

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Trvale využitelné systémy hospodaření v krajině
Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Produkce a využití bioplynu v jižních Čechách

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

Autor: Lenka Kalinová

České Budějovice, březen 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou 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 bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypouštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 2. 4. 2012

.....

Poděkování

Touto cestou bych velice ráda poděkovala prof. Ing. Janu Moudrému, CSc. za příkladné vedení mé bakalářské práce, také za poskytnutí velkého množství cenných informací, za poskytnutí odborné literatury a rad.

Abstrakt:

„Produkce a využití bioplynu v jižních Čechách“

Bakalářská práce se zabývá především porovnáním produkce bioplynu v jednotlivých bioplynových stanicích v Jihočeském kraji. Dále zde popisuje základní charakteristiky jako je rok zprovoznění, instalovaný elektrický výkon, instalovaný tepelný výkon, vstupní materiál a použité technologie.

Na základě těchto poznatků lze posoudit, že jednotlivé bioplynové stanice nemají pozitivní vliv pouze na využití produkce bioplynu pro energetické účely, ale též na životní prostředí, degradaci odpadů, snížení rizika znečištění a získání hnojiva.

Klíčová slova: bioplynová stanice, bioplyn, biomasa, obnovitelné zdroje energie, vstupní materiál, anaerobní fermentace, digestát

Abstract:

"Production and utilization of biogas in South Bohemia"

The bachelor's thesis deals in particular with comparison of biogas production in individual biogas stations in the South Bohemian Region. In addition, the thesis describes fundamental parameters such as year of commissioning, installed electric output, installed thermal output, input material and employed technologies.

Based on the foregoing information, it is possible to conclude that the individual biogas stations have a positive impact not only on the utilization of the produced biogas for energy purposes but also on the environment, waste degradation, reduction of the risk of contamination and acquisition of high-quality fertilizer.

Key words: biogas station, biogas, biomass, renewable resources, energy, input material, anaerobic fermentation, digestate

OBSAH

1. Úvod	6
2. Literární přehled	8
2.1 Biomasa	8
2.1.1 Rozdělení biomasy podle obsahu vody	9
2.1.2 Energetické využití	10
2.2 Bioplyn	11
2.2.1 Definice, vlastnosti	12
2.2.2 Vznik, způsob výroby	12
2.2.3 Podmínky prostředí	15
2.2.4 Využití bioplynu	18
2.3 Bioplynové stanice	21
2.3.1 Zemědělské BPS	23
2.3.2 Čistírenské BPS	28
2.3.3 Ostatní BPS	28
3. Cíl práce	30
4. Materiál a metody	31
4.1 Metoda zjištění záměrů realizace BPS	31
4.2 Metoda zjištění vstupů a jejich využití	31
4.3 Analýza a vyhodnocení dat	31
5. Výsledky	32
6. Diskuse	41
7. Závěr	43
8. Seznam literatury	47
9. Přílohy	53

1. Úvod

V současné době se jako jeden z nejperspektivnějších energetických zdrojů pro výrobu tepla i elektřiny jeví tzv. obnovitelné zdroje energie (dále jen „OZE“), kam obecně řadíme obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, mezi které patří energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu [1].

Podpora využití obnovitelných zdrojů energie s cílem přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti je v České republice, stejně jako v dalších zemích Evropské unie, jedním z hlavních požadavků politiky trvale udržitelného rozvoje [1].

S přijetím ČR do EU se Česká republika začlenila do systému společné zemědělské politiky, a tím se také zavázala k naplňování zásad ochrany ovzduší, ochrany životního prostředí a rozvoje využívání obnovitelných zdrojů energií. Mezi hlavní dokumenty této problematiky patří především Kjótský protokol k rámcové úmluvě OSN z roku 1997, který stanoví snížení emisí oxidu uhličitého do roku 2012 o 5,2% a pro evropské země, včetně ČR, o 8%. Dále je to Bílá kniha z roku 2000, která stanoví jako indikační cíl pro rok 2010 zajistit 12% podílu obnovitelných zdrojů energie na celkovém trhu s energií. Mezi tyto technologie bezesporu patří i výroba energie v bioplynových stanicích. [2], [3]

OZE tak představují obrovský potenciál pro zvýšení objemu prostředků, obíhajících v lokálních ekonomikách, a to především na úrovni obcí. Investice místní samosprávy do výstavby výtopny nebo bioplynové stanice s kogenerační jednotkou může zajistit nejen významné snížení výdajů na elektrickou energii, ale v případě dostatečného instalovaného elektrického výkonu dokonce i soběstačnost. Navíc je tento způsob rozvoje regionů podporován také různými fondy Evropské unie (zejména se jedná o fond PHARE, SAPARD nebo THERMIE). [4]

Provozovatelé bioplynových stanic navíc mohou při prodeji vyrobené elektrické energie využít režim takzvaných zelených bonusů, které stanovuje Energetický regulační úřad pro každý druh obnovitelného zdroje energie. Výkupní ceny v České republice jsou srovnatelné s ostatními státy Evropské

unie – v současnosti činí 3,55 až 4,12 Kč/kWh a navíc se zelenými bonusy v rozsahu 2,58 až 3,15 Kč/kWh. [5]

Výroba energie z OZE v celostátním měřítku navíc přispívá k bezpečnosti dodávek tím, že zvyšuje podíl energií vyráběných využitím tuzemské zdrojové základny, což vede k diverzifikaci palivové skladby a zároveň snižuje podíl energie a import energetických zdrojů z politicky nestabilních regionů. [4]

V této práci se budu zabývat produkcí a využitím bioplynu v jižních Čechách.

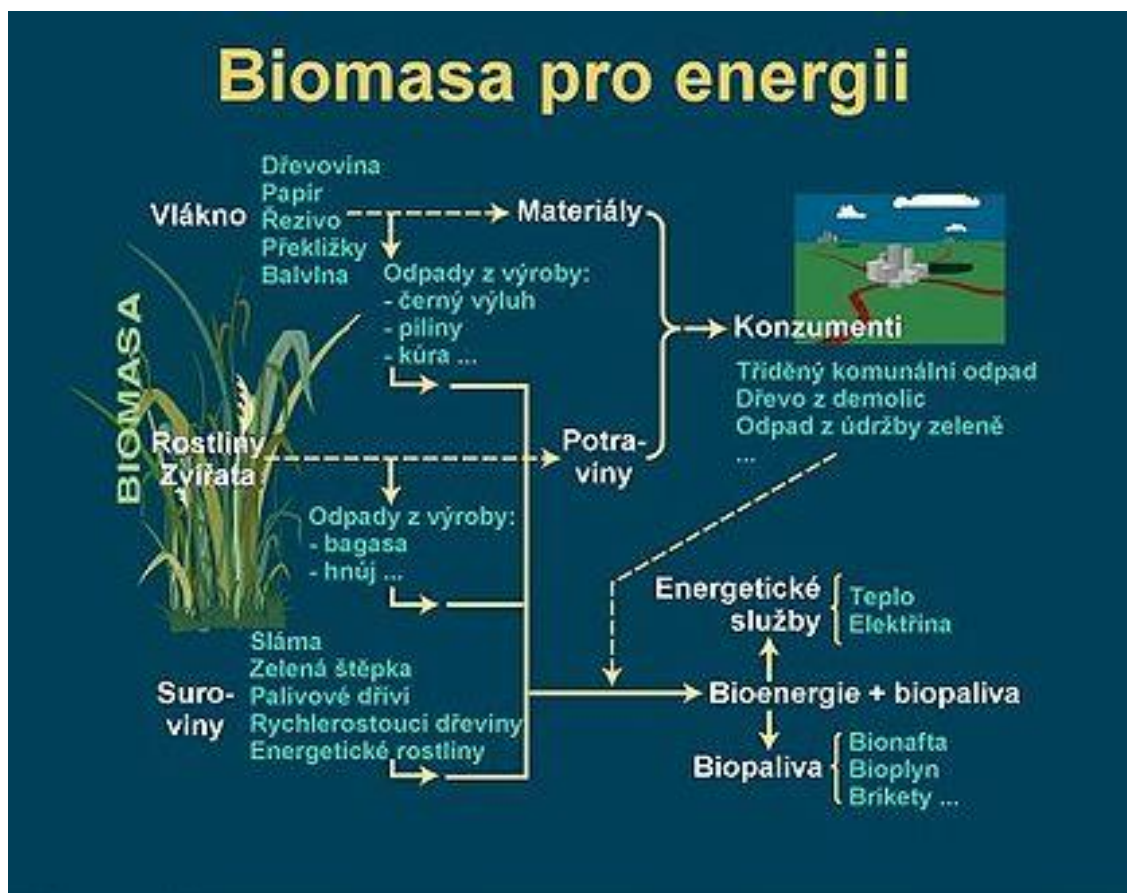
2. Literární přehled

2.1 Biomasa

Biomasa je hmota organického původu, ať už rostlinného, či živočišného. [6] Biomasa hraje ve struktuře užití OZE v ČR dominantní roli – tvoří cca 65%. Biomasa je užívána především v podobě palivového dříví, dřeva z odpadu z pil, papírenského průmyslu a průmyslu zpracování dřeva. Dále se pak využívají ostatní formy, především takzvané zbytkové biomasy jako jsou sláma, fytomasa jednoletých a víceletých energetických bylin a biomasa živočišného původu (exkrementy užitkových zvířat) viz. přehled na obrázku č. 1. [7], [8]

Výhodou biomasy je, že slouží jako akumulátor energie a lze ji poměrně jednoduše a dlouhodobě skladovat. Naopak nevýhodou je nízká účinnost přeměny slunečního záření na energii. Z hektaru pole získáme hmotu s energetickým obsahem 40 až 90 MWh, podle typu plodiny. To je méně než 1 % slunečního záření, které na tuto plochu za rok dopadne. Při zpracování biomasy a konečném spalování získaného paliva vznikají další ztráty. [9]

Obrázek č.1: Biomasa pro energii [10]



2.1.1 Rozdělení biomasy dle obsahu vody

Suchá – zejména dřevo a dřevní odpady, sláma a další suché zbytky z pěstování zemědělských plodin. Lze ji spalovat přímo, případně po dosušení.

Mokrá - zejména tekuté odpady, jako kejda a další odpady ze živočišné výroby a tekuté komunální odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích.

Speciální biomasa - olejniny, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získání energetických látek - zejména bionafty nebo lihu.

[11]

2.1.2 Energetické využití

Tabulka č. 1: Energetické využití biomasy [10]

Skupina	Technologie	Produkty	Výstupy
	Spalování		Teplo, elektřina
Chemické přeměny	Zplyňování	Olej, plyn, dehet, metan, čpavek, metanol	Elektřina, teplo, pohon vozidel
	Rychlá pyrolýza		
Chemické přeměny ve vodním prostředí	Zkapalňování	Olej	
	Esterifikace	Metylester řepkového oleje (MEŘO)-bionafta	Pohon vozidel
Biologické procesy	Anaerobní digestace	Bioplyn metan	Elektřina, teplo, pohon vozidel
	Alkoholové kvašení	Etanol	Pohon vozidel
	Kompostování		Teplo (z chlazení kompostu)

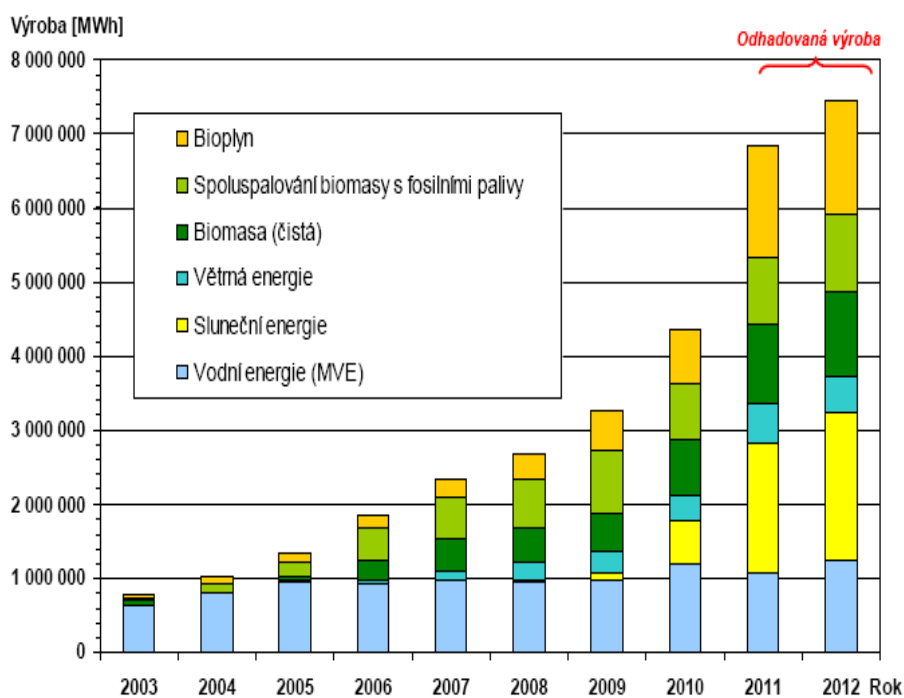
Biomasa bude v převážné míře využívána k výrobě tepla v domácnostech a postupně vytěsňovat hnědé uhlí. Pro tento účel je nezbytně nutné aktualizovat podrobnou analýzu využitelného potenciálu jednotlivých druhů biomasy. V této oblasti předpokládáme rozvoj bioplynových stanic, které budou využívat odpad nejen ze zemědělské produkce, ale i z účelově pěstované a zbytkové biomasy. [12]

2.2 Bioplyn

Bioplyn patří mezi obnovitelné zdroje energie se širokými možnostmi využití. Ještě v roce 2008 nebylo využití energetického potenciálu bioplynu na uspokojivé úrovni, což přehledně dokládají údaje z následujícího grafu č. 1, kde je názorně vidět, jak stoupala primární výroba energie z OZE v ČR. [13]

Graf č.1: Podporované OZE v ČR [13]

Vývoj výroby elektřiny z podporovaných OZE v ČR



Zdroj: Statistika ERÚ a PDS

2.2.1 Definice, vlastnosti

Termín bioplyn je v technické praxi používán pro plyný produkt anaerobní fermentace organických materiálů. [14] Bioplyn se skládá především z metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). Obsah metanu se pohybuje mezi 50 a 75%. [15] V menší míře také obsahuje některé další složky organického či anorganického charakteru viz. tabulka č. 2. Složení bioplynu závisí jak na způsobu výroby bioplynu, tak na složení výchozího substrátu. [16]

Tabulka č. 2: Složení bioplynu [17], [18]

Složka	Obsah (%)
Metan CH_4	50-70
Oxid uhličitý CO_2	25-48
Dusík	1-3
Vodík H_2	0-3
Amoniak	stopy
Sulfan H_2S	0,1-1

Pro energetickou využitelnost je v bioplynu nejvýznamnější obsah metanu, jehož množství může kolísat podle druhu výchozích surovin. Méně významný je pak obsah vodíku, kterého bývá velmi nízké množství.

Po technologické stránce je v bioplynu problematický obsah sulfanu a amoniaku, které již při svém vzniku působí nejen jako bakteriální jedy a mohou tedy snižovat účinnost anaerobních bakterií, ale svou reaktivitou mohou způsobovat též korozi strojních zařízení. [14], [16]

2.2.2 Vznik, způsob výroby

Biologický rozklad organických látek v anaerobních podmínkách je proces, pro který je v praxi používáno více synonymálních označení, jako je např. metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace nebo biochemická konverze organické látky (dále jen „anaerobní fermentace“). Tento proces probíhá v přírodě za určitých podmínek samovolně, nebo je vyvolán záměrně pomocí biotechnických zařízení.

Výsledkem anaerobní fermentace je vždy směs plynů a fermentovaný zbytek organické látky. [14], [16], [19]

Aby proces anaerobní fermentace probíhal správně, je třeba zajistit vhodné životní podmínky pro činnost mikroorganismů, jimiž jsou striktně anaerobní prostředí, optimální pH, stálá teplota, vhodné složení substrátu. [20]

Ke vzniku bioplynu dochází zejména:

- v přirozeném přírodním prostředí, jako jsou mokřady, sedimenty, trávicí ústrojí (zejména u přežvýkavců),

- v zemědělské výrobě, jako jsou rýžová pole, uskladnění hnoje a kejdy,

- v odpadovém hospodářství na skládkách odpadů (zde je označován jako skládkový plyn), na anaerobních čistírnách odpadních vod, v bioplynových stanicích.

[21]

Technologie výroby bioplynu je založena na principu anaerobní fermentace, tedy rozkladu organické hmoty za pomoci mikroorganismů bez přístupu vzduchu. Jedná se o složitý biochemický proces, který sestává z mnoha dílčích na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů, z nichž metanogeneze je konečnou fází biochemické konverze biomasy v podmínkách na bioplyn a zbytkový fermentovaný materiál. [14], [16], [19]

Produkty anaerobní fermentace

Mezi produkty anaerobní fermentace patří již zmíněný bioplyn a digestát, který vzniká jako vedlejší produkt výroby bioplynu.

Za digestát je považován zbytek po vyhnutí se s níženým obsahem biologicky rozložitelných látek, vznikající anaerobní fermentací při výrobě bioplynu v BPS. Digestát se dělí na separát (oddělená tuhá část z digestátu) a fugát (oddělená kapalná část z digestátu). [18], [22]

Podmínkou využití digestátu jako organického hnojiva je nepřekročení limitních hodnot obsahu rizikových látek podle platné legislativy. Digestát lze využívat jako organické hnojivo, pokud obsahuje minimálně 25% spalitelných látek a 0,6% dusíku v sušině, nebo může být použit jako surovina k výrobě kompostů. Požadavky a kritéria pro hodnocení a kontrolu digestátu uvádí vyhláška č. 341/2008 Sb., v příloze č. 5. [18]

V bioplynových stanicích probíhá proces ve čtyřech základních fázích:

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

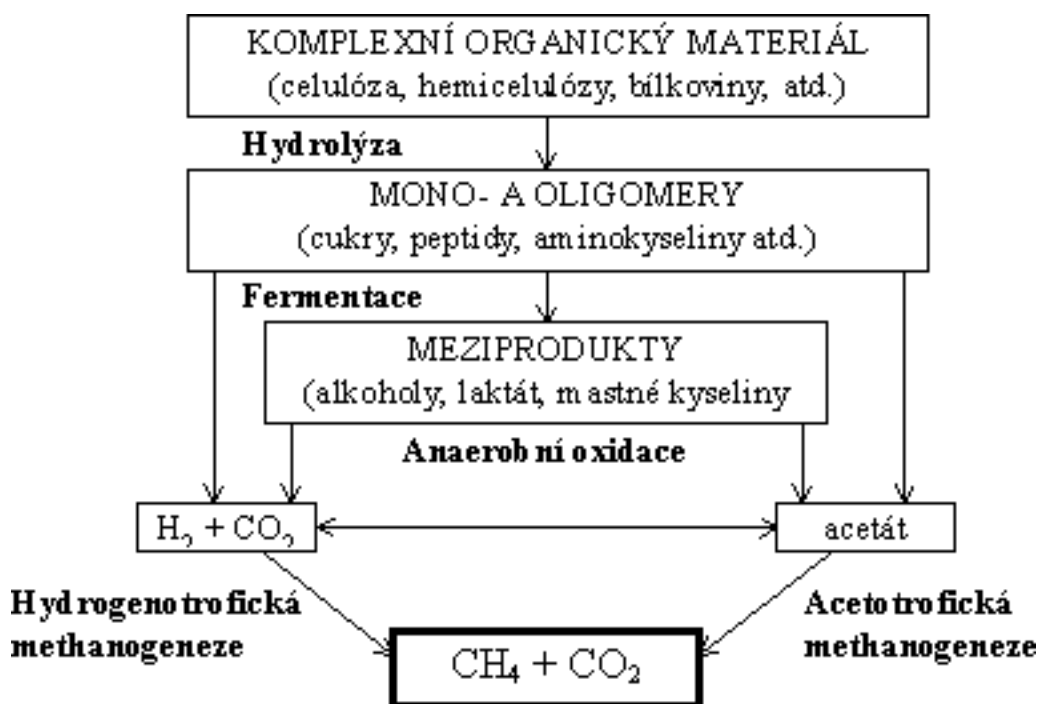
b) acidogeneze – reakční prostředí ještě obsahuje zbytky vzdušného kyslíku, který ale rychle klesá díky přítomnosti fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou fázích. Produkty hydrolyzy jsou štěpeny na jednodušší látky (kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý, vodík) a metanogenní bakterie začínají vytvářet metan,

c) acetogeneze – je někdy označována jako mezifáze, ve které acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík,

d) metanogeneze – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý, hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého; vedlejším produktem je oxid uhličitý. [23]

Jednotlivé fáze jsou znázorněny na obrázku č. 2.

Obr. č. 2 : Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace [24]



Pro stabilitu procesu anaerobní fermentace organických materiálů je velmi důležitá optimální rovnováha v kinetice jednotlivých fází, probíhajících s odlišnou kinetickou rychlostí. Metanogenní fáze probíhá přibližně 5x pomaleji než tři jí předcházející fáze. Proto je nutné správně naprojektovat všechna technologická zařízení a zajistit správné dávkování surového materiálu. V opačném případě může dojít k přetížení fermentoru se všemi nepříznivými důsledky, z nichž patrně nejvýznamnějším z hlediska umístění BPS se jeví vznik a případné emise nepříjemných pachových látek do vnějšího ovzduší. [23]

2.2.3 Podmínky prostředí

Při popisu podmínek prostředí, ve kterém dochází k anaerobní fermentaci, se často rozlišuje mezi mokrou a suchou fermentací, protože se jednotlivé metody mírně liší především podle množství vody v reakčním prostředí.

Striktní rozdělení metod na mokrou a suchou fermentaci je z biologického hlediska zavádějící, neboť bakterie podílející se na fermentovacím procesu potřebují pro své přežití tekuté médium.

Bakterie ve svém bezprostředním okolí v obou případech potřebují dostatek vody. Neexistuje žádná přesná definice hranice mezi mokrou a suchou fermentací, avšak v praxi už zdomácnělo, že až do obsahu suché masy ve fermentoru od 12–15% se hovoří o mokré fermentaci, neboť takový obsah biofermentoru je ještě pumpovatelný. Přestoupí-li obsah suché hmoty v biofermentoru 16%, tak materiál už není zpravidla pumpovatelný a proces označujeme jakožto suché zfermentování. [25]

Při mokré fermentaci se využívají pevné i kapalné substráty, reakční směs je doplňována vodou a je míchána. [26]

Při suchém fermentačním procesu se využívají výhradně substráty pevné a vodou jsou doplňovány jen nepatrně. [27] Z hlediska praxe se jedná BPS pokusné nebo v pilotním projektu.

Kyslík

Metanové bakterie patří k nejstarším živočišným organismům na naší Zemi a vznikly zřejmě před třemi až čtyřmi miliardami let, tedy předtím, než se vytvořila námi známá atmosféra.

Z tohoto důvodu jsou tyto bakterie ještě dnes odkázány na životní okolí, v němž se nevyskytuje žádný kyslík, neboť některé druhy jsou zabity již jeho nepatrným množstvím. Přesto se ale nelze naprosto vyvarovat zanesení kyslíku do nádrže biofermentorů. Důvod, proč nejsou metanové bakterie okamžitě inhibovány ve své aktivitě nebo dokonce zcela neodumřou, spočívá v tom, že žijí ve společenství s bakteriemi z předchozích kroků rozkladu. Některé z nich jsou tzv. fakultativně anaerobně žijící bakterie, to znamená, že umějí přežít jak pod vlivem kyslíku, tak i naprosto bez něj.

Pokud není množství kyslíku příliš velké, mohou ho ostatní bakterie spotřebovat ještě před tím, než poškodí ty metanogenní, které jsou nutně odkázány na bezkyslíkové okolí. [25]

Teplota

V podstatě lze říci, že chemické reakce probíhají tím rychleji, čím vyšší je okolní teplota. Toto je podmíněno biologickými a přeměnnými procesy. [25]

Má přímou závislost na různé kmeny bakterií: bakterie psychrofilní 15 – 20°C, bakterie mezofilní 35 – 40°C, bakterie termofilní 55°C. V zařízeních na výrobu bioplynu se nejčastěji používají mezofilní teplotní režimy, v menší míře termofilní, nebo kombinované. Volba teploty je závislá na režimu práce fermentoru. Vzhledem k tomu, že jsou metanogenní bakterie citlivé na prudké výkyvy teplot, musí se teplota přísně dodržovat. [18]

Hodnota pH

Jedná se o hodnotu, která je velice důležitým faktorem pro průběh procesu. Růst metanogenních bakterií je v neutrální oblasti pH 6,5 – 7,5. Vysoká kyselost působí na tyto bakterie inhibičně. [18]

Zaopatření živin

Procesy v biofermentoru lze porovnávat s těmi, které probíhají v trávicím traktu přežvýkavců. Proto bakterie reagují přesně tak negativně, jako zvířata na „chyby v krmění“. S použitými substráty se má vyrobit co možná nejvíce metanu, avšak stopové prvky a živiny jako železo, nikl, kobalt, selen, molybden a wolfram

jsou pro růst a přežití bakterií stejnou mírou potřebné. Kolik metanu se nakonec dá z použitých substrátů získat, je určováno podíly proteinů, tuků a uhlohydrátů.

Pro stabilní průběh procesu je důležitý poměr uhlíku a dusíku použitého substrátu. Jestliže je příliš vysoký (mnoho uhlíku a málo dusíku), nemůže být zbylý uhlík úplně přeměněn a není využit možný potenciál výroby bioplynu. V opačném případě může nadbytkem dusíku dojít ke vzniku většího množství amoniaku (NH_3), který zabrzdí růst bakterií a může vést k naprostému zhroucení celé populace. Pro nerušený průběh procesu musí poměr uhlíku vůči dusíku být v rozmezí 10–30. Abychom bakterie dostatečně zásobili živinami, měl by být poměr C : N : P : S = 600 : 15 : 5 : 1. Za kritický se pak považuje poměr C : N 12. [28]

Inhibující látky

Jedná se o látky, které se nejčastěji vyskytují a mohou negativně ovlivnit proces anaerobní digesce, jsou to amoniak a mastné kyseliny. Jejich tvorba je závislá na podmínkách pH. [18]

Obzvláště amoniak (NH_3) působí na bakterie škodlivě už v nepatrných koncentracích, stojí v rovnováze s koncentrací amonia (NH_4^+) v biofermentoru (amoniak tu přitom reaguje s vodou na amonium a jeden iont OH^- a naopak). To znamená, že s přibývajícím bazickým hodnotou pH, tedy při přibývajícím koncentraci iontů OH^- , se posune rovnováha a koncentrace amoniaku se zvětší. Zatímco amonium slouží většině bakterií jakožto zdroj dusíku, působí amoniak už v nepatrných koncentracích (od 0,15 g/l) na mikroorganismy jako inhibitor. Z toho plyne, že také celková vysoká koncentrace NH_3 a NH_4^+ od cirká 300 mg/l vede ke zpomalení až potlačení bioplynového procesu.

Jiný produkt fermentačního procesu je sulfan (H_2S), který v rozpuštěné formě může celý rozkladný proces inhibovat – jakožto buněčný jed – už při koncentraci cca 50 mg/l. Síra je každopádně také esenciální stopový prvek a proto důležitou minerální látkou metanotvorných bakterií. Kromě toho jsou těžké kovy vázány sulfidy (S^{2-}) a vysráženy. [25]

Míchání

Pro správný průběh fermentačního procesu je důležité optimální míchání materiálu ve fermentoru. Tak je dosaženo nejlepší výtěžnosti bioplynu a maximální efektivity provozu bioplynové stanice. [29]

Způsob míchání zabraňuje tvorbě plovoucí vrstvy a usazování anorganických látek na dně nádrže. Proces probíhá s vysokým stupněm zatížení organickými látkami bez rizika jeho přetížení. Míchání podporuje prostorovou stratifikaci vsádky ve fermentoru a zabraňuje nežádoucímu vyplavení substrátu. [30]

2.2.4 Využití bioplynu

Vyrobený bioplyn je nevhodnější využívat přímo v místě produkce v plynových spotřebičích, ať již po jejich malých úpravách, nebo po jeho pročištění a případném vysušení.

Sušením bioplynu se z něj odstraňuje vlhkost, která by spolu s obsahem byť i stopových množství sirovodíku v bioplynu mohla způsobovat zvýšenou korozi technologických zařízení.

Normální sušení bioplynu se provádí tepelným čerpadlem tak, že se bioplyn ve výměníku tepla zchladí a odloučená voda (kondenzát) se odčerpá. Následně se plyn znovu ohřeje teplou (kompresní) částí chladicího agregátu. Tento jednoduchý postup s nízkou potřebou energie je obvykle dostačující pro vzdálení vlhkosti bioplynu od rosného bodu na postačující hodnoty.

Hlubokého vysušení bioplynu se dosahuje tuhými hydrofilními sorbenty (např. vysušený silikagel), nebo kapalnými sorbenty (glykoly).

Energetické využití bioplynu nabízí velmi široké spektrum různých technologií:

- a) přímé spalování (vaření, svícení, chlazení, topení, sušení, ohřev užitkové vody,...),
- b) výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace),
- c) výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média, výroba chladu (trigenerace),
- d) pohon spalovacích motorů dopravních prostředků (automobily, autobusy, zemědělská technika, vlaky) nebo turbín pro získání mechanické energie,
- e) využití v palivových článcích (přímá přeměna chemické energie bioplynu v elektrický proud při vysoké elektrické účinnosti až 50%). [31]

Přímé spalování

Přímé spalování bioplynu je nejjednodušším způsobem využití energie bioplynu, ale zároveň také s nejnižším přínosem. Pro energetické využití biomasy k přímému spalování byly vybírány výnosné plodiny. Pro přímé spalování jsou efektivní takové rostliny, které dosahují výnosu kolem 10 t suché hmoty z 1 ha. Vhodné jsou proto rostliny vysoce vzrůstné, které vytváří velké množství nadzemní hmoty. Jedná se o rostliny jednoleté, víceleté i vytrvalé. Z těchto plodin bylinného charakteru, produkující nedřevní hmotu, jsou nejdůležitější rostliny víceleté a vytrvalé, kdy není třeba každoročně půdu orat a porosty znovu zakládat.

Ze seznamu rostlin uvedených ve Vládním nařízení 86/2001 se jeví jako nejperspektivnější krmný šťovík – Uteuša. [32]

Kogenerace

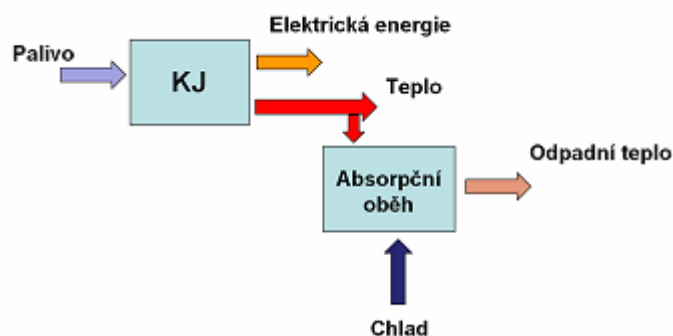
Jedná se o nejčastější a nejrozšířenější způsob co neekonomičtějšího využití energie bioplynu. Přibližně třetinu vyprodukované energie využívá BPS pro svůj vlastní provoz.

Pro kogeneraci se nejčastěji využívají naftové motory (mohou být i starší, ovšem s vyšším rizikem poruchovosti). Bioplyn není nijak předčištěn ale z důvodu mazání a chlazení motoru je k němu nutno přidávat asi 8% nafty.

Mezi výhody použití kogenerační jednotky patří minimalizace nákladů na rozvod energie, jelikož teplo i elektřina vznikají najednou a v místě své spotřeby, čímž jsou minimalizovány náklady na přípojky energií a rozvody. Současně se tím redukuje ztráty v rozvodných sítích. Při použití kogenerace se ušetří asi 40 % paliva oproti běžným výrobnám elektřiny, z ekologického hlediska tedy tento systém výroby energií zatěžuje méně životní prostředí, viz. obr. č. 3.

V případě nouze se dále nabízí využití kogeneračních jednotek jako záložních zdrojů elektrické energie, které jsou nezávislé na výpadech sítě. [33]

Obrázek č. 3: Blokové schéma kogenerace [34]



Blokové schéma kogenerace, resp. trigenerace (KJ = kogenerační jednotka)

Autor: Vladimír Stupavský

Pro praktický provoz se odhaduje, že na výrobu 1 kWh_e a 1,27 kWh_t se spotřebuje asi 5 – 7 kg odpadní biomasy, 5 – 15 kg komunálních odpadů, 8 – 12 kg chlévské mrvy nebo 4 – 7 m³ tekutých komunálních odpadů. [35]

Trigenerace

Trigenerace je specifický druh kogenerace, kde se společně vyrábějí nejen teplo a elektřina, ale i chlad, což umožňuje další zvýšení účinnosti využití energie paliv nebo sluneční energie. Chlazení na absorpčním principu nevyžaduje elektrickou energii, ale méně ušlechtilou energii tepelnou, kterou lze tímto způsobem využít i v létě, například ke klimatizaci budov.

Trigenerace se zatím aplikuje jen výjimečně, ale kvůli vzrůstajícím cenám energií a přetížení elektrické rozvodné sítě v letním období se její potenciál zvyšuje. [33]

Doprava

Pro využití bioplynu jako paliva spalovacích motorů dopravních prostředků se provádí úprava bioplynu na biometan, který je zároveň využitelný jako náhrada zemního plynu. Takovéto využití je však spojeno s nutností přepravovat získaný biometan do blízkoležících plnicích (čerpacích) stanic na stlačený zemní plyn.

Zvýšení podílu metanu v bioplynu se provádí odstraněním oxidu uhličitého, vodní páry, sirovodíku, čpavku a vodíku zatím nejrozšířenější technologií tlakové adsorpce (tzv. PSA, Pressure Swing Adsorption), fyzikální vypírkou vodou nebo chemickou adsorpcí do metanolaminu. Z pohledu energetických a prostorových nároků na technologii se jako slibná jeví membránová separace, kdy se jednotlivé složky oddělují díky své rozdílné průchodnosti tenkou membránou. Obdobná perspektiva je očekávána také od separace kryogenní, kdy se díky rozdílným teplotám varu oxidu uhličitého a metanu tyto dvě látky od sebe oddělují hlubokým zchlazením bioplynu. Tato metoda se nachází ve stadiu vývoje a ověřování. [36]

Palivové články

Jako další technologie vhodná pro přímou výrobu elektrické energie se jeví palivové články. Zařízení ve výzkumném a vývojovém stadiu dosahují elektrického výkonu od 0,02 do 2 MW_e při účinnosti 25 – 40%. Jednotky pro demonstrační účely již dosahují elektrického výkonu 0,3 – 30 MW_e při účinnosti 40 – 60% (vysokoteplotní palivové články typu MCFC, molten carbonate fuel cells). [37]

Vývoj palivových článků otevírajících cestu k vodíkové energetice se dopracoval v posledních letech až k membránovým „horkým“ článkům s roztavenými karbonáty MCFC, které na rozdíl od jiných typů se obejdou bez drahých katalyzátorů. Nutnost udržovat provozní teplotu kolem 600 °C sice klade na použité materiály mimořádné nároky, díky vnitřnímu reformingu ale nevyžadují příliš čisté palivo, kterým mohou být plyny z uhlí i zemní plyn, bioplyn i různé odpadní plyny. Anody i katody jsou porézní z niklových slitin, směs kyslíku a plynu se přivádí na katody, napětí článků je okolo 1,05 V. Vysoká teplota „jádra“ je předurčuje zejména pro využití v menších kogeneračních jednotkách nebo v roli mobilních energetických bloků s elektrickými výkony 250 kW až 2,5 MW. [38]

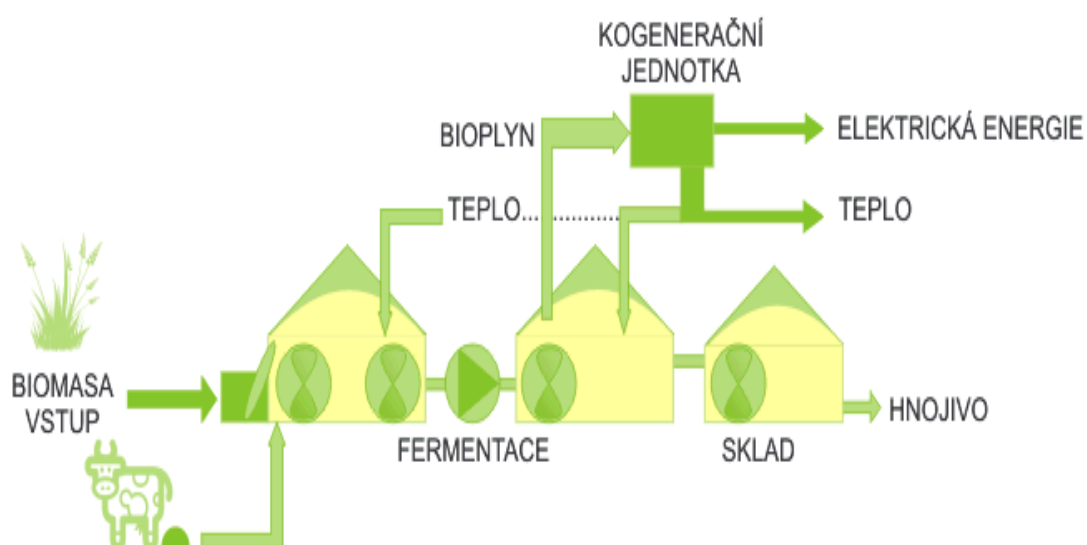
2.3 Bioplynové stanice

Bioplynová stanice je zařízení, ve kterém dochází pomocí řízeného procesu anaerobní fermentace k přeměně organických látek na energeticky bohatý bioplyn. Skládá se z několika technologických částí, mezi které patří především příjmová

jímka a dávkovací zařízení na tuhé substráty, fermentor, dofermentor a koncový sklad. Jednotlivé části jsou vzájemně propojeny potrubními rozvody pro vedení substrátů a bioplynu. Nedílnou součástí stanice je dnes také kogenerační jednotka pro výrobu elektrické a tepelné energie. [39]

Mezi hlavní výhody bioplynových stanic patří možnost získání hodnotné energie, využití zemědělské produkce, získání hnojiva splňujícího podmínky ekologického zemědělství, hygienizace kejdy i zlepšení odolnosti rostlin, viz. obrázek č. 4. [40]

Obrázek č. 4: Schéma bioplynové stanice [41]



Rozdělení bioplynových technologií

Principiálně se setkáváme se dvěma druhy procesů, mokrou a suchou fermentací. Mokré technologie mají širší uplatnění, jsou historicky rozšířenější, technicky propracovanější a jsou dobře provozně prověřené. Mají bohatší technologickou výbavu a příslušenství. Suché technologie byly původně navrženy pro zpracování komunálních bioodpadů. V zemědělství je lze zaznamenat jen zcela výjimečně. [42]

A podle dávkování materiálu rozdělujeme technologie na:

- Diskontinuální – s přerušovaným provozem, například cyklické, dávkové, atd., kdy doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru.
- Semikontinuální – kdy je doba mezi jednotlivými dávkami kratší, než doba zdržení materiálu ve fermentoru. Tento způsob plnění patří k nejvíce používaným při zpracovávání tekutých materiálů organického původu.
- Kontinuální – kde se zpracovávají tekuté odpady s velmi malým podílem sušiny[20]

Obecné rozdělení BPS

BPS se podle zpracovávaného substrátu (suroviny nebo odpadů) dělí na:

- zemědělské,
- čistírenské,
- ostatní; [43]

2.3.1 Zemědělské BPS

Zemědělské BPS zpracovávají materiály rostlinného charakteru a statkových hnojiv, resp. podestýlky. Na těchto BPS není možné zpracovávat odpady podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ani jiné materiály, které spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 o vedlejších živočišných produktech. [43]

Princip zemědělské BPS

- Vedení substrátu

V případě použití silážované kukuřice jako obnovitelného zdroje se kukuřice pomocí kolového nakladače nasype do zásobníku, který musí být naplňován přibližně jednou denně. Silážovaná kukuřice je bohatá na energii, a proto vhodná pro použití v bioplynových stanicích. Zásobník je vybaven hydraulicky posuvným

dnem, které kukuřici průběžně dopravuje na dopravní pás. Jako důležitý základní substrát je v bioplynové stanici používána také kejda. [44]

Po krátkém meziskladování ve chlévech je kejda potrubím přečerpána přímo do směšovacího čerpadla na dopravním pásu s kukuřicí. Do tohoto zařízení vybaveného dvěma míchacími válci, zároveň padá i kukuřice z dopravního pásu, takto mohou být pevné látky smíchány před vlastní fermentací. Pomocí této techniky je možné zásobovat čerstvým substrátem i několik od sebe vzdálených fermentačních nádrží, nazývaných také jako fermentory.

Jako třetí substrát jsou používány i tekuté odpady potravinářského průmyslu. Protože množství disponibilního odpadu často kolísá, měla by být k dispozici velká zásobní jímka. Integrace jímky v hale slouží k minimalizaci zápachu a zvýšení ochrany před infekcemi. Nyní jsou tekuté odpady ohřívány horkou vodou v trubkovém výměníku proti proudu na 75°C. Po uplynutí fáze ohřívání trvající jednu hodinu, je prováděna hygienizace substrátů, aby mohly být substráty dopraveny do fermentoru. Zde dochází k vlastní tvorbě bioplynu.

Dopravené substráty jsou průběžně promíchávány, aby se zabránilo vzniku usazenin a plovoucích vrstev. Pomocí nástěnného ohřevu horkou vodou je substrát ohříván na teplotu přibližně 40°C, aby byl umožněn proces tvorby methanu. [44]

Vhodnou dobu zdržení vstupů ve fermentoru lze jen obtížně stanovit, neboť délka této doby se může výrazně lišit v závislosti na typu vstupních surovin, na použité technologii a na dalším nakládání s digestátem.

Doba zdržení vždy 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. [45]

- Vedení plynu

Pokud jsou fermentory pravidelně zásobovány čerstvou biomasou, jsou vzduchotěsně uzavřené a vytápěné a substráty jsou promíchávány, vznikne již během několika dnů požadovaný bioplyn. Vznik plynu je komplexní a citlivý proces. Výchozím bodem pro tvorbu bioplynu jsou organické látky obsažené v substrátech, jako například tuky a uhlohydráty, kterými se živí různé druhy bakterií.

Vzniklý plyn stoupá v nádrži za průběžného promíchávání pomalu nahoru, skládá se přibližně z 50 – 70% z methanu a zbytek tvoří vodní pára, vodík a sirovodík. Protože vodní pára a sirovodík způsobují během následného využití plynu problémy, musí být tyto látky z plynu odstraněny. [44]

Po vzniku je plyn nejdříve zbaven vodní páry, kondenzovaná voda je shromažďována a odčerpávána v šachtě na kondenzát. V maximální míře odvodněný bioplyn je v biologickém odsiřovacím zařízení očištěn od agresivního sirovodíku. Pomocí přivedeného vzduchu se mohou na řetězech této nádrže usazovat kultury bakterií, které sirovodík rozkládají na neškodnou síru a vodu, poté je v bioplynu, který je téměř bez tlaku pomocí kompresoru vytvořen tlak potřebný pro pozdější spalování. [44]

Aby bylo možné zcela odstranit zbývající vodní páru a zbavit bioplyn nánosů a silikátů, musí bioplyn projít mokrým sušením. Toto sušení je prováděno pomocí vodní mlhy o teplot téměř 0°C. Plyn je tak ochlazen na teplotu nižší než 5°C. Aby bylo možné úpravu plynu kontrolovat a automaticky řídit, je bioplyn průběžně kontrolován pomocí měření on-line. Měřen je obsah methanu, sirovodíku, oxidu uhličitého a kyslíku. Je tak zaručen vysoký stupeň efektivity a bezpečnosti provozu.

Pokud dojde k nadprodukci bioplynu, je nutné, aby byla k dispozici plynová fléra. Unikání nespáleného methanu do ovzduší škodí životnímu prostředí. Pomocí tohoto zařízení probíhá využití plynu se dvěma kogeneračními jednotkami bez oxidu uhličitého. [44]

Pro zpracování bioplynu z 15 000 tun biomasy ročně, musí elektrický výkon těchto kogeneračních jednotek činit dohromady 500 kW. Díky optimální úpravě plynu mohou být motory v provozu téměř 24 hodin denně po několik let při nízkých nákladech na údržbu. Až 30% vzniklého odpadního tepla z chladící vody motorů je použito na ohřev výměníku tepla a fermentoru. K tomuto soběstačnému procesu nemusí být dodáváno žádné dodatečné teplo. Zbylé teplo může být použito k vytápění průmyslových podniků, obytných domů, nebo bazénů.

Elektrická energie vyrobená generátorem kogenerační jednotky je v transformátoru přeměněna na síťové napětí. Poté je proud dodáván do veřejné sítě a pokryje roční spotřebu přibližně 1000 domácností. [44]

Na zemědělských BPS je možno zpracovávat rozličnou škálu materiálů z oblasti živočišných i rostlinných surovin a cíleně pěstované biomasy.

Živočišné suroviny

- kejda prasat,
- hnůj prasat se stelivem,
- kejda skotu,
- hnůj skotu se stelivem,
- hnůj a stelivo z chovu koní, koz, králíků,
- drůbeží exkrementy, vč. steliva. [43]

Obecně se za chlévský hnůj považuje tuhý statkový materiál vzniklý fermentací směsi tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat (zejména skotu) a jejich podestýlky, kterou může být sláma, piliny nebo pazdeří. Dobře vyžrálý hnůj je tmavá, snadno rýpatelná hmota v povrchových vrstvách hnědočerná, ve spodních nazelenalá, která při styku se vzduchem rychle černá. Páchne slabě amoniakem, zbytky steliva jsou patrné a dají se mechanicky snadno oddělit. Hnůj je tedy již vyžrálá chlévská mrva. [46]

Naopak chlévskou mrvou obecně označujeme směs tuhých výkalů, moči a podestýlky, které jsou ze stájí a chlévů pravidelně odstraňovány. Velice často bývá mrva zaměňována s hnojem. Rozdíl však je zde jasný, protože mrva neprošla procesem zrání, tedy procesem mineralizace a humifikace. [43]

Rostlinné suroviny

- sláma všech typů obilovin i olejnin,
- plevy a odpad z čištění obilovin,
- bramborová nať i slupky z brambor,
- řepná nať z krmné i cukrové řepy,
- kukuřičná sláma i jádro kukuřice,
- travní biomasa nebo seno (senáže),
- nezkrmitelné rostlinné materiály (siláže, obiloviny, kukuřice). [43]

Nejrozšířenějším způsobem využívání trvalých travních porostů je jejich kosení s následnou výrobou senáží nebo sena. Při výrobě senáží převládá

konzervace v silážních jámách, věžích, nebo častěji ve fólii obalováním kulatých balíků. [47]

Při přípravě travních siláží a senáží pro použití jako suroviny v BPS je třeba docílit, aby v nich ještě před vsádkou do fermentoru nedošlo k zahájení bakteriální přeměny vodorozpustných cukrů a případně i části škrobu bakteriemi mléčného kvašení na kyselinu mléčnou. K tomuto procesu je potřeba, aby došlo až v anaerobním prostředí fermentoru. [47]

Pěstovaná biomasa

- obiloviny v mléčné zralosti (celé rostliny) čerstvé i silážované,
- kukuřice ve voskové zralosti (celé rostliny) čerstvá i silážovaná,
- kukuřice vyzrálá (celé rostliny) čerstvá i silážovaná,
- krmná kapusta (celé rostliny) čerstvá i silážovaná,
- „prutová“ biomasa (štěpky anebo řezanka z listnatých dřevin z rychloobrátkových kultur anebo z průklestů). [43]

Nejrozšířenější surovinu zemědělských BPS bývá kukuřice, jejíž pěstování se v poslední době začíná prodražovat včetně dalších doprovodných negativních vlivů na kvalitu a úrodnost půdy i na kvalitu vodních zdrojů, i když jistým příslibem by mohla být její geneticky modifikovaná verze. Využívání kvalitní kukuřičné siláže pro BPS může být problematické také z hlediska jejího významného krmivářského potenciálu. Spektrum plodin alternujících ke kukuřici a kukuřičné siláži mohou být například GPS směsi obilnin, zmíněná travní senáž či jiné vytrvalé plodiny, testují se například možnosti využití šťovíku. [48]

Kukuřičná siláž se vyrábí sklizní celé rostliny v období kdy sušina výsledné řezanky má 30–35% sušiny. Rostlina kukuřice na siláže obsahuje dva druhy krmiva. Jedná se o palici, která obsahuje hlavně zrna (zrna obsahuje cca 60% škrobu a tvoří 50–60% sušiny z celé rostliny). Zbytek rostliny tvoří její zelená část, která obsahuje hlavně vlákninu (obsah vlákniny 18–24%, obsah NDF 40–50%). [49]

Kukuřičné siláže se mohou lišit ve složení, obsahu sušiny a především v anaerobní rozložitelnosti. Tyto rozdíly vyplývají z různých podmínek při pěstování a skladování. Důležitý je i druh použité kukuřice. Nejlépe se hodí kukuřice Atletico.

Větší výtěžek biomasy spolu s lepší anaerobní rozložitelností jsou faktory, které z tohoto hybridu dělají velmi dobrý substrát pro bioplynové stanice. [50]

2.3.2 Čistírenské BPS

Čistírenské BPS zpracovávají pouze kaly z čistíren odpadních vod (dále jen „ČOV“) a jsou jejich nedílnou součástí.

Technologie anaerobní fermentace je využívána za účelem anaerobní stabilizace kalu vznikajícího na ČOV. Tyto technologie nejsou určeny ke zpracování bioodpadů a k nakládání s odpady, ale slouží pouze jako součást kalového hospodářství ČOV jako celku. Do tohoto zařízení nevstupují jiné materiály, než kaly z ČOV, žump a septiků a odpadní voda. V případě, že jsou do těchto nádrží na anaerobní vyhnívání přidávány jiné odpady podle zákona o odpadech, jedná se o ostatní bioplynovou stanici. Na dané zařízení se pak vztahují všechny požadavky zákona o odpadech a jeho prováděcích předpisů.

U BPS pracujících pouze v režimu ČOV nejsou požadovány zásobní nádrže na vyhnílý kal. Tyto technologie pracují v režimu čistíren odpadních vod, které mají ve svém provozním řádu zpracovány podmínky nakládání s aktivovaným kalem a anaerobně stabilizovaným kalem (vyhnílým kalem). [43]

2.3.3 Ostatní BPS

Bioplynové stanice zpracovávající ostatní vstupy mohou zpracovávat bioodpady vznikající jako odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin a odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky.

Pokud BPS zpracovávají vedlejší živočišné produkty (dále jen „VŽP“), spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 a musí plnit podmínky v něm stanovené, jako je např. hygienizace suroviny/odpadů (pasterizace, vysokoteplotní hygienizace). [43]

Toto zařízení pak musí také:

a) být vybaveno pasterizačně/sanitační jednotkou, která zajistí hygienizaci vedlejších živočišných produktů, tato jednotka není nutná, pokud budou tyto materiály podrobeny tepelnému zpracování při teplotě nejméně 133°C po dobu nejméně 20 minut bez přerušení, při absolutním tlaku nejméně 3 bary, přičemž velikost částic nesmí být větší než 50 milimetrů (platí pro kategorii 2),

b) zajistit tepelné zpracování při teplotě 70°C pro dobu 1 hod., přičemž velikost částic nesmí být větší než 12 mm (v případě kategorie 3),

c) být vybaveno prostorem k čištění a desinfekci dopravních prostředků, kontejnerů a přepravních nádob před výjezdem dopravních prostředků ze zařízení,

d) kontrolovat parametry technologického procesu a sledovat předepsané ukazatele výstupů buď laboratoří vlastní nebo jinou. [43]

3. Cíl práce

Cílem mé práce je zpracování přehledu produkce bioplynu v Jihočeském kraji z hlediska objemu produkce bioplynu a elektrické energie, použitých technologií, zpracovávaného biologicky rozložitelného materiálu, využití bioplynu a nastínění ekonomických nákladů.

4. Materiál a metody

Vzhledem k tomu, že v České republice nebyla zavedena jedinečná správní autorita, která by se ze zákona zabývala evidencí vznikajících a provozovaných bioplynových stanic, jsou v různých databázových zdrojích značné rozdíly.

Internetové databáze sdružení zabývajících se problematikou využívání OZE vycházejí především z podkladů své členské základny a díky zákonem nepožadované evidenci lze podobné rozdíly nalézt též u jednotlivých orgánů státní správy, které se danou problematikou zabývají z titulu své působnosti.

4.1 Metoda zjištění záměrů realizace BPS

Pro svou práci jsem využila informací krajského úřadu, který je podle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí (EIA), v platném znění, svým oddělením ochrany přírody a krajiny a posuzováním vlivů na životní prostředí tím orgánem, který se vyjadřuje ke všem záměrům realizace bioplynové stanice. Záměry a stanoviska, která jsou dostupná z webových stránek Jihočeského kraje, jsou podle tohoto zákona zveřejňována na portále veřejné správy (odkud jsou však po určité době stahována).

Záměry uveřejněné na tomto portále obsahují jejich plné znění včetně všech informací o technologiích a surovinách.

4.2 Metoda zjištění vstupů a jejich využití

Ke zdokumentování jsem použila informace získané od firmy Seven Energy s.r.o., od České bioplynové asociace, z odborné literatury, z odborných článků a též od školitele BP a jiných konzultantů uvedených v literatuře.

4.3 Analýza a vyhodnocení dat

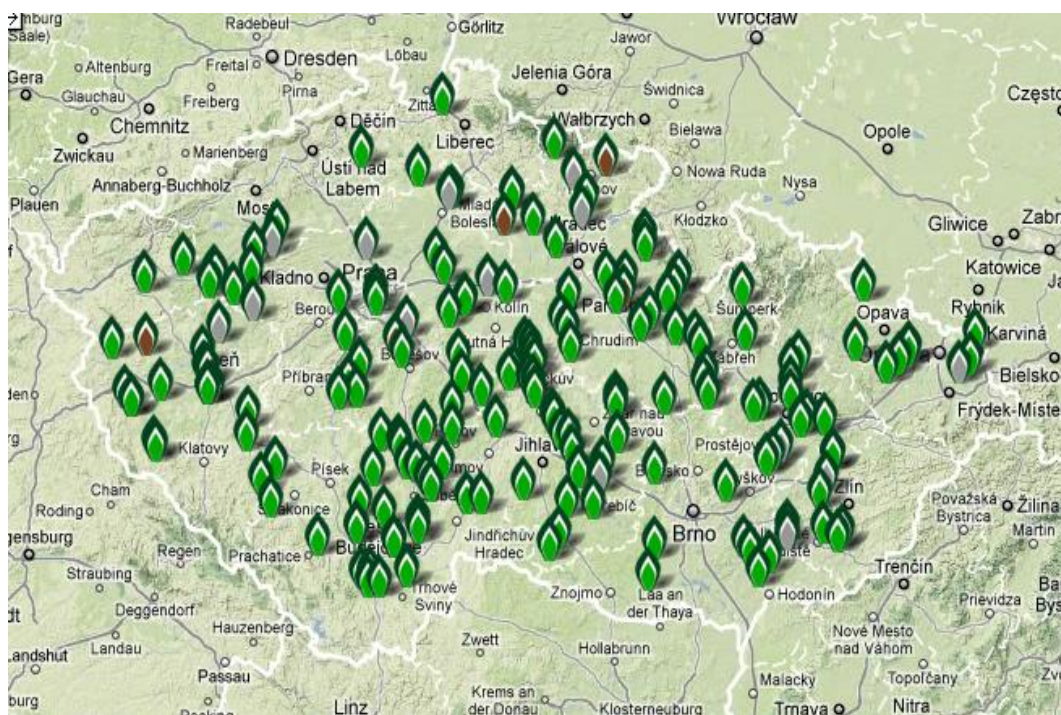
Údaje zjištěné z výše uvedených zdrojů byly sumarizovány, porovnávány a hodnoceny.

5. Výsledky

V České republice je v současné době celkem 327 bioplynových stanic, jejich rozmístění znázorňuje obr. č. 5. [51]

Má práce je zaměřena pouze na lokalitu bioplynových stanic v jižních Čechách. Zabývala jsem se zde jednak vstupní biomasou v jednotlivých stanicích, jejich množstvím. Dále jsem porovnávala jednotlivé bioplynové stanice z hlediska vyprodukovaného množství bioplynu v m³ za rok.

Obr. č. 5: Mapa rozmístění bioplynových stanic v ČR[51]



Tabulka č. 3: Rozdělení bioplynových stanic dle vstupního materiálu

Bioplynová stanice	Vstupní materiál			
	Rostlinná biomasa	v t/rok	Živočišné odpady	v t/rok
Deštná	Kukuřičná siláž	9200	Kejda skotu	13500
Hospříz	Kukuřičná siláž	5000	Hnůj skotu	11500
Chabičovice	Kukuřičná siláž	6000		
	Travní siláž	4800	Chlévská mrva	5200
Chlebov	Kukuřičná siláž	9000		
Chotýčany	Travní senáž, tráva	1500	Kejda skotu	8000
Chroboly				
Chroboly II.	Kukuřičná siláž	3600	Hovězí mrva	1800
	Travní senáž	7000		
Jarošovice	Kukuřičná siláž	2100	Kejda skotu	500
			Hnůj skotu	500
Kardašova Řečice	Kukuřičná siláž	13500	Hnůj skotu	1800
	Travní siláž, tráva	3900	Kejda skotu	785
Kestřany	Kukuřičná siláž	4275	Kejda skotu	8880
	Travní senáž	3325		
Kloužovice	Kukuřičná siláž	11340	Kejda skotu	4200
	Travní senáž	2000	Chlévská mrva	6100
Kunžak	Kukuřičná siláž	5000	Kejda skotu	5000
	Travní senáž	4800		
Ledenice	Kukuřičná siláž	2500	Kejda skotu	1000
	Travní siláž	1400	Hnůj skotu	1000
Markvartice	Kukuřičná siláž	2700	Hnůj skotu	500
Novosedly	Kukuřičná siláž	3700	Hnůj skotu	5100
	Travní senáž	2000	Kejda skotu	3030
	Brambory	3000		

[51-54]

Tabulka č. 4: Rozdělení bioplynových stanic dle vstupního materiálu

BPS	Vstupní materiál			
	Rostlinná biomasa	v t/rok	Živočišné odpady	v t/rok
Obora	Kukuřičná siláž	7000	Hněj skotu	1750
Olešník	Kukuřičná siláž	4550	Hněj skotu	10000
	Travní senáž	3500		
Pěčín	Kukuřičná siláž	5000	Kejda prasat	6570
	Travní siláž	6000		
Pleše	Kukuřičná siláž	8800	Hněj skotu	5000
	Travní senáž, tráva	1000		
Slapy	Kukuřičná siláž	7050	Hovězí kejda	4500
	Travní senáž	1900		
Stádlec	Kukuřičná siláž	5471	Kejda prasat	4200
			Kejda skotu	7300
Třeboň II	Kukuřičná siláž	14500	Kejda prasat	3500
	Travní senáž	4300		
Třeboň	Travní siláž	1005	Kejda prasat	700
Věž. Pláně	Kukuřičná siláž	6460	Hněj skotu	333
	Travní senáž	2291		
Žabovřesky	Kukuřičná siláž	10000	Hovězí hnůj	6130
	GPS slunečnice	4800	Hovězí kejda	8600

[51-54]

Z tabulek č. 3 a 4 je patrné množství rostlinné biomasy a živočišných odpadů u jednotlivých bioplynových stanic v jižních Čechách. Nejčastějším vstupním materiálem z rostlinné biomasy je kukuřičná siláž, kterou používají téměř všechny výše vyjmenované bioplynové stanice.

Na rozdíl od rostlinné biomasy, kde je kukuřičná siláž dominantou, jsou v živočišných odpadech vstupní materiály rozmanité, viz.tab. č. 5

Tabulka č. 5: Procentuální zastoupení vstupního materiálu

Vstupní materiál	Množství v %
Kukuřičná siláž	56,15
Kejda skotu	14,64
Travní siláž, senáž	11,38
Hnůj skotu	9,79
Kejda prasat	3,35
Chlévská mrva	2,94
Ostatní	1,75

[51-54]

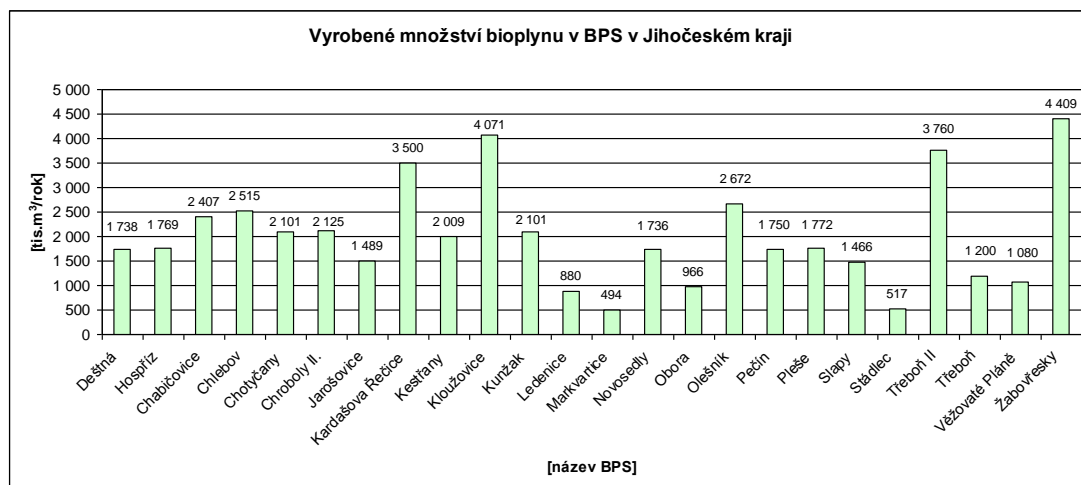
Tabulka č. 6: Základní parametry BPS

Bioplynová stanice	Rok zprovoznění	Instalovaný elektrický výkon	Instalovaný tepelný výkon	Vyrobené množství bioplynu v m ³ /rok	Použitá technologie
Deštná	2008	998	1158	1738080	Hochreiter
Hospříz	2011	600	610	1768800	Hochreiter
Chabičovice	2011	1000	928	2406664	AgriKomp
Chlebov	2011	800	760	2515000	Weltec
Chotyčany	2008	526	558	2101111	Biogest
Chroboly II.	2009	960	303	2125000	AgriKomp
Jarošovice	2010	1163	1321	1489200	Envitec
Kardašova Řečice	2008	998	1064	3500000	MT Energie
Kestřany	2011	526	558	2008956	Envi Tec
Kloužovice	2011	1063	1081	4071194	Farmatec
Kunžak	2011	600	608	2101381	Farmatec
Ledenice	2010	246	267	879999	Hochreiter
Markvartice	2009	150	192	494399	AgriKomp
Novosedly	2008	537	538	1735998	Biogest
Obora	2008	500	460	966000	AgriKomp
Olešník	2011	703	703	2672000	Envi Tec
Pěčín	2008	564	706	1750000	Nahtec
Pleše	2010	960	654	1772160	Bioconstruct
Slapy	2010	526	558	1466400	Envi Tec
Stádlec	2010	320	390	516799	Farmatec
Třeboň II.	2009	1020	874	3760000	MT Energie
Třeboň	1974	175	201	1200000	MT Energie
Věžovaté Pláně	2011	250	232	1080465	AgriKomp
Žabovřesky	2009	999	1088	4408800	MT Energie

[51-54]

V této tabulce jsem se zabývala analýzou základních parametrů jednotlivých BPS, hlavně srovnáním vyrobeného množství bioplynu, jež je znázorněn v následujícím grafu č. 2. A v příloze jsou obrázky č.6 a 7 BPS Žabovřesky a č.8 BPS Olešník.

Graf č. 2: Porovnání vyrobeného množství bioplynu [51-54]



Z výše posuzovaných 24 BPS v Jihočeském kraji činí vyrobené množství bioplynu 4 852 840 m³ za rok. Na tomto množství se podílelo 308 767 tun rostlinné biomasy a 136 978 tun živočišných odpadů, celkem tedy 445 745 tun vstupního materiálu.

Z bioplynu v jižních Čechách se vyrobí 61,96 GWh elektrické energie. Výsledná elektrická energie vychází z aktuálního podílu na výrobě elektrické energie z OZE z celé ČR, který činí 868,2 GWh. [51]

Na následujících tabulkách č. 7 a 8 je patrné množství rostlinné biomasy a živočišných odpadů u jednotlivých bioplynových stanic v záměru v jižních Čechách.

Tabulka č. 7: Základní parametry BPS v záměru

Bioplynová stanice	Instalovaný elektrický výkon	Instalovaný tepelný výkon	Vyrobené množství bioplynu
	v kW/h		v m ³ /rok
Kostelní Vydří	537	568	1980350
Lipolec	999	587	3436765
Maršov	366	408	1290755
Radenín	700	665	2460575
Peč u JH	750	696	2435450
Přeštovice	800	869	2158560

[51-54]

Tabulka č. 8: Rozdělení BPS v záměru dle vstupního materiálu

Bioplynová stanice	Vstupní materiál			
	Rostlinná biomasa	v t/rok	Živočišné odpady	v t/rok
Kostelní Vydří	Kukuřičná siláž	3637	Chlévská mrva	5000
			Hovězí kejda	3000
Lipolec	Kukuřičná siláž	6000	Chlévská mrva	4500
	Travní senáž	700		
	Travní siláž	5500		
	GPS sil. drť obilovin	2000		
	Čiroková siláž	3050		
Maršov	Kukuřičná siláž	5500	Hovězí kejda	2500
Radenín	Kukuřičná siláž	7040	Hnůj skotu	11000
	Travní senáž	2500		
Peč u JH	Kukuřičná siláž	7500	Chlévská mrva	1200
	Travní senáž	1800	Hovězí kejda	8400
Přeštovice	Kukuřičná siláž	10996	Hovězí kejda	7000
	Travní senáž	3000		

[51-54]

Podrobnější studie dvou bioplynových stanic v záměru

- Bioplynová stanice Lipolec

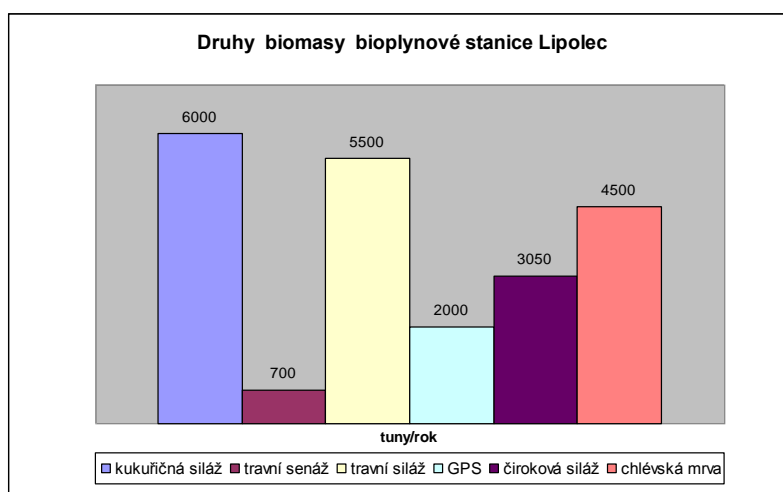
Jako vstupní substráty pro výrobu bioplynu budou využívány chlévská mrva, zelená travní hmota, kukuřičná a čiroková siláž, travní senáž a GPS, viz. tab. č. 9 a znázornění na grafu č. 3.

Tabulka č. 9: Rozdělení biomasy BPS Lipolec

VSTUPY		Lipolec
Druhy biomasy		Tuny/rok
Rostlinná biomasa	Kukuřičná siláž	6000
	Travní senáž	700
	Travní siláž	5500
	GPS (silážovaná drť obilovin)	2000
	Čiroková siláž	3050
	CELKEM	17250
Živočišné odpady	Chlévská mrva	4500
	CELKEM	4500
Celková roční kapacita		21750

[51-54]

Graf č. 3: Vstupy rostlinné biomasy a živočišných odpadů Lipolec [51-54]



Přehled výstupních produktů BPS znázorněny v tab. č. 10.

Tabulka č. 10: Produkty bioplynové stanice Lipolec

VÝSTUPY		Lipolec	
		Sušina v %	Tuny za rok
Digestát	Pevný (separát)	33	7555
	Tekutý (fugát)	4	10015
	Celkem ročně m ³		17570
Bioplyn	Celkem denně m ³		10259

[51-54]

V následující tab. č. 11 je vyznačen přehled roční energie BPS.

Tabulka č. 11: Celková roční bilance výroby energie BPS Lipolec

Množství bioplynu m ³	Elektrická energie (kWh)				Teplo (GJ)		
	Výroba	Vlastní potřeba BPS	Vlastní spotřeba (kJ)	Volná el. energie	Výroba	Vlastní potřeba	Volné teplo
	100%	2,62%	0,88%	96,5%	100%	22%	78%
3436765	8392068	215972	71991	8104105	5182750	1151809	4030941

[51]

K výrobě elektrické a tepelné energie se v BPS používá kogenerační jednotka. Výkon elektrické a tepelné energie je znázorněn v tab. č. 12.

Tabulka č. 12: Výroba a výkon tepelné a elektrické energie

Rozdělení tepelného a elektrického výkonu	kWh za rok	kW
Výroba a výkon elektrické energie	8392068	999
Výroba a výkon tepelné energie	5182750	587

[51-54]

Vyrobená elektrická energie kogenerační jednotky bude vedena přes měřicí jednotku a trafostanici do distribuční sítě.

Teplo vzniklé při spalování bioplynu v kogenerační jednotce bude využito jako zdroj tepla pro vytápění fermentorů, výhledově pro vytápění sociálního zázemí, případně dalších objektů v zemědělském areálu. [51]

- Bioplynová stanice Radenín - Hroby

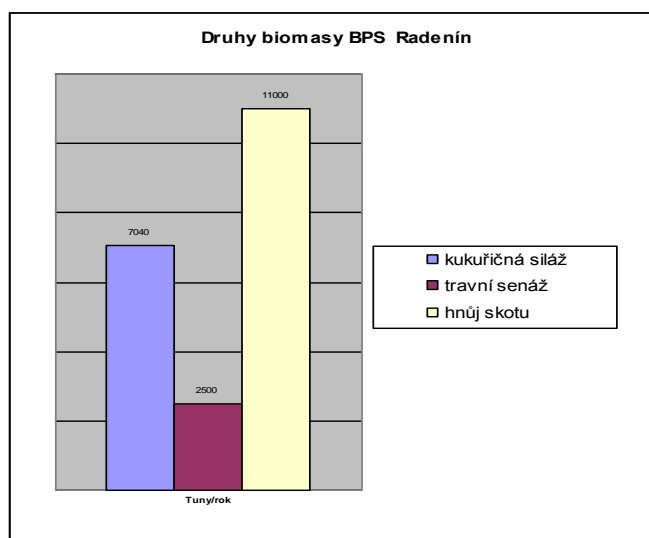
Hlavní energetickou surovinou je kukuřičná siláž, travní senáž a hovězí hnůj, viz. tab. č. 13 a znázornění v grafu č. 4.

Tabulka č. 13: Rozdělení biomasy BPS Radenín

VSTUPY		Radenín
Druhy biomasy		Tuny/rok
Rostlinná biomasa	Kukuřičná siláž	7040
	Travní senáž	2500
	CELKEM	9540
Živočišné odpady	Hnůj skotu	11000
	CELKEM	11000
Celková roční kapacita		20540

[51-54]

Graf č. 4: Vstupy rostlinné biomasy a živočišných odpadů Radenín[51-54]



Přehled výstupních produktů BPS znázorněny v tab. č. 14.

Tabulka č. 14: Produkty bioplynové stanice Radenín

VÝSTUPY		Radenín	
		Sušina v %	Tuny za rok
Digestát	Tekutý (fugát)	11,5	17100
	Celkem ročně m ³		17100
Bioplyn	Celkem denně m ³	7345	

[51-54]

Produkovaný digestát bude přes centrální čerpací stanici odváděn do plně kryté uskladňovací nádrže. Digestát bude využit jako kapalné hnojivo.

Z 20540 tun substrátů za rok se získá 2 681 000 m³, to odpovídá 7345 m³ za den, nebo 728,8 m³ za hodinu s průměrným obsahem methanu 56%.

V následující tab. č. 15 je vyznačen přehled roční energie BPS.

Tabulka č. 15: Celková bilance výroby energie bioplynové stanice Radenín

Množství bioplynu v m ³	Elektrická energie (kWh)				Teplo (GJ)		
	Výroba	Vlastní potřeba BPS	Vlastní spotřeba (kJ)	Volná el. energie	Výroba	Vlastní potřeba	Volné teplo
	100%	6%	2%	92%	100%	21%	79%
2681000	5545000	332700	110900	5212300	21198	4500	16698

[51]

Vyráběná elektrická energie bude prodávána do distribuční sítě přes předávací trafostanici.

Celkové roční množství elektrické energie vyrobené z bioplynu bude cca 5545 MWh. Vlastní spotřeba elektrické energie pro provoz zařízení bude maximálně 444 MWh za rok a bude kryta z vlastní výroby.

Zařízení bude produkovat ročně 21198 GJ tepla ve formě horké vody. Vlastní spotřeba tepla pro vytápění fermentorů bude 4500 GJ/rok. Později se počítá s následným využitím tepla – využití v areálu farmy, využití pro sušení komodit.

Ekonomika bioplynových stanic

Investiční náklady se pohybují v závislosti na použité technologii a velikosti bioplynové stanice v rozmezí 90 000 - 125 000 Kč na instalovanou kW elektrického výkonu.

Největším rizikem ekonomiky provozu jsou však zvyšující se ceny základní vstupní suroviny - kukuřičné siláže. Ta je ovlivněná hlavně zvyšující se cenou konkurenčních plodin - obilovin, vyvolanou zvýšenou poptávkou a rostoucí cenou pohonných hmot a minerálních hnojiv. V Jihočeském kraji je navíc tlak na růst cen ovlivněn poptávkou pro bioplynové stanice z Rakouska a Německa. [55-57]

6. DISKUSE

Jak už vyplývá z výsledků, v Jihočeském kraji každoročně stoupá množství vyrobeného bioplynu v BPS. Z energetického hlediska se nabízí nové možnosti jeho využití. Jednou z alternativ může být úprava bioplynu tak, aby splňoval kvalitativní požadavky a mohl být smícháván se zemním plynem.

Je několik výhod, proč využít biometan jinak, než samotným spalováním v kogeneračních jednotkách v místě výroby. Hlavní výhodou biometanu je jeho kvalita (po chemicko-mechanické úpravě), jež je srovnatelná se zemním plynem (ZP) a jeho možnost nejen vyskladnění do plynovodní sítě, ale také využití jako palivo pro pohon vozidel. [56]

Toto využití je pro Českou republiku logické, neboť je již zde vybudovaná hustá síť plynovodů na ZP. Biometan jako základní surovina má vyšší účinnost energetického využití oproti spalování v bioplynových stanicích a je regulovatelným a skladovatelným zdrojem energie. Jeho podstatnou výhodou je výroba v tuzemských podmínkách, stálá a kontinuální výroba nezávislá na ročním období a počasí. Díky obnovitelným zdrojům je neutrální z hlediska emisí CO₂. [57]

Cílem je lokalizovat a eliminovat existující netechnologické a administrativní bariéry a navrhnout legislativní a normativní předpisy umožňující dodávky biometanu do stávající plynovodní sítě. V současné době v rámci ČR neexistuje legislativní úprava, která by popisovala kvalitativní požadavky biometanu z hlediska případného dodávání a přimíchávání do zemního plynu, jakou má mít kvalitu ohledně síry, vlhkosti a oxidu uhličitého. V Energetickém zákonu č. 458/2000 Sb. v oddíle zabývající se plynými palivy (ZP, svítiplyn, bioplyn) nejsou dále specifikovány kritéria na jejich vlastnosti. [55]

V současné době se zpracovávají návrhy, jimiž se bude měnit zákon o obnovitelných zdrojích a v něm se připravuje nové znění legislativy, kde bude přesně specifikována nejen kvalita bioplynu dodávaného do zemního plynu z hlediska síry, vlhkosti a oxidu uhličitého, ale také bude stanovena cena bioplynu za 1 m³ a dodávané množství. [55-57]

Například v Německu již dvě bioplynové stanice vtlačí biometan do sítě a dalších 13 stanic je ve výstavbě. Do roku 2030 cca 10% současné poptávky zemního plynu má být nahrazeno biometanem. [56] Důvodem této celé myšlenky je být co nejméně závislý na dovozu energetických surovin, (jak z evropského tak

českého hlediska) jako je například ropa a zemní plyn dovážených z Ruska a Norska. K tomuto kroku chce směřovat nejen ČR, ale celá Evropa.

Česká republika se v rámci jednání o vstupu do Evropské unie zavázala zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie na 8% do roku 2010. V pravidelných ročních Zprávách o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů bylo až do konce roku 2009 uváděno, že splnění cíle není reálné. Cíl byl podle předpokladu v roce 2010 splněn, dokonce byl překonán o 0,3%. [58]

Závazek ČR v roce 2020 je 13% všech obnovitelných zdrojů energie, z toho by se měly podílet jižní Čechy ve výši 4-5% OZE.

Tak jako každý projekt či výstavba má dvě strany mince, tak i bioplynové stanice mají své výhody a nevýhody.

Problémem bioplynových stanic může být nedostatečný zdroj surového materiálu pro výrobu bioplynu, nestabilní kvalita vstupní suroviny, vysoké investiční náklady, odpor ze strany veřejnosti z důvodu obavy ze zápachu, zvýšení dopravního zatížení okolí BPS.

Naopak výhodou bioplynových stanic může být získání hodnotné energie, využití zemědělské produkce, získání hnojiva splňující podmínku ekologického zemědělství, hygienizace kejdy, zlepšení odolnosti rostlin. [40]

7. Závěr

Výroba elektřiny a tepla z bioplynu patří mezi dlouhodobě se rozvíjející kategorie produkce energie z obnovitelných zdrojů. Bioplynu patří třetí nejvýznamnější podíl ve výrobě energie z OZE. [55]

V práci jsem hodnotila celkem 24 bioplynových stanic nacházejících se v jižních Čechách, které vyprodukují za rok 48528406 m³ bioplynu. Na tomto množství se podílelo 308767 tun rostlinné biomasy a 136978 tun živočišných odpadů, celkem tedy 445745 tun vstupního materiálu.

Největší hmotnostní podíl představuje kukuřičná siláž 250246 tun (56,15%), následovaná kejdou skotu 65295 tun (14,64%), travní siláží resp. senáží 50721 tun (11,38%), hnojem skotu 43613 tun (9,79%), kejdou prasat 14970 tun (3,35%) a chlěvkou mrvou 13100 tun (2,94%). Zbytek 7800 tun tvoří hlavně zbytky ze zpracování brambor a GPS slunečnice. [51-54]

U žádné z výše uvedených bioplynových stanic se nezpracovává pouze jedna surovina, ale vždy se jedná o kofermentaci dvou a více surovin.

Ze srovnání jednotlivých bioplynových stanic je patrné, že jejich technologie umožní zemědělským podnikům a farmářům nejen zpracovávat odpad vzniklý jejich vlastní činností, ale zpracovávat také odpady ostatních subjektů a tím získat vedle příjmů ze zemědělské produkce také příjmy z prodeje elektrické energie, tepla popř. hnojiva z digestátu.

Zemědělství se tak stává producentem elektrické energie, což je komodita, o kterou, zdá se, bude stále zájem. Jen jižní Čechy se podílejí 7,13% na výrobě elektrické energie z OZE z bioplynu za rok. Investice tohoto typu, jakou jsou výstavby bioplynových stanic, korespondují s potřebou rozložení podnikatelských rizik v zemědělství a jsou stabilizačním prvkem zemědělského podniku. [51-54]

Celkový instalovaný tepelný výkon je 15,8 MW, což umožňuje roční produkci tepla 130,89 GWh. Vzhledem k tomu, že naprostá většina stanic využívá teplo jenom pro vlastní spotřebu tj. cca 22%, zůstává disponibilní přebytek tepla téměř 102,09 GWh. Pouze v jednom případě (BPS Třeboň) se počítá s vyšším až 78% využitím tepla k vytápění nevlastních objektů (Lázně Aurora ,Třeboň). [51-54]

Po zhodnocení jednotlivých BPS jsem došla k názoru, že mají pozitivní vliv na životní prostředí, degradaci odpadů, snížení rizika znečištění a získání kvalitního hnojiva. BPS vytváří nová pracovní místa v jednotlivých odvětvích jako například v projektech, technice, technologii a dalších. Mimo jiné též udržení pracovníků v živočišné výrobě. Další velkou výhodou BPS je například, že oproti fotovoltaice a větrným elektrárnám, je jejich výkon po celý rok stabilní.

Seznam zkratk

OZE – Obnovitelné zdroje energie	
BPS – Bioplynová stanice	
ČOV – Čistírna odpadních vod	
VŽP – Vedlejší živočišné produkty	
KJ – Kogenerační jednotka	
EIA – (Environmental Impact Assessment) – Hodnocení vlivů na životní prostředí	
ZP – Zemní plyn	

Seznam grafů

Graf č. 1 – Podporované OZE v ČR [13]	11
Graf č. 2 – Porovnání vyrobeného množství bioplynu [51-54]	36
Graf č. 3 – Vstupy rostlinné biomasy a živočišných odpadů Lipolec [51-54]	38
Graf č. 4 – Vstupy rostlinné biomasy a živočišných odpadů Radenín [51-54]	39

Seznam obrázků

Obr. č. 1 – Biomasa pro energii [10]	9
Obr. č. 2 – Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace [24]	14
Obr. č. 3 – Blokové schéma kogenerace [34]	20
Obr. č. 4 – Schéma bioplynové stanice [41]	22
Obr. č. 5 – Mapa rozmístění bioplynových stanic v ČR [51]	32

Seznam tabulek

Tab. č. 1 – Energetické využití biomasy [10]	10
Tab. č. 2 - Složení bioplynu [17], [18]	12
Tab. č. 3 – Rozdělení bioplynových stanic dle vstupního materiálu [51-54]	33
Tab. č. 4 – Rozdělení bioplynových stanic dle vstupního materiálu [51-54]	34
Tab. č. 5 – Procentuální zastoupení vstupního materiálu [51-54]	35
Tab. č. 6 – Základní parametry BPS [51-54]	35
Tab. č. 7 – Základní parametry BPS v záměru [51-54]	36
Tab. č. 8 – Rozdělení BPS v záměru dle vstupního materiálu [51-54]	37
Tab. č. 9 – Rozdělení biomasy BPS Lipolec [51-54]	37
Tab. č. 10 – Produkty bioplynové stanice Lipolec [51-54]	38
Tab. č. 11 – Celková roční bilance výroby energie BPS Lipolec [51]	38
Tab. č. 12 – Výroba a výkon tepelné a elektrické energie [51-54]	39
Tab. č. 13 – Rozdělení biomasy BPS Radenín [51-54]	39
Tab. č. 14 – Produkty bioplynové stanice Radenín [51-54]	40
Tab. č. 15 – Celková roční bilance výroby energie BPS Radenín [51]	40

8. Seznam literatury

[1] Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), par. 1 a 2.

[2] Platný <http://ekolist.cz/zpravodajstvi/zpravy/co-prinasi-kjotsky-protokol>, 3.1.2012

[3] Platný <http://www.elektrarny.wf.cz/studieCEZ.pdf>, 10.1.2012

[4] Platný http://energetika.plzen-city.cz/dokuments/altenz_celk_1.pdf, 3.11.2011

[5] Platný <http://www.nalezeno.cz/tiskove-zpravy-1/v-cr-funguje-150-biopllynovych-stanic-prostor-je-pritom-pro-tisic-zarizeni.aspx>, 6.1.2012

[6] Platný http://hobby.idnes.cz/co-je-biomasa-a-jak-se-s-ni-topi-manual-nejen-pro-katerina-jacques-pww/hobby-domov.aspx?A090407_171941_hobby-domov_mce, 4.11.2011

[7] HAVLÍČKOVÁ, K. a kol.: Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin, 1. vydání, vyd. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, JČU v Č. Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007, 92 s., SBN 978-80-85116-00-7

[8] Platný http://biom.cz/upload/93a6e8e6b11e93816bea14d0c95745a2/AP_biomasa_09_01.pdf, 7.11.2011

[9] Platný <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>, 7.11.2011

[10] Platný <http://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa#Literatura>, 7.11.2011

[11] Platný <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>, 12.11.2011

- [12] Platný <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/obnovitelne-zdroje-energie>,
Vladimír Vlk, 7.1.2012
- [13] Zdroj: Evropská komise. Obnovitelné zdroje mají význam. 2011),
Lucemburk:Úřad pro publikace Evropské unie, 23s., 2011, ISBN 978-92-79-17003-4
- [14] KÁRA, J. a kol.: Výroba a využití bioplynu v zemědělství, VÚZT, 1.
vydání, vyd. Praha, 2007, 117s., ISBN 978-80-86884-28-8
- [15] PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P.: Biomasa – obnovitelný zdroj
energie, FCC PUBLIC s. r. o. Praha, 2004, 286 s., ISBN 80-86534-06-5
- [16] CENEK, M. a kol.: Obnovitelné zdroje energie, II. vydání, vyd. Praha
FCC PUBLIC, 2001, 208 s., ISBN 80-901985-8-9
- [17] JELÍNEK, A. a kol.: Hospodaření a manipulace s odpady ze
zemědělských a venkovských sídel, Agrospoj, SAVOV, F., Praha, 2001, 236 s.
- [18] Platný
http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Bioplyn.pdf, 11.12.2011
- [19] MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J.: *Energie z biomasy*. ERA group
spol. s r.o., vyd. Brno, 2008, 104 s., ISBN: 978-80-7366-115-1
- [20] SHULZ, H., EDER, B.: Bioplyn v praxi – Teorie, projektování, stavba
zařízení, příklady, vyd. Ostrava: HEL, 2004, 168 s., ISBN 80-86167-21-6
- [21] Platný <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>, 3.1.2012
- [22] Platný
http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf, 8.2.2012
- [23] Platný <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-uzitecny-zdroj-energie-nebo-riskantni-zpusob-podnikani>, 3.1.2012

- [24] Platný http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Model_anaerobni_digesce.gif,
4.1.2012
- [25] KRATOCHVÍLOVÁ Z. a kol.: Průvodce výrobou a využitím bioplynu. CZ Biom . České sdružení pro biomasu, vyd. Praha, 160 s., 2009
- [26] BECK, M.: Možnosti energetického využití biomasy – výroba bioplynu. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 17 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Jaroš, Dr., 2010
- [27] KARAFIÁT Z. a kol.: Netekutá fermentace substrátů ze zemědělské činnosti, 2010. Dostupný z www:
<http://www.odpadoveforum.cz/OF2010/dokumenty/prispevky/022.pdf>, 20.1.2012
- [28] DOHÁNYOS M.: Zvyšování efektivity fermentace – nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi, 2009, ISSN 1801-2655. Dostupný z www:
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>, 20.1.2012
- [29] Platný <http://www.triol.cz/index.php?nid=4155&lid=CS&oid=1910964>,
12.3.2012
- [30] Platný <http://www.bpsprojekt.cz/bio-plyнове-stanice-technologie.html>,
9.3.2012
- [31] Platný <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>, 23.1.2012
- [32] Platný <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dotace-na-pestovani-energetickych-rostlin-2>, Vlasta Petříková, 25.1.2012
- [33] Platný <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace>, Vladimír Stupavský, 28.1.2012
- [34] Platný <http://biom.cz/cz/obrazek/blokove-schema-kogenerace-resp-trigenerace-kj-kogeneracni-jednotka>, 2.2.2012

[36] Zdroj: Pražská plynárenská, SEVEN. Využití bioplynu v dopravě. 2009)

[37] SIARHEI S., DANIEL T., MARTIN V., MICHAEL P., MARTIN L., MAREK B., ONDŘEJ P.: Využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie. Chemické listy, 2006, s. 20-24.

[38] TŮMA J.: Palivové články se učí plavat. Technický týdeník, 18/2010

[39] Platný <http://www.bpsprojekt.cz/files/Prezentace-technologie-zemedelskych-BPS.pdf>, 16.2.2012

[40] BABIČKA L.: Bioplyn a BPS ve Středočeském kraji, souhrn výhod výroby a využití bioplynu. Katedra kvality zemědělských produktů, vyd. Praha, 2010

[41] Platný <http://www.bpsprojekt.cz/files/Prezentace-technologie-zemedelskych-BPS.pdf> 28.2.2012

[42] Platný http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm, 29.2.2012

[43] Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí - sekce ochrany klimatu a ovzduší a sekce technické ochrany ŽP. K podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu. Ministerstvo životního prostředí, 2012. Dostupný na www:

[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/schvalovani_bioplynovych_stanic/\\$FILE/OOO-MP_BPS-20090203.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/schvalovani_bioplynovych_stanic/$FILE/OOO-MP_BPS-20090203.pdf), 29.2.2012

[44] Platný <http://cz.bioconstruct.com/technologie.html?PHPSESSID=db5877453debbd38522bb1ef99ddef5>, 1.3.2012

[45] Platný <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/odborne-stanovisko-sekce-bioplyn-k-problematice-zapachu-z-bioplynovych-stanic>, 3.3.2012

[46] RICHTER, R., HLUŠEK, J., RYANT, P., LOŠÁK, T.: Organická hnojiva a jejich postavení v praxi. Dostupné na [www:](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/pdf/org_hnojiva_uroda02.pdf)
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/pdf/org_hnojiva_uroda02.pdf, 25.11.2011

[47] Platný <http://opr.zf.jcu.cz/docs/predmety/Lukarstvi-a-pastvinarstvi-f868e98de8.doc>, 20.1.2012

[48] KOS M: Využití travní senáže v zemědělských bioplynových stanicích.

Dostupný na [www:](http://www.energeticky.cz/73-vyuziti-travni-senaze-v-zemedelskych-bioplynovych-stanicich.html)

<http://www.energeticky.cz/73-vyuziti-travni-senaze-v-zemedelskych-bioplynovych-stanicich.html>, 20.1.2012

[49] JAMBOR V.: Co ovlivňuje výrobu kvalitní kukuřičné siláže pro vysokoprodukční dojnice. NutriVet s. r. o., Pohořelice, 2010

Dostupný z [www:](http://www.nutrivet.cz/nutrivet/clanky/1.doc) www.nutrivet.cz/nutrivet/clanky/1.doc, 20.1.2012

[50] PROCHÁZKA J., DOHÁNYOS M., KAJAN M., DIVIŠ J.: Produkce bioplynu z kukuřice, 2012.

Dostupný z [www:](http://www.czba.cz/index.php?art=clanky&parent=odborne-clanky&nid=produkce-bioplynu-z-kukurice) <http://www.czba.cz/index.php?art=clanky&parent=odborne-clanky&nid=produkce-bioplynu-z-kukurice>, 20.1.2012

[51] Platný <http://www.czba.cz/bioplyn/>, 20.1.2012

[52] Platný <http://www.cenia.cz/eia>, 10.1.2012

[53] Platný <http://www.biom.cz>, 10.1.2012

[54] Podklady poskytnuty od Ing. Hany Hricové – ředitelky RAK JK

[55] Podklady poskytnuty od Ing. Jiří Neuwirtha - vedoucího pobočky SEVEn Energy s.r.o. Č. Budějovice

[56] Platný http://redubar.eu/system/files/Bioplyn_2008_Cermakova_Tenkrat_Prokes.pdf, 12.3.2012

[57] Podklady poskytnuty od Ing. Davida Löbla – energetického auditora pobočky SEVEn Energy s.r.o. Č. Budějovice

[58] Platný <http://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/7240-obnovitelne-zdroje-indikativni-cil-8-elekriny-v-roce-2010-splnen>, 26.3.2012

9 PŘÍLOHY

Obr. č. 6: BPS Žabovřesky zdroj vlastní



Obr. č. 7: BPS Žabovřesky zdroj vlastní



Obr. č. 8: BPS Olešník zdroj vlastní



