

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

Diplomová práce

Uplatnění různého typu substrátu v bioplynové stanici

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Diviš, CSc.

Autor diplomové práce:

Bc. Pavlína Sikytová

České Budějovice, duben 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavlína SIKYTOVÁ**
Osobní číslo: **Z13448**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Název tématu: **Uplatnění různého typu substrátu v bioplynové stanici**
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

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


Úvod: Stručný nástin významu práce.
Literární přehled: Uvést citace.
Cíl práce: Na základě terénního šetření u majitelů bioplynových stanic zhodnotit rozsah používaných substrátů.
Materiál a metody: Na základě osobního šetření u majitelů bioplynových stanic, získat údaje o používaných substrátech bioplynové stanici - podíl jednotlivých substrátů, důvody zaměření na konkrétní skladbu používaných substrátů.
Výsledky. Získané výsledky budou uspořádány do tabulek, grafů se slovním hodnocením, statistické hodnocení.
Diskuze: Porovnání dosažených výsledků s údaji v literárním přehledu.
Závěr: Shrnutí výsledků do bodů a uvést přínos a možnosti využití výsledků řešené problematiky.
Seznam literatury: Uvedení citované literatury.

Rozsah grafických prací: 5 - 10 stran
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

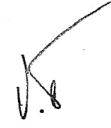
Havlíčková K. a kol. (2008): Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice
Vědecké a odborné časopisy
Sborníky z konferencí
Internetové databáze

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jiří Diviš, CSc.
Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání diplomové práce: 25. února 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2015


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

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


prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. února 2014

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové 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 Besednici dne 20. dubna 2015

.....

Bc. Pavlína Sikytová

PODĚKOVÁNÍ

Tímto si dovoluji poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Divišovi CSc., a to za vedení a usměrnění při vypracování této diplomové práce. Poděkování patří také mému manželovi a synovi, kteří pro mne byli po dobu studií velkou oporou.

Abstrakt

Podpora výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie a investiční dotace po roce 2009 učinily ze zemědělských bioplynových stanic skutečný fenomén. Diplomová práce specifikuje nejvíce využívané vstupní suroviny pro výrobu bioplynu v České republice. Každý substrát používaný v bioplynových stanicích má jiné chemické složení, obsah sušiny, proto poskytuje i jiný objem bioplynu. Specifikace volby substrátu byla provedena na základě terénního šetření u provozovatelů zemědělských bioplynových stanic. Stabilizovaný anaerobní proces zvyšuje produkci bioplynu a zlepšuje tak ekonomickou situaci zemědělských podniků.

Abstract

Support and investment's subsidies of production of electricity from renewable sources after 2009 made a phenomenon from a biogas plants. This thesis specifies the most used feedstock for biogas production in the Czech Republic. Each substrate used in biogas plants, have different chemical composition, dry matter content, thus providing another volume of biogas. Specifications of elections of substrate, was made on the based on consultations with the operators of agricultural biogas plants. Stabilized anaerobic process increases the production of biogas and supports economic situation of farms.

KLÍČOVÁ SLOVA

bioplynová stanice, biomasa, substrát, anaerobní fermentace, bioplyn

KEYWORDS

biogas station, biomass, substrate, anaerobic fermentation, biogas

OBSAH

ÚVOD	8
LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
1. BIOPLYNOVÉ STANICE	9
1.1 Rozdělení bioplynových technologií	9
1.1.1 Podle dávkování surového materiálu	9
1.1.2 Podle druhů vstupních surovin	9
1.1.3 Podle teploty ve fermentoru	10
1.1.4 Podle vlhkosti zpracovávaného materiálu	10
1.2 Hlavní prvky bioplynové stanice	11
1.2.1 Příjem a úprava substrátu	12
1.2.2 Fermentační systém	13
1.2.3 Procesní podmínky	13
1.2.4 Míchání a ohřev	14
1.2.5 Plynojem	15
1.2.6 Kogenerace	16
1.2.7 Skladovací nádrž	16
1.2.8 Fléra, Havarijní hořák	16
1.3 Optimalizace procesu	16
1.4 Digestát	17
2. TVORBA BIOPLYNU	18
2.1 Vznik bioplynu	19
2.2 Složení a kvalita bioplynu	21
2.2.1 Majoritní složky v bioplynu	21
2.2.2 Minoritní složky v bioplynu	21
2.3 Úprava bioplynu	22
2.4 Využití bioplynu	22
3. SUBSTRÁTY PRO BIOPLYNOVÉ STANICE	24
3.1 Definice biomasy	24
3.2 Chemické složení substrátů pro biometanizaci	25
3.3 Vliv kvality suroviny na výtěžnost bioplynu	26
3.4 Substráty ze zemědělství	27

3.4.1	<i>Obilniny</i>	28
3.4.2	<i>Kukuřice</i>	28
3.4.3	<i>Cukrová řepa</i>	28
3.4.4	<i>Trvalé travní porosty (TTP)</i>	29
3.4.5	<i>Cíleně pěstované byliny</i>	29
3.4.6	<i>Statková hnojiva</i>	29
3.5	Substráty z dále zpracovávajícího zemědělského průmyslu	30
3.5.1	<i>Výroba piva</i>	30
3.5.2	<i>Výroba etanolu</i>	31
3.5.3	<i>Škrobárenský průmysl</i>	31
3.5.4	<i>Získávání cukru</i>	32
4.	CÍL PRÁCE	33
5.	MATERIÁL A METODY	33
5.1	Postup získání a zpracování údajů z bioplynových stanic	33
5.1.1	<i>BPS Dubné (Žabovřesky)</i>	34
5.1.2	<i>BPS Kunžak</i>	37
5.1.3	<i>BPS Olešník</i>	39
5.1.4	<i>BPS Chabičovice</i>	41
5.1.5	<i>BPS Černov</i>	43
6.	DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	45
6.1	<i>Využití substrátů v BPS Dubné (Žabovřesky)</i>	45
6.2	<i>Využití substrátů v BPS Kunžak</i>	46
6.3	<i>Využití substrátů v BPS Olešník</i>	48
6.4	<i>Využití substrátů v BPS Chabičovice</i>	49
6.5	<i>Využití substrátů v BPS Černov</i>	52
7.	DISKUZE	53
8.	ZÁVĚR	55
	SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	PŘÍLOHY	63

ÚVOD

Anaerobní mikroorganismy produkující metan patří mezi nejstarší živé organismy na Zemi. Jsou to bakterie, které žijí ve společenstvech a kyslík je pro ně prudkým jedem. Rozkladem organických usazenin v močálech, ve vodních nádržích, v mořích, jezerech, rýžovištích, rašeliništích, ale i v biologickém stupni čistíren odpadních vod pak produkují plyny. Skládkový plyn vzniká za vhodných podmínek anaerobní fermentací na skládkách komunálního odpadu. V nedaleké historii se člověk naučil tento plyn zpracovávat a využívat. Ve světě je bioplyn rozšířen od malých domácích bioplynových stanic v rozvojových regionech až po bioplynové stanice o výkonu desítek megawatt na zpracování cíleně pěstované biomasy i odpadů.



Bioplyn a bioplynové systémy jsou energetické zdroje s velkým přínosem pro ochranu a rozvoj životního prostředí. Navzdory tomu, že bioplyn není schopen vytlačit fosilní paliva z jejich dominantního postavení na trhu s energií, může mít v budoucnosti dalekosáhlé perspektivy využití. Odvětví, které má pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů ideální podmínky, je zemědělství.

Pro zemědělce jsou bioplynové stanice novým perspektivním zdrojem příjmů. Díky rostlinné a živočišné produkci mají dostatečné množství vstupních materiálů, které jsou nezbytně potřebné pro produkci bioplynu v procesu anaerobní fermentace.

V současné době je bioplyn v České republice využíván pouze v kogeneračních jednotkách. V zahraničí jsou o něco dále a snaží se využít maximální množství energie, která je v bioplynu obsažena. Vzniklý bioplyn je možné vyčistit na plyn nazývaný jako biometan, který je svým složením a vlastnostmi téměř totožný se zemním plynem. Tento plyn je možné dále efektivněji využívat například vtláčením do distribučních sítí zemního plynu nebo jako pro palivo pro motorová vozidla.

Vzhledem k tomu, že bylo v roce 2013 dosaženo plánovaného instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů energie v České republice, je od roku 2014 pro nově stavěné bioplynové stanice prakticky zrušena investiční podpora na výstavbu a rovněž provozní podpora v podobě výhodné výkupní ceny elektrické energie.

LITERÁRNÍ PŘEHLED

1. BIOPLYNOVÉ STANICE

První technologie anaerobní fermentace v Evropě se datují k počátku 20. století. Jednalo se o technologie pro potřeby stabilizace čistírenského kalu. Experimenty se suchou fermentací slamnaté chlévské mrvy u nás proběhly v 50. letech. První zemědělská bioplynová stanice (BPS) pak byla uvedena do provozu v roce 1976 v Třeboni a stala se tím nejstarší bioplynovou stanicí tohoto typu ve střední Evropě.

1.1. Rozdělení bioplynových technologií

1.1.1 Podle dávkování surového materiálu

diskontinuální - doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru, použití při suché fermentaci tuhých organických materiálů

semikontinuální - doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru, způsob plnění fermentorů při zpracování tekutých organických materiálů

kontinuální - plnění fermentorů, které jsou určeny pro zpracování tekutých organických odpadů s velmi nízkým obsahem sušiny (PASTOREK a kol., 2004)

1.1.2 Podle druhů vstupních surovin

V České republice převažují zemědělské bioplynové stanice. Ostatní typy jsou zatím zastoupeny sporadicky. Velké zkušenosti s komunálními bioplynovými stanicemi má Německo.

Zemědělské BPS, jejichž vstupy lze hodnotit jako nejméně problematické. (BAČÍK, 2008) Zpracovávají pouze vstupy ze zemědělské prvovýroby, zejména statková hnojiva (keřda, hnůj apod.) a cíleně pěstované plodiny (např. kukuřice) k energetickému využití. Jsou většinou situovány v areálech stávajících zemědělských provozů a zpracováním a stabilizací statkových hnojiv výrazně snižují dosavadní zatížení oblasti pachovými látkami.

Komunální BPS, které jsou speciálně zaměřeny na zpracování komunálních bioodpadů, píše BAČÍK (2008) - zejména z údržby zeleně, vytríděných bioodpadů z domácností, restaurací a jídelen. Vlastnický podíl v těchto zařízeních by měly mít přímo obce. URBAN (2010) dodává, že u BPS komunálního typu se potom klade prvořadý důraz na vyčištění vstupního materiálu ve smyslu obsahu nežádoucích příměsí.

Průmyslové BPS (také kofermentační), které zpracovávají výhradně nebo v určitém podílu rizikové vstupy, např. jateční odpady, kaly ze specifických provozů, kaly z ČOV, tuky, masokostní moučku, krev z jatek apod. Pro fermentaci těchto vstupů je nezbytné pečlivě zvolit technologii zařízení a zpracovat kvalitní provozní řád zařízení. Povolovací proces by měl být v těchto případech přísnější.

1.1.3 Podle teploty ve fermentoru

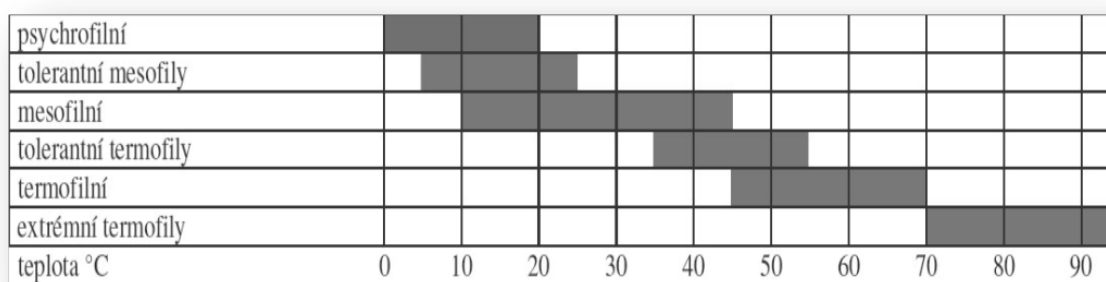
Rozdělení mikroorganismů do teplotních skupin psychrofilů, mezofilů a termofilů není úplně přesné. Různí autoři uvádějí trochu odlišné rozpětí teplot, případně jsou vkládány meziskupiny. Většina v současnosti provozovaných bioplynových stanic pracuje v mezofilní teplotní oblasti. (MUŽÍK, KÁRA, 2009)

psychrofilní oblast - teploty pod 20 °C

mezofilní oblast - teploty od 25 do 40 °C

termofilní oblast - teploty nad 45 °C

Obr.1 Teplotní rozdělení typů mikroorganismů



ZDROJ: STRAKA a kol., 2006

Výhodou procesů prováděných za vyšších teplot je především vyšší účinnost hygienizace materiálu. Nejběžnější aplikací jsou zatím procesy mezofilní při teplotě kolem 38°C.(BIOPLYNCS.CZ, 2012)

1.1.4 Podle vlhkosti zpracovávaného materiálu

Bioplynové technologie na zpracování **tuhých materiálů** - vysokosušinné s podílem sušiny 18 – 30 %; výjimečně až 50 %.

Bioplynové technologie na zpracování **tekutých materiálů** s nízkým podílem sušiny 0,5 – 3 % a negativní energetickou bilancí, resp. s vyšším podílem sušiny 3 - 14 % a pozitivní energetickou bilancí.

Bioplynové technologie **kombinované**
(PASTOREK a kol., 2004)

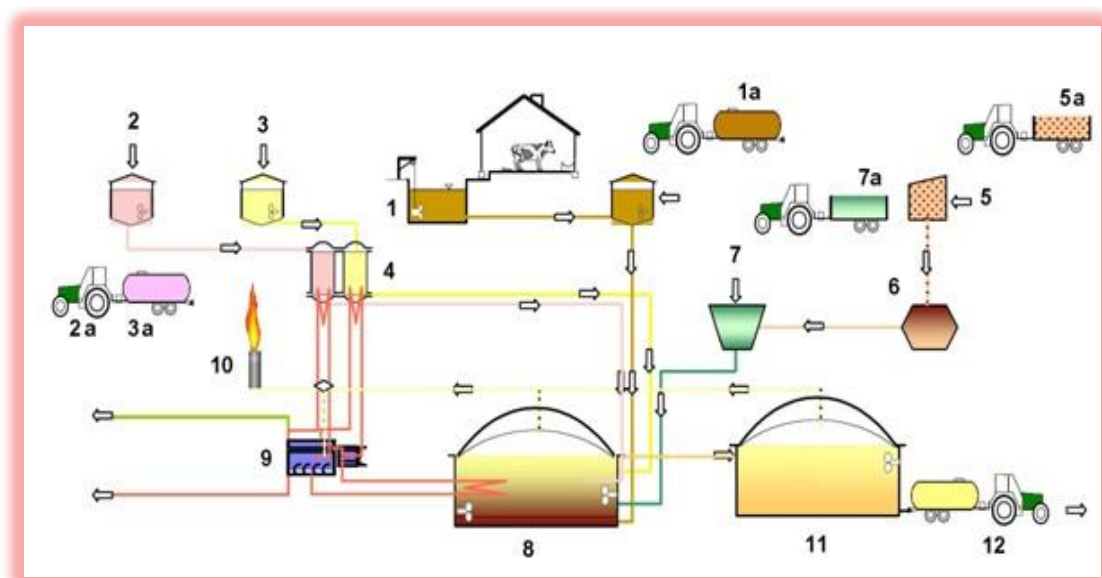
Podle BENDY a kol. (2012) se sušina u mokré fermentace pohybuje od 8 do 12%. Mezní hranice pro obsah sušiny je 50 – 60%, kdy se nedostatek vlhkosti projeví inhibičně.

Většina realizací BPS je doposud v České republice založena na tzv. mokré technologii pracující s průměrnými pracovními sušinami v reaktoru kolem 6 – 12 %. Návrh BPS pro farmy, kde se vyskytují pouze vysokosušinné substráty (např. podestýlka a různé druhy siláží a senáží), se doposud řešil odpovídajícím ředěním biomasy vodou nebo fugátem, separovaným z fermentačního zbytku, přestože by bylo vhodnější využití suchých technologií. (URBAN, 2010)

1.2 Hlavní prvky bioplynové stanice

Technologické celky (linky) se svým uspořádáním odlišují podle toho, jsou-li určeny pro zpracování tekutého (čerpateľného) nebo tuhého (vysokosušivového) materiálu. (BENDA a kol., 2012)

Obr.2 Schéma moderní bioplynové stanice



Zdroj: Autor: Oldřich Mužík, Biom Schéma moderní BPS

Legenda: 1-kejda ze stáje, 1a-kejda přivážená z okolních zemědělských podniků, 2-příjem jatečních odpadů, 3-příjem kuchyňských odpadů, 4-tepelná úprava rizikových substrátů 2 a 3, 5-příjmové místo zrnin, 6-mechanická úprava zrnin (mačkání, drcení, šrotování), 7-příjem a úprava zelené biomasy, 8-fermentor se střešním plynojemem 9-kogenerační jednotka, 10-hořák zbytkového plynu, 11-zásobní jímka na digestát, 12-odvoz digestátu jako hnojiva

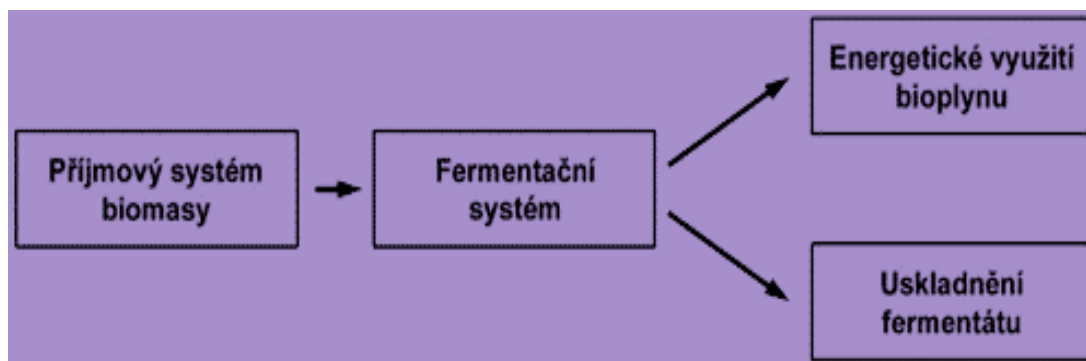
Zjednodušený popis funkce bioplynových stanic

Bioplynová stanice se skládá ze základních technických uzlů, které nám schématicky znázorňuje **Obr. 2**. Strojní linka pro anaerobní fermentaci organických materiálů může mít mnoho variant podle toho, jaký materiál využívá a jak je tento materiál zpracováván před vstupem do hlavní části bioplynové stanice, fermentoru.

Nejpoužívanější technologií výroby bioplynu je tzv. mokrá fermentace, která zpracovává substráty. Mokrý anaerobní fermentace probíhá v uzavřených velkoobjemových nádobách. Tyto nádoby jsou vyhřívány na navrženou provozní teplotu a míchány.

Technologická linka je tvořena čtyřmi základními stavebně-technologickými celky .

Obr.3 Blokové schéma technologie mokré fermentace



ZDROJ: Bioplyn CS, 2012

1.2.1 Příjem a úprava substrátu

Přijmový systém slouží pro přípravu čerstvého substrátu před jeho vstupem do fermentoru (úprava velikosti částic, míchání, homogenizace, apod.) a jeho optimální dávkování do anaerobního procesu. Před uskladněním v přijímací nádrži musí být evidován druh, charakter a množství materiálu. Zvýšení rozložitelnosti vstupních komponentů, jak uvádí DOHÁNYOS (2005), lze dosáhnout jejich dezintegrací před anaerobní digescí. Zmenšením velikosti částic dochází k podstatnému zvětšení povrchu a zároveň k dostupnosti enzymového rozkladu. V anaerobních procesech lze tímto zvýšit produkci bioplynu. Mechanická dezintegrace je doporučována jako levná a účinná předúprava materiálu.

MAROUŠEK (2012) publikuje, že bez odpovídajícího způsobu úpravy relativně velké množství organického uhlíku prochází procesem anaerobní fermentace, aniž by existovala reálná šance na jeho využití. Již několik desetiletí jsou vyvíjeny různé způsoby dezintegrace lignocelulózy. Vzhledem k tomu, že efektivita běžných technologií anaerobní fermentace dosahuje na fytohmot třetiny, maximálně poloviny teoretické produkce metanu, má před sebou dezintegrace lignocelulózy zajímavý potenciál.

Metody předúpravy substrátu

Mechanické metody

Sem patří různé způsoby dezintegrace tuhých složek substrátu – mletí, drcení apod. Zmenšením velikosti částic dochází ke zvětšení celkového povrchu a ke zlepšení přístupnosti organických látek v substrátu enzymatickému rozkladu.

Chemické metody

Mezi chemické metody patří například působení alkálií, kyselin, nebo oxidačních činidel (např. ozon), které vede k destrukci složitých organických látek – hydrolýze.

Přídavkem chemikálií (např. H_2SO_4) se ale do systému mohou vnášet nežádoucí složky (síra).

Fyzikální metody

Patří mezi ně například termická hydrolyza, ionizující záření, působení ultrazvuku. Dochází k destrukci složitých organických látek.

Termická předúprava

Ta je požadovaná u některých materiálů legislativou. Může to být buď pasterizace při $70^\circ C$ nebo hygienizace při $130^\circ C$ podle druhu suroviny. Obě metody vedle hygienizačního efektu fungují jako termická hydrolyza a zvyšují výtěžnost bioplynu.

Biotechnologické metody

Enzymová nebo mikrobiální předúprava s použitím čistých komerčně vyráběných enzymů – např. celuláz, přímé použití mikroorganismů s vysokou celulázovou aktivitou - bacherové kultury, anaerobní houby.

(ZÁBRANSKÁ, 2010), (TRNAVSKÝ, 2013)

1.2.2 Fermentační systém

Fermentor (reaktor) - zde probíhá vlastní vyhnívání v čistě anaerobním prostředí. Reaktorový systém uvádí STRAKA (2003) se skládá z reaktoru a separační části. KAZDA (2009) zmiňuje fermentory jako nejdůležitější součást strojních linek, která rozhoduje o kvalitní funkci celé strojní linky. Většina bioplynových stanic má reaktor válcový, betonový, kovový nebo plastový s osou svislou nebo vodorovnou. Řízený metanogenní proces znamená, že reaktor je vybaven míchacím zařízením, ohřevem, homogenizačním zařízením a dávkovacím zařízením. KÁRA (2007) doplňuje, že ohřev substrátu a udržení optimální teploty zajišťuje odpadní teplo z provozu kogenerační jednotky. Navíc lze fermentory koncipovat jako nadzemní, podzemní či částečně zapuštěné do terénu. V zemědělství se nejčastěji využívá válcových železobetonových plynotěsných fermentorů. Fermentor je vybaven odpovídajícím příslušenstvím podle konstrukce a druhu substrátu. Technologické linky se mohou skládat z jednoho nebo více fermentorů v sériovém nebo paralelním řazení.

1.2.3 Procesní podmínky

Doba zdržení materiálu v reaktoru

Doba zdržení materiálu (HRT - z angl. hydraulic retention time) [d] – doba po kterou zůstává materiál v reaktoru. Doba zdržení (ve dnech) lze spočítat ze vztahu:

VR.... objem reaktoru

VM.... objem denní dávky substrátu

$$HRT = V_R / V_M \text{ [den]}$$

SCHULZ, EDER (2004) udává, jaké maximální množství organické sušiny na m³ vyhnívacího prostoru za den může být do procesu dodáno, aniž by došlo k přetížení systému. KALTSCMITT (2001) rozvádí, délka doby zdržení má vliv na stupeň rozkladu substrátu. HRT musí být zvoleno tak, aby nebylo větší množství metanogenních mikroorganismů z reaktoru odstraněno s výstupním materiálem, než které stačilo po tuto dobu narůst, případně bylo dodáno v novém substrátu. Z ekonomického hlediska je nejvhodnější HRT odpovídající odstranění ¾ obsahu CHSK. Doba zdržení je kratší u termofilních procesů, u nichž je rychlejší růst metanogenní biomasy. Proto může být termofilní proces efektivně provozován při vysokém organickém zatížení a kratším HRT ve srovnání s mezofilním procesem (WEILAND, 2001)

U BPS s krátkou dobou zdržení materiálu v reaktoru (30-40 dnů) je nutná výrazně vyšší dávka v porovnání s BPS s dlouhou dobou zdržení (70 a více dnů) pro dosažení stejného výkonu. Při návrhu BPS je proto nutné velmi pečlivě dimenzovat velikost fermentorů na substráty, které budou zpracovávány. Z pohledu použité technologie je dosaženo delší doby zdržení, lepšího využití materiálů u vícestupňových technologií (HEINRICH, J. a kol., 2009). S tím souvisí i analýza kvality vstupních materiálů a výpočet jejich teoretické produkce bioplynu. S velikostí fermentorů a množstvím dávkovaných krmiv souvisí parametr zatížení organické hmoty.

1.2.4 Míchání a ohřev

Míchání fermentovaného materiálu v reaktoru je důležité, zajišťuje homogenitu rozložení pevných částic a teploty, omezuje tvorbu pěny a usazenin snižujících aktivní pracovní prostor reaktoru, čerstvý materiál je rychle naočkován. Z ekonomických důvodů se využívá diskontinuální míchání. Míchání v délce 1-3hodin 3–6krát denně je odpovídající alternativou ke kontinuálnímu míchání (GERARDI, 2003). Míchání lze provádět hydraulicky nebo mechanicky. Hydraulické míchání zajišťuje obvykle centrální čerpadlo sloužící rovněž k čerpání vstupního a výstupního materiálu. (SCHULZ, EDER 2004) Hydraulické míchání je možné využít u materiálů, u kterých není nebezpečí tvorby krust a jejich nerovnoměrného rozložení. U mechanického míchání se používají vrtulová a pádlová míchadla.

Obr. 4 Rychloběžné míchadlo



ZDROJ: Oekobit

Ohřev fermentovaného materiálu v našich klimatických podmínkách je nutností. Bioplynové stanice jsou uměle vytápěny, publikuje KÁRA (2007), aby se udržovala žádoucí teplotní úroveň a vyrovnaly se tepelné ztráty způsobené únikem tepla do okolí. Ohřev substrátu může být zajišťován externími výměníky tepla, nebo topidly vestavěnými ve fermentoru. Jako energie k ohřátí topné vody se využívá teplo vzniklé při kogeneraci. Vytápění nádrží je nejčastěji prováděno teplou vodou nebo párou a topnými tělesy uvnitř nádrže. Teplou vodou nebo parou ve výměnících tepla vně nádrže (ohřívá se surový kal), přímým injektováním vodní páry (přímo do nádrže nebo do proudu recirkulovaného kalu), ponořenými plynovými hořáky. (KAJAN, LHOTSKÝ, 2006)

Obr. 5 Stěnové vytápění



ZDROJ: Bioplyn. *Jma.cz* [online].

1.2.5 Plynojem (skladování plynu)

Hlavní funkcí plynojemu je akumulace vyrobeného plynu, případně vyrovnání regulace tlaku. Zpravidla se jedná o tlakové zásobníky kulového či válcového tvaru. Dle použití mluvíme o vysokotlakých, středotlakých a nízkotlakých plynojemech. (PASTOREK, WOLFF, 1992). Plynojemy jsou instalovány samostatně, či integrovaně. Nejčastěji používané jsou nízkotlaké zásobníky z fólií, které musejí být přizpůsobené bezpečnostním požadavkům. Fóliové zásobníky jsou obvykle instalovány na fermentoru. K využití vysokotlakých plynojemů u zemědělských bioplynových stanic prakticky nedochází. (Biom, 2009)

Obr. 6 Dvoumembránový Plynojem Sattler u bioplynové stanice v Třeboni o objemu 2100m³.



Zdroj: M. KAJAN biom.cz

1.2.6 Kogenerace

Kogenerace je společná výroba elektřiny a tepla. MUŽÍK, SLEJŠKA (2003) uvádějí v současnosti za nejrozšířenější způsob využití bioplynu kogeneraci. Kogenerační jednotky využívají bioplyn na kombinovanou výrobu elektrické energie (cca 35% celkové energie) a tepla s vysokou účinností až 90%. Spalovací motor na bioplyn pohání generátor elektrické energie a zároveň se využívá teplo z chladicího média motoru, popř. tepla ze spalin. Část tepla se využívá k vytápění bioreaktoru. Perspektivním způsobem využití bioplynu je trigenerace. Kogenerační jednotka je zde doplněna absorpčním tepelným konvertorem pro výrobu chladu. Pro pohon mobilních energetických prostředků musí být bioplyn odsířen, zbaven mechanických nečistot a energeticky zhodnocen nad úroveň odpovídající 90% metanu (CH₄). Ve Švédsku nově zkouší možnosti takto upravený bioplyn dodávat do rozvodů zemního plynu, ale tento způsob zužitkování bioplynu nemá v ČR zatím oporu v legislativě.

1.2.7 Skladovací nádrž

Tato nádrž slouží k jímání vyhnílého substrátu. Velikost má být taková, aby v době vegetačního klidu, kdy rostliny nepřijímají živiny, mohl být substrát skladován. (SCHULZ, EDER, 2004) Nádrž musí být dokonale utěsněna, aby nedocházelo k úniku vyhnílého substrátu. V případě, že je digestát separován na tuhou frakci a kapalnou fázi fugát, je nutné koncipovat uskladnění pro obě frakce. Fermentační zbytek musí být uskladněn v souladu se zásadami správné zemědělské praxe. Správná velikost uskladňovacího systému u zemědělských BPS je volena na dobu 120 až 210 dnů. (BIOM CZ, 2012)

1.2.8 Fléra, Havarijní hořák

Ve fléře je spalován přebytečný bioplyn vzniklý nadměrnou produkcí tohoto plynu. (Pastorek, Wolff, 1992). Havarijní hořák je součástí provozu BPS, pro případ výpadku kogenerační jednotky, či jiné poruchy technologie. KAZDA (2009) udává možnost havarijní hořáky dodat až na pokyn provozovatele, kdy smluvní firma musí havarijní hořák dopravit na místo do 24 hodin.

1.3 Optimalizace procesu

Je známo, že některé substráty jsou výhodnější díky lepší biologické rozložitelnosti a výtěžku bioplynu než substráty jiné. Schopnost substrátu produkovat bioplyn je charakterizována jeho **měrným výtěžkem metanu**. V české literatuře se setkáváme s termínem teoretická substrátová produkce methanu (TVCH₄S). (STRAKA a kol., 2006).

Dle MATY ALVAREZE et al. (2003) ovlivňují míru rozložitelnosti organických látek tyto dva faktory:

- povrch částic, který je přímo úměrný jejich velikosti
- chemické složení substrátu

Vkládaný substrát (vsázka) je určující pro optimální fungování celého procesu. U substrátu se obvykle sleduje především obsah sušiny, dále chemická spotřeba kyslíku (CHSK) nebo ztráta žíháním (ZŽ), eventuelně TOC, které vypovídají o obsahu organických látek, a hodnota pH. Skladba a složení vsázky je parametr, který operátor (osoba, která řídí provoz BPS a personál stanice) může – pokud mu to možnosti a okolnosti provozu umožňují - měnit dle potřeby.

Jako vstupní surovinu pro bioplynovou stanici lze použít téměř libovolnou směs odpadů a biomasy. Materiál vhodný pro anaerobní digesci by však měl splňovat tyto základní požadavky:

- nízký obsah anorganického podílu (popelovin)
- organický materiál s vysokým podílem biologicky rozložitelných látek
- optimální obsah sušiny - v případě tekutých odpadů 8 – 14%
- hodnota pH – za optimální se na vstupu do procesu považuje interval blízký neutrální hodnotě $\text{pH} = 7 \div 7,8$
- poměr C : N - za optimální se považuje pásmo kolem 30 : 1
- absence nežádoucích příměsí – zpravidla látky potlačující mikrobiální rozvoj (antibiotika používaná jako léčiva pro zvířata, nebo preventivně jako součást krmných směsí pro drůbež); do pracovního prostoru reaktorů by se neměli dávat ani materiály, které jsou již ve hnilobném rozkladu (KÁRA, PASTOREK, 2007).

1.4 Digestát

Vhodnou dobu zdržení vstupů ve fermentoru lze jen obtížně stanovit obecně na všechny případy BPS, neboť délka této doby se může výrazně lišit v závislosti na typu vstupních surovin, na použité technologii a na dalším nakládání s digestátem. U rizikových vstupů by měla být vždy delší než u statkových hnojiv a pěstované biomasy. Doba zdržení musí zajistit, aby proces anaerobní fermentace vstupních surovin vedl k dostatečnému rozložení organické hmoty ve vstupech tak, aby byl ve výsledném digestátu minimalizován obsah biologicky rozložitelných látek. Tak bude digestát stabilizován a riziko zápachu eliminováno. (CZ Biom, 2012)

Pro zbytky po anaerobní digesci jsme v minulosti zavedli termín digestát. Digestát má vždy různé složení a to v závislosti na vstupním substrátu. Základem pro výpočet je obsah dusíku, podle kterého stanovíme dávku digestátu na hektar. Jelikož se dusík z digestátu uvolňuje velice rychle, je nutné jej co možná nejrychleji zapravit do půdy (do 24 hodin). Je to dáno především díky poměru C:N, který je u digestátu do 10:1, zatímco například u hnoje je to už 25:1 a u slámy dokonce 100:1. Organické látky v něm obsažené jsou v půdě pouze těžko rozložitelné.

VÁŇA (2007) uvádí, že na digestáty jsou z hlediska legislativního kladeny zejména hygienické požadavky. Jedná se o splnění procesních hygienizačních parametrů, splnění limitních hodnot rizikových prvků a indikátorových organismů.

Fermentační produkty vznikající při anaerobní digesci by měly být využívány jako organické hnojivo. Ve srovnání s klasickými stájovými hnojivy (surová kejda) má digestát následující přednosti:

- dochází k redukci zápachu při manipulaci a hnojení
 - koncentrace patogenů je významně redukována
 - je omezena klíčivost semen plevelů
 - snižuje se žíravý účinek surové kejdy na plodiny
 - obsah snadno rozložitelného uhlíku je redukován, ale žádoucí formy organického uhlíku (prekurzory humusových látek) v digestátu zůstávají
 - obsah žádoucích živin (P, K, N apod.) je zachován
 - celkově tak přispívá ke zlepšení odolnosti plodin a nižší spotřebě pesticidů
- Používání digestátu znamená pro zemědělce finanční úsporu z hlediska náhrady minerálních hnojiv. (CZ BIOM, 2012)

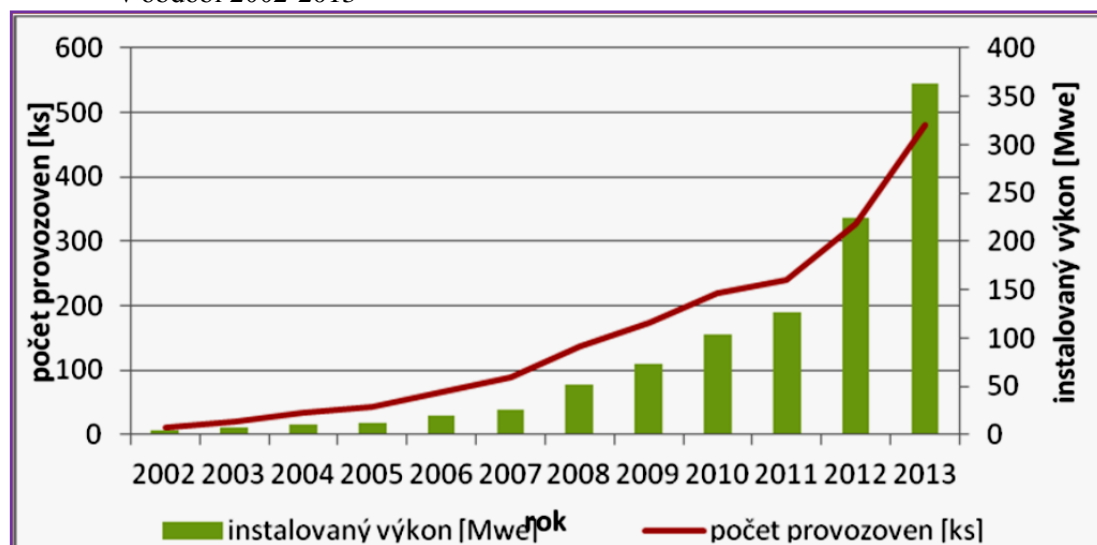
Digestát z hlediska zákona o hnojivech

Digestát vyrobený anaerobní fermentací ze statkových hnojiv a rostlinných tkání převážně ze zemědělské výroby je považován za typové organické hnojivo. Používali producent digestát pro vlastní potřebu a není tudíž uváděn do oběhu, není nutné žádat o registraci hnojiva.

2. TVORBA BIOPLYNU

V České Republice je v provozu na 500 bioplynových stanic s instalovaným výkonem přes 390 MW. Jejich nárůst v posledním desetiletí ukazuje **Obr. 7**. Jedná se o zemědělské bioplynové stanice a bioplynové stanice zpracovávající biologicky rozložitelný odpad, označované často jako komunální, ale i bioplynové stanice zpracovávající čistírenské kaly, průmyslový odpad a bioplynové stanice instalované na skládkách odpadů pro zpracování bioplynu vznikajícího v tělese skládky.

Obr. 7 Vývoj instalovaného výkonu a počtu bioplynových stanic v České republice v období 2002-2013



Zdroj: DVORÁK a kol.

Bioplyn vyrobený v bioplynových stanicích (BPS) slouží k pohonu generátorů elektrické energie v kogeneračních jednotkách, jako palivo při vytápění nebo je upraven na kvalitu zemního plynu a distribuován rozvodným systémem.

(BENDA a kol., 2012)

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 – 10 %) je využita na míchání substrátu ve fermentoru a provoz bioplynové stanice, zbytek je pak prodáván do elektrické sítě za zvýhodněné ceny. Vyrobené teplo je využíváno pro produkci teplé užitkové vody, pro ohřev a vyrovnávání tepelných ztrát fermentorů (cca 10 – 15 %) či pro otápění provozních budov. I přes značné možnosti využití odpadního tepla bývá zhodnoceno maximálně 30 % odpadního tepla vyprodukovaného bioplynovou stanicí. Nadměrné ztráty odpadního tepla zhoršují tak celkovou energetickou bilanci procesu. (ČERMÁKOVÁ, TENKRÁT, 2011)

2.1. Vznik bioplynu

STRAKA a kol. (2006) vysvětlují metanovou fermentaci jako soubor na sebe navazujících procesů, v nichž vlastní metanogeny představují pouze poslední článek v řetězci biochemické konverze. SCHULZ, EDER (2004) doplňují, že bioplyn je produktem látkové výměny metanových bakterií, ke kterému dochází, když bakterie rozkládají organickou hmotu.

KAŠTÁNEK (2001) dodává, že při metanogenezi se využívá specifické metabolické aktivity metanogenních bakterií, které mohou využívat pouze CO_2 a H_2 a některé nižší mastné kyseliny jako prekurzory metanu. Čím je složitější surovina, tím rozmanitější skupina mikroorganismů působí. SCHULZ, EDER (2004) dále upozorňují, že k vyhnívání organických látek dochází bez přístupu vzduchu, ve vlhkém prostředí, působením metanových bakterií při teplotě mezi 0°C až 70°C . Na rozdíl od kompostování (tlení) nevzniká při vyhnívání teplo, ale zato vzniká hořlavý plyn metan.

Proces rozkladu má v podstatě čtyři fáze

I. fáze – Hydrolýza

Aby tato zahajovací fáze procesu mohla nastat, je potřeba upravit obsah vlhkosti minimálně na 50 % hmotnostního podílu. Ve fermentovaném materiálu je dosud přítomen vzdušný kyslík, který však není pro hydrolytické mikroorganismy toxický. Podstatou této fáze je rozklad makromolekulárních organických látek (polysacharidů, proteinů, lipidů) na jednoduché cukry, aminokyseliny, masné kyseliny a vodu.

II. fáze – Acidogeneze

Fakultativní anaerobní mikroorganismy vytvořily striktně anaerobní prostředí. Pomocí acidogenních bakterií dochází k dalšímu rozkladu produktů hydrolýzy CO_2 , H_2 a nižší masné kyseliny, které jsou stěžejní pro výrobu metanu.

·III. fáze – Acetogeneze

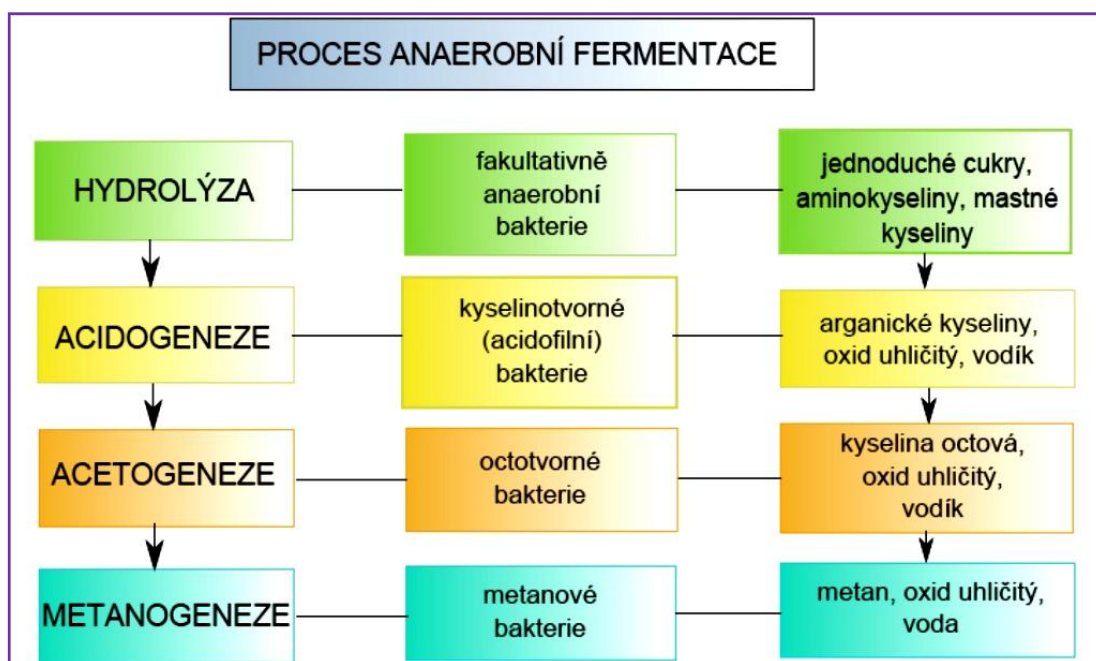
Někdy je označována jako mezifáze. V této fázi acidogenní specializované kmeny bakterií přeměňují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou (CH_3COOH), vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).

IV. fáze – Metanogeneze

Konečná fáze anaerobní fermentace, při níž dochází k tvorbě bioplynu. Metanogenní bakterie přeměňují kyselinu octovou na metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2). Hydrogenní bakterie vytvářejí metan z vodíku (H_2) a oxidu uhličitého (CO_2).

(STRAKA a kol., 2006), (SCHULZ, EDER, 2004)

Obr. 8 Zjednodušené schéma anaerobní fermentace



ZDROJ: J. Kára, Z. Pastorek, E. Příbyl a kol., 2007

Jednotlivé fáze anaerobní digesce probíhají s odlišnou kinetickou rychlostí, uvádí MUŽÍK, KÁRA (2009), kdy 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.

Hydrogenotrofní metanogenní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého. Rostou poměrně rychle, jejich generační doba je asi 6 hodin. V anaerobním procesu působí tyto vodíkové metanogeny jako samoregulátor. Odstraňují ze systému téměř všechny vodík. Koncentrace vodíku v plynu by měla být minimální a její zvyšování může být indikátorem přetížení anaerobního reaktoru. (ŽÍDEK, 2004), (BRANDEJSOVÁ, PŘIBYLA, 2010)

Pro stanovení množství bioplynu, které lze ze vstupního materiálu získat je nutné také stanovit obsah sušiny a organické sušiny, který se ve fermentovaném materiálu nachází. Z tohoto množství pak lze spočítat i množství bioplynu, které lze fermentací získat. (SCHULZ, EDER, 2004)

2.2 Složení a kvalita bioplynu

Bioplyn je svým chemickým složením jednoduchým i komplikovaným systémem současně. Jednoduché je vždy majoritní složení bioplynu, tedy zastoupení složek v jednotkách objemových procent. Reaktorové bioplyny jsou prakticky tvořeny pouze binární směsí metanu a oxidu uhličitého v různých poměrech podle podmínek fermentace a podle kvality substrátu. (STRAKA a kol., 2006)

KÁRA a kol. (2007) publikují, v praxi je však surový bioplyn tvořen příměsí dalších minoritních plynů. Vysoký obsah oxidu uhličitého (CO_2) znamená, že nebyly vytvořeny optimální podmínky pro anaerobní fermentaci. STRAKA a kol. (2006) dodávají, že obsahy dalších plynů jsou více než o jeden řád nižší. Jsou tedy v úrovních nejvýše desetin procenta. PASTOREK a kol. (2004) dále uvádějí, že spalné teplo suchého bioplynu má hodnotu stejnou jako výhřevnost. Hranice zápalnosti metanu ve směsi se vzduchem je 5 – 15 % objemových. Tato koncentrace metanu již tvoří výbušnou směs. Bioplyn je těžší než vzduch a vytváří pro živočichy i člověka smrtelně nebezpečné prostředí v reaktorových nádobách, v prohlubeninách u skládek a podobně.

2.2.1 Majoritní složky v bioplynu

ŽÍDEK (2003) uvádí, že tato směs u dobře pracujících reaktorů obsahuje 65-85% CH_4 a 20-35% CO_2 . Zde se vyskytuje malý rozdíl oproti PASTORKOVI a kol. (2004) kde je uvedeno, že koncentrace metanu se obvykle pohybuje od 50 % do 75 %. V ideálním případě jej doplní 25 % až 50 % oxidu uhličitého. Kvalita bioplynu je určována především poměrem hořlavého metanu k „neúčinnému“ oxidu uhličitému. Oxid uhličitý zředí bioplyn a zapříčiňuje vznik nákladů, především při skladování plynu. (SCHULZ, EDER, 2004)

2.2.2 Minoritní složky v bioplynu

STRAKA a kol. (2006) vysvětlují, že oproti majoritnímu složení je chemická skladba minoritních komponent bioplynu velice pestrá. Chemické sloučeniny, které byly v bioplynech identifikovány a stanoveny v řádech stovek miligramů na krychlový metr a menších, se počítají na stovky v mnoha skupinách a typech derivátů.

Podle VRBOVÉ a kol. (2013) další minoritní látky, ke kterým patří např. vodní pára, síra ve formě sulfanu, amoniak, siloxany, kyslík a halogenové sloučeniny.

Tyto látky mohou svou přítomností negativně ovlivnit proces úpravy bioplynu na biomethan, proto je nutné tyto látky z bioplynu odstranit.

Obr. 9 Obecné parametry a složení bioplynu

Parametr	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	NH ₃	N ₂	O ₂	Surový bioplyn (60% CH ₄ , 40% CO ₂)
Obj. ve směsi (%)	55-70	27-44	< 1	< 0,5	< 0,05	< 5	< 2	100,00
Výhřevnost (MJ.m ⁻³)	35,88	-	10,78	-	-	-	-	21,53
Zápalná teplota (°C)	650,00	-	585,00	-	-	-	-	650-750
Hustota (kg m ⁻³)	0,72	1,98	0,09	1,54	0,77	1,25	1,43	1,20
Molární hmotnost (g mol ⁻¹)	27,23	44,01	2,02	34,08	17,03	28,01	32,00	16,04

ZDROJ: (KÁRA, MUŽÍK), Biom.cz

2.3 Úprava bioplynu

STRAKA a kol. (2006) nepovažují čištění a úpravu bioplynu v mnoha případech za nutnou záležitost, avšak poukazují na předejití možných provozních problémů. PASTOREK a kol. (2004) uvádí sušení bioplynu (snížení obsahu vodní páry), odsíření (síra se v surovém bioplynu může vyskytovat ve formě sulfanu), kalorické zhodnocení (odstraněním oxidu uhličitého a jiných balastních plynů), stlačení, zkapalnění atd. jako důležitý proces.

Bioplyn vycházející z fermentoru je přibližně ze 100 % nasycen vodní párou a většinou obsahuje takové množství sirovodíku, že na potrubích, armaturách, plynoměrech a plynových spotřebičích dochází ke korozi. (SCHULZ, EDER, 2004) KÁRA a kol. (2007) napsali, že sušení bioplynu se zpravidla provádí ochlazením pod rosný bod vodní páry a zpětným ohřevem. Mechanické nečistoty spolehlivě odplaví kondenzát nebo se zachytí ve vodní pojistce. KÁRA, MUŽÍK (2012) považují biologické odsířování za nejběžnější metodu pro snížení koncentrace sulfanu. Sulfan se nejdříve rozpustí ve vodě a pak biologicky odstraní. Tuto činnost obstarávají mikroorganismy, které jsou v prostředí běžné a proto nemusí být speciálně očkované. Jsou schopny využívat pro svůj růst síru ze sulfanu. Tyto mikroorganismy spotřebovávající síru jsou aerobní a pro svůj vývoj potřebují kyslík. Technicky nejjednodušším způsobem je dávkování vzduchu s kyslíkem přímo do fermentoru nebo plynojemu v koncentraci cca 4–6 %.

2.4 Využití bioplynu

Energie ukrytá v bioplynu by měla být využita co nejintenzivněji, což se týká zejména schopnosti vyvíjet vysoké teploty a sílu. (SCHULZ, EDER, 2004) PASTOREK a kol. (2004) dále uvádějí, že pokud surový bioplyn neobsahuje nadměrný obsah síry nebo mechanických příměsí či vodní páry, lze ho spalovat přímo v plynovém kotli s hořákem seřízeným na toto médium.

Bioplyn po vyčištění obsahuje 95 - 98 obj.% metanu. V takovém stavu je vhodný pro pohon plynových motorů stabilních i mobilních zařízení jako alternativní palivo. Může být také vtlačován do rozvodné sítě zemního plynu. (BENDA a kol., 2012)

STRAKA, DOUCHA (2011) zmiňují, že energetické využívání bioplynu nabízí velmi široké spektrum různých technologií. Relativně nové způsoby využití bioplynu jsou výroba biovodíku, termofotovoltaika a organické Rankinovy cykly (ORC).

Bioplyn a jeho využití:

Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla - kogenerace, současná výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média. Je účinný způsob využívání energie. Principem kogenerace je využít teplo, které jinak při výrobě elektřiny odchází bez užitku. (PASTOREK a kol., 2004)

Kombinovaná výroba elektrické energie a využití tepla nebo chladu -trigenerace, technologicky se jedná o spojení kogenerační jednotky s absorpční chladicí jednotkou. To je výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média a výroba chladu. Výhodné z pohledu provozu kogenerační jednotky, jelikož umožňuje využít vyrobené teplo i v létě. (KÁRA, 2007)

Obr.10 Trigenerační jednotka



ZDROJ: <http://kogenerace.tedom.com/trigenerace.html>

Přímé spalování - vaření, svícení, chlazení, topení, ohřev užitkové vody a sušení. (BENDA a kol., 2012)

Čištění na kvalitu SNG (náhradního zemního plynu) a vtlačení do sítě (STRAKA, DOUCHA, 2011)

Pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie – využití pro pohony mobilních energetických prostředků a pro systémy pohonu vozidel na metan. Obr.: (KÁRA, 2007)

Využití bioplynu v palivových článcích – využití nové a účinnější technologie transformace energie na bázi spalování velmi ušlechtilých paliv s minimální zátěží ovzduší, umožňující decentralizaci výroby a využití energie.(KÁRA, 2007)

Využití bioplynu jako zdroje chemických surovin (BENDA a kol., 2012)

SOUČASNOST, VÝVOJ A VÝZKUM

Anaerobní rozklad je běžně užívanou technologií odpadového hospodářství. V současné době pochází 80% veškerého průmyslově vyráběného bioplynu ve světě z komerčně využívaných skládek odpadu. Dnešní výzkum se zaměřuje na faktory, které ovlivňují optimální růst mikrobiálních kultur. Technologie na zpracování velkého množství zředěných kapalných odpadů pocházejících z různých zemědělských a průmyslových procesů. Tyto technologie s využitím levných surovin nesou řadu výhod pro odpadové hospodářství ve smyslu snahy o ochranu životního prostředí.

3. SUBSTRÁTY PRO BIOPLYNOVÉ STANICE

Umístění plánované bioplynové stanice do značné míry závisí na dostupnosti vstupních surovin. Kvalita a množství vhodných vstupních surovin mají zásadní význam pro účinné fungování bioplynové stanice. Musí být předložen přehled všech vstupních surovin, který by měl zahrnovat i množství dostupné orné půdy pro pěstování energetických plodin, počet hospodářských zvířat a typ chovu, dostupnost odpadů.

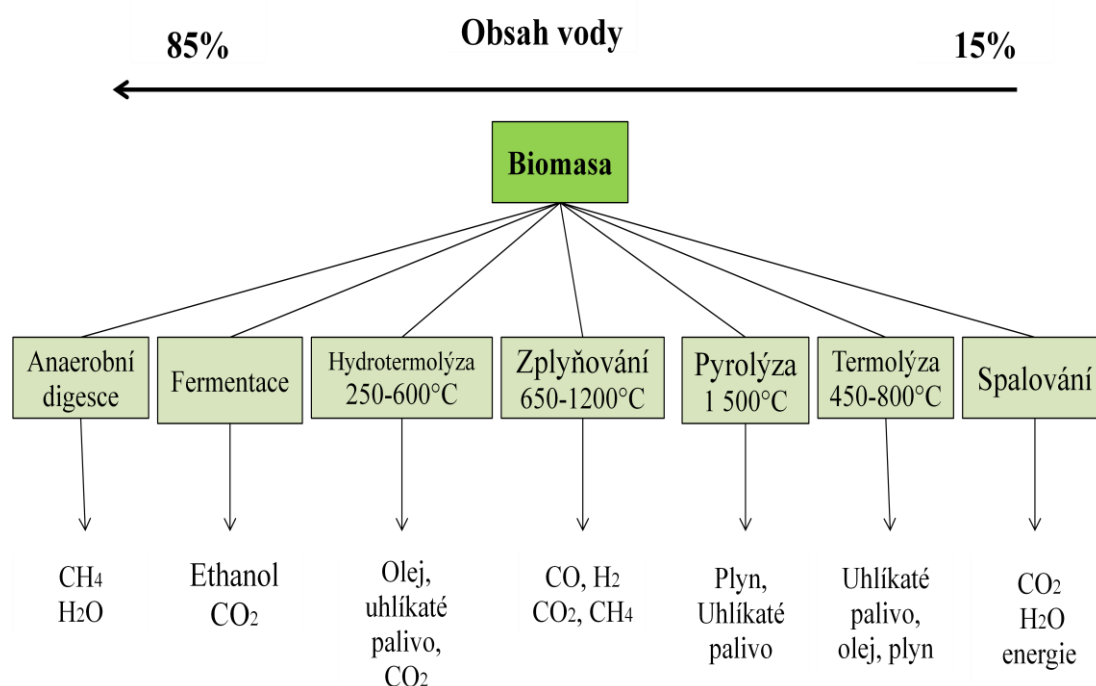
3.1 Definice biomasy

PASTOREK a kol. (2004) definují biomasu jako substanci biologického původu. Zmiňují pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu a také organické odpady. Biomasa je záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni.

Biomasu, jako tradiční celosvětový zdroj energie, uvedli STRAŠIL a kol.(2011). Její využití limitují nízkou přeměnou slunečního záření při fotosyntéze a navazujících pochodech. Rostlinná biomasa vzniká přeměnou sluneční energie s účinností menší než 1%. S náklady a energetickými výdaji na její těžbu, zpracování a transport musí být počítáno. Roční produkce rostlinné biomasy se pohybuje okolo 0,5 kg sušiny na metr čtvereční. Jen v úrodných půdách s další dodatečnou energií ve formě hnojiv a agrotechnických zásahů lze dosáhnout vyšší produkce. 0,5 kg sušiny na metr čtvereční je přibližně 5 tun sušiny na hektar, což odpovídá získané energii 20 - 30 MWh na hektar za rok.

VRÁBLÍKOVÁ (2000) souhlasí, že v procesu fotosyntézy se v biomase rostlin akumuluje energie. Teoretickou účinnost fotosyntézy zde definuje jako 7,5%, což může činit v našich podmínkách maximální produkce sušiny veškeré rostlinné hmoty (včetně kořenového systému) 40 až 60 t.ha⁻¹ za rok. V současném intenzivním zemědělství se z 1 ha vyprodukuje 10 až 35 t sušiny biomasy.

Obr. 11 Technologie přeměny biomasy



Zdroj: KAMM, Birgit, Patrick R GRUBER a Michael KAMM (2006), s. 350

3.2 Chemické složení substrátů pro biometanizaci

STRAKA a kol. (2006) popisuje polysacharidy, proteiny a lipidy jako hlavní zdroje, které poskytují v biologicky rozložitelných podílech odpadů či biomasy metan. Jen v několika případech však nejsou polysacharidy zdrojem hlavním a jsou v produkci metanu méně významné než proteiny anebo lipidy. Tato situace nastává při zpracování některých druhů odpadních vod a při zpracování průmyslových odpadů, např. z jatečních výrob. Hlavním zdrojem pro vznik metanu je většinou ostatních případů skupina polysacharidů. U skládkových plynů a u anaerobní fermentace rostlinné biomasy jsou to jednoznačně polysacharidy typu celulózy a hemicelulózy, ČERMÁKOVÁ (2009) doplňuje, že jedna z hlavních stavebních látek fytohmoty je lignin, který je z hlediska metanogeneze balastním prvkem a tvorby metanu se téměř neúčastní, pokud není fyzikálně-chemickými procesy předem zpracován.

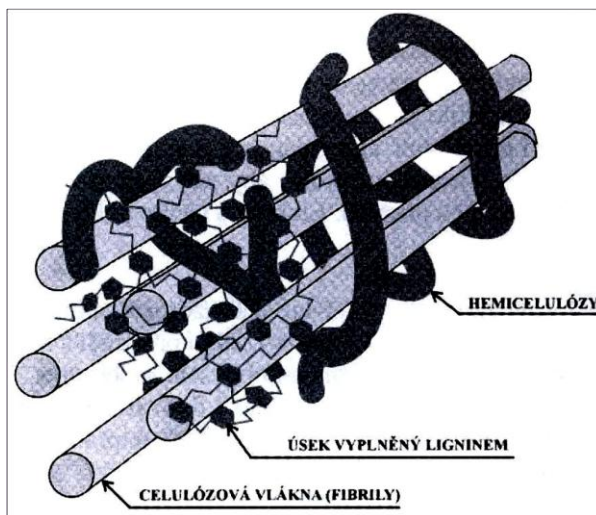
DOHÁNYOS (2009) uvádí složení rostlinné biomasy.

Polysacharidy jsou součástí veškeré rostlinné biomasy, patří sem škrob, celulóza a hemicelulózy. Z polysacharidů je nejlépe rozložitelný škrob, který se poměrně snadno hydrolyzuje amylolytickými enzymy.

Celulóza je polymerem glukózy, v biotechnologickém procesu je relativně málo rozložitelná. Pro její hydrolyzu je nutná přítomnost celulólytických enzymů, které jsou produkovány hydrolytickými mikroorganismy a v přírodě jsou přítomny v zaživacím traktu přežvýkavců. Další skupinou polysacharidů jsou

heteropolysacharidy - hemicelulózy, které tvoří rozvětvené řetězce s prostorovou strukturou. Hemicelulózy podléhají snáze a rychleji enzymatické hydrolýze než celulóza. Celulózová vlákna jsou obtáčena rozvětvenými řetězci hemicelulóz a struktura je jako celek zpevněna zesíťovanou výplní ligninu.

Obr. 12 Schématické znázornění struktury rostlinné buněčné stěny



ZDROJ: STRAKA a kol. (2006)

Lignin. Vedle biologicky rozložitelných sacharidů a polysacharidů obsahuje rostlinná biomasa i látky, jejichž biologická rozložitelnost je velmi nízká až nulová. Mezi tyto látky patří především lignin a též lignany a terpeny. Lignin je organickou součástí nejenom každé rostlinné biomasy, ale materiálů z ní pocházejících, jakou jsou například různé druhy kejdů nebo hnoje a je hlavní součástí biologicky nerozložitelné frakce organických látek v stabilizovaném zbytku po anaerobní fermentaci.

Lipidy. Společnou charakteristikou lipidů je přítomnost mastných kyselin s dlouhým alifatickým řetězcem a malým počtem atomů kyslíku v jejich molekulách. To je důvod, že tuky mají nejvyšší výtěžnost metanu ze všech skupin substrátů. Podléhají relativně snadno enzymové hydrolýze. Problémem může být technické zvládnutí rozkladu tuků, které díky své hydrofobicitě mohou mít tendenci vyplouvat k hladině, oddělovat se z vodní fáze nebo zvyšovat tvorbu pěny.

Proteiny. Proteiny patří mezi dobře biologicky rozložitelné látky. To znamená, že vykazují vysokou výtěžnost metanu. Proteiny jako jediné s výše uvedených substrátových skupin obsahují ve svých molekulách heteroatomy. Kromě uhlíku, vodíku a kyslíku obsahují také síru a hlavně dusík. Dusík při anaerobní fermentaci přechází amoniak, který při vyšších koncentracích může způsobovat inhibici tvorby metanu.

3.3. Vliv kvality suroviny na výtěžnost bioplynu

Rostlinná biomasa, kukuřičná a travní siláž, představuje přes 50 % hmotnostních všech substrátů. V přepočtu na obsah energie představuje rostlinná biomasa až 80 %

energetického obsahu všech substrátů. Hlavním důvodem pro používání rostlinné biomasy k výrobě bioplynu je relativně vysoká produkce bioplynu z jednotky hmotnosti a zavedené agrotechnické postupy jejího pěstování, sklizně a konzervace. Anaerobní fermentací se získá z tuny kukuřičné siláže až 200 m³ bioplynu. Produkce bioplynu získaného anaerobní fermentací biomasy z trvalých travních porostů (TTP) je 150 - 190 m³/tunu travní siláže. (Zábranská, 2010)

Výtěžnost bioplynu ze směsných organických materiálů závisí na biologické rozložitelnosti a na poměru jednotlivých složek. Tento poměr je v každé surovině jiný a to způsobí odlišnou následnou produkci metanu. Jak rychle a důkladně probíhá biologický rozklad ovlivňuje mimo druhu zpracovávaného materiálu i jeho chemická a fyzikální struktura. Svůj vliv má také vhodné složení anaerobní mikrobiální kultury. Ve skutečnosti se ne všechny organické látky přítomné v surovině v průběhu anaerobní fermentace rozloží, vždy jich ve výstupním materiálu část zůstane jako stabilizovaný organický zbytek. Jak velký tento podíl bude záviset zejména na přítomnosti obtížně rozložitelných látek, jako jsou celulózy. Množství nerozložené organické části je také ovlivněno technologickými podmínkami, hlavně teplotou, předúpravou a dobou zdržení ve fermentoru.

Pokud je naší prioritou výroba energie, je pro nás znalost složení zpracovávaného materiálu a výtěžnosti metanu z této suroviny nezbytná pro určení její vhodnosti pro anaerobní fermentaci.

Hlavní technologické parametry, kterými posuzujeme vhodnost dané suroviny, jsou:

- koncentrace celkové sušiny
- obsah organických látek v sušině
- celkový obsah dusíku
- chemická spotřeba kyslíku (CHSK) homogenizovaného vzorku
- obsah organického uhlíku
- výtěžnost metanu nebo bioplynu (zjištěno během laboratorního testu).

Hlavní význam mají první tři parametry, které jsou nezbytné pro návrh zpracování dané suroviny. Zbývající parametry jsou pomocné a umožňují nám stanovit teoretickou i skutečnou výtěžnost metanu nebo bioplynu. CHSK umožní dále provádět bilanci tvorby metanu.

3.4 Substráty ze zemědělství

Pro správné využití biomasy v bioplynových stanicích uvádí DIVIŠ (2014) tyto podmínky.

Druh rostlin - výběr druhu, odrůdy nebo hybridu. Dosažení sušiny nad 25% a vysoký výnos metanu.

Sklizeň a konzervace - pečlivé a kvalitní silážování s dodržením sušiny 28 – 34%. V případě kukuřice narušení zrna, délka řezanky do 8 mm.

Odběr substrátu - ze silážního žlabu s co nejmenším provzdušněním stěny siláže. Odebranou hmotu bez zbytečného meziskladování vložit do fermentoru.

3.4.1 *Obilniny*

Žitná siláž z celých rostlin (GPS)

Častým zdrojem substrátu může být siláž triticales nebo žitná siláž z celých rostlin. Výnos zrna žita činí přibližně 5–6 tun z hektaru, poměr zrna ke slámě cca 1:1,6. Z tohoto vyplývá celkový výnos od 13 do 15 tun čerstvé hmoty na hektar.

V porovnání s jinými obilninami nabízí žito vysokou stabilitu výnosu, jednoduchou pěstební technologii a nízké náklady na pěstování. Pro žito jsou typické malé požadavky na stanoviště, zejména díky vynikající tvorbě kořenové soustavy a lepší schopnosti využívat vodu a živiny z půdy. Produkce GPS ze žita je možná takřka na všech stanovištích a v půdních podmínkách. Ve stádiu začátku metání (polovina května) dosahuje výnos biomasy úrovně 8-10 t/ha (přepočteno na 100 % sušiny), při pozdějším termínu sklizně ve stadiu mléčné zralosti (polovina června) může být výnos biomasy až dvojnásobný. Kromě pěstitelských předností žito nabízí také výhody při výrobě bioplynu. Při sklizni celých rostlin na zeleno (GPS) produkuje relativně vysoký výnos sušiny na hektar. Současně vykazuje žitná siláž nejvyšší obsah tuků, a proto je reálná vysoká výtěžnost metanu. Ve srovnání s kukuřičnou siláží se žitná biomasa sklízí dřív (cca do poloviny června), lépe se tak rozloží nejen využití strojové základny, ale i časová „špička“ zemědělských prací během pozdního léta. (<http://www.vpagro.cz/userfiles/file/biopllyn2010.pdf>)

3.4.2 *Kukuřice*

Podle ZIMOLKY (2008) má kukuřice jako rostlina C4, mezi u nás pěstovanými kulturními plodinami, nejvyšší výnosový potenciál. Kukuřice je vhodná jak pro produkci bioetanolu ze zrna, tak i k silážování na bioplyn. LEŠTINA (2008) uvádí vysoký energetický potenciál na hektar a to 324 000 MJ. V porovnání s obilovinami, které produkují asi 216 000MJ na hektar. DIVIŠ (2014) upozorňuje na důležitost správně zvoleného hybridu pro vyšší výtěžnost bioplynu. Zároveň popisuje určitá rizika v nárůstu zastoupení kukuřic v osevních postupech nebo sledech a zmiňuje dodržování podmínek GAEC 2.

3.4.3 *Cukrová řepa*

Řepa se pro výrobu bioplynu hodí zejména díky vysokým výnosům hmoty. Má však vysoké nároky na půdu a podnebí.

Cukrová řepa vyprodukuje na jednom hektaru 14 až 20 tun sušiny. Z jedné tuny sušiny lze získat 300 až 400 metrů krychlových bioplynu, což představuje produkci 4900 až 7000 m³ bioplynu z jednoho hektaru. U kukuřice při výnosu 15 až 22 tun sušiny z hektaru je uváděna produkce metanu 4000 až 5800 m³ z jednoho hektaru. V ČR jsou z cukrové řepy zatím využívány na produkci bioplynu především vyslazené řepné řízky. Účinnost rozložitelnosti řepných řízků je cca 72%. Složení vznikajícího bioplynu dosahuje v průměru cca 50,7% metanu. Různé formy silážování, vakování a dalšího skladování řepných řízků nehrají zásadní roli. Řepné řízky se svým stářím vždy degradují. Vysoký obsah cukru, který tvoří nejvíce plynu, je vyplavován. K největší degradaci řízků dochází při projití mrazem. (Zemedelec.cz, 2010)

3.4.4 Trvalé travní porosty (TTP)

STRAŠIL a kol. (2011) vysvětlují, že pěstování trav pro energetické využití se v podstatě neliší od technologií doporučených pro produkci píce. Zásadní rozdíl je ovšem v termínu sklizňových prací. Sklizeň se volí dle způsobu energetického využití, optimálního výnosu sušiny nadzemní biomasy a obsahu vody. Pro výrobu bioplynu se u sledovaných trav jeví jako optimální sklizeň při obsahu vody 70%. Pro spalování biomasy je obsah vody pouze 20 až 25%, což lze dosáhnout až po přemrznutí. V tomto období však ztráty opadem činí až 50%.

LHOTSKÝ, KAJAN (2008) uvádějí, že nevýhodou sacharidových substrátů je nižší obsah metanu v bioplynu. Naopak výhodou je nízká koncentrace sulfanu, pohybující se řádově v desítkách miligramů v m³ bioplynu. V neposlední řadě poukazují na důležité mimoprodukční funkce travních porostů.

3.4.5 Cíleně pěstované byliny

Chrastice (Lesknice) rákosovitá

Podle STRAŠILA a kol. (2011) se při pěstování na biomasu chrastice rákosovitá seje do řádků širokých 12,5- 25 cm. Výsevek v monokultuře činí 20- 25 kg/ha. Pokud je lesknice sklizena na bioplyn, provádí se během roku dvě až tři seče. Správně založený porost, podle HAVLÍČKOVÉ a kol. (2007), vydrží na stanovišti řadu let. Porost navíc chrání celoročně půdu a zlepšuje její fyzikální, chemické i biologické vlastnosti. PETŘÍKOVÁ a kol. (2006) uvádí průměrné výnosy sušiny chrastice v okolních státech ve výši 4,5- 9 tun z hektaru. Zároveň ale publikuje skutečnost, že na uměle založených loukách při hnojivé závlaze je možné dosáhnout výnosů přes 15 tun na hektar. Dále upozorňuje na značnou závislost výnosů na průběhu počasí v jednotlivých letech. Výnos nejvíce ovlivňuje rozdělení srážek během vegetace. HAVLÍČKOVÁ a kol. (2007) píše, že v našich polních pokusech se v závislosti na agrotechnických opatřeních a půdně-klimatických podmínkách dosáhlo u tříletých porostů výnosu 5,3- 12,6 tun sušiny z hektaru.

Čirok

DIVIŠ (2014) uvádí čirok jako vhodnou alternativu plodiny pro výrobu bioplynu. Čiroky jsou náročnější na teplo a pomaleji dosahují vhodné sušiny ke sklizni. Výnosem sušiny z lha se produkcí metanu vyrovná kukuřici. K 1.1.2013 došlo u širokořádkových plodin v rámci standardu GAEC 2 k rozšíření o čirok. (eAGRI,2013)

3.4.6 Statková hnojiva

Největší podíl odpadů vznikajících při živočišné výrobě představují exkrementy hospodářských zvířat. KAJAN (2005) uvádí jako nejstarší a technicky nejjednodušší formu nakládání s těmito "odpady" jejich přímou aplikaci na půdu. Avšak kejda a slamnatý hnůj z chovu hospodářských zvířat představují vzhledem k vysokému

podílu biologicky snadno odbouratelných látek k odpadům také vhodným ke zpracování v bioplynových stanicích.

Základem krmné dávky zemědělské BPS by měly být právě zvířecí exkrementy. Měrnou produkcí bioplynu patří exkrementy mezi podprůměrně vydatné materiály, ale zato vznikají na jednom místě v relativně velkém množství. Významné je, že součástí exkrementů jsou také kmeny bakterií podílející se na rozkladné reakci ve fermentoru a vzniku bioplynu. Jedná se o žádoucí mikroflóru, která je důležitá především i při zprovoznění BPS, neboť „oživuje reaktor“. (CZ BIOM, 2012)

Obr. 13 Produkce bioplynu pro vybrané substráty

Substrát	Obsah sušiny [%]	Organická sušina v sušině [%]	Produkce bioplynu		Obsah CH ₄ v bioplynu [%]
			m ³ /t org. sušiny	m ³ /t vlhké hmoty	
Hovězí kejda	8,8	85	280	21	55
Prasečí kejda	6	85	400	20,4	60
Silážovaná kukuřice	33	96	586,1	185,3	52,2
Travní siláž	35	89	583,8	182,3	54,1
Zbytky z krmení	34	92,5	585	184	53
Podestýlka – pšeničná sláma	86	91,5	369	290	51
Žito - zmo	87	90	1000	45	68
Kuchyňské odpady bohaté na tuky	18	92	761,5	126,5	61,9

ZDROJ: Autor: Jiřina Čermáková

3.5 Substráty z dále zpracovávajícího zemědělského průmyslu

Materiály z potravinářského průmyslu většinou neobsahují nežádoucí příměsi a jsou velmi vhodné na výrobu bioplynu. (CZ BIOM, 2012)

Největším problémem, uvádějí KOLÁŘ a KUŽEL, (2000) jsou v potravinářském průmyslu odpadní vody. Ty vznikají při jednotlivých úkonech jako např: praní, extrakce, blanširování, loupání atd. Odpadní vody vznikající při těchto procesech obsahují vysoké množství organických látek, jako jsou: bílkoviny, lipidy a sacharidy. Organické látky obsažené v odpadní vodě představují velkou ekologickou zátěž.

3.5.1 Výroba piva

Podstatou výroby piva jako alkoholického nápoje jsou dva základní principy, a to rozštěpení složitých cukrů (škrobů) v obilných zrnech na jednoduché zkvasitelné cukry a dále zkvašení těchto jednoduchých cukrů za užití kvasinek. (BASAROVÁ, 2010)

Při výrobě piva vznikají různé vedlejší produkty, z nichž nejvýznamnější je mláto. Na každý hektolitr piva vznikne cirká 19,2 kg mláta a další 4 kg odpadních materiálů. Využití těchto materiálů v anaerobní fermentaci je možné. Kvůli obtížně

odbouratelným obsahovým látkám však vykazují dlouhou dobu setrvání a nízkou výtěžnost plynu v běžných zařízeních na výrobu bioplynu.

Na Technické universitě (TU) Mnichov nyní byla testována metoda, díky níž lze zredukovat dobu setrvání a zlepšit výtěžnost bioplynu. Důležité přitom je rozmělnění a jemné rozemletí látek. Vznikají tak částice o velikosti v řádu mikrometrů, které v kombinaci se speciálně upravenými mikroorganismy umožňují dobrou fermentační reakci. Očekávané výsledky by mohly menším a středním potravinářským podnikům otevřít nové trhy tím, že by odpady z výroby prodávaly zařízením na výrobu bioplynu. (EAGRI, 2012)

3.5.2 Výroba etanolu

Proces výroby bioetanolu je známý a používaný již od počátku minulého století. V zásadě je druh vstupní suroviny dán geografickou lokalitou, která určuje náklady a výnosy, a tím také ceny a dostupnost jednotlivých použitelných surovin. V naší republice se tak můžeme nejčastěji setkat s výpalky pšeničnými, kukuřičnými a výpalky ze zpracování ovoce v pěstitelských pálenicích. V důsledku potřeb fermentačního procesu se při výrobě 1 m³ lihu vyprodukuje 10 - 14 m³ lihovarských výpalků. Výpalky můžeme považovat buď za odpad, nebo za surovinu, v každém případě je nutné jejich další zpracování. (ONDRAČKA, 2009)

Existuje celá řada způsobů likvidace jako sušení, spalování, zkrmování, využití jako hnojivo, anaerobní digesce v BPS. Vhodnost využití těchto variant je odvislé od celé řady faktorů: vstupní surovina, umístění lihovaru, kapacita recipientu a v neposlední řadě velikost lihovaru. (SAJBRT, DITL 2009) V současnosti jsou používány hlavně jako krmivo pro dobytek, hnojivo, nebo se kompostují. Tento materiál se vyznačuje velmi nízkou sušinou a velkým množstvím organické hmoty. Právě vysoké hodnoty CHSK ve výpalcích mohou způsobovat problémy na čistírnách odpadních vod. Jednou z možností snížení organického zatížení je jejich zpracování anaerobní fermentací. Uskladnění je relativně jednoduché. Při delším skladování se vyskytnou ztráty energie a napadení plísněmi a houbami, kvůli čemuž lze v takovém případě doporučit silážování. Uspokojivé, jednoduché a ekonomicky výhodné řešení likvidace nebo využití výpalků není v současné době k dispozici.

3.5.3 Škrobárenský průmysl

Při výrobě škrobu z brambor vznikají vedle organicky zatížených odpadních vod také tzv. bramborové zdrtky (dřeň). Ta sestává hlavně ze slupek, buněčných stěn a nerozpuštěných škrobových buněk, které zbývají po získání škrobu. Z každé tuny zpracovaných brambor vzniká přibližně 240 kg drti.

Zdrtky se zkrmuje především skotu, a to čerstvé nebo silážované. Při sušině 25 % lze zdrtky silážováním konzervovat lépe než cukrovarské řízky. Dobře se sléhají a jsou trvanlivější, takže vydrží v dobrém stavu i déle než rok. Sušené zdrtky jsou jadřným škrobnatým krmivem, vhodným k doplnění objemných krmiv. (BIOM CZ, 2009)

DOLEŽAL (2004) uvádí, že obsah dusíkatých a minerálních látek zdrteků je nízký a tudíž i krmná hodnota je nižší.

3.5.4 Získávání cukru

Cukr lze vyrobit z cukrové třtiny nebo z řepy cukrovky. U nás se pěstuje řepa cukrovka, z níž se na výrobu cukru používají bulvy. Řepa cukrovka je obsahuje 75 % vody – polovina této vody se uvolní odpařením do různých produktů. Vedlejší produkty řepy se používají ke krmení (KOJETSKÁ, 2012). KOLÁŘ a KUŽEL (2000) tvrdí, že zhodnocení řepných řízků z cukrovarnického průmyslu jako krmiva nepokrývá náklady – navrhuje jejich metanizaci a získávání enzymů.

Anaerobní technologie se uplatňuje při čištění stále širšího spektra průmyslových odpadních vod. Po prvních relativně snadných aplikacích v cukrovarech, pivovarech a dalších oblastech potravinářského průmyslu se dnes anaerobní technologie prosazuje i v takových průmyslových odvětvích, které produkují „obtížnější“ odpadní vody jako např. farmaceutický, chemický, petrochemický průmysl. (JENÍČEK, 2005)

V řadě odvětví anaerobní technologie dokázaly, že odpadní vody mohou být energetickou surovinou. Běžně se dnes používá parametr energetický potenciál (EP) odpadních vod, který vyjadřuje kolik bioplynu lze vyrobit z 1 m³ dané odpadní vody. O tom, že EP některých typů vod může být mimořádně velký vypovídá **obr. 14**.

Obr.14 Energetický potenciál vybraných odpadních vod

Typ odpadní vody	Energetický potenciál (m ³ /m ³)
splaškové	0,2
farmaceutické	4,2
cukrovarské	5,0
škrobárenské	7,6
melasové výpalky	25
výroba threoninu	32
výroba sirupů	60
výroba bionafty	80

Zdroj: JENÍČEK, 2005

4. CÍL PRÁCE

Na základě osobního šetření u provozovatelů pěti zemědělských bioplynových stanic bude uveden rozsah praktického uplatnění využívaných substrátů v anaerobní digesti.

5. MATERIÁL A METODY

Pro specifikaci využívaných vstupních substrátů do bioplynového procesu budou formou terénního šetření získány údaje z pěti zemědělských BPS, a to metodou dotazování. Každá BPS má jiného dodavatele technologií, který byl vybrán investorem na základě výběrového řízení. Technologické odlišnosti budou zaznamenány ve vztahu se vstupní surovinou.

Získané výsledky budou zpracovány pomocí slovního hodnocení, tabulek a grafů. Následně bude provedeno porovnání dosažených výsledků s údaji v literárním přehledu. V závěru diplomové práce budou shrnuty výsledky do bodů a uvede se přínos řešené problematiky.

Sledované zemědělské bioplynové stanice v subjektech:

Zemědělská společnost **Dubné**, a.s.

Zemědělské družstvo **Kunžak**

Zemědělské obchodní družstvo **Olešník**

ZEMOS Zubčice, spol.s.r.o.

Rozvodí, spol.s.r.o., **Černov**

Pro dosažení výsledků byly zvoleny následující kritéria:

- Celková hmotnost dávkované biomasy (t / rok)
- Procentuální vyjádření podílů jednotlivých substrátů
- Hodnocení teplot ve fermentoru (°Celsia)
- Výroba elektrické energie (MWh /rok)
- Procentuální vyhodnocení předpokládané a skutečné výroby elektrické energie

5.1 Postup získání a zpracování údajů z bioplynových stanic

Z hlediska možností využívání substrátů byly osloveny zemědělské BPS s živočišnou výrobou se zaměřením na chov mléčného skotu s částečně rozdílnou rostlinnou výrobou. Místním šetřením byla získána základní data o podniku i provozu zemědělské BPS.

- Profil společnosti
- Zvolená technologie pro zpracování substrátů v jednotlivých BPS
- Druhy substrátu využité v bioplynové stanici za 12 měsíců
- Vyjádření podílů jednotlivých substrátů hmotnostně

5.1.1 BPS Dubné (Žabovřesky)

- **Provozovatel:** Zemědělská společnost Dubné a.s
- **Dodavatel technologie:** MT-Energie GmbH
- **Výkon:** 1 MW
- **Uvedení do provozu:** 2009
- **Vstup:** Kukuřičná siláž, travní senáž, chlévská mrva a kejda
- **Využití tepla:** Vytápění hospodářských a správních budov

Na dohled od Českých Budějovic se nachází sídlo Zemědělské společnosti Dubné a.s., se zaměřením na chov mléčného skotu. Akciová společnost spravuje 3.000 ha zemědělské půdy, z toho 2.500 ha orné půdy a 500 ha pastvin. Pěstovány jsou především obiloviny, řepky a kukuřice.

Od roku 2009 provozuje bioplynovou stanici o 998 kWh elektrického výkonu a 1250 kWh tepelného výkonu. Zařízení na výrobu bioplynu využívá mimo kukuřičné a travní siláže, slamnatý hnůj a kejdu.

Elektřina z bioplynové stanice je dodávána do rozvodné sítě E.O.N. Již při plánování bylo počítáno s konceptem využití odpadního tepla kogenerační jednotky. Teplo je využíváno na vytápění stájí, hospodářských a administrativních budov zemědělské společnosti. Do budoucna je rovněž možnost připojení celé obce na teplovod.

V době kolísání cen mléka vytváří provoz bioplynové stanice druhý důležitý ekonomický pilíř pro chod celého podniku. V živočišné výrobě se specializují na výrobu mléka. S počtem 850 krav holštýnského plemene bylo v roce 2014 dosaženo průměrné roční užitkovosti 8500 litrů.

Obr. 15 Rostlinná výroba v ZS Dubné

PLODINA	VÝMĚRA (v hektarech)
Ozimá pšenice	900
Ozimý ječmen	275
Ozimá řepka	300
Jarní ječmen	33
Oves s podsevy	107
Kukuřice	789
Pícniny na orné půdě	240

Technologie výroby bioplynu společnosti MT-Energie je založena na dvoustupňovém kontinuálním procesu. K tomu jsou za běžných okolností nezbytné tři nádrže: fermentor, dofermentor a sklad kvasných zbytků.

Na rozdíl od klasických dvoustupňových zařízení jsou ve fermentoru a dofermentoru ideální podmínky pro život a rozvoj bakterií. Substrát je zahříván na teplotu v mezofilním rozsahu (40-42°C) a hodnotu pH v neutrálním rozsahu (6,7- 7,5).

V tomto systému tedy nejsou odděleny jednotlivé fáze tvorby metanu. Výhodou systému je maximální výtěžek plynu. Ve druhém stupni lze získat ještě 20 procent možného výnosu plynu. Jako substráty jsou pro danou technologii obecně vhodné všechny organické látky. Může se jednat o odpady potravinářského průmyslu, přírodní materiály nebo biomasu ze zemědělských provozů.

ZÁKLADNÍ SCHÉMA BPS DUBNÉ

- 2 x primární fermentor – průměr 23 m, objem 2300 m³
- 1 x kofermentor – dokvašovací jímka - průměr 26 m, objem 2900 m³
- 2 x koncový sklad digestátu – průměr 30m, objem 3900 m³
- 2 x vkladáče pevných hmot - **Forttis** a **Strautmann** (obr.

Obr. 16 Vkladače substrátu do fermentoru



Zdroj: vlastní

Forttis - V kontejneru dopravuje hydraulická posuvná podlaha pevné látky do systému dopravního šneku. Ten vede dopravovaný materiál do fermentační nádrže. Systém zaznamenává a dokumentuje všechny vkládané komponenty a množství dávkování.

Strautmann - Dávkování hovězího hnoje je zabezpečeno pomocí dávkovacího sila, které dokáže dle potřeby zkrátit slámu obsaženou v hnoji.

- Podzemní potrubí pro přísun hovězí kejdy
- Budova kogenerace a trafostanice
- Výdejní místo **digestátu** (obr. 17)



OVLÁDACÍ PRVKY BPS DUBNÉ

Umístěno v tzv. „Velíně“ mezi primárními fermentory

Plně řízeno počítačovým systémem

- vkládání pevných i kapalných substrátů
- cirkulaci kapalných částí mezi fermentory
- udržování stálé provozní teploty fermentorů
- provoz kogenerační jednotky

Obr. 18 Silážní žlaby

- 4 x silážní žlab o rozměru 20x38x5 m
- Celková kapacita – 16 000 t siláže
- Kapacita kryje celoroční provoz BPS

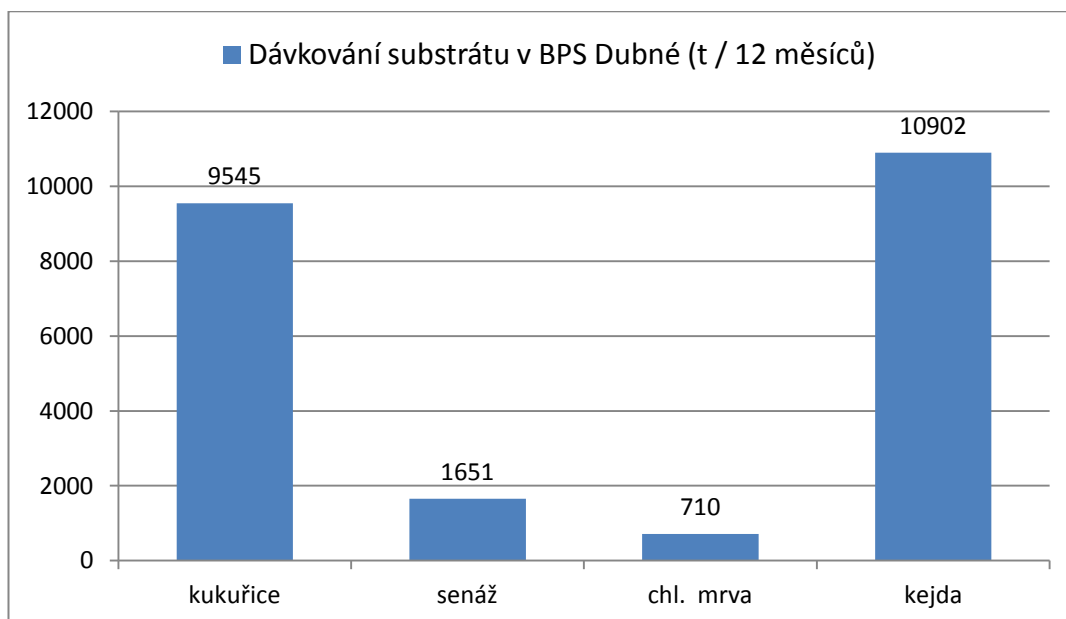


Zdroj: vlastní

VSTUPNÍ SUBSTRÁTY

Zařízení na výrobu bioplynu využívá mimo kukuřičné a travní siláže, slamnatý hnůj a kejdu. Základním substrátem je kejda vyprodukovaná v místě areálu od 400 ks dojnic. Jako energetický substrát je 2x denně navážena kukuřičná siláž v objemu 9,5 tis. tun za rok. Travní senáž získaná z porostů, které jsou živinově nevhodné pro výživu dojnic (např. 3. seče). Na ploše 70 ha bylo vyseto hybridní ozimé žito, sklizené v mléčné zralosti (GPS) společně s travní senáží.

Obr. 19 Skladba substrátu v BPS Dubné (Žabovřesky)



5.1.2 BPS Kunžak

- **Provozovatel:** Zemědělské družstvo Kunžak
- **Dodavatel technologie:** Farmtec
- **Výkon:** 600 kW
- **Uvedení do provozu:** 01 / 2011
- **Vstup:** Kukuřičná siláž, travní senáž, hovězí kejda
- **Využití tepla:** Vytápění hospodářských a správních budov, suška řeziva

Obec Kunžak leží 15 km východním směrem od Jindřichova Hradce, zde se nachází areál zemědělského družstva. Společnost spravuje 2 300 ha zemědělské půdy, z toho je 920 ha orné. Pěstovány jsou především obiloviny, brambory, řepka a kukuřice. Brambory se zde sázejí konzumní i průmyslové. V bramborárně je používán paletový systém uskladnění ve čtyřech halách po 600 tunách. Všechny čtyři haly jsou klimatizovány systémem řízeným počítačem.

Od roku 2011 provozují bioplynovou stanici o 600 kWh elektrického výkonu a 608 kWh tepelného výkonu. Teplo je využíváno na vytápění stájí, administrativních budov zemědělské společnosti, provoz výroby mléka a k **sušení řeziva**.

V živočišné výrobě upřednostňují červenostrakatý skot, s kombinovanou maso-mléčnou užitkovostí. Ve stavu je vedeno 1650 kusů skotu, s počtem 400 dojnic. Přes složitou ekonomickou situaci v chovu prasat drží ve stavu 2 500 kusů, z toho 220 prasnic.

Obr. 20 Rostlinná výroba v ZD Kunžak

PLODINA	VÝMĚRA (v hektarech)
Ozimá pšenice	380
Jarní ječmen	130
Ozimá řepka	50
Brambory	110
Kukuřice	320

ZÁKLADNÍ SCHÉMA BPS KUNŽAK

Bioplynová stanice od dodavatelské firmy FARMTEC s výkonem 600 kW elektrické energie se nachází uprostřed zemědělského areálu, kde je kapacita plochy dána okolní výstavbou. Fermentor kruh v kruhu (4323m³) se samostatným plynojemem byl vybrán na základě výhody menší plochy zástavby i velmi dobré homogenizaci substrátů o vyšší sušíně. Fermentor má dvě nádrže v sobě, v prvním stupni (vně) má 3 šikmá lopatková míchadla. V druhém stupni (uvnitř) 2 pádlová míchadla.

Kogenerační jednotka je zde GE Jenbacher. **Externí plynojem** je chráněn v budově přestavěné z bývalých stájí.

Obr.21 Externě uložený plynojem



Obr.22 Suška řeziva

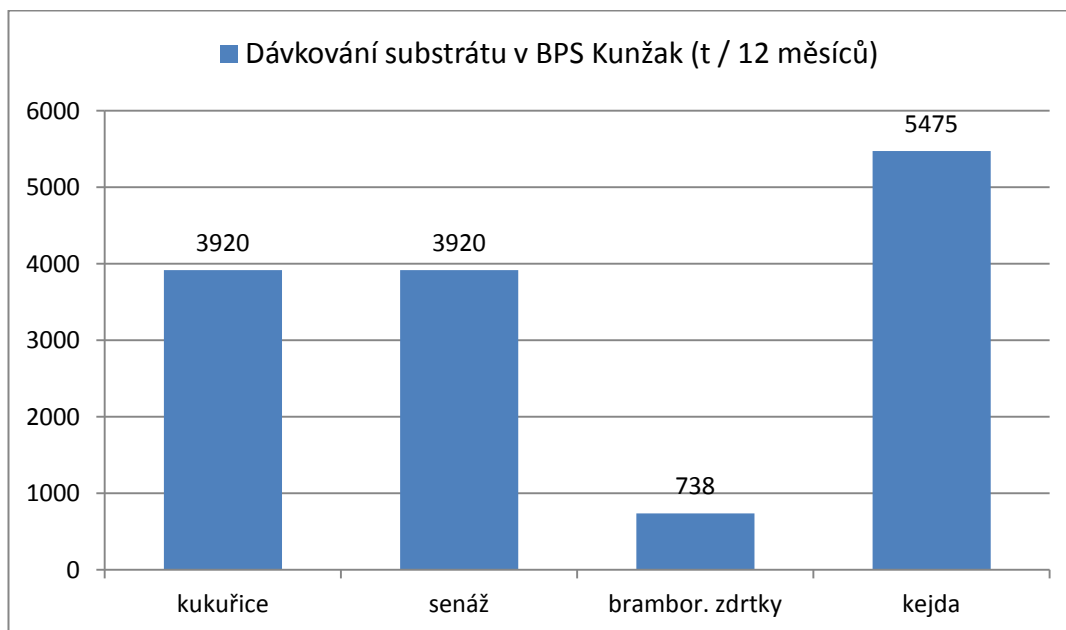


Zdroj: vlastní

VSTUPNÍ SUBSTRÁTY

Zařízení na výrobu bioplynu využívá kukuřičnou siláž a travní senáž v denní navážce 30t. Hovězí kejdu, která je přiváděna podzemním systémem přímo do vnějšího (primárního) fermentoru v objemu 15m³ za den. Jako přídatný substrát dávkuje do BPS bramborové zdrtky do 3 t/den, které jsou odpadem ze zpracování brambor po získání škrobu a mačkané odpadní brambory.

Obr. 23 Skladba substrátu v BPS Kunžak



5.1.3 BPS Olešník

- **Provozovatel :** Zemědělské obchodní družstvo Olešník
- **Dodavatel technologie:** EnviTec Biogas
- **Výkon:** 703 kWh
- **Uvedení do provozu:** 04 / 2011
- **Vstup:** Kukuřičná siláž, travní senáž, hovězí hnůj, močůvka
- **Využití tepla:** Vytápění hospodářských a správních budov
- **Specifikace:** Součástí technologie je separační jednotka, která při absenci kejdy zajišťuje optimální sušinu uvnitř fermentoru. Plánuje se další využití odpadního tepla pro výrobu pelet.

Zemědělské obchodní družstvo se transformovalo v roce 1993. Působí v malé obci Olešník, poblíž známé atomové elektrárny Temelín. V roce 2009 ukončilo nerentabilní chov prasat a začalo řešit dlouhodobý problém se skladováním a nakládáním se slamatou chlévskou mrvou z chovu mléčného skotu.

Během jarních měsíců 2010 proběhla demolice stávajících objektů chovu prasat a na jejich místě se v červenci 2010 začalo s výstavbou bioplynové stanice o el. výkonu 703 kW.

V současné době hospodaří na výměře 1650 ha. Rostlinná výroba je zaměřena na produkci obilovin, olejnin, objemného krmiva pro skot a lusko-obilné směsky pro BPS. V roce 2014 byl dosažen průměrný výnos u ozimé pšenice pěstované na ploše 500ha 6,2 t. Ozimá řepka dosáhla průměrný výnos 4,0 t/ha. V živočišné výrobě s 330 dojnícemi červenostrakatého plemene dosahují roční užitkovosti 6800 l.

Obr. 24 Směšovací zásobník

ZÁKLADNÍ SCHEMA BPS OLEŠNÍK

Zvolená technologie u BPS je uzpůsobena dostupným vstupním surovinám. Pro denní příjem 28 tun slamaté mrvy slouží tzv. vertikální mixér o objemu 80 m³ se třemi rotačními noži uvnitř, které zajišťují rovnoměrné dávkování substrátu na dopravníky. Kukuřičná siláž a travní senáž jsou dávkovány zvlášť do zásobníku, odkud jsou za pomoci technologie posuvného dna dopravovány na soustavu dopravníků, které ústí do tzv. směšovacího zásobníku. **Směšovací zásobník** se nachází v technické budově a zde dochází k přípravě substrátu před vstupem do fermentoru.



Zdroj:vlastní

Díky dobře zvolené technologii dochází k zachycení možných nečistot ze vstupních substrátů. Fermentor o užitném objemu 4.510 m³ je vybaven integrovaným plynojemem a 4 ks výkonných míchadel. Kompletní technologické řešení, včetně

betonové nádrže je dodávkou firmy EnviTec Biogas. Fermentační zbytek je skladován v zastřešené jímce o objemu 6.360 m³.

Součástí technologie je i separační jednotka, která při absenci kejdy zajišťuje optimální sušinu uvnitř fermentoru. Kogenerační jednotka od firmy GE Jenbacher je umístěna opět ve zděné technické budově ve speciálním hlukotěsném boxu.

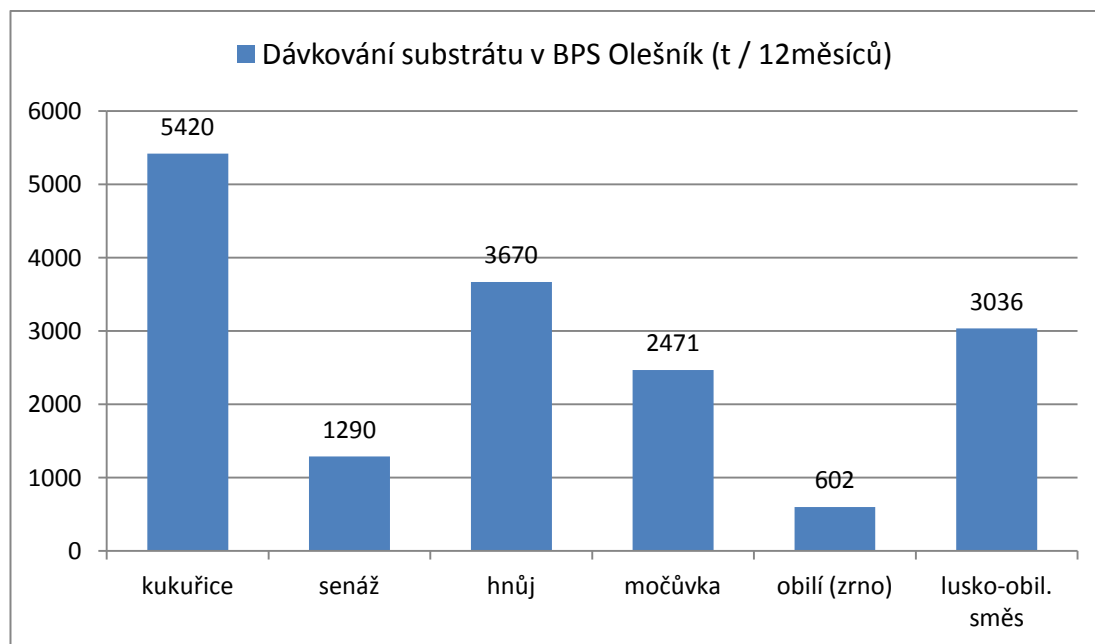
V březnu 2011 byla stavba komplexně dokončena a již v dubnu bylo započato s výrobou první elektrické energie.

Obr. 25 Kukuřičná siláž a travní senáž jsou dávkovány do **zásobníku** za pomoci promíchání a nakládání čelním nakladačem.



Zdroj: vlastní

Obr. 26 Skladba substrátu v BPS Olešník



5.1.4 BPS Chabičovice

- **Provozovatel:** ZEMOS Zubčice, s.r.o.
- **Dodavatel technologie:** agriKomp Bohemia, s.r.o.
- **Výkon:** 4 x 250 kWh
- **Uvedení do provozu:** květen 2011
- **Vstup:** Kukuřičná siláž, travní senáž, hnůj, voda
- **Využití tepla:** Vytápění hospodářských a správních budov

Firma Zemos Zubčice, spol.s.r.o. vznikla v roce 1994 na okrese Český Krumlov. Pozemky získala nákupem od ZD Netřebice a PF ČR. Od roku 2011 sídlí v obci Chabičovice, kde byla o rok dříve vystavěna nová bioplynová stanice. V současné době hospodaří na výměře 1674 ha, z toho 630 ha travních porostů.

Rostlinná výroba je zaměřena na produkci obilovin, olejnin a objemného krmiva pro skot. V roce 2013 byl dosažen průměrný výnos u ozimé pšenice 6,82 t/ha. Ozimá řepka dosáhla průměrný výnos 4,22 t/ha a mák 0,63 t/ha. Výnos kukuřice v roce 2013 byl 38t/ha a senáže ve třech sečích v průměru 5,3t/ha v každé seči.

V živočišné výrobě se specializují na výrobu mléka. Chov dojnic je provozován v rekonstruované stáji s kapacitou 420 kusů. V roce 2013 bylo dosaženo průměrné užitkovosti 8 243 litrů na dojnici. Mléko bylo prostřednictvím Mlékařského a hospodářského družstva JIH prodáváno Mlékárně Klatovy a.s. Dodáno bylo 1,8 mil. litrů mléka.

ZÁKLADNÍ SCHÉMA BPS CHABIČOVICE

Instalovaná technologie:

- 4 x 250 kW KJ Schnell
 - 2 x fermentor 20/6 - 3760 m³
 - 2 x dofermentor 22/6 + 24/6 - 4 990 m³
 - 1 x koncový sklad 36/8 - 8 140 m³
- Obr. 27 Dávkočič biomasy

Dávkočič biomasy **Vieltraß** je optimálně navržen pro plnění fermentoru tuhým hnojem, trávou a kukuřičnou siláží nebo podobnými vstupními látkami. Princip je jednoduchý a efektivní: biomasa vkládaná do zásobníku s posuvným čelem je dvěma protiběžnými šneky uvolňována a jedním vkládacím šnekem tlačena do horní části fermentoru.



Zdroj: vlastní

Zařízení Vielfraß je vhodné pro problematické materiály - dlouhovláknová tráva a agresivní siláže. Proto má podávací šnek i planetová převodovka obzvláště masivní a robustní provedení.

Obr. 28 Míchadlo

Paddelgigant jako velké míchadlo biomasy ve fermentačních nádržích bylo vyvinuto speciálně pro substráty s vysokým podílem vláknitých surovin rostlinného původu.

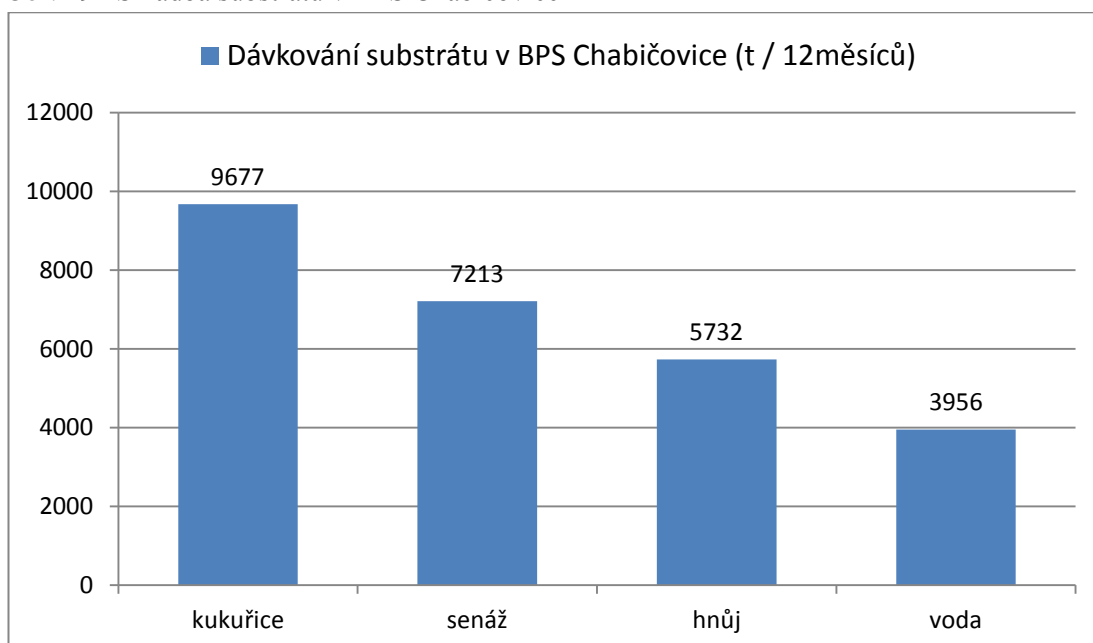


Zdroj: agriKomp Bohemia, s.r.o

VSTUPNÍ SUBSTRÁTY

Zařízení na výrobu bioplynu využije denně do 30 t kukuřičné siláže a 20 t travní senáže. K objemným krmivům se v dávkovači sendvičově zakládá 10 až 15 t slamnatého hnoje za den. Pro optimální zamíchání a čerpání substrátů o vyšší sušině doplňují zakládku užitkovou vodou. Jedná se o dešťovou vodu zachycenou ve vlastních jímkách v areálu podniku, smíchanou se silážními šťávami.

Obr. 29 Skladba substrátu v BPS Chabičovice



5.1.5 BPS Černov

- **Provozovatel:** Rozvodí, spol. s.r.o.
- **Dodavatel technologie:** Biogas Hochreiter GmbH.
- **Výkon:** 1 200 kW
- **Uvedení do provozu:** 2011
- **Vstup:** Kukuřičná siláž, travní senáž, chlévská mrva a kejda

Areálem zemědělské společnosti v Černově i přilehlými pozemky prochází evropské rozvodí Dunaj - Labe, odtud název společnosti - Rozvodí. V současné době hospodaří na 1200 ha zemědělské půdy, která se nachází v oblasti LFA. Pozemky, které obhospodařují, leží v nadmořské výšce 580 až 717 metrů.

Orná půda představuje 740 ha a zbývajících 460 ha připadá na TTP. Rostlinná výroba na orné půdě se v první řadě zaměřuje na krmné plodiny pro živočišnou výrobu a bioplynovou stanici o výkonu 1200 kW. Jsou to zejména jetelotrávy a kukuřice na siláž. Objemná krmiva smluvně nakupují i od okolních podniků. Tržby za vypěstované obilniny, mák a hořčici na semeno jsou spíše okrajové.

Z ekonomických důvodů zrušili chov prasat a specializují se na dojnice hoštýnské plemene, s počtem 530 kusů. Denní dodávka mléka na ustájenou krávu dosahuje téměř 30 kilogramů.

ZÁKLADNÍ SCHÉMA BPS ČERNOV

Bioplynová stanice je koncepčně tvořena zastropenou fermentační nádrží „kruh v kruhu“ a dofermentorem s plynojemem. Pro skladování digestátu slouží stávající **otevřená jímka**. Kogenerační jednotka MWM byla umístěna do novostavby. Vysoké podíly slamnaté chlévské mrvy a dlouhé travní senáže jsou pro zvolenou technologii samozřejmostí. To vše bez

nutnosti jakéhokoliv předchozího drcení nebo homogenizace. Vše probíhá až v samotném fermentoru, a to díky výkonným pádlovým míchadlům Mississippi, konceptu „kruh v kruhu“ a dlouhé době zdržení. Provozovatelé oceňují nejen jednoduchost a nízké nároky na obsluhu, ale také robustnost zařízení a dlouhou životnost. Při využití kukuřičné siláže mají tyto stanice i díky dávkovacímu zařízení Fliegl PolyPro a systému přepadů mezi nádržemi jednu z nejnižších spotřeb energie na vlastní provoz. Při zpracování vysokých podílů slamnatého hnoje nebo senáže je přiměřeně zvýšená vlastní spotřeba bohatě kompenzována právě nízkými náklady na vstupní suroviny.

Obr. 30 Koncový sklad digestátu



Obr.31 Zemědělská BPS Černov

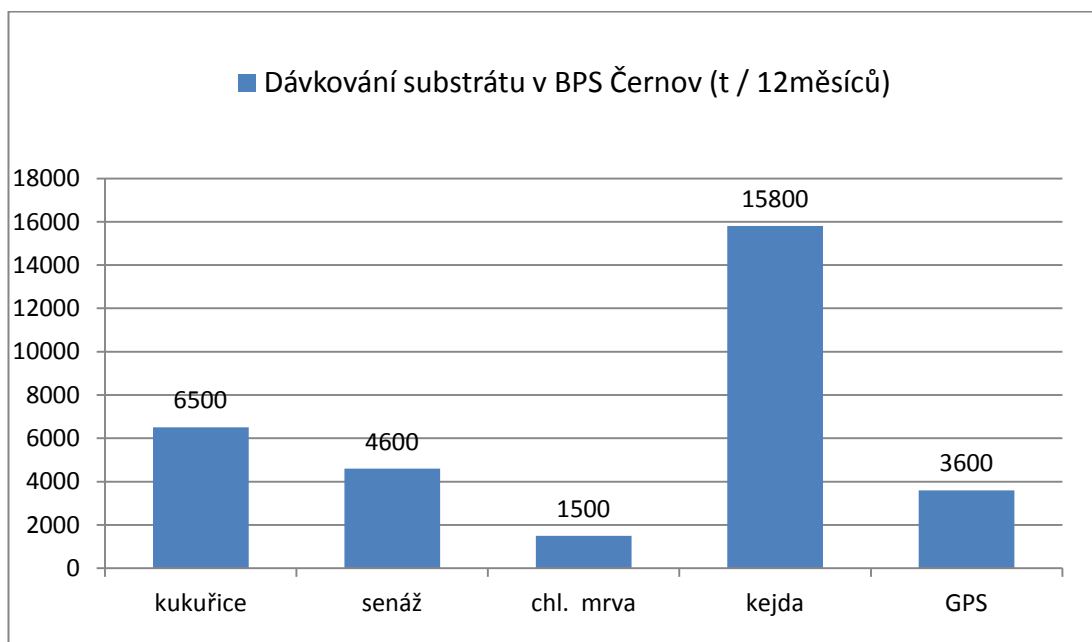


Zdroj: www.johann-hochreiter.cz

VSTUPNÍ SUBSTRÁTY

Bioplynová stanice zpracovává vedlejší produkty ze živočišné výroby, tedy kejdu skotu, hnůj, nezkrmené a nezkrmitelné zbytky krmiva, travní senáže a jako doplněk v množství 20 procent kukuřičnou siláž. Kejda jde podzemním potrubím přímo z kravínů do vnitřního kruhu fermentoru, kde dochází k homogenizaci surovin. K naředění substrátu je cisternami navážena škrobárenská voda.

Obr. 32 Skladba substrátu v BPS Černov



6. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

6.1 Využití substrátů v BPS Dubné (Žabovřesky)

Výroba bioplynu v BPS Dubné je postavena na kukuřičné siláži a kejdě. Kukuřice je v zemědělské společnosti pěstována na ploše 700 ha, která zabezpečí výkon stanice i výživu dojného skotu. Čirok byl z osevních plánů vyrazen pro nízký obsah dosahované sušiny a pro neschopnost v daných podmínkách dozrát. Nadále se počítá s částečným zařazením hybridního ozimého žita, sklizeného formou GPS. V loňském roce bylo vyseto na 50ha. Výnosy se pohybovaly na hranici 40t na hektar. V podniku se zabývají i obnovami luk. Slamnatý hnůj z odchoven mladého dobytka je rozvážen částečně do zakládky BPS. Z hlediska udržení půdní úrodnosti je hnůj na podzim rozvážen na pole s následným zaoráním.

Jednotlivá množství používaného substrátu jsou uvedena v tabulce za jednotlivé měsíce pro rok 2013. Tyto hodnoty jsou následně zpracovány procentuálně v následujícím grafu.

Obr. 33 Využití substrátů v BPS Dubné (Žabovřesky) za rok 2013

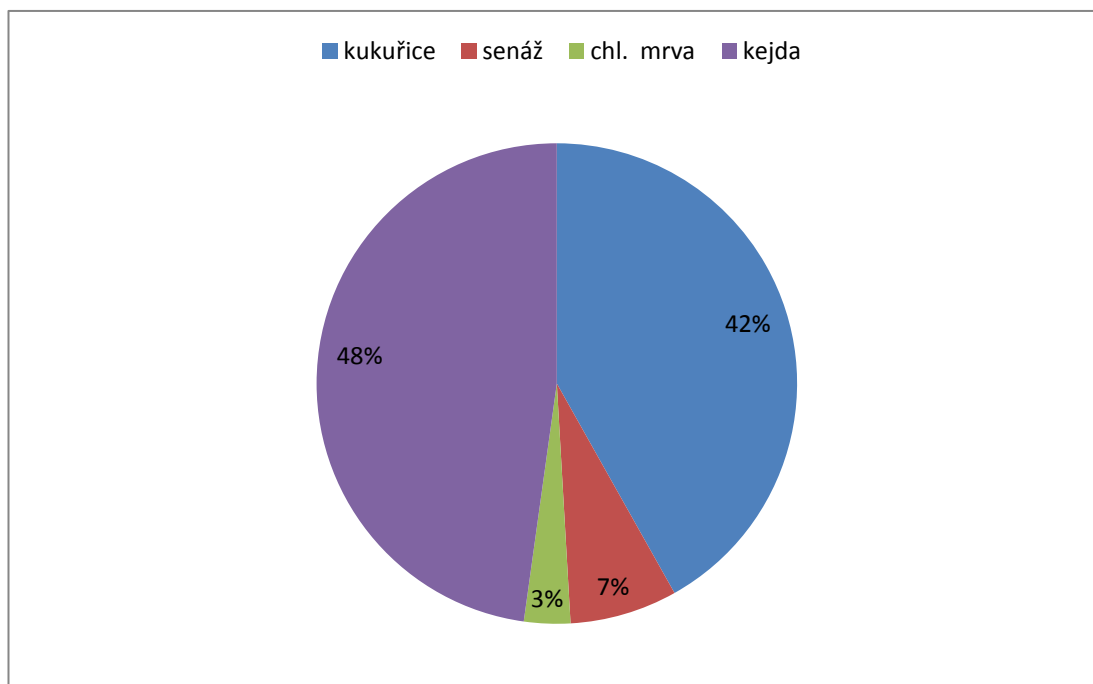
	kukuřice	senáž	chl.mrva	kejda	digestát	výroba kWh
leden	1014,05	89,985	82,71	466		739,26
únor	768,81	164,07	73,44	685	463	667,686
březen	811,91	162,19	83,655	954	1921	734,055
duben	760,675	172,275	92,94	1014	1578	718,863
květen	829,46	121,425	62,21	1015	1168	741,689
červen	713,405	150,26	47,81	1125	3873	652,277
červenec	654,595	136,05	20,38	949	3257	390,37
srpen	783,965	183,4	0	1162	757	665,611
září	769,265	171,34	3,81	784	645	718,281
říjen	842,48	115,975	85,88	818	2680	734,062
listopad	857,379	43,535	86,195	1168	5245	692,057
prosinec	739,292	140,596	71,379	762	143	735,072
Celkem	9545,286	1651,101	710,409	10902	21 730 t	8189,3 MWh

V roce 2013 bylo v BPS Dubné (Žabovřesky) využito **21 730 t** rostlinné a živočišné biomasy. Průměrná teplota ve fermentorech 41°C. Vyrobeno bylo 8 189 MWh elektrické energie, do sítě E-on dodáno 7 202 MWh.

Výroba elektrické energie za 365 dnů (8 760h).....BPS Dubné.....výkon 998kWh
8 760 x 998 = 8 742 480 kWh = 8 742 MWh.....100%..... předpokládaná výroba

Výroba skutečná 8 189 MWh..... 94%

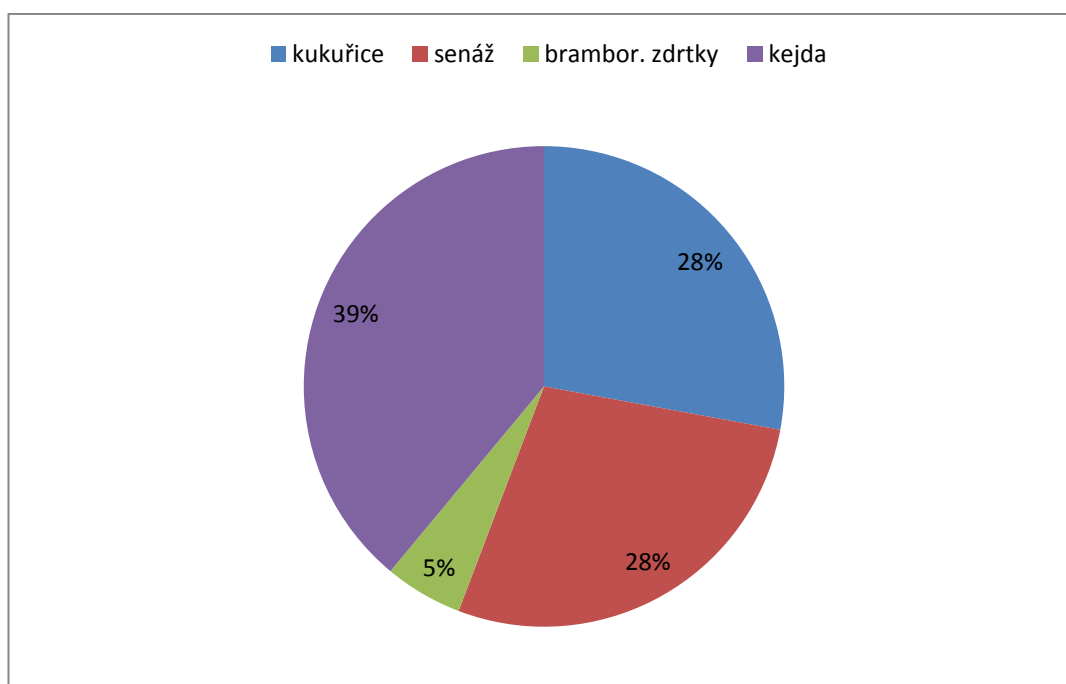
Obr.34 Procentuální podíl substrátu v BPS Dubné za rok 2013



6.2 Využití substrátů v BPS Kunžak

Jednotlivá množství používaného substrátu a výroba elektrické energie jsou uvedeny v tabulce za jednotlivé měsíce pro rok 2014 na následující straně. Tyto hodnoty jsou zpracovány procentuálně v následujícím grafu.

Obr.35 Procentuální podíl substrátu v BPS Kunžak za rok 2014



Obr. 36 Využití substrátů a výroba energií v BPS Kunžak



	výkon					Bioplyn		Fermentor					
	provozní hod. kVET	výkon proud do sítě	výkon proud ze sítě	výkon kVET	proud zelený bonus	Spotřeba plynu	volná plocha	množství v dávkovači denní množství HF	množství tepla Hlavní fermentor	Průměrná teplota v Hlavním fermentoru	Volná plocha	Průměrná teplota v Dofermentoru	Volná plocha
	h : min	h : min	kWh	kWh	kWh	m ³	Ein.	t	MWh	°C	Ein.	°C	Ein.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Leden	730:23	0	0	441520	0,0	216171,0	--	1264,2	82,0	40,4	--	40,4	--
Únor	663:53	0	0	366610	0,0	184618,0	--	1119,6	75,6	40,6	--	40,7	--
Březen	735:41	0	0	438350	0,0	210996,0	--	1147,6	66,7	40,3	--	40,8	--
Duben	716:50	0	0	430530	0,0	209172,0	--	1103,4	31,9	40,4	--	41,1	--
Květen	736:42	0	0	421200	0,0	206946,0	--	1195,7	41,7	40,4	--	41,2	--
Červen	710:03	0	0	425300	0,0	214456,0	--	1147,9	4,0	40,7	--	41,6	--
Červenec	738:05	0	0	442450	0,0	227854,0	--	1243,1	4,8	41,0	--	41,1	--
Srpen	737:46	0	0	438790	0,0	223090,0	--	1373,0	9,8	40,4	--	41,3	--
Září	666:32	0	0	388490	0,0	196999,0	--	1213,8	14,7	40,2	--	40,8	--
Říjen	698:25	0	0	407130	0,0	202558,0	--	1133,1	29,7	40,2	--	40,0	--
Listopad	493:21	0	0	262460	0,0	129210,0	--	851,3	43,8	39,6	--	39,2	--
Prosinec	732:27	0	0	424160	0,0	203991,0	--	1265,7	64,6	40,6	--	39,9	--
součet	8360:14	0	0	4906990	0,0	2426081,0	--	14058,5	469,3	--	--	--	--
průměr	696:41	0	0	408915,8	0,0	202171,8	--	1171,5	39,1	40,4	--	40,7	--
denní minimum	0:00	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0	--	--	--	--	--	31,7	--
dne	31/10/14	01/01/14	01/01/14	31/10/14	01/01/14	05/11/14	--	--	--	--	--	27/03/14	--
denní maximum	24:00	0,0	0,0	15590,0	0,0	7899,0	--	--	--	--	--	41,9	--
dne	02/01/14	01/01/14	01/01/14	27/03/14	01/01/14	04/01/14	--	--	--	--	--	15/06/14	--

V roce 2014 bylo v BPS Kunžak využito **14 058 t** rostlinné a živočišné biomasy. Průměrná teplota ve fermentoru byla 40,4 °C. Vyrobeno bylo 4 906 MWh elektrické energie.

Výroba elektrické energie za 365 dnů (8 760h).....BPS Kunžak....výkon 600kWh

8 760 x 600 = 5 256 000 kWh = 5 256 MWh.....100%..... předpokládaná výroba

Výroba skutečná 4 906 MWh..... 93%

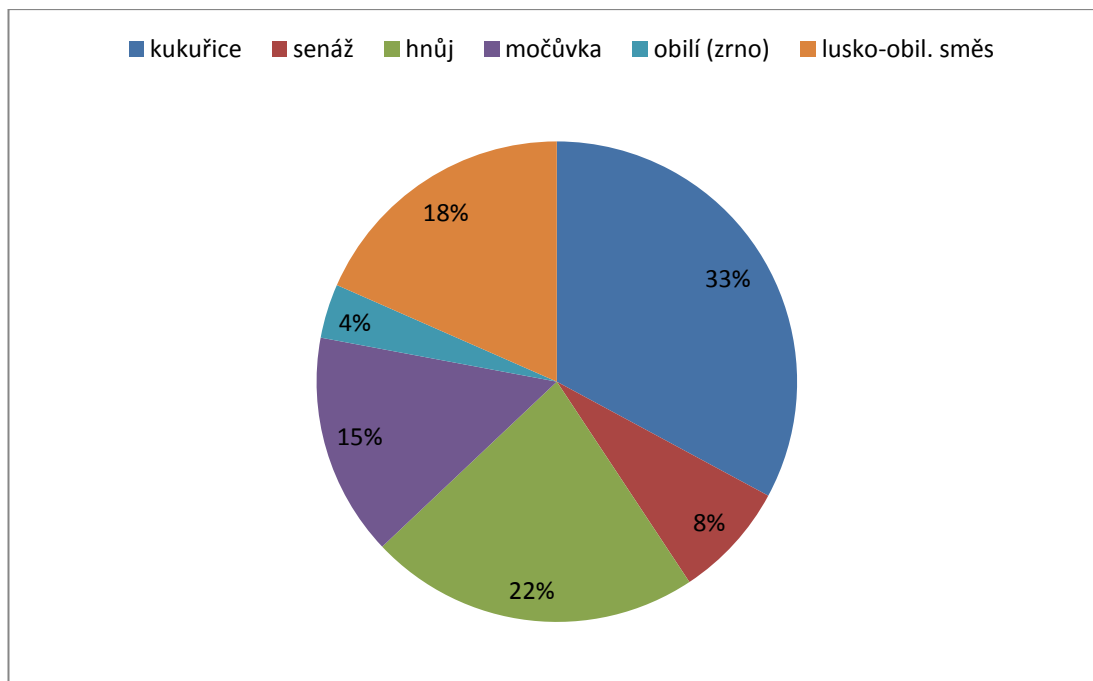
6.3 Využití substrátů v BPS Olešník

Jednotlivá množství používaného substrátu jsou uvedena v tabulce za jednotlivé měsíce pro rok 2014. Tyto hodnoty jsou následně zpracovány procentuálně v následujícím grafu.

Obr. 37 Využití substrátů v BPS Olešník

	kukuřice	Senáž	hnůj	močůvka	obilí	LOS
leden	841		315	190		100
únor	642		220	160	38	110
březen	637	26	306	186	93	48
duben	470	240	330	190	50	
květen	223	350	350	160	84	100
červen	350	41	420	160	63	440
červenec	104		420	200	81	969
srpen	199		88	300	73	923
září	818	41	307	150	27	
říjen	640	335	307	250	32	
listopad	483	123	327	260	30	346
prosinec	627	134	279	265	30	
Celkem	5420	1290	3670	2471	602	3036

Obr.38 Procentuální podíl substrátu v BPS Olešník za rok 2014



Obr. 39 Výroba elektrické energie v BPS Olešník za rok 2014

měsíc	výroba celkem	vlastní areál	Prodej elektř.	Výkon za měsíc	
	MWh	spotřeba v %	MWh	v %	Tržba v tis.
leden	473,58	8,4	472,38	740	1840
únor	454,57	7,7	454,75	671	1780
březen	494,32	8,1	474,48	736	1927
duben	478,16	8,6	443,04	716	1855
květen	350,00	8,3	320,89	743	1362
červen	469,37	8,3	430,32	697	1825
červenec	490,86	8,1	450,89	456	1913
srpen	448,61	8,0	412,47	713	1751
září	430,25	8,6	392,87	719	1667
říjen	490,34	8,2	450,05	737	1909
listopad	482,90	7,8	444,92	712	1888
prosinec	453,11	7,4	419,37	740	1779
celkem	5516,07	8,1	5066,5	8380	21 496

V roce 2014 bylo v BPS Olešník využito **16 500 t** rostlinné a živočišné biomasy. Průměrná teplota ve fermentorech 41°C. Vyrobeno bylo 5 516 MWh elektrické energie, do sítě E-on dodáno 5 066 MWh.

Výroba elektrické energie za 365 dnů (8 760h).....BPS Olešník..... 703kWh

8 760 x 703 = 6 158 280 kWh = 6 158 MWh.....100%..... předpokládaná výroba

Výroba skutečná 5 516 MWh.....90%

6.4 Využití substrátů v BPS Chabičovice

Úsporným opatřením podniku se po kalkulaci staly 3. seče trav pro produkci bioplynu v BPS, oproti původnímu mulčování nebo svozu na polní hnojiště. Výnos kukuřice v roce 2013 byl 38t/ha a výnos senáže ve třech sečích v průměru 5,3t/ha v každé seči. Do budoucna hledí s výhledem ponížít podíl kukuřice a dále se věnovat zpracování TTP s ohledem na půdně - klimatickou oblast vyšších poloh Českokrumlovská. BPS zpracovává i objemná krmiva od jiných subjektů, která jsou jinak nevhodná pro využití v živočišné výrobě.

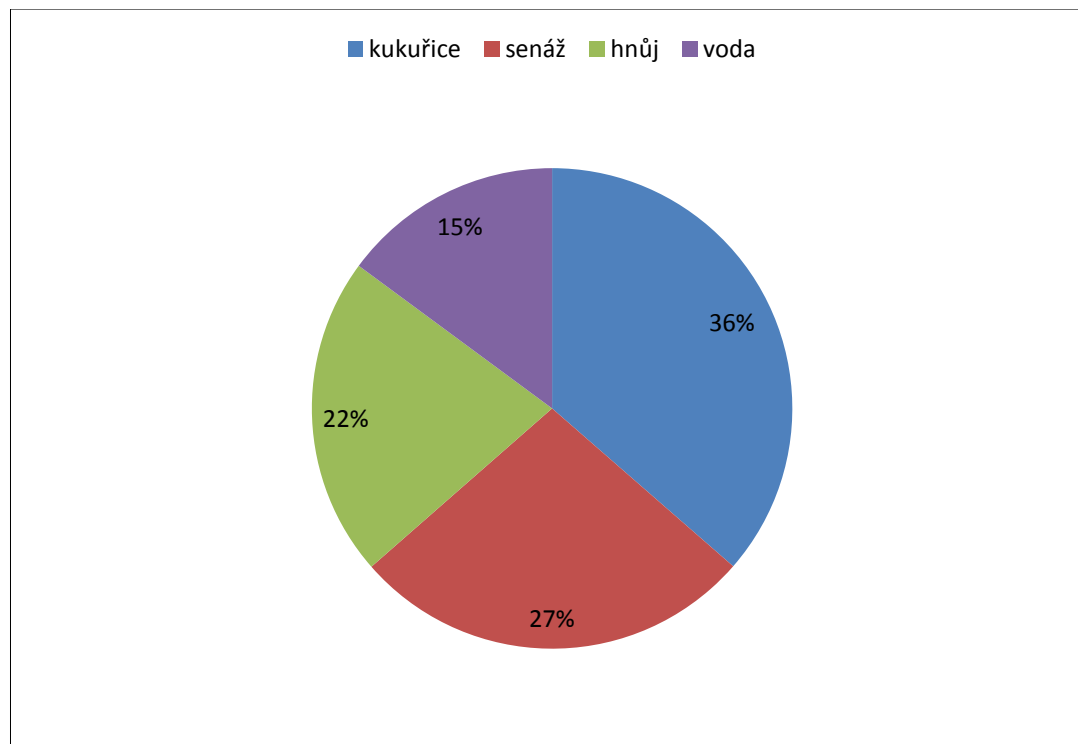
Jednotlivá množství používaného substrátu jsou uvedena v tabulce za jednotlivé měsíce pro rok 2013. Tyto hodnoty jsou následně zpracovány procentuálně v následujícím grafu.

Obr. 40 Výroba elektrické energie a dávkování substrátu v BPS Chabičovice (za rok 2013)

datum/ čas		provozní hodiny	prodej eon 2.8.0	nákup eon 1.8.2	LTO	voda	kuk	senáž	hnůj
1.1.2013,9:00		63370	15084899						
31.1.2013,9:00		66326	15768980			8	29	17	16
1/13	31	2956	684085		7097	254	889	528	497
1.2.2013,9:00		66326	15084899						
1.3.2013,9:00		69008	15768980			11	30	15	18
2/13	28	2682	622432		8114	318	844	428	491
1.3.2013,9:00		69008	15768980						
1.4.2013,9:00		71936	16437004			14	31	15	14
3/13	31	2928	668024		9443	436	958	452	440
1.4.2013,9:00		71936	16437004						
1.5.2013,9:00		74798	17101955			7	27	15	15
4/13	30	2862	664951		10489	212	812	454	456
1.5.2013,9:00		74798	17101955						
1.6.2013,9:00		77765	17794143			12	27	20	17
5/13	31	2967	692188		11074	384	825	608	533
1.6.2013,9:00		77765	17794143						
1.7.2013,9:00		80638	18465690			17	21	27	16
6/13	30	2873	671547		7234	524	644	813	486
1.7.2013,9:00		80638	18465690						
1.8.2013,9:00		83596	19156114			18	21	28	14
7/13	31	2958	690424		10595	558	638	863	437
1.8.2013,9:00		83596	19144338						
1.9.2013,9:00		86494	19822986			14	19	29	16
8/13	31	2898	678648		8811	446	581	900	511
1.9.2013,9:00		86494	19822986						
1.10.2013,9:00		89316	20486172			9	24	21	15
9/13	30	2822	663186		9433	272	725	623	457
1.10.2013,9:00		89316	20486172						
1.11.2013,9:00		92267	21181459			6	30	17	16
10/13	31	2951	695287		10674	186	919	528	487

1.11.2013,9:00		92267	21181459						
1.12.2013,9:00		95141	21859524			6	30	17	15
11/13	30	2874	678065		9180	180	902	496	460
1.12.2013,9:00		95141	21859524						
1.1.2014,9:00		98087	22551981			6	30	17	15
12/13	31	2946	692457		10899	186	940	520	478
							27	20	16
	365	34717	8101294		1E+05	3956	9677	7213	5732

Obr.41 Procentuální podíl substrátu v BPS Chabičovice za rok 2013



V roce 2013 bylo v BPS Chabičovice využito **22 620 t** rostlinné a živočišné biomasy. Průměrná teplota ve fermentorech 42°C. Vyrobeno bylo 8 645 MWh elektrické energie, do sítě E-on dodáno 8 101 MWh.

Výroba elektrické energie za 365 dnů (8 760h).....BPS Chabičovice...4 x 250kWh

8 760 x 1000 = 8 760 000 kWh = 8760 MWh.....100%..... předpokládaná výroba

Výroba skutečná 8 645 MWh..... 99%

6.5 Využití substrátu v BPS Černov

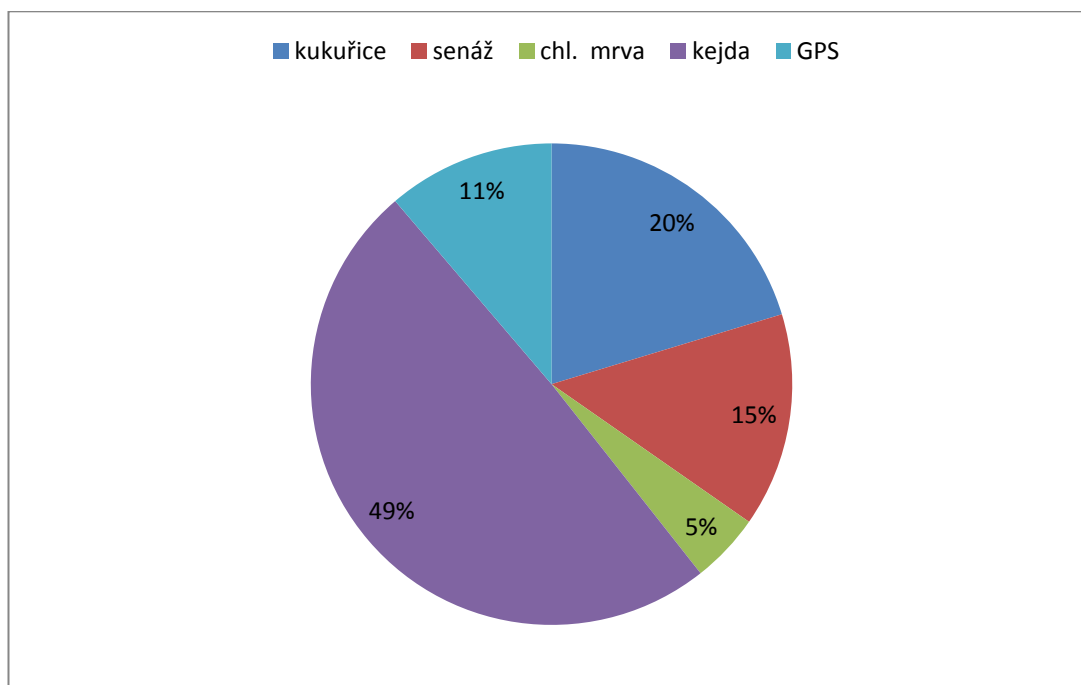
Jednotlivá množství používaného substrátu jsou uvedena v tabulce za jednotlivé měsíce pro rok 2014. Tyto hodnoty jsou následně zpracovány procentuálně v následujícím grafu.

Obr.42 Využití substrátů v BPS Černov

Vstupní suroviny pro BPS	Množství vstupní suroviny (t/rok)
Kukuřičná siláž	6.500
Travní senáž	4.600
Kejda od skotu	15.800
GPS	3.600
Chlévská mrva	1.500
Celkem	32.000

V roce 2014 bylo v BPS Černov využito **32 000 t** rostlinné a živočišné biomasy. Substrát se ve fermentoru zdrží sto dnů oproti povinným šedesáti. Průměrná teplota ve fermentorech 41°C. Vyrobeno bylo 9 360 MWh elektrické energie, do sítě dodáno 8 160 MWh.

Obr.43 Procentuální podíl substrátu v BPS Černov za rok 2014



Výroba elektrické energie za 365 dnů (8 760h).....BPS Černov...1200kWh

8 760 x 1200 = 10 512 MWh.....100%.....předpokládaná výroba

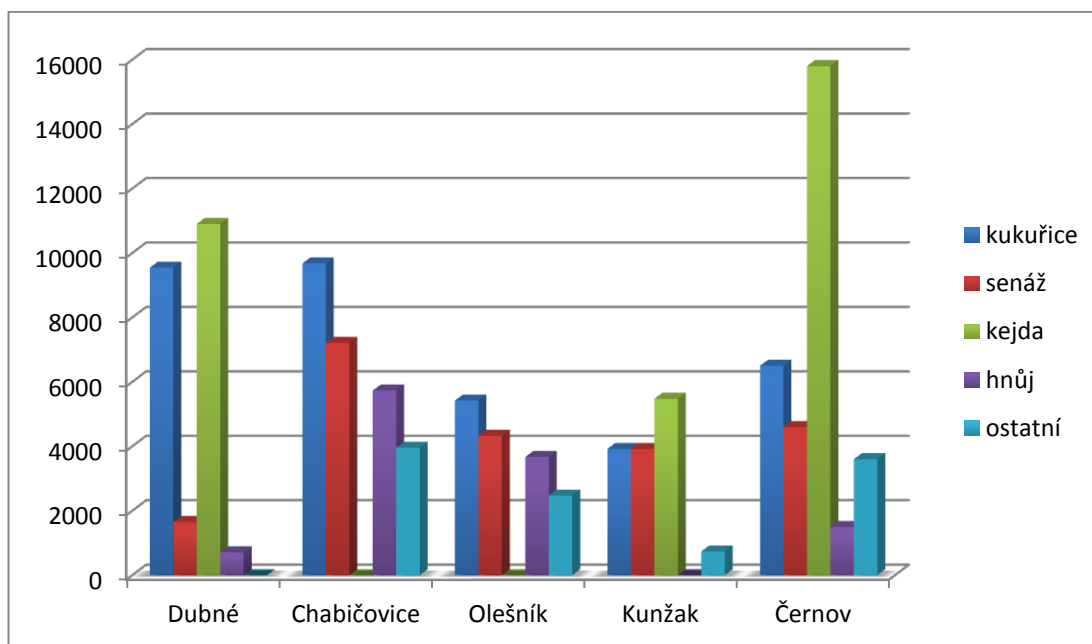
Výroba skutečná 9 360 MWh..... 89%

9. DISKUZE

- Dávkování substrátů v hodnocených zemědělských BPS

Souhrnný přehled (**Obr. 44**) naznačuje, že provozy s vysokou koncentrací zvířat, vyřešily problém kejdového hospodářství. Odpadní materiál byl zbaven zápachu a ekonomicky byl zhodnocen v procesu výroby elektrické energie. BPS Chabičovice a Olešník slamnatý hnůj spotřebovávají v procesu výroby bioplynu, ale potvrzují částečné využití i k přímé aplikaci na pole, v souladu s literaturou (KAJAN, 2005). Kukuřice má nejvyšší výnosový potenciál, jak uvedl v přehledu ZIMOLKA (2008). To potvrzuje vysoký podíl zastoupení kukuřičných siláží ve všech sledovaných provozech. Faktory, které z této plodiny dělají těžko zastupitelný substrát jsou vysoká produkce biomasy spolu s lepší anaerobní rozložitelností. Travní senáže v různém poměru budou vždy uplatňovány. Především ve vyšších polohách a chladnějším klimatu bude objem využití vyšší (BPS Černov, BPS Chabičovice). Ostatní substráty byly dávkovány okrajově a jejich vyhodnocení z hlediska vlivu na hodnocené bioplynové stanice je složité.

Obr.44 Roční přehled dávkování substrátů na sledovaných zemědělských BPS (v tunách)



- Procentuální vyjádření podílů jednotlivých substrátů

V BPS Dubné (Žabovřesky) bylo za rok využito **21 730 t** rostlinné a živočišné biomasy. Do stanice o 998 kWh elektrického výkonu bylo vsazeno 48% kejdy, 42% kukuřičné siláže, 7% travní senáže a 3% chlévské mrvy. V BPS Dubné byl vyhodnocen nejvyšší podíl kukuřičné siláže a zároveň nejnižší podíl travní senáže ze sledovaných provozů.

V BPS Kunžak bylo za rok využito **14 058 t** rostlinné a živočišné biomasy. Do stanice o 600 kWh elektrického výkonu bylo vsazeno 39% kejdy, 28% kukuřičné siláže, 28% travní senáže a 5% zdrtků. V BPS Kunžak se dávkuje kukuřičná a travní siláž stejným poměrem. Jako jediná z hodnocených stanic fermentuje zdrtky, které literatura uvádí jako krmivo o nízkých hodnotách živin.

V BPS Olešník bylo za rok využito **16 500 t** rostlinné a živočišné biomasy. Do stanice o 703 kWh elektrického výkonu bylo vsazeno 22% hnoje, 33% kukuřičné siláže, 8% travní senáže a 15% močůvky, 18% lusko-obilné směsky, 4% obilí. BPS Olešník má ze všech hodnocených provozů nejvyšší různorodost vsádky.

V BPS Chabičovice bylo za rok využito **22 620 t** rostlinné a živočišné biomasy. Do stanice o 4 x 250 kWh elektrického výkonu bylo vsazeno 48% hnoje, 36% kukuřičné siláže, 27% travní senáže a 15% vody a silážních šťáv. V BPS Chabičovice byl zjištěn nejvyšší podíl dávkování slamnatého hnoje a použití vody pro dosažení stanovené sušiny, v souladu s BENDOU a kol. (2012).

V BPS Černov bylo za rok využito **32 000 t** rostlinné a živočišné biomasy. Do stanice o 1 200 kWh elektrického výkonu bylo vsazeno 49% kejdy, 20% kukuřičné siláže, 15% travní senáže, 11% obilné GPS a 5% chlévské mrvy. Nejvyšší podíl kejdy ze všech hodnocených provozů.

- Hodnocení teplot ve fermentoru

Vzhledem k mírnému klimatickému pásmu, ve kterém se nachází Česká republika, vyvstává nutnost ohřevu substrátu. Dosahovaná teplota ve fermentorech hodnocených BPS byla v průměru 41°C. Nejvyšší denní zaznamenaná teplota byla zjištěna ve fermentoru BPS Chabičovice, 45°C. Dle osobního šetření, není teplota ve fermentorech konstantní. Všechny hodnocené BPS pracují v mezofilní teplotní oblasti ve shodě s literaturou (MUŽÍK, KÁRA, 2009)

Provozovatelé stanic potvrzují opatrnost v zimním období ve vztahu k zmrzlému substrátu.

- Výroba elektrické energie (MWh /rok)

Ve sledovaném období byly u jednotlivých stanic naměřeny tyto hodnoty vyrobené elektrické energie.

BPS Dubné (Žabovřesky)	8 189 MWh
BPS Kunžak	4 906 MWh
BPS Olešník	5 516 MWh
BPS Chabičovice	8 645 MWh
BPS Černov	9 360 MWh

Elektrická energie je vykupována za státem garantované ceny, které jsou dány sazebníkem. Pro bioplynové stanice uvedené do provozu do 31.12. 2011 byla stanovena výkupní cena 4,12 Kč / kWh. Dle přehledu je BPS Dubné v provozu od roku 2009. Bioplynové stanice Černov, Chabičovice, Kunžak a Olešník byly vystavěny v roce 2011. Výkupní cena elektrické energie je v pěti hodnocených BPS shodná.

- Procentuální vyhodnocení předpokládané a skutečné výroby elektrické energie

Ekonomická životaschopnost BPS je zpravidla závislá na maximalizaci produkce elektrické energie a doba provozu by pak neměla být nižší než 8 000 hodin ročně. (CZ BIOM, 2007). Rok má 8 760h. Ze základních údajů bylo možné vyhodnotit předpokládanou a skutečnou výrobu elektrické energie.

BPS Chabičovice	8 672 h	.....	99%
BPS Dubné (Žabovřesky)	8 234 h	.....	94%
BPS Kunžak	8 147 h	.....	93%
BPS Olešník	7 884 h	.....	90%
BPS Černov	7 796 h	.....	89%

BPS Chabičovice, Dubné a Kunžak je možno v souladu s literaturou označit jako ekonomicky životaschopná zařízení. Plného výkonu nebylo dosaženo především z hlediska nucených odstávek motoru. Kvalita objemných krmiv a manipulace s nimi je další limitující faktor, co potvrzuje v přehledu DIVIŠ (2014) v podmínkách pro správné využití biomasy v bioplynových stanicích.

8. ZÁVĚR

Cílem práce byla specifikace využívaných vstupních substrátů, které jsou v zemědělských BPS zpracovány v procesu biometanizace až ke konečné výrobě elektrické energie. V diplomové práci bylo nahlédnuto do nepřetržitého provozu stanic s mokrým procesem fermentace za využití popisovaných jednotlivých technologických celků. Na základě terénního šetření byly zjištěné výsledky shrnuty v tabulkách a grafech spolu s hodnocením. Výrobou elektrické energie z bioplynu provozovatel uzavřel cyklus od prvovýroby až po prodej konečného výrobku.

Druhy substrátů dávkovaného do BPS

U sledovaných bioplynových stanic byl potvrzen výrok, že nejvhodnějšími substráty v zemědělských BPS v České republice je kukuřičná siláž a travní senáž. Keřda i hnůj jsou z hlediska pozitivního vlivu na bakterie ve fermentorech obtížně zastupitelné. Nejvyšší podíl kukuřice využívá BPS Dubné, nejnižší stanice v Černově. Používání substrátů odpovídá datům popsáným v literatuře. Substráty, navážené a dávkované do BPS jsou zaznamenány v provozním deníku.

Rozdělení bioplynových technologií

Ve všech sledovaných BPS se jednalo o technologii určenou ke zpracování materiálu ze zemědělské prvovýroby. V souladu s literaturou byly stanice vždy umístěny v areálu zemědělských provozů. Ve všech případech byla zvolená technologie na zpracování tekutých materiálů, avšak s odlišným docílením požadované sušiny. K dávkování substrátu dochází kontinuálně.

Hlavní technologické prvky

Dávkovače biomasy do fermentoru jsou různého typu, dle charakteru vstupní suroviny. Velké technologické odlišnosti jsou výše popsány v typech míchadel biomasy. Doba míchání substrátu a její četnost se od nastudované literatury liší. Ve všech sledovaných BPS dochází k promíchávání substrátu v řádu minut. Časové odstupy jsou různé.

Hodnocení teplot ve fermentoru

Dle záznamů sledovaných BPS jsou všechny v mezofilní teplotní oblasti. Teplota se ve fermentorech hodnocených BPS pohybovala těsně nad hranicí 40°C. Jako energie k ohřátí topné vody k vytápění nádrží se využívá teplo vzniklé při kogeneraci, v souladu s literaturou.

Množství vyrobeného bioplynu

Množství vyrobeného bioplynu se měnilo v závislosti na použité směsi substrátů. Jejich hodnoty nelze porovnat, protože dané kombinace substrátů nebyly mnou v literatuře nalezeny. Dalším faktorem je doba zdržení substrátu ve fermentoru. Delší čas zdržení znamená efektivnější získávání plynu i z horších vstupních surovin, jak uvádí literatura. Zdržení sto dnů bylo dosaženo u všech sledovaných BPS.

Optimální zajištění provozu zemědělských bioplynových stanic znamená soulad v zakládání vhodných substrátů s promyšlenou volbou zvolených technologií. Pak za touto dobrou funkčností stojí práce kvalifikované obsluhy a její každodenní kontroly hlavních sledovaných parametrů stanice, a tj.: teplota, vývoj sulfanu, míchání substrátu, kvalita bioplynu, vyrobená energie kogeneračními jednotkami a výstup v podobně elektrické energie prodávané do sítě. Každodenní vstupy a jiné skutečnosti musí být zaznamenávány v provozním deníku.

Bioplynová stanice v zemědělském podniku plní zásadní úlohu bezodpadového hospodaření a vytváří příjem pro daný zemědělský subjekt. Prvořadý rozvoj v příštích letech bude v oblasti kombinované výroby elektřiny a tepla. Bioplynové stanice mohou být decentralizovaným zdrojem energie a v konečném důsledku se můžou stát energetickou základnou pro rozvoj venkova.

SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ

- 1) BAČÍK, O. (2008): Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-stanovisko>>
- 2) BASAŘOVÁ, G. et al. (2010): *Pivovarství. Teorie a praxe výroby piva*. 1.vydání. Praha: VŠCHT. ISBN 978-80-7080-734-7
- 3) BENDA, V.(2012) *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Praha: Profi press,208s. ISBN 978-808-6726-489
- 4) BIOM.CZ (2012): Nakládání s digestátem, možnost využití jako kvalitní hnojivo. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-digestatem-moznost-vyuziti-jako-kvalitni-hnojivo>>. ISSN: 1801-2655
- 5) BIOM.CZ (2007) : Odborné stanovisko sekce Bioplyn k problematice zápachu z bioplynových stanic. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/odborne-stanovisko-sekce-bioplyn-k-problematice-zapachu-z-bioplynovych-stanic>>. ISSN: 1801-2655
- 6) BIOM.CZ (2012) : Dostatek kvalitních vstupních surovin pro výrobu bioplynu. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dostatek-kvalitnich-vstupnich-surovin-pro-vyrobu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655
- 7) BIOM.CZ (2009): Průvodce výrobou a využitím bioplynu. České sdružení pro biomasu, str. 88-89, ISBN 978-80-903777-5-2
- 8) BIOPLYNCS.CZ http://bioplynecs.cz/popis_anaerobni_technologie
- 9) BRANDEJSOVÁ, E., PŘIBYLA, Z. (2010): Bioplynové stanice (Zásady zřízení a provozu plynového hospodářství, GAS s.r.o., Praha
- 10) ČERMÁKOVÁ, J. (2009): Nové trendy ve využití bioplynu. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, ISBN978-80-214-4027-2
- 11) ČERMÁKOVÁ, J., TENKRÁT, D. (2011): Efektivní zhodnocení bioplynu. *Biom.cz* [online]. [cit.2015-03-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-zhodnoceni-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655
- 12) DIVIŠ, J. (2008): Kukuřičná siláž nosná surovina pro bioplynové stanice, *Výstavba a provoz bioplynových stanic*. Sborník konference. 1.vyd. Třeboň, 75s.
- 13) DIVIŠ, J. (2014): Diverzifikace substrátové skladby pro bioplynové stanice, *Výstavba a provoz bioplynových stanic*. Sborník konference. 1.vyd. Třeboň, 53-54s.

- 14) DOHÁNYOS, M. (2005): Vliv dezintegrace na produkci bioplyn. In: Možnosti zvýšení výroby bioplynu u stávajících zařízení. Sborník referátů z konference v Třeboni, s.41- 51. ISBN 80-04-25663-5
- 15) DOHÁNYOS, M. (2008): Anaerobní reaktor není černou skřínkou - teoretické základy anaerobní fermentace. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>. ISSN: 1801-2655
- 16) DOHÁNYOS, M. (2009): Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>>. ISSN: 1801-2655
- 17) DOLEŽAL, P. (2004): *Výživa zvířat a nauka o krmivech* 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 292 s. ISBN 80-7157-786-3
- 18) DVOŘÁK, P., MARTINÁT, S., KLUSÁČEK, P., HORST, D., NAVRÁTIL, J., KULLA, M., PINNER, W., *Divergentní trendy v zemědělství a v sektoru bioplynových stanic v České republice: příležitost nebo hrozba?*. ISBN 10-1787/c2da1baa-cs
- 19) GERARDI, M. (2003): *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. 1st ed. Hoboken, N.J: John Wiley, ISBN 978-047-1468-967.
- 20) HAVLÍČKOVÁ, K. (2007): *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin: vědecká monografie*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 292 s. ISBN 978-80-7040-948-0
- 21) HEINRICH, J., GEMMEKE, B., RIEGER, Ch., WEILAND, P., : *Biogas-Messprogramm II*, Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, ISBN 978-3-9803927-8-5
- 22) JENÍČEK, P. (2005): Produkce bioplynu z průmyslových odpadních vod. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/produkce-bioplynu-z-prumyslovych-odpadnich-vod>>. ISSN: 1801-2655
- 23) Johann Hochreiter s.r.o., Koncepce bioplynové stanice "kruh v kruhu"
- 24) KAJAN, M. (2005): Bioplyn z odpadů živočišné výroby. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-z-odpadu-zivocisne-vyroby>>. ISSN: 1801-2655
- 25) KAJAN, M., LHOTSKÝ, R. (2008): Možnosti zvýšení výroby bioplynu na stávajících zařízeních [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z www.mpo-efekt.cz/dokument/30.pdf

- 26) KAMM, B., GRUBER, P., KAMM, M., (2006): *Biorefineries - industrial processes and products: status quo and future directions*. Weinheim: Wiley-VCH, 2 v. ISBN 35-273-1027-4
- 27) KÁRA, J., a kol. (2007): *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, ISBN 978-808-6884-288
- 28) KÁRA, J., HUTLA, P., PASTOREK, Z. (2008): *Využití organických odpadů ze zemědělské výroby a venkovských sídel: sběr, třídění a využití organických odpadů : zařízení pro termické zpracování organických odpadů : [metodická příručka MZe ČR*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 84 s. ISBN 978-80-86884-40-0
- 29) KÁRA J., Pastorek, Z., Příbyl, E., a kol. (2007): *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*, VÚZT, Praha, ISBN 978-80-86884-28-8
- 30) KÁRA, J., Pastorek, Z., Příbyl, E., (2007): *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. *Eagri* [online]. [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/file/26952/Vyrobaavyuzitbioplynu.pdf>>
- 31) KÁRA, J., MUŽÍK, O. (2012): *Návrh malotonážního zařízení pro úpravu bioplynu na kvalitu zemního plynu*. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/navrh-malotonazniho-zarizeni-pro-upravu-bioplynu-na-kvalitu-zemniho-plynu>>. ISSN: 1801-2655
- 32) KAŠTÁNEK, F. (2001): *Bioinženýrství*. Vyd. 1. Praha: Academia, 334s., ISBN 80-200-0768-7
- 33) KAZDA, R. (2009): *Projekt bioplynové stanice*. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, 2009, ISBN 978-80-214-4027-2
- 34) KOJETSKÁ, P. (2012): *Krmiva z cukrovarnického průmyslu*. *Mendelu.cz* [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: http://www.mendelu.cz/dok_server/slozka.pl?id=48974;download_pdf=71006
- 35) KOLÁŘ, L., KUŽEL, S.(2000): *Odpadové hospodářství*. 1. Vyd. České Budějovice: JČU, 163 s. ISBN 80-7040-449-3
- 36) LEŠTINA, J. (2008): *Rostlinná produkce a výroba bioplynu, Výstavba a provoz bioplynových stanic*. Sborník konference. 1.vyd. Třeboň, 109 - 112s.
- 37) LHOTSKÝ, R., KAJAN, M. (2008): *Travní biomasa ve vztahu k výrobě bioplynu, Výstavba a provoz bioplynových stanic*. Sborník konference. 1.vyd. Třeboň, 69 -73s.
- 38) MAROUŠEK, J. (2012): *Dezintegrace lignocelulózy pro bioplynové stanice*. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z WWW:

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/produkcni-bioplynu-lze-zvysit-dezintegraci-vstupni-fytomasy>>. ISSN: 1801-2655

- 39) MATA-ALVAREZ J. ET AL. (2003): *Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes*, I. vydání, IWA Publishing, Londýn, 323 s.
- 40) MUŽÍK, O., KÁRA, J. (2009): Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655
- 41) MUŽÍK, O., SLEJŠKA, A. (2003): Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655
- 42) ONDRAČKA, T. (2009): Výpalky jako krmná surovina. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vypalky-ako-krmna-surovina>>. ISSN: 1801-2655
- 43) PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. (2004): *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 286 s. ISBN 80-865-3406-5
- 44) PASTOREK, Z., WOLFF, J. (1992): *Výroba a využití bioplynu v zemědělství, ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství*, Praha, ISSN: 0231-9470
- 45) PETŘÍKOVÁ, V. (2006): *Energetické plodiny*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 127 s., ISBN 80-867-2613-4
- 46) SAJBRT, V., DITL, P. (2009): *Comparison of Stillages Disposal Methods: Case Study for Given Distillery, Biofuels for Energetics*, ČVUT Praha.
- 47) SCHULZ, H. (2004): *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 167 s. ISBN 80-861-6721-6
- 48) STRAKA, F. (2003): *Bioplyn: příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů*. 1. vyd. Říčany: GAS, 517 s. ISBN 80-732-8029-9
- 49) STRAKA, F., DOHÁNYOS, M. (2006) *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha [Říčany u Prahy]: GAS, 706 s. ISBN 80-732-8090-6
- 50) STRAKA, F., DOUCHA, J. (2011) : *Nové možnosti energetického využití bioplynu*. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-moznosti-energetickeho-vyuziti-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655
- 51) STRAŠIL, Z. (2011): *Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi*. Vyd. 1. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, 36 s. ISBN

- 52) TRNAVSKÝ, J. (2013): Možnosti intenzifikace produkce bioplynu. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-bioplyn/odborne-clanky/moznosti-intenzifikace-produkce-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655
- 53) URBAN, J. (2010): Hlavní zásady přípravy výstavby bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/hlavni-zasady-pripravy-vystavby-bioplynove-stanice>>. ISSN: 1801-2655
- 54) VÁŇA, J. (2007): Využití digestátů jako organického hnojiva. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>. ISSN: 1801-2655
- 55) VRÁBLÍKOVÁ, J. (2000): *Úvod do agroenergetiky*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 140 s. ISBN 80-704-4231-X
- 56) VRBOVÁ, V., CIAHOTNÝ, K., VAGENKNECHTOVÁ, A. (2003): ÚPRAVA BIOPLYNU NA BIOMETHAN. *PALIVA* s. 131 – 136
- 57) WEILAND, P. (2001): Grundlagen der Methangärung – Biologie und Substrate; VDI-Berichte, Nr. 1620, „Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven“; s. 19–32; VDI-Verlag
- 58) ZÁBRANSKÁ, J. (2010): Intenzifikace výroby bioplynu z rostlinných materiálů. *Biom.cz* [online]. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/intenzifikace-vyroby-bioplynu-z-rostlinnych-materialu> , ISSN: 1801-2655
- 59) ZIMOLKA, J. (2008): *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1
- 60) ŽÍDEK, M. (2003): Alternativní využití bioplynu. *Energie z biomasy seminář*, s.133-136
- 61) ŽÍDEK, M. (2004) *Energie z biomasy III, VŠB – Výzkumné energetické centrum Brno*
- 62) <http://www.vpagro.cz/userfiles/file/bioplyn2010.pdf>
- 63) <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/casto-kladene-otazky/gaec-2/gaec-2.html>
- 64) <http://zemedelec.cz/fytoenergeticky-vyznam-cukrove-repy/>
- 65) <http://www.agris.cz/clanek/174264>

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr.1 Teplotní rozdělení typů mikroorganismů
- Obr.2 Schéma moderní bioplynové stanice
- Obr.3 Blokové schéma technologie mokré fermentace
- Obr. 4 Rychloběžné míchadlo
- Obr. 5 Stěnové vytápění
- Obr. 6 Dvoumembránový Plynojem Sattler u bioplynové stanice v Třeboni
- Obr. 7 Vývoj instalovaného výkonu a počtu BPS v ČR v období 2002-2013
- Obr. 8 Zjednodušené schéma anaerobní fermentace
- Obr. 9 Obecné parametry a složení biop
- Obr.10 Trigenerační jednotka
- Obr. 11 Technologie přeměny biomasy
- Obr. 12 Schématické znázornění struktury rostlinné buněčné stěny
- Obr. 13 Produkce bioplynu pro vybrané substráty
- Obr.14 Energetický potenciál vybraných odpadních vod
- Obr. 15 Rostlinná výroba v ZS Dubné
- Obr. 16 Vkladače substrátu do fermentoru
- Obr. 17 Výdejní místo digestátu
- Obr. 18 Silážní žlaby
- Obr. 19 Skladba substrátu v BPS Dubné (Žabovřesky)
- Obr. 20 Rostlinná výroba v ZD Kunžak
- Obr.21 Externě uložený plynojem
- Obr.22 Suška řeziva
- Obr. 23 Skladba substrátu v BPS Kunžak
- Obr. 24 Směšovací zásobník
- Obr. 25 Kukuřičná siláž a travní senáž jsou dávkovány do **zásobníku** za pomoci promíchání a nakládání čelním nakladačem.
- Obr. 26 Skladba substrátu v BPS Olešník
- Obr. 27 Dávkovač biomasy
- Obr. 28 Míchadlo
- Obr. 29 Skladba substrátu v BPS Chabičovice
- Obr. 30 Koncový sklad digestátu
- Obr.31 Zemědělská BPS Černov
- Obr. 32 Skladba substrátu v BPS Černov
- Obr. 33 Využití substrátů v BPS Dubné (Žabovřesky)
- Obr.34 Procentuální podíl substrátu v BPS Dubné za 12 měsíců
- Obr.35 Procentuální podíl substrátu v BPS Kunžak za 12 měsíců
- Obr. 36 Využití substrátů v BPS Kunžak
- Obr. 37 Využití substrátů v BPS Olešník
- Obr.38 Procentuální podíl substrátu v BPS Olešník za 12 měsíců
- Obr. 39 Výroba elektrické energie v BPS Olešník
- Obr. 40 Výroba elektrické energie a dávkování substrátu v BPS Chabičovice
- Obr.41 Procentuální podíl substrátu v BPS Chabičovice za 12 měsíců
- Obr.42 Využití substrátů v BPS Černov
- Obr.43 Procentuální podíl substrátu v BPS Černov za 12 měsíců
- Obr.44 Roční přehled dávkování substrátů na sledovaných zemědělských BPS (v t)

PŘÍLOHY

ZS Dubné

Ing. Jiří Spěvák, hl. agronom v areálu BPS Žabovřesky



Zdroj: vlastní

BPS Kunžak

Zdeněk Zámečník, předseda ZD Kunžak

- u podzemní jímky na denní zakládku substrátu.



Zdroj: vlastní

Luděk Žák, předseda ZOD Olešník

- pro denní příjem 28 tun slamaté mrvy slouží tzv. vertikální mixér o objemu 80 m³ se třemi rotačními noži uvnitř



Zdroj: vlastní

BPS Černov

- zpracovávající místní zemědělské vstupy, cca 32.000 t /rok, p.Křížek ml.



Zdroj: vlastní

BPS Chabičovice

Ing. Josef Opekar, jednatel společnosti Zemos Zubčice



Zdroj: vlastní