS za šetrné k životnímu prostředí. Do prostředí nedostávají žádné škodlivé látky. Při spalování plynu se uvolňuje pouze oxid uhličitý, který patří mezi skleníkové plyny. Množství takto uvolněného CO_2 je však srovnatelné s množstvím spotřebovaného rostlinou při jejím růstu. Výsledek anaerobního rozkladu, digestát, nepatří mezi rizikový produkt, naopak se jedná o cenné hnojivo pro rostliny. Případně lze odstranit z digestátu kapalný podíl a vzniklý separát používat k výrobě pelet, což je popsáno v kapitole 4.1. [21]

1.6 Podpora BPS

Skutečným spouštěčem výstavby BPS byla diskuze o nově připravovaném zákonu na podporu obnovitelných zdrojů. V rámci této diskuze přišlo i revoluční cenové rozhodnutí Regulačního úřadu, které stanovilo zvýšenou výkupní cenu pro OZE ještě před platností zákona č. 180/2005 Sb. Základní myšlenkou nové cenové politiky a zákona o podpoře OZE bylo nastartovat tuto alternativní část energetiky.

Myšlenka vycházela z celosvětových diskuzí o úspoře emisí a zvýšení energetické účinnosti a úspoře paliv, převážně těch fosilních. Obnovitelné zdroje měly nahrazovat ty zastaralé na uhlí. Výsledek tohoto snažení je však takový, že obnovitelné zdroje se staví, ale zároveň se ty uhelné s velkými náklady na opravy udržují při životě. Tím vzniká přetlak elektřiny v síti, klesá cena a velká energetika omezuje a tlačí na malé OZE. Podpora výroby zelené elektřiny navíc měla zajistit využití pro volnou zemědělskou půdu, která pod dotacemi byla uváděna do klidu.

Podpora opravdu nastartovala výstavbu moderních bioplynových stanic, které se staly pro zemědělce nástrojem pro vylepšení cashflow a přinášela mnoho synergií se živočišnou a rostlinnou výrobou. Pro další urychlení výstavby byly zavedeny investiční podpory, a to hned z několika programů spadajících pod Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR a také Ministerstvo zemědělství ČR.

Jak se zvyšoval počet instalací, a přibývaly zkušenosti, rostl i zájem o BPS. Přestože nejde o obor se zázračnou návratností, což dokazuje malý zájem subjektů zabývajících se investičními příležitostmi, zemědělci se do něj nakonec pustili s vervou. Dokonce růst instalovaného výkonu nabyt takových rozměrů, že se stal trnem v oku velké energetiky a průmyslu. Tato odvětví začala volat po útlumu. Důvodem bylo snižování ceny silové složky na jedné straně a zvyšování příspěvků na KVET a OZE v konečné ceně elektrické energie. Proto byl novelizován a změněn původní zákon o podpoře obnovitelných zdrojů na zákon o podporovaných zdrojích, kde se již objevuje podpora i jiných zdrojů energie.

Následně další novela v roce 2013 zastavuje podporu OZE úplně. Přitom šlo o zbytečný legislativní tah, protože již změna zákona v roce 2012 zajistila dostatek záchranných mechanismů pro korekci rozvoje, což se projevilo v roce 2013. Došlo také ke změně podpory, která byla snížena v části na produkci elektrické energie a zvýšila se v části využití tepla. Jde

o krok správným směrem, protože takto nastavená podpora motivuje k maximalizaci využití tepelné energie, která často bývá mařena v chladičích, tak jak tomu je ve větším měřítku třeba u jaderných zdrojů. Dnes můžeme konstatovat, že je v ČR cca 430 bioplynových stanic s instalovaným výkonem 333 MW, a to včetně čistíren odpadních vod. Další vývoj oboru by měl směřovat k instalacím s maximálním využitím energií v místě výroby s orientací na využití odpadů, vedlejších produktů a exkrementů.[8]

Každý producent energie z OZE si může vybrat formu podpory – Garantovaná výkupní cena nebo Zelený bonus (dále jen ZB). Nejvíce stanic u nás využívá podporu formou ZB. V praxi to znamená, že výrobce si čerpá ZB na silovou elektřinu, kterou dodává do distribuční sítě za smluvní cenu vykupujícímu obchodníkovi + čerpá ZB na elektřinu, kterou si z vlastní produkce spotřebuje v rámci areálu nebo prodá v rámci areálu (tj. bez použití distribuční sítě) jinému subjektu. ZB nelze čerpat na tzv. technologickou spotřebu. Výkupní cenu každoročně určuje energetický regulační úřad a je zákonem garantovaná. Oba druhy podpory mají svá specifika a jsou výhodné pro jiné subjekty.[21]

2 Části BPS

Každá bioplynová stanice se skládá z několika hlavních částí:

- Fermentor – horizontální a vertikální
- Kogenerační jednotka
- Transformátor
- Plynojem
- Uskladňovací nádrž
- Čerpadlo

Nejdůležitějším při výstavbě nové bioplynové stanice je však důležitá volba správného typu kogenerační jednotky a fermentoru. Proto se s těmito dvěma částmi stanice seznámíme detailněji. S druhy míchací techniky se budeme zabývat v kapitole 2.3.

2.1 Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotku (KJ) lze právem označit za srdce bioplynové stanice, neboť její efektivní provoz je rozhodující pro ekonomickou udržitelnost projektu. Proto je třeba klást velký důraz na pečlivý výběr. Jedním z hlavních kritérií výběru je vysoká elektrická účinnost, která určuje, jaké množství elektřiny se vyrobí z m^3 bioplynu.



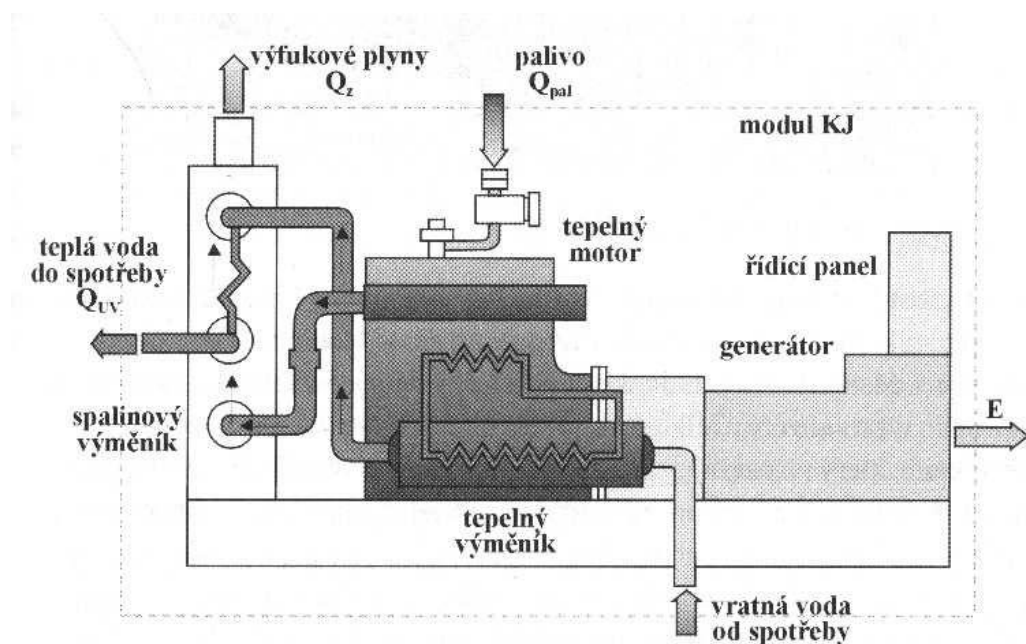
Obr. 2. 1 Kogenerační jednotka [20]

V kogenerační jednotce je z bioplynu ve spalovacím motoru napojeným na generátor vyráběna elektrická energie a teplo. Elektrická energie je nejčastěji dodávána do veřejné elektrické rozvodné sítě. Tepelnou energii je možno využít různými způsoby.

KJ lze rozdělit na dva základní druhy:

- **se zážehovými plynovými motory**

Výhradním palivem je v tomto případě pouze bioplyn. Moderní motory s vyšším instalovaným elektrickým výkonem pracují s elektrickou účinností v rozpětí 37 – 42 %, u motorů s menším elektrickým výkonem tato účinnost klesá. Investičně jsou tyto motory zpravidla náročnější než vznětové, mají však nižší nároky na údržbu. U moderních plynových motorů je garantována dlouhá životnost zařízení. Generální oprava motorů se provádí po 60.000 hod. provozu (po více než 7 letech), v průběhu životnosti KJ se předpokládají až tři generální opravy.



Obr. 2. 2 KJ se zážehovými plynovými motory [9]

- **se vznětovými motory se vstřikem zapalovacího oleje**

Jedná se o dieselové motory se zápalným paprskem, kde základním palivem je bioplyn a doplňkovým palivem je zpravidla kapalné fosilní palivo, popř. rostlinné oleje. Doplňkové palivo slouží jako zápalné a iniciační médium spalovacího procesu. Nejčastěji se používá motorová nafta nebo LTO, možné je ovšem i využití biopaliv (bionafta, rostlinné

oleje). Spotřeba doplňkového paliva se může významně lišit, pohybuje se v rozmezí 4 - 10 % celkového příkonu v palivu. U KJ se vznětovými motory se elektrická účinnost standardně pohybuje mezi 40 – 43 %, a to i u jednotek s menším elektrickým výkonem. Některé nové jednotky dosahují účinnosti až 45 %. V porovnání se zážehovými motory jsou vznětové motory zpravidla investičně méně náročné, nároky na údržbu jsou zde ovšem vyšší. Generální opravu vyžadují po 40.000 provozních hodinách. V souvislosti s používáním fosilního paliva může být problematické vyhodnocování podílu výroby elektřiny z obnovitelného paliva (bioplynu).

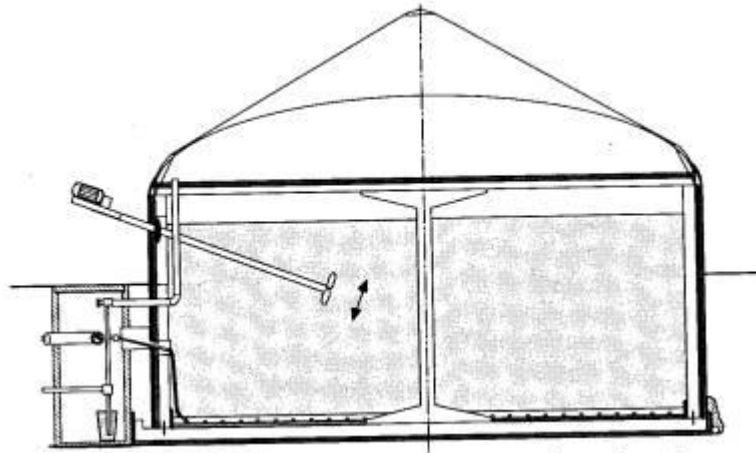
Volbě vhodné KJ musí být věnována patřičná pozornost a je zapotřebí zvážit všechny důležité souvislosti. [7]

2.2 Fermentor

Fermentor, ve kterém probíhá samotný proces anaerobní digesce, je možné přirovnat k žaludku. Je to vlastně zásobník, ve kterém dochází k mikrobiologickému odbourávání substrátu. Za pomoci několika druhů kultur mikroorganismů jsou vstupní materiály postupně zpracovány až na výslednou produkci bioplynu. Jedná se tedy o živý proces, který dovede být citlivý na kvalitu a na změnu optimálních podmínek (zejména konstantní teplota a pH). Chybná „výživa“ a nevhodné podmínky proto mohou vést k redukci výnosu bioplynu, popř. až k zastavení fermentačních procesů. Pro optimální chod je nutné držet co nejvíce jednotné složení vstupních surovin a přechody mezi jinými materiály dělat pouze pozvolna a v řádu měsíců. [7]

2.2.1 Vertikální

Vertikální fermentor se vyrábí většinou z betonu a má kruhový průřez. Oproti horizontálnímu fermentoru zde nedochází k tak velkým tepelným ztrátám, protože se dosahuje lepšího poměru mezi objemem a povrchem. V některých případech jsou nádrže umístěny pod úrovní terénu. O tom, jak hluboko bude fermentor umístěn, často rozhoduje stav spodní vody. Z hlediska tepelných ztrát je nejvýhodnější podzemní umístění, při kterém je ale potřeba fermentor dobře izolovat proti vlhkosti. Používané objemy se pohybují v rozmezí 250 - 600 m³, i když existují reaktory s objemy až 1200 m³. Hloubka reaktorů bývá 3 - 6 m a průměr 8 - 18 m. [9]



Obr. 2.3 Vertikální fermentor [9]

- **Výhody**

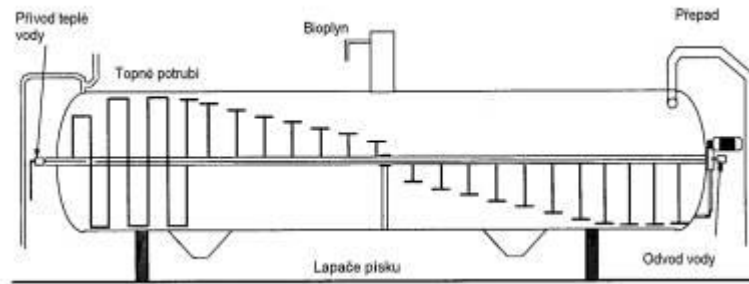
Poměr mezi povrchem a objemem fermentoru je lepší než u horizontální polohy. Z tohoto důvodu se snižují tepelné ztráty. Také sníží náklady na potřebný materiál [15].

- **Nevýhody**

V tomto zařízení nemůže docházet k pístovému proudění.

2.2.2 Horizontální

Reaktor je ocelová nebo plastová, tepelně izolovaná válcová nádrž v průměru zpravidla 2 - 3 m, délky dle potřebné kapacity reaktoru). V praxi se vzhledem k možnosti transportu používají reaktory objemů 50 - 100 m³. Často se využívají použité zásobníky na naftu. Na Obr. 2.2.2. je vidět, že nádrž je uložena na betonových podstavcích tak, aby její sklon byl 3 - 5 %. Kejdá se čerpá do výše položené části. Promíchávání obsahu reaktoru a pohyb směsi směrem k druhému níže položenému konci, je zabezpečen lopatkami umístěnými na hřídeli procházející horizontální osou reaktoru. Rychlost míchání je pomalá, 1 - 3 otáčky za minutu. Tomu odpovídá i nízká spotřeba energie na míchání, 700 – 900 W motor je dostatečný pro míchání 100m³ kejdý obsahující slámu. Vznikající bioplyn se hromadí v horní části reaktoru, odkud je odváděn do plynojemu. Ve spodní části, v nejnižším bodě reaktoru, je jeden nebo více odkalovacích ventilů. Vytápění je řešeno rozvodem trubek uvnitř reaktoru. Běžné je i umístění ve dvojité stěně reaktoru, nebo je vytápění integrováno s mícháním a je umístěno v duté hřídeli míchadla. Vzhledem k poměrně velkým investičním nákladům, se tento typ reaktoru využívá hlavně k fermentaci “hustších odpadů” jako je drůbeží trus, domovní odpad nebo kejdá s vyšším obsahem slámy, kdy se využívá vhodnosti tohoto typu míchacího zařízení. [9]



Obr. 2. 4 Horizontální fermentor[9]

2.2.3 Obdélníkový

Pod značkou ENSERV jsou projektovány a realizovány bioplynové stanice s obdélníkovým prizmatickým fermentorem, které se vyznačují velmi efektivní výrobou bioplynu. Tímto způsobem jsou obnovitelné zdroje ze zemědělství jako například různé druhy siláží, kejda a jiné produkty, vznikající v zemědělském procesu využívány k výrobě energie. Tento typ fermentoru je vybaven



Obr. 2. 5 Míchací technika

dvěma horizontálními míchadly. Lopaty míchadel dosáhnou až do 85 % prostoru primárního fermentoru, což je technologicky ojedinělé. Tím, že míchadla pracují ve dvacetiminutových intervalech vždy jen zhruba tři minuty, jsou jejich nároky na energii velmi nízké. Substrát se tak spíše pomalu posouvá a hněte. Celkem se zdrží v obou fermentorech kolem 70 dnů.

• *Výhody*

U horizontální nádrže je možnost instalace velkého, výkonného, energeticky nenáročného mechanického míchadla. Díky tomu je substrát dobře promícháván napříč směrem průtoku, v podélném směru méně. U tohoto typu vzniká tzv. pístové proudění, které podporuje hygienizační efekt (dávka je posouvána jako píst a tak se čerstvý substrát z plnicí zóny nsmíchává s již vyhnílym materiálem na druhém konci nádrže) [15].

• *Nevýhody*

Mezi nevýhody se řadí nadměrná vysoká náročnost na zastavěnou plochu v poměru k jejímu objemu. Délka nádrže je několika násobkem průměru.

Dochází zde také k velkým tepelným ztrátám a je nemožné čerstvý substrát očkovat vyhnílym kalem. U hovězí kejdy a hnoje nám tato skutečnost nevádí, neboť samotný substrát obsahuje dostatek metanových bakterií. V případě prasečí kejdy, slepičího trusu nebo organického odpadu by měl být substrát naočkován. Může se tak dít v přípravné nádrži, nebo použitím malého čerpadla k recirkulaci očkovačla [5].

2.2.4 Ohřev fermentoru

Abychom zajistili optimální fermentační proces, musí ve fermentoru převládat vyrovnaná teplota. Silné kolísání popř. nedodržení určité teplotní hodnoty by mohlo vest ke zbrzdění fermentačního procesu nebo v nejhorším případě k zastavení procesu. Příčiny kolizí teplot mohou být:

- dávkování příliš studeného čerstvého substrátu
- tvoření teplotních vrstev nebo tvoření teplotních zón na základě izolace, neefektivní nebo chybně dimenzované topení, nedostatečné promísení
- poloha topení
- extrémní vnější teploty v létě a v zimě
- výpadek agregátu (topení)[23]

2.2.5 Míchací technika

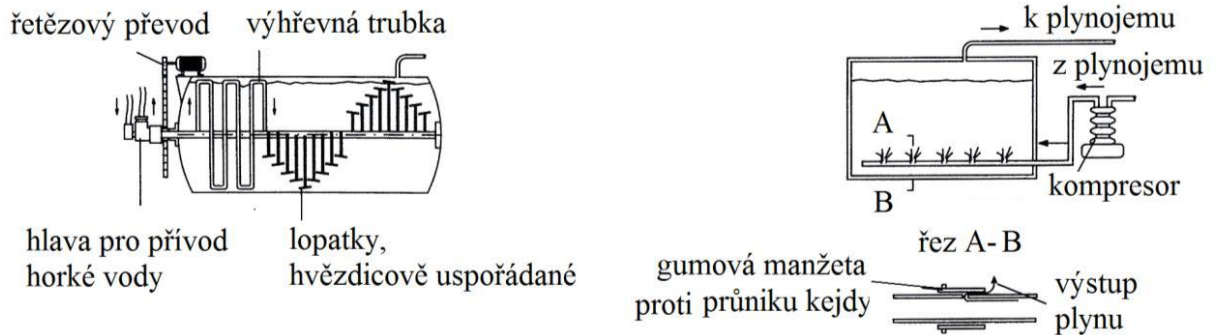
Účinná míchací technika umožňuje velice flexibilní používání substrátů. V hlavním fermentoru jsou použita horizontální pádlová míchadla. Tato míchadla promíchají cca 70% obsahu fermentoru, což prakticky vylučuje vznik sedimentu nebo plovoucí vrstvy. V sekundárních fermentorech jsou pak podle složení substrátu použita vrtulová nebo vertikální pádlová míchadla.



Obr. 2. 6 Míchadla

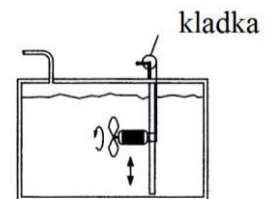
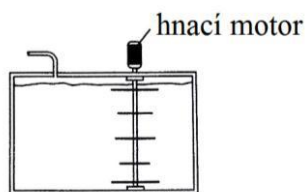
Míchání anaerobních reaktorů je důležité pro homogenizaci obsahu a tedy i naočkování čerstvého substrátu aktivními bakteriemi. Promícháváním substrátu také docílíme rovnoměrně rozložené teploty v celém objemu fermentoru a zabráníme vzniku kalového stropu. Kalový strop je nežádoucí pevná krusta na hladině reagujícího materiálu. Míchání je

uskutečňováno pomocí míchadel, které mohou být mechanické (míchadla ve fermentoru), hydraulické (odděleně instalovaná čerpadla) nebo pneumatické (vtlačování bioplynu). Zcela běžné jsou krátké míchací periody několikrát během dne. Po zbytek dne je reaktor v klidu. Intenzivní nepřetržité míchání prakticky nezvyšuje výtěžek plynu a je využíváno jen ve výjimečných případech [15][20].



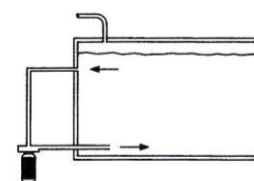
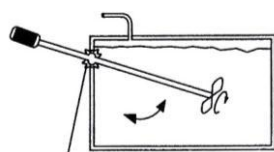
Mechanické lopátkové míchadlo s výhřevnými trubkami

Pneumatické vtlačování bioplynu



Mechanické mlýnové míchadlo s excentrickým umístěním

Ponorné motorové vrtulové míchadlo s nastavitelnou výškou



kulový kloub s gumovým vlnovcem

Tyčový mixér, otočný

Hydraulická cirkulace

Obr. 2. 7 Míchadla pro BPS [15]

3 BPS Třemošná

BPS Třemošná je umístěna ve stejnojmenné obci v západočeském kraji nedaleko Plzně. Tato stanice byla vybudována v místním objektu zemědělského družstva. Její poloha je strategická kvůli malé vzdálenosti dopravy vstupních substrátů pro fermentaci. Zde se používá kejda hospodářských zvířat, kukuřičná siláž a zbytky po sklizni řepky.

Stanice v Třemošné využívá zelený bonus. Zelený bonus je přibližně o 1Kč/ kWh nižší než výkupní cena, a je vhodný v případě, kdy jste schopni alespoň část z vyrobené elektřiny sami spotřebovat. Čím větší spotřebu máte, tím je pro vás zelený bonus výhodnější, protože za odebranou elektřinu už nic neplatíte. Ideální je tedy pro objekty, které mají vyšší spotřebu elektrické energie v létě, například pro domy s klimatizací. Důležitá je i cena, kterou za elektřinu platíte – obecně lze říci, že čím dražší elektřina, tím více se vyplatí zelený bonus. Oproti tomu podpora formou výkupní ceny je vhodná zejména při nižší spotřebě elektřiny, například u velkých projektů. Ideální jsou také objekty, v nichž spotřeba energie přes léto klesá, nebo které kupují energii levně. [21]

3.1 Parametry

Novostavba bioplynové stanice pro zpracování statkových hnojiv a biomasy s jejich energetickým využitím. S výstavbou bioplynové stanice se začalo v srpnu 2012. Kontrola distributora před spuštěním (tzv. PPP) proběhla 19. 11. 2013 a následné osazení elektroměru společností ČEZ bylo uskutečněno 27. 11. 2013. Ve zkušebním provozu začala stanice pracovat 23. 12. 2013, do plného provozu byla uvedena v únoru roku 2014.

Jmenovitý výkon	1189 kW
Elektrický výkon	1189 kW
Tepelný výkon	1177 kW

3.2 Části bioplynové stanice

- *Fermentor*

Zde byl použit obdélníkový fermentor. Skládá se z hlavní a sekundární části. Celkový objem hlavního fermentoru netto 2 x 2640 m³ (brutto 2 x 2880 m³). Rozklad ve fermentoru probíhá při teplotě (39) – 55°C a při pH 7,5 – 8. Substrát obsahuje 10 – 12% sušiny. Krmení

odpovídá dávkám cca 60 tun (2 x objem cca 90 m³) pevného substrátu a jsou v něm umístěna dvě podélná pádlová míchadla. Sekundární fermentor je kruhová zastropená jímka s jedním ponorným motorovým a jedním hladinovým míchadlem.

- **Koncový sklad**

Objekt tvoří železobetonová jímka o průměru 40 m, účinná hloubka - 7,5 m. Je navržena z vodostavebného betonu a není zastropena. Objekt je určen ke skladování vyfermentovaného materiálu z fermentorů. Sklad je o objemu 8040 m³.

- **Technický sklep (přečerpávací jednotka)**

Jedná se o zastřešený prostor mezi objekty fermentoru a koncovým skladem. Obvodové stěny mezi nádržemi jsou zděné, plochá střecha. V objektu umístěna přečerpávací jednotka, umožňující přečerpávání substrátu mezi fermentorem a koncovým skladem. Rovněž je zde umístěn motor míchadla fermentoru.

- **Technická budova – kogenerace**

Jednopodlažní nepodsklepený objekt s využívaným podkrovím. V přízemí objektu jsou místnosti: elektrorozvodna, řídicí centrum, kogenerace a sklad materiálu - motorový olej, v podkroví jsou umístěny chladiče tech. zařízení. Pod podlahou objektu je instalační kanál, který spojuje objekt kogenerace s objektem technického sklepa. Kanál má výšku 1,5 m a šířku - 1,2 m, délka cca 22 m. V kanále vedena elektroinstalace, vodovod a teplovod. Vedle technické budovy je umístěno chladičí zařízení – chlazení kogenerace.

- **Přípojka vn, trafostanice**

V areálu bioplynové stanice je pro její potřeby navržena kiosková trafostanice, ve které bude ukončena přípojka vn. Kabelové vedení je proti přepětí chráněno instalací omezovačů přepětí vn. Kabel VN 22kV - 3xAXEKVCEY 1x120 v délce cca 140m je veden od odbočného bodu směrem k trafostanici v areálu bioplynové stanice. V trafostanici 22/0,4kV, 1x1600 kVA, je prostor pro transformátor, rozvodnu vn a rozvodnu nn.

- **Plynovod, fléra**

Od fermentoru vede nadzemní plynovod do strojovny kogenerace. Druhý plynovod vede od fermentoru k fléře. Fléra je zařízení pro kontrolované odhořívání bioplynu v případě poruchy nebo provádění servisních prací. Umístěna je ve vzdálenosti 15 m od ostatních

nadzemních objektů. Plynovod k ní vede nad zemí.

• *Teplovod*

Jedná se o podzemní tepelně izolované potrubí přivádějící topnou vodu ohřátou ve výměníku kogenerační jednotky do fermentoru a zpět pak vratnou vodu. Pro vlastní technologickou spotřebu tepla se počítá s využitím části produkovaného tepla a výhledově využití pro vytápění objektů zemědělského areálu. [10]

• *Zásobník plynu*

Nachází se mimo fermentor a slouží k uskladnění bioplynu před dalším využitím v kogenerační jednotce nebo k úpravě na biometan. Zde probíhá také odsíření bioplynu. Objem vaku je přibližně 820 m^3 . Funguje při tlaku $< 5 \text{ mbar}$ a pracovní teplotě do $55 \text{ }^\circ\text{C}$. Vzhledem ke kompaktnímu řešení stanice nejsou zapotřebí dlouhá potrubí a nevznikají problémy související s kondenzátem v potrubích. [10][12]



Obr. 3. 1 Zásobník plynu

V objektu stanice se nachází další zařízení potřebná ke správnému chodu stanice. Při návštěvě si určitě nikdo nepřehlédne zásobníky substrátů. Předjímka, která je určena ke skladování tekutých substrátů, jako je kejda a silážní šťáva, před dávkováním do fermentoru. A také silážní žlaby. To jsou velké plochy určené pro skladování pevných substrátů, především siláží. K dávkování pevných látek do fermentoru slouží krmný vůz, který je možné vidět v příloze č. 2.



Obr. 3. 2 Zabezpečovací technika

Jsou zde také bezpečnostní prvky jako přetlaková a podtlaková pojistka fermentorů a plynového vaku. Tato zařízení jsou na bázi sifonu sloužící k zabezpečení proti přetlaku a podtlaku ve fermentoru během provozu. Při odstavení složí jako otvory pro odvětrávání. V kombinaci s přetlakovou pojistkou hlavního a sekundárního fermentoru pracuje i pěnová

pojistka. Jedná se o tlakovou desku zatíženou závažím, která při extrémní tvorbě pěny ve fermentorech umožní kontrolovaný odtok pěny.

Nesmíme také zapomenout na místnost čerpadel. Nachází se zde soustava čerpadel a potrubního systému, kterým probíhá veškerá manipulace s tekutou složkou. Nedílnou součástí všech zařízení na výrobu tepla a elektrické energie je velín. V této místnosti se nachází samoobslužný počítač a rozvodné skříně pro řízení chodu motoru a pro zásobování elektrickou energií do trafostanice.

3.3 Technologie NatUrgas

V BPS Třemošná byla využita technologie rakouské firmy ENSERV Naturgas. V této kapitole si přiblížíme, jak funguje bioplynová stanice s technologií naturgas.

Jako suroviny se mohou použít pevné i kapalné substráty. Pevné substráty mohou být suroviny rostlinného původu nebo biogenní odpady. Kapalné substráty mohou být kupříkladu kejda z chovu zvířat nebo jiný organický tekutý odpad. Pevné složky jsou dodávány do fermentoru zařízením pro dávkování pevného substrátu. Kapalné substráty jsou skladovány odděleně v nádržích a čerpadlem přiváděny do fermentoru.

Fermentor je železobetonový hermeticky uzavřený zásobník. Ve fermentoru probíhá anaerobní rozklad biomasy na bioplyn. Několikastupňovou reakcí přes meziprodukty tady mikroorganismy postupně rozkládají energeticky využitelné uhlíkové vazby ve sloučeninách obsažených v biomase na bioplyn. Fermentor je průběžně doplňován pevnou i kapalnou biomasou. Současně je z fermentoru odebírán dokvašený substrát (digestát). Pro zamezení vzniku plovoucí vrstvy a sedimentace složek musí být obsah fermentoru nepřetržitě promícháván a fermentační proces musí být ohříván. Mikroorganismy potřebují dle typu procesu určitou teplotu od 35 do 50 °C.

Odebraný substrát se označuje jako kvasný zbytek neboli digestát, a po meziuskladnění může být použit jako hnojivo. Vznikající bioplyn proudí z fermentoru do zásobníku bioplynu, kde proběhne odsíření a meziuskladnění. Síra je z bioplynu v zásobníku odstraněna biologickým odsiřovacím procesem. Bioplyn se posléze přivádí do kogenerační jednotky, nebo do zařízení pro úpravu na biometan.

V kogenerační jednotce je z bioplynu ve spalovacím motoru napojeným na generátor vyráběna elektrická energie a teplo. Elektrická energie je nejčastěji dodávána do veřejné elektrické rozvodné sítě. Tepelnou energii je možno využít různými způsoby.

V zařízení pro úpravu bioplynu na biometan je metan obsažený v bioplynu zkoncentrován na obsah cca 99%. Oxid uhličitý a stopové plyny jsou odděleny. Tento téměř čistý metan může být vtlačěn do rozvodné sítě zemního plynu a přes rozvodnou síť jej lze využít různým způsobem. [12]

3.4 Provoz BPS Třemošná

Umístění stanice proto bylo strategické a k výrobě bioplynu nemusí dovážet potřebný materiál. Stanice je v objektu zemědělského družstva a jako palivo se používají dostupné materiály z rostlinné výroby a substráty hospodářských zvířat.

3.4.1 Vstupy

Jako palivo pro provoz stanice se používá kejda hospodářských zvířat, kukuřičná siláž a zbytky po sklizni řepky. BPS Třemošná za rok 2014 spotřebovala 13947 tun kukuřičné siláže, 1906 tun travní siláže a 2110 tun hnoje. Kapalné substráty jsou dávkovány do fermentačního procesu prostřednictvím dostatečně dimenzovaných čerpadel. Důležité je odpovídající dimenzování a redundance čerpací techniky, jak při zásobení stanice čerstvými kapalnými substráty, tak i při odčerpávání kvasných zbytků z fermentoru do zásobníku digestátu. Všechny rozvody se nacházejí uvnitř hlavního bioplynového fermentoru, kde jsou chráněny proti mrazu. [12]



Obr. 3. 3 Zásobník pevného paliva

3.4.2 Výstupy

Nejjednodušším využitím digestátu je jeho přímá aplikace na zemědělskou půdu. V porovnání s hnojením surovým materiálem (např. prasečí kejdou) má digestát řadu výhod [20]:

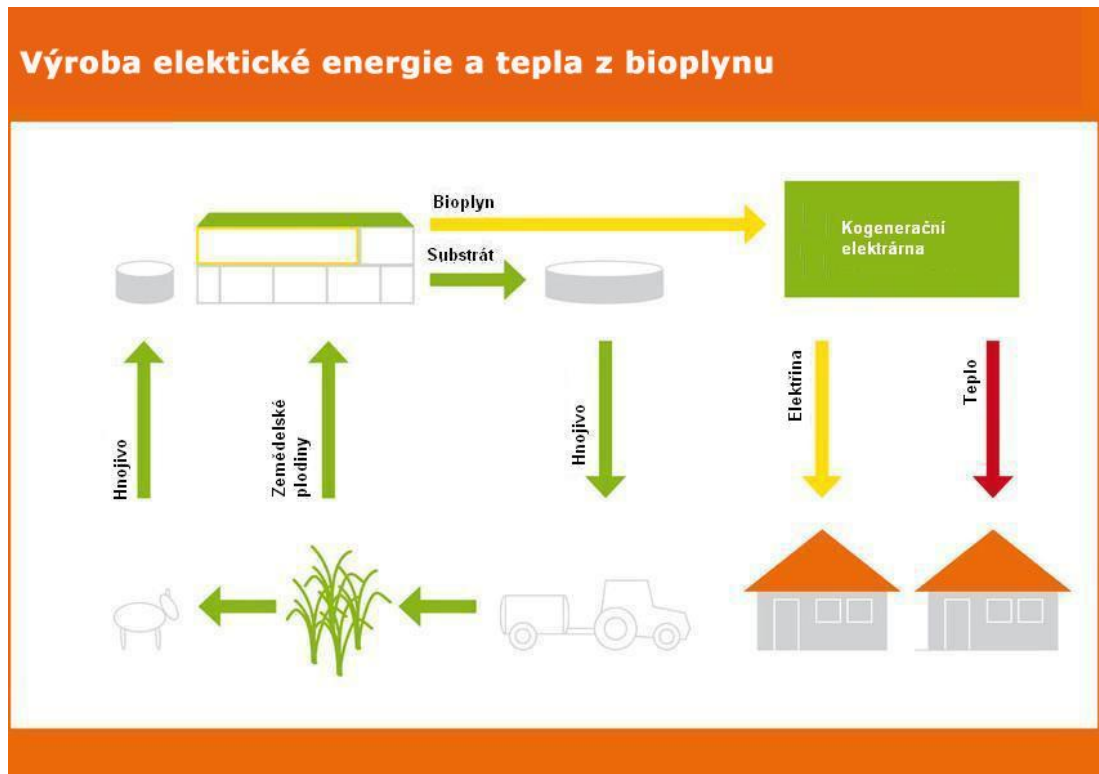
- substrát je biologicky stabilizovaný a homogenizovaný
- zvýšení využitelnosti živin a snížení jejich vyplavitelnosti
- snížení obsahu patogenů a semen plevelů
- snížení zápachu
- pokles emisí skleníkových plynů

V zimním období, kdy je zákaz vyvážení digestátu na ornou půdu, je skladován

v koncovém skladu o objemu 8040 m³.

3.4.3 Účinnost

Bioplyn jako vysoce hodnotný zdroj energie je v kogenerační jednotce přeměněn na elektrickou energii a teplo. Používají se výhradně kogenerační jednotky s nejvyšším stupněm účinnosti. Celkový stupeň účinnosti kogenerační jednotky se pohybuje mezi 81 až 84%.



Obr. 3. 4 Schéma výroby elektrické energie a tepla z bioplynu [12]

3.5 Produkce elektřiny a tepla

Stanice denně vyprodukuje 23 MWh tepla a 23 MWh elektrické energie. Technologická spotřeba stanice je okolo 4,4% elektřina a cca 25% tepla. V BPS Třemošná došlo také ke zlepšení ekonomiky provozu přepojením napájení zemědělského areálu. Na spotřebovanou elektrickou energii v tomto areálu čerpá výrobce „zelený bonus“. Energií a teplo spotřebovává nejen na vlastní spotřebu stanice, ale také na vytápění přilehlého areálu zemědělského družstva. Jsou to objekty kanceláří, ale také objekty zemědělské produkce.

Dále pak vybudoval výrobce nové rozvody tepla a tím nahradil stávající zdroje tepla na bázi zemního plynu. Dále pak je uvažováno s dodávkou tepla i mimo areál Třemošenské zemědělské. V této variantě je také velká budoucnost, protože zásobováním tepla celé nebo

části obce mohou výrazně zvýšit výtěžnost plynu stanice.

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
	a	b	c	d	e	k	l	m
300	Spalování dřívího plynu z uzavřených dolů	-	31.12.2012	-	-	-	2 739	1 919
301		-	31.12.2003	-	-	-	3 208	2 386
302	Spalování skládkového plynu a kalového plynu z ČOV	1.1.2004	31.12.2005	-	-	-	3 089	2 269
303		1.1.2006	31.12.2012	-	-	-	2 739	1 919
304		1.1.2013	31.12.2013	-	-	-	1 977	1 157
320	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroje nesplňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie podle bodu 1.8.3.	1.1.2012	31.12.2012	-	-	AF1	3 550	2 700
321	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroje splňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie podle bodu 1.8.3.	1.1.2012	31.12.2012	-	-	AF1	4 120	3 270
322	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích	-	31.12.2011	-	-	AF1	4 120	3 270
323		-	31.12.2012	-	-	AF2	3 550	2 730
324		1.1.2013	31.12.2013	0	550	AF	3 550	2 700
325		1.1.2013	31.12.2013	550	-	AF	3 550	2 700

Obr. 3. 5 Velikost státní podpory bioplynu [22]

4 Návrh na zefektivnění BPS

Součástí této diplomové práce je navrhnout a zhodnotit možnosti zvýšení účinnosti a výtěžnosti bioplynových stanic.

Veškerá produkce bioplynu je spotřebována pro energetické účely v místě vzniku na výrobu tepla a elektrické energie převážně v kogeneračních jednotkách, které obvykle pracují s celkovou účinností až 80 %, přičemž 38 % tvoří elektrická energie a 42 % tepelná energie. Část z vyrobené elektrické energie (přibližně 5%) je využita na míchání substrátu ve fermentoru a provoz bioplynové stanice, zbytek je pak prodáván do elektrické sítě za ceny. Vyrobené teplo je využíváno pro produkci teplé užitkové vody, pro ohřev a vyrovnávání tepelných ztrát fermentorů (cca 10 – 15 %) a pro vytápění provozních budov. I přes značné možnosti využití odpadního tepla bývá zhodnoceno maximálně 30 % odpadního tepla vyprodukovaného bioplynovou stanicí. Nadměrné ztráty odpadního tepla zhoršují celkovou energetickou bilanci procesu. [13]

4.1 Biopalivo

Další možností zpracování digestátu je separace tuhé frakce lisováním (kalolis), sedimentací či odstředováním, za účelem jejího následného zhodnocení. Tuhá frakce s vysokým obsahem organické hmoty se může kompostovat, čímž vznikne kvalitní statkové hnojivo, nebo dalším dosušováním a lisováním do podoby briket či pelet s přídavným materiálem, viz *Obr. 4.1*, jako dřevní štěpka a sláma, upravit na biopalivo. Prodej kompostu či biopaliva musí pokrýt náklady na úpravu digestátu. [20]



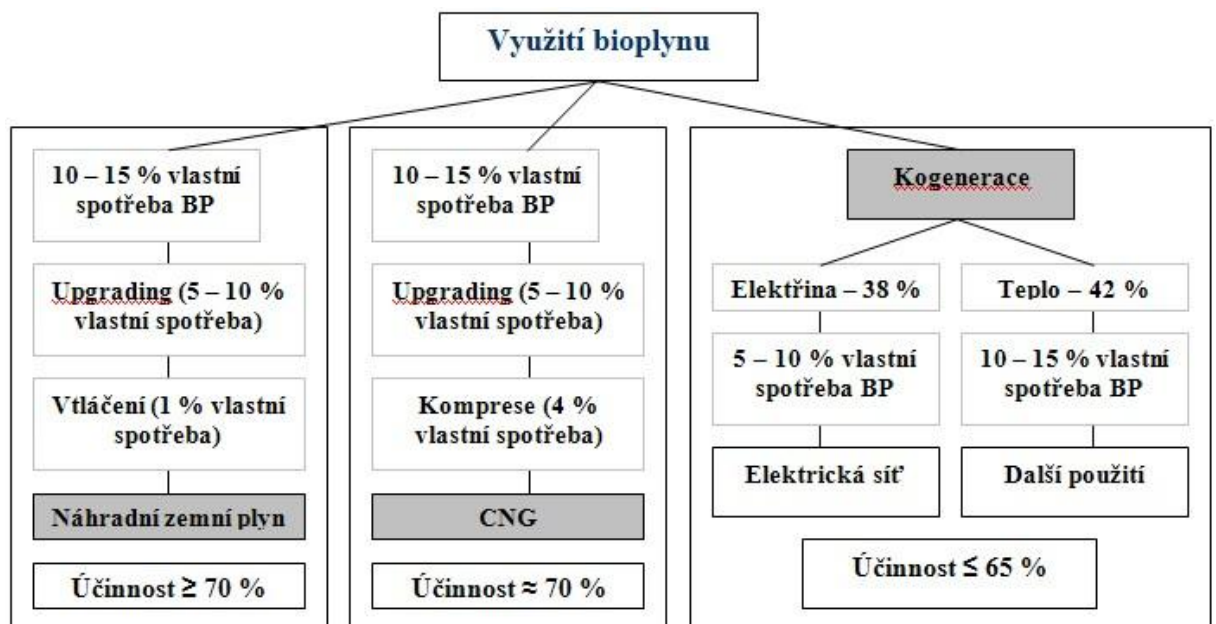
Obr. 4. 1 Brikety s příměsí tuhé frakce digestátu [20]

4.2 Úprava na biometan

Veškeré množství vyráběného bioplynu se spotřebovává pro energetické účely převážně v kogeneračních jednotkách na výrobu elektrické energie a tepla. Toto využití bioplynu v místě produkce je nejen v praxi osvědčené a nevyžaduje náročnou úpravu bioplynu, ale je

také podporováno státem dotačními programy a příznivými výkupními cenami.

Novou formu zužitkování bioplynu představuje společnost Enserv. Tento proces je možné vidět na *Obr. 4.3*. Spočívá v čištění a úpravě bioplynu na biometan. Přitom dochází k oddělení CO_2 přítomného v bioplynu a ostatních stopových plynů. Upravený biometan obsahuje cca 99% metanu. Tato lokálně vyrobená forma energie je dodávána bez ztrát do veřejné rozvodné sítě zemního plynu. Vyrobený biometan lze použít jako energii mnoha způsoby decentralizovaně, a to čerpáním z rozvodné sítě zemního plynu, například pro účely topení, vaření, ohřev vody nebo i jako ekologické pohonné hmoty.

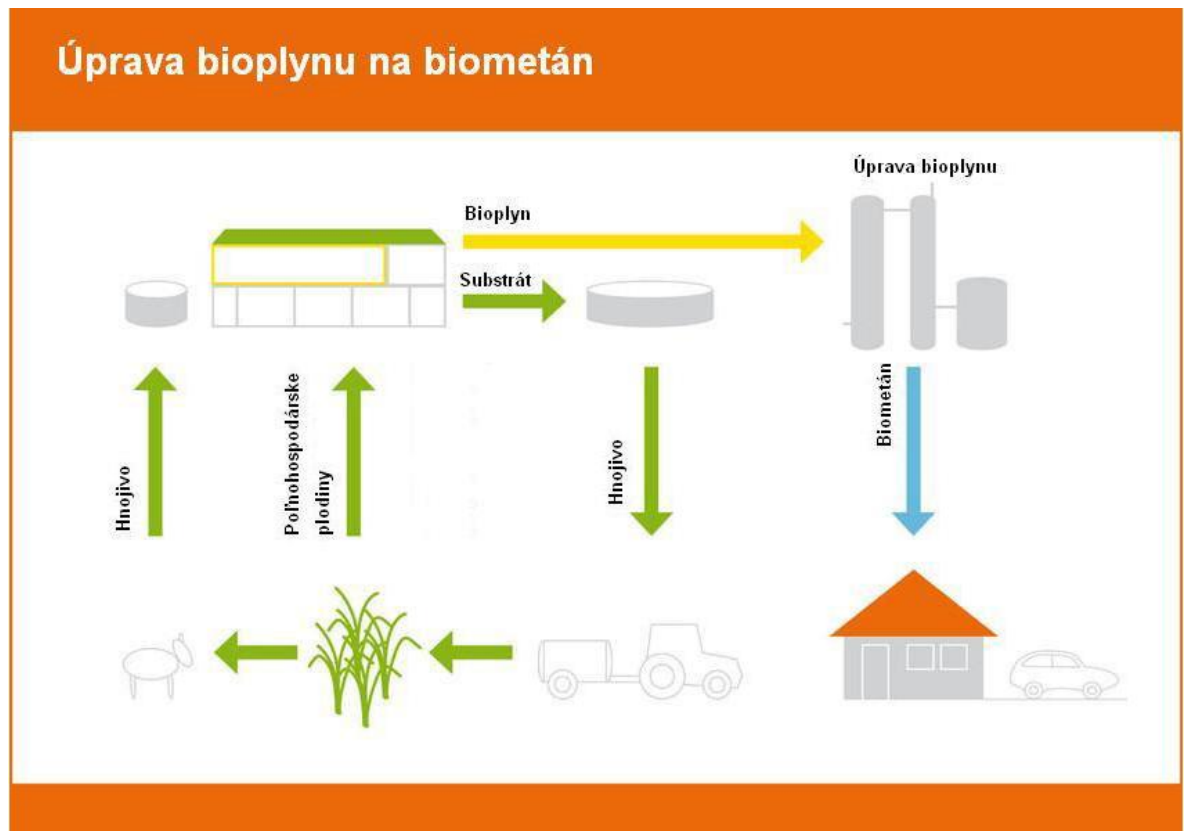


Obr. 4. 2 Využití bioplynu [13]

Hlavní předností biometanu je jeho vyskladnění do plynárenské sítě a následná distribuce až k místům lepšího využití, čímž dojde k efektivnímu spotřebování odpadního tepla a energetická účinnost vzroste, jak je možné vidět na *Obr. 4.1*. Tomuto uspořádání velmi pozitivně přispívá i hustá síť plynovodů v České republice, kterou je možné využít pro přepravu a distribuci vyrobených paliv. Mezi další výhodu pak patří např. skladovatelnost tohoto nosiče energie oproti elektřině a teplu.

Před použitím bioplynu jako biometanu musí být z plynu odstraněny nežádoucí složky. Především se jedná o oxid uhličitý, vodu a sulfan. Zařízení pro úpravu bioplynu jsou zatím poměrně drahá a dále vykazují relativně vysokou spotřebu energie. V praxi existují napájecí zařízení bioplynu ve Švédsku, v Nizozemí a nové aplikace v Německu. Metody úpravy a

čištění plynu na kvalitu zemního plynu jsou již v současnosti v zahraničí využívány metody PSA, vodní tlaková vypírka, chemická absorpce. Na vyčištění bioplynu se spotřebuje 5 – 8 % energie obsažené v bioplynu v závislosti na použité metodě. Energie využitelná z bioplynu tímto způsobem vzroste až na 74 %. V České republice prozatím není k dispozici funkční zařízení pro čištění bioplynu na kvalitu zemního plynu. [12][13]



Obr. 4. 3 Úprava bioplynu na biometan [12]

4.3 Pohon dopravní techniky

Další perspektivní využití biometanu je v podobě motorového paliva pro pohon traktorů či automobilů. Biometan má vyšší energetický obsah ve váhové jednotce než ostatní biopaliva a jeho použití produkuje nejméně emisí skleníkových plynů.

Má-li být bioplyn používán jak pohonná hmota pro automobily, musí být upraven pro použití v nyní obvyklých automobilových motorech, na akceptovatelnou kvalitu. Vedle odstranění na motor korozivně působících látek – jako např. sulfanu, musí být z bioplynu odstraněn také podíl oxidu uhličitého (CO_2) a rovněž tak i vodní pára. Zařízení na úpravu kvality bioplynu je tak shodné jako v případě jeho využití v síti zemního plynu.

Před použitím biometanu jako motorového paliva pro pohon motorových vozidel je nutné jej komprimovat na tlak 20 – 30 MPa. Energie potřebná na stlačení biometanu se pohybuje okolo 0,26 kWh/m³ upraveného bioplynu a tímto krokem klesne energie využitelná z bioplynu na cca 70 %, která je i tak oproti kogenerační jednotce vyšší i v případě stoprocentního využití tepla. V případě využití biometanu pro pohon motorových vozidel je však překážkou nedostatek plnicích stanic CNG v porovnání s hustou sítí čerpacích stanic na kapalně pohonné hmoty.[13]

5 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo seznámit se s bioplynovými stanicemi v ČR, zejména s BPS Třemošná.

V první části práce je obecný popis BPS. U nás se tyto stanice začínají rozrůstat a v současné době zaznamenáváme více jak 430 stanic a další jsou plánované, jak můžeme vidět na přiložené mapce. Seznámili jsme se také s provozem stanic, rozdělením na zemědělské, komunální a průmyslové. Zejména se zemědělskými stanicemi jsme se zabývali více. V kapitole 1.3 je také ukázána správná výživa fermentoru stanice a popsána výtěžnost jednotlivých vstupů. Pochopit výrobu bioplynu nám ukázala kapitola 1.4. Je zde také ukázán uzavřený koloběh tohoto cyklu.

V druhé kapitole je blíže popsán cyklus kogenerační jednotky, kterou považujeme za srdce stanice a rozdělili jsme si je na jednotky se zážehovými a vznětovými motory. Dále jsme se v této kapitole zabývali různými druhy fermentorů. Přiblížili jsme si také míchací techniku a ohřev fermentoru.

Třetí část je zaměřena konkrétně na BPS Třemošná 998 kW, kde jsme si nadefinovali parametry stanice a popsali jednotlivé části, které se v objektu nacházejí. Detailní schémata a nákresy je možné si prohlédnout v přílohách spolu s fotografiemi z bioplynové stanice.

Velká budoucnost pro BPS Třemošná, ale i pro jiné stanice, je určitě v technologiích na přeměnu bioplynu na biometan, pokud však bude v budoucnu tento proces podpořen legislativně, tj. budou stanoveny podmínky podpory, který se může používat jako palivo pro automobily nebo zemědělskou techniku. V úvahu také přichází technologie společnosti Enserv, která dodává biometan beze ztrát do veřejné rozvodné sítě zemního plynu. Vyrobený biometan lze použít jako energii mnoha způsoby decentralizovaně, a to čerpáním z rozvodné sítě zemního plynu, například pro účely topení, vaření, ohřev vody nebo i jako ekologické pohonné hmoty.

V BPS Třemošná došlo také ke zlepšení ekonomiky provozu přepojením napájení zemědělského areálu. Na spotřebovanou elektrickou energii v tomto areálu čerpá výrobce „zelený bonus“. Energií a teplo spotřebovává nejen na vlastní spotřebu stanice, ale také na vytápění přilehlého areálu zemědělského družstva. Jsou to objekty kancelářů, ale také objekty zemědělské produkce.

Dále pak vybudoval výrobce nové rozvody tepla a tím nahradil stávající zdroje tepla na bázi zemního plynu. Dále pak je uvažováno s dodávkou tepla i mimo areál Třemošenské

zemědělské. V této variantě je také velká budoucnost, protože zásobováním tepla celé nebo části obce mohou výrazně zvýšit výtěžnost plynu stanice.

V současné době probíhá proces navýšení instalovaného výkonu BPS z 998kW el. na nominální hodnotu použitého soustrojí 1189kW el. Tento krok by měl výrobci s sebou přinést efektivnější využití předmětné investice.

Z dostupných provozních dat ostatních bioplynových stanic vychází volba obdélníkového fermentoru z hlediska technologických ztrát procesu jako výhodnější varianta. Technologické ztráty jsou zejména k méně energeticky náročnějšímu míchání ve fermentoru cca na polovině oproti fermentorům kruhovým.

Přílohy



Příloha č. 1: BPS Třemošná



Příloha č. 2: Pohled na zásobník paliva do fermentoru



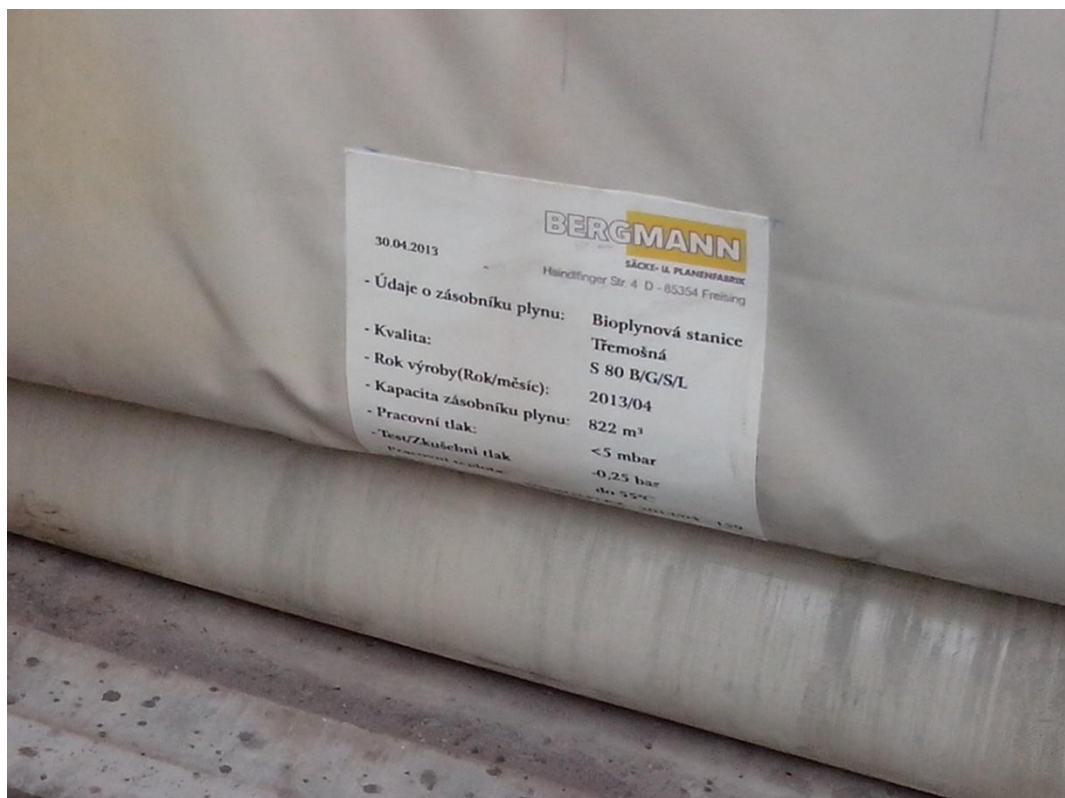
Příloha č. 3: Pohled na strojovnu



Příloha č. 4: Strojovna



Příloha č. 5: Kogenerační jednotka BPS Třemošná



Příloha č. 6: Zásobník plynu – štítek



Příloha č. 7: Transformátor

Seznam literatury

- [1] CZBiom,: Dostatek kvalitních vstupních surovin pro výrobu bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2020-12-18 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dostatek-kvalitnich-vstupnich-surovin-pro-vyrodu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [2] "Mapa bioplynových stanic, CZ Biom, 2009"
- [3] CZ Biom,: Precizní příprava projektů bioplynových stanic. *Biom.cz* [online]. 2020-12-18 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/precizni-priprava-projektu-bioplynovych-panic>>. ISSN: 1801-2655.
- [4] Beranovský, J., Truxa, J.: Alternativní zdroje energie. Brno: Vydavatelství Era, 2004
- [5] Alternativní zdroje energie [online]. Dostupné z <http://www.alternativni-zdroje.cz/>
- [6] CZ Biom,: Výtěžnost bioplynu z jednotlivých materiálů. *Biom.cz* [online]. 2020-12-18 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyteznost-bioplynu-z-jednotlivych-materialu>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] CZ Biom,: Volba vhodné kogenerační jednotky na bioplyn. *Biom.cz* [online]. 2020-12-18 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/volba-vhodne-kogeneracni-jednotky-na-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.
- [8] MORAVEC, Adam: Od prasečího perpetuum mobile k bioplynové velmoci. *Biom.cz* [online]. 2014-05-12 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/od-praseciho-perpetuum-mobile-k-bioplynove-velmoci>>. ISSN: 1801-2655.
- [9] KAJAN, Miroslav: Bioplyn z odpadů živočišné výroby. *Biom.cz* [online]. 2005-08-23 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-z-odpadu-zivocisne-vyroby>>. ISSN: 1801-2655.
- [10] Veřejná vyhláška, Městský úřad Třemošná, č.j.:1029/2011/StO, zveřejněna 16.5.2011
- [11] ENSERV energieservise, Provozní pokyny Bioplynová stanice Třemošná
- [12] Jak funguje bioplynová stanice s technologií NatUrgas?, ENSERV, Dostupné z <http://www.enserv.cz/cs/bioplyn/bioplynova-panice.html>
- [13] ČERMÁKOVÁ, Jiřina, TENKRÁT, Daniel: Efektivní zhodnocení bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-08-22 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-zhodnoceni-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

- [14] Dvorský, E., Hejtmánková, P.: *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. Praha: Nakladatelství Ben, 2005
- [15] SCHULZ, Heinz a Barbara EDLER. *Bioplyn v praxi*. 1. Vyd. Ostrava: HEL, 2004. ISBN 80-86167-21-6.
- [16] CZ Bioprofit. Anaerobní technologie. *Bioprofit.cz* [online]. 2007 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm>.
- [17] KÁRA, Jaroslav, Zdeněk Pastorek, Evžen Příbyl. Výroba a využití bioplynu v zemědělství. *Eagri* [online]. 2007 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/file/26952/Vyrobaavyuzitbioplynu.pdf>>.
- [18] MUŽÍK, Oldřich, Jaroslav KÁRA: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. 04. 03. 2009 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborneclanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>.
- [19] CZ Agromont. Desatero bioplynových stanic aneb zásady efektivní výstavby a provozu bioplynových stanic. *Agromont.cz* [online]. 2007 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.agromont.cz/userfiles/file/dokumenty_5.pdf>.
- [20] HUDEČKOVÁ, E. *Bioplynové stanice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Fortelný.
- [21] ZELENÝ BONUS [on-line] 2015 [cit. 2015-04-22] Dostupné z: <http://www.zeleny-bonus.eu/statni-podpora/>
- [22] Výše výkupních cen a zelených bonusů, Cenové rozhodnutí ERÚ č. 1/2014 ze dne 12. listopadu 2014, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energií dostupné z <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/91-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>
- [23] HOLUB, R. *Problematika síry a křemíku v bioplynu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Beňo.
- [24] Mgr. Ščerba E. Ph.D., Přednášky z předmětu Bioenergetika (KEE/BIE)

Seznam obrázků

<i>OBR. 1. 1 PLÁNOVANÉ BPS [2]</i>	11
<i>OBR. 1. 2 ZEMĚDĚLSKÉ BPS [2]</i>	13
<i>OBR. 1. 3 DĚLENÍ BIOPLYNOVÉ TECHNOLOGIE PODLE KONZISTENCE SUBSTRÁTU [15]</i>	14
<i>OBR. 1. 4 BLOKOVÉ SCHÉMA MOKRÉ FERMENTACE</i>	15
<i>OBR. 1. 5 KONTINUÁLNÍ METODA SE ZÁSOBNÍKEM [16]</i>	16
<i>OBR. 1. 6 TEORETICKÁ VÝTĚŽNOST SUROVIN [6]</i>	17
<i>OBR. 1. 7 PODÍL BIOPLYNU [8]</i>	19
<i>OBR. 1. 8 BIOPLYNOVÁ STANICE [5]</i>	20
<i>OBR. 1. 9 VÝROBA BIOPLYNU [18]</i>	21
<i>OBR. 1. 10 VLVIV TEPLoty VYHNÍVACÍHO PROCESU A DOBY KONTAKTU NA MNOŽSTVÍ A SLOŽENÍ VYROBENÉHO PLYNU [15]</i>	23
<i>OBR. 2. 1 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA [20]</i>	27
<i>OBR. 2. 2 KJ SE ZÁŽEHOVÝMI PLYNOVÝMI MOTORY [9]</i>	28
<i>OBR. 2. 3 VERTIKÁLNÍ FERMENTOR [9]</i>	30
<i>OBR. 2. 4 HORIZONTÁLNÍ FERMENTOR [9]</i>	31
<i>OBR. 2. 5 MÍCHACÍ TECHNIKA</i>	31
<i>OBR. 2. 6 MÍCHADLA</i>	32
<i>OBR. 2. 7 MÍCHADLA PRO BPS [15]</i>	33
<i>OBR. 3. 1 ZÁSOBNÍK PLYNU</i>	36
<i>OBR. 3. 2 ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKA</i>	36
<i>OBR. 3. 3 ZÁSOBNÍK PEVNÉHO PALIVA</i>	38
<i>OBR. 3. 4 SCHÉMA VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE A TEPLA Z BIOPLYNU [12]</i>	39
<i>OBR. 3. 5 VELIKOST STÁTNI PODPORY BIOPLYNU [22]</i>	40
<i>OBR. 4. 1 BRIKETY S PŘÍMĚSÍ TUHÉ FRAKCE DIGESTÁTU [20]</i>	41
<i>OBR. 4. 2 VYUŽITÍ BIOPLYNU [13]</i>	42
<i>OBR. 4. 3 ÚPRAVA BIOPLYNU NA BIOMETAN [12]</i>	43

Seznam příloh

PŘÍLOHA Č. 1: BPS TŘEMOŠNÁ	47
PŘÍLOHA Č. 2: POHLED NA ZÁSOBNÍK PALIVA DO FERMENTORU	47
PŘÍLOHA Č. 3: POHLED NA STROJOVNU	48
PŘÍLOHA Č. 4: STROJOVNA	48
PŘÍLOHA Č. 5: KOGENERAČNÍ JEDNOTKA BPS TŘEMOŠNÁ	49
PŘÍLOHA Č. 6: ZÁSOBNÍK PLYNU – ŠTÍTEK	49
PŘÍLOHA Č. 7: TRANSFORMÁTOR	50

Práce obsahuje tři vložené přílohy na formátu A3

Příloha č. 8: Blokové schéma

Příloha č. 9: Schéma zařízení

Příloha č. 10: Pohled na hlavní fermentory a míchadla