



Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i.
Drnovská 507
161 01 Praha 6 Ruzyně

VÝROBA A VYUŽITÍ BIOPLYNU V ZEMĚDĚLSTVÍ

Zpracováno s podporou
Ministerstva zemědělství



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

Metodika byla vytvořena v podpůrném programu 9.F.g.
Metodická činnost k podpoře
zemědělského poradenského systému,
Ministerstva zemědělství ČR.



**Ve spolupráci a
s finanční podporou**

Ministerstva zemědělství ČR

VÝROBA A VYUŽITÍ BIOPLYNU V ZEMĚDĚLSTVÍ

Praha listopad 2007

Zpracoval tým autorů:

Ing. Jaroslav Kára, CSc.
Ing. Zdeněk Pastorek, CSc.
Ing. Evžen Příbyl

a
spolupracovníků

Ing. Irena Hanzlíková, Ing. David Andert, CSc., Bc. Ilona Gerndtová,
Ing. Petr Hutla, CSc., Pavla Měkotová, Ing. Zdeněk Abrham, CSc., Ing. Oldřich Mužik,
Ing. Josef Hlinka, Ing. Jiří Bradna

V publikaci jsou využity výsledky výzkumných prací z projektů v oboru obnovitelných zdrojů energie a zejména bioplynu, které se řešily ve VÚZT, v.v.i., „QF3160 Výzkum nových technologických postupů pro efektivnější využití zemědělských a potravinářských odpadů“, „QG50039 Zpracování konfiskátů a dalších odpadů bioplynovým procesem“ a výzkumného záměru VÚZT, v.v.i. MZE 0002703101. Zároveň bylo využito bohatých zkušeností našich zahraničních partnerů, zejména ze SRN, Rakouska a Švýcarska. Autoři se snažili jednoduchým způsobem uvést do široké problematiky bioplynových stanic, tak aby praktici měli orientační vodítko co je možné od bioplynové stanice očekávat v zemědělském podniku, nebo při zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů v obcích.

Metodika byla vytvořena v podpůrném programu „9.F.g. Metodická činnost k podpoře zemědělského poradenského systému Ministerstva zemědělství ČR.“

Název publikace: VÝROBA A VYUŽITÍ BIOPLYNU V ZEMĚDĚLSTVÍ

Odpovědný redaktor: Ing. Jaroslav Kára, CSc.

Text metodiky neprošel jazykovou úpravou

Vydal a vyrobil VÚZT, v.v.i. Praha – Ruzyně, Drnovská 507 PSČ 161 01

Vydání 1.

Počet stránek: 117

Náklad tisku: 67 ks

Druh vazby: brožovaná

Praha 2007

ISBN 978-80-86884-28-8

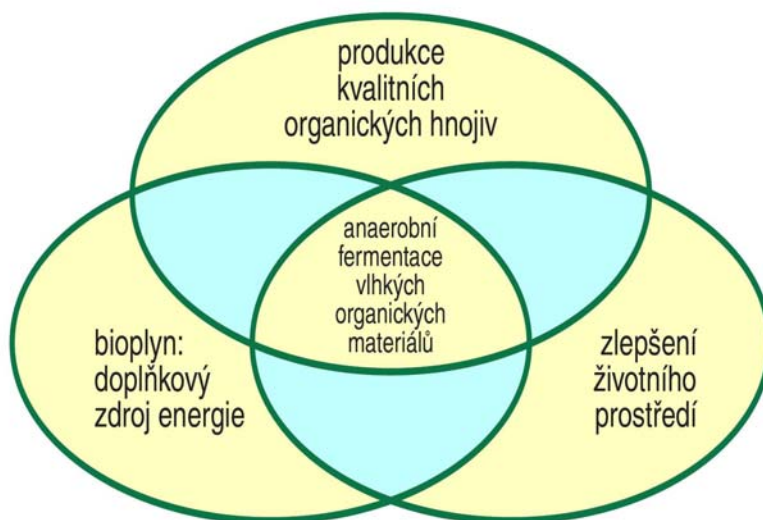
Obsah:

1.1	Základní poznatky o bioplynu	1
	Jak vniká bioplyn	3
	Obecná charakteristika materiálu vhodného pro anaerobní fermentaci	9
	Charakteristika bioplynu	11
	Vlastnosti bioplynu a jeho složení	12
2.2	Zařízení na výrobu bioplynu	17
	Rozdělení zařízení na výrobu bioplynu	17
	Struktura hlavních prvků strojní bioplynové linky	18
	Anaerobní reaktory na tekutý materiál	19
	Technologie na výrobu bioplynu z tekutých materiálů	19
	Technologie na výrobu bioplynu z tuhých materiálů	24
	Zemědělské bioplynové stanice	30
	Vývoj konstrukce zemědělských bioplynových stanic	35
	Zvláštnosti zpracování zelené biomasy	38
	Bioplyn ze skládek komunálních odpadů	44
	Biologicky rozložitelný komunální odpad a jeho zpracování	46
	Systémy BPS na zpracování TKO	47
3.	Zpracování, skladování a využití bioplynu – plynová koncovka BPS	55
3.1	Využití bioplynu k energetickým účelům	57
	Pohon mobilních energetických prostředků	62
	Podmínky úpravy bioplynu	64
4.	Legislativní a ekom. omezení výstavby BPS	69
4.1	Legislativní předpisy	69
	Hierarchie právních a technických norem a předpisů v ČR	70
	Hlavní zásady používání digestátu a statkových hnojiv	80
4.2	Zásady ekonomického hodnocení BPS	82
	Dimenzování BPS s kofermentací	84
5.	Referenční zařízení pro využití bioplynu	89
5.1	Aktuální situace ve využívání bioplynu v zemědělství v ČR	89
5.2	Příklady realizací	92
	Kněžice	92
	Alteno, SRN	98
	Využití skládkového plynu kog. jednotkou – TKO Úholičky	106
	Kog. jednotka CAT 1000 na skládkový plyn – Teplárna TEDOM Letňany	112
	Literatura	113

1.1. Základní poznatky o bioplynu

Jaké jsou hlavní důvody pro využití anaerobní fermentace organických materiálů v zemědělství, komunálním hospodářství a na venkově, které jsou příčinou zájmu o tuto již dlouho známou technologii?

Existují tři hlavní důvody pro využití anaerobní fermentace organických materiálů pocházejících ze zemědělství, lesnictví, komunálního hospodářství a venkovské krajiny (obr. 1.1).



Obr. 1.1: Význam anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů

Produkce kvalitních organických hnojiv

Tento důvod je významný především pro zemědělské podniky. Pokud zpracovávají vlastní organický materiál a vyprodukované hnojivo využívají ve vlastním podniku a neuvádějí je na trh, nemusí se řídit legislativními ustanoveními zákona č. 156/1998 Sb. o hnojivech ve znění pozdějších předpisů týkajícími se povinnosti registrovat hnojiva uváděná na trh. To samozřejmě neplatí pro podnikatele, který soustřeďuje odpady, anaerobní fermentací je zpracovává a hnojivo uvádí na trh.

Získání doplňkového zdroje energie

Nejvýhodnější variantou se jeví využít bioplyn pro své vlastní potřeby buď přímo pro ohřev teplé užitkové vody, nebo lépe pomocí kogenerační jednotky vyrobit teplou užitkovou vodu a elektrickou energii, příp. chlad. Využití médií pro vlastní spotřebu je nejvýhodnější variantou ze všech možných, protože výkupní ceny zvláště elektrické energie dodávané do distribuční sítě jsou stále relativně nízké, i když se situace zlepšila cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu, který stanovil minimální sazby výkupních cen elektřiny z obnovitelných zdrojů (v roce 2007 pro bioplyn $3,04 \text{ Kč.kWh}_e^{-1}$).

Zlepšení pracovního a životního prostředí

Tento faktor bude mít stále větší motivační význam při rozhodování o výstavbě bioplynových stanic. Příčinou je stále se stupňující tlak ekologické legislativy, ať už se jedná o inovace zákona o odpadech, nebo zákon o IPPC, neboli o integrované prevenci před znečištěním ovzduší a registraci znečišťovatelů. Změny obou legislativních norem jsou v kompetenci MŽP.

Energetické využití biomasy (včetně výroby bioplynu z ní) má příznivý vliv na omezení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Při produkci biomasy je oxid uhličitý spotřebován při fotosyntéze a následně uvolněn při energetickém využití biomasy zpět do atmosféry. Tím se uzavírá časově krátký koloběh CO_2 .

Jak vzniká bioplyn [9; 10; 20; 26]

Biologický rozklad organických látek je složitý vícestupňový proces, na jehož konci působením metanogenních acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů vzniká bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou plynných složek, metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada dalších procesních a materiálových parametrů, například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, číslo pH neboli kyselost materiálu, anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd.

Anaerobní mikroorganismy produkující metan (metanogeny) jsou považovány za jedny z nejstarších živých organismů na naší planetě. Kyslík i v sebemenší koncentraci je pro ně totéž jako prudký jed pro živé organismy. Jejich přizpůsobivost umožnila přežití i poté, co se v atmosféře Země začal objevovat kyslík. Jejich těsná symbióza s jinými aerobními organismy, které jim zajišťují energetický zdroj a anaerobní (bezokyslíkaté) prostředí,

umožnila jejich přežití po mnoho milionů let až do dnešní doby. Všudypřítomné metanogenní kultury proto v přírodě nalézáme zásadně ve směsných kulturách nikoliv v čistém stavu.

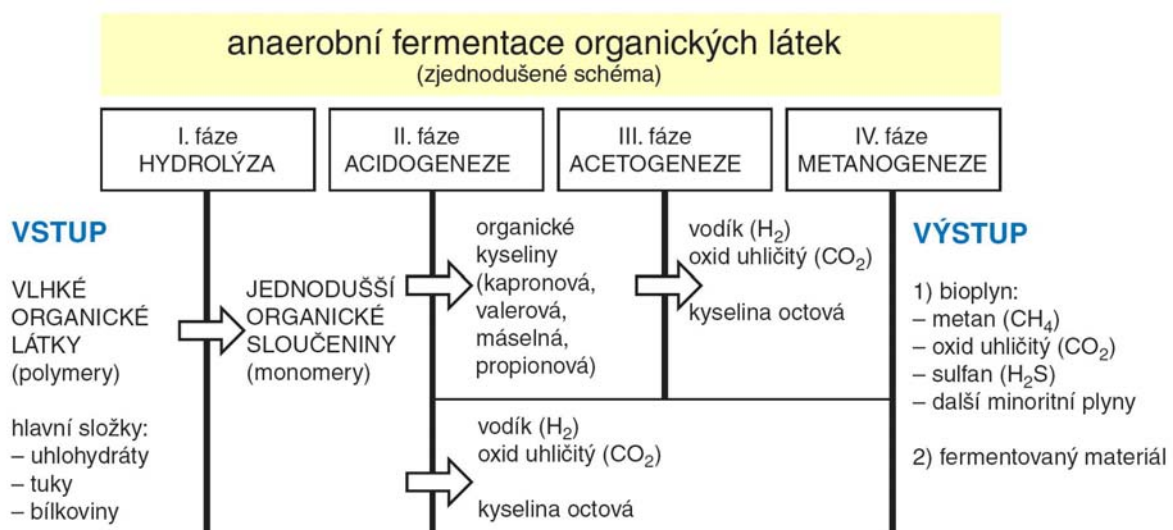
Biologický rozklad organických látek v anaerobních podmínkách je proces, který se nazývá metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace, biochemická konverze organické látky. Tento proces probíhá v přírodě za určitých podmínek samovolně nebo je vyvolán záměrně pomocí biotechnických zařízení. Výsledkem metanové fermentace je vždy směs plynů a fermentovaný zbytek organické látky. Pro tuto směs plynů, obsahujících vždy dva majoritní plyny (metan CH_4 a oxid uhličitý CO_2) a v praxi početnou, avšak objemově zanedbatelnou řadu minoritních plynů, se ustálily různé názvy podle jejich původu nebo místa vzniku. Tak rozeznáváme:

- 1) Zemní plyn - vznikl anaerobním rozkladem biomasy nahromaděné v dávných dobách; je energeticky nejhodnotnější, obsahuje 98 % metanu. Je klasifikován jako neobnovitelný zdroj energie.
- 2) Důlní plyn - původ jeho vzniku je obdobný jako u zemního plynu. Energetické využití má omezené jen na vhodné lokality, pro svoji výbušnost ve směsi se vzduchem resp. kyslíkem je velmi nebezpečnou příčinou důlních, ale i povrchových havárií.
- 3) Kalový plyn - vzniká anaerobním rozkladem organických usazenin v přírodních i umělých nádržích, uvolňuje se ze dna oceánů, moří, jezer, močálů, rybníků, které se pravidelně nečistí, ale i v biologickém stupni čištění odpadních vod, rýžovištích, rašeliništích. Intenzita jeho vývinu i chemické složení jsou značně variabilní. Je to způsobeno variabilitou procesních podmínek, za kterých vzniká.
- 4) Skládkový plyn - většina skládek komunálního odpadu obsahuje 20 – 60 % organických materiálů, ze kterých může za vhodných podmínek anaerobní fermentací vznikat po mnoho let skládkový plyn s velmi proměnlivým složením. Jeho povrchové výrony jsou velmi nebezpečné, proto je žádoucí skládkové plyny získané při odplynění skládek komunálního odpadu využít k energetickým účelům nebo likvidovat bezpečnostním hořákem.
- 5) Bioplyn - obecně lze tento název použít pro všechny druhy plyných směsí, které vznikly činností mikroorganismů. Tím je vyjádřeno, že všechny druhy bioplynů anaerobního původu vznikají principiálně stejným

způsobem ať probíhá metanogenní proces pod povrchem země, v zažívacím traktu živočichů, zvláště přežvýkavců, ve skládkách komunálních odpadů, v lagunách nebo v řízených anaerobních reaktorech. V technické praxi se ustálilo použití názvu bioplyn pro plynnou směs vzniklou anaerobní fermentací vlhkých organických látek v umělých technických zařízeních (reaktorech, digestorech, lagunách se zařízením na jímání bioplynu, atd.).

Co si představujeme pod pojmem „anaerobní fermentace“ [7; 8; 9; 10; 11; 12; 19; 26]

Jedná se o velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Metanogeneze je pouze konečná fáze biochemické konverze biomasy v anaerobních podmínkách na bioplyn a zbytkový fermentovaný materiál.



Obr. 1.2: Zjednodušené schéma anaerobní fermentace

Pro snazší vysvětlení celého procesu použijeme velmi zjednodušené schéma anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů (obr. 1.2) rozdělujícího proces do čtyř základních fází.

I. fáze – HYDROLÝZA – začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti nad 50 % hmotnostního podílu. Hydrolytické mikroorganismy ještě nevyžadují

striktně bezkyslíkaté prostředí. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy, ...) na jednodušší organické látky (monomery).

II. fáze – ACIDOGENEZE – zpracovávaný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, v této fázi však dojde definitivně k vytvoření anaerobního (bezkyslíkatého) prostředí. Zajistí to četné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích.

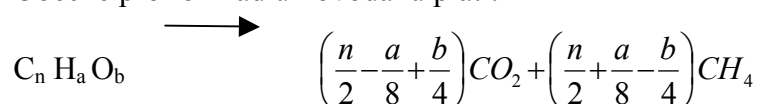
Vznik CO_2 , H_2 a CH_3COOH umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy).

III. fáze – ACETOGENEZE – je někdy označována jako mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou (CH_3COOH), vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).

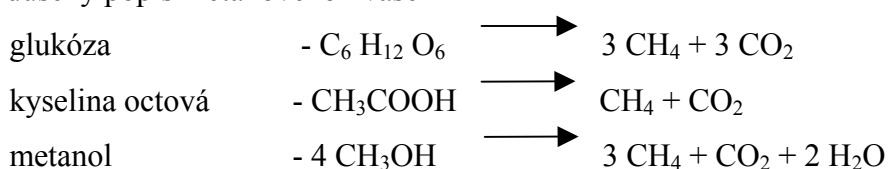
IV. fáze – METANOGENEZE – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou (CH_3COOH) na metan CH_4 a oxid uhličitý CO_2 , hydrogenotrofní bakterie produkují metan CH_4 z vodíku H_2 a oxidu uhličitého CO_2 . Určité kmeny metanogenních bakterií se chovají jako obojetné.

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 zbylé tři fáze. Tomu je třeba přizpůsobit konstrukci bioplynových technologických systémů a dávkování surového materiálu jinak hrozí přetížení fermentoru se všemi nepříznivými důsledky.

Obecně pro rozklad uhlovodanů platí:

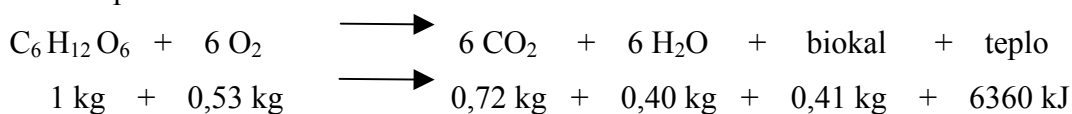


Zjednodušený popis metanového kvašení

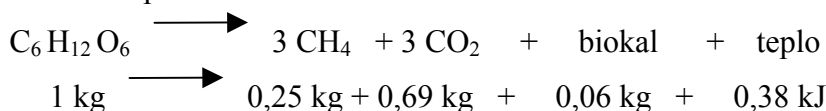


Rozdíl mezi anaerobním a aerobním procesem je zřejmý z modelového příkladu rozkladu glukózy:

aerobní proces



anaerobní proces



Při aerobním procesu zůstává významné množství stabilizovaného substrátu (např. kompost), který se intenzívně sám zahřívá.

V anaerobním procesu se odbourává velký podíl organické sušiny, materiál se sám prakticky zahřívá velmi málo, získáváme však bioplyn jako doplňkový zdroj energie.

Podle složení substrátu se vytvářejí vhodné podmínky pro množení určitých kmenů bakterií způsobujících rozklad organické látky. Množství mikroorganismů odpovídá jejich růstové křivce, na níž lze sledovat 6 fází:

1. *Lagová fáze* – mikroorganismy se postupně adaptují na dané podmínky.
2. *Fáze zrychleného růstu* – částečně přizpůsobené mikroorganismy se začínají množit.
3. *Fáze exponenciálního růstu* – zcela přizpůsobené mikroorganismy se silně množí, protože mají dostatečné množství živin.
4. *Fáze zpomaleného růstu* – rychlost růstu mikroorganismů se zpomaluje.
5. *Stacionární fáze* - vlivem počínajícího nedostatku živin je počet vznikajících a umírajících mikroorganismů v rovnováze.
6. *Fáze poklesu* – absolutní nedostatek živin způsobuje postupné odumírání a rozklad mikroorganismů.

Pro urychlení náběhu fermentačního procesu se využívá očkovací látky (inokulum) z fermentoru v ustáleném provozním stavu nebo se používají sušené stimulatory obsahující metanogeny v inaktivovaném stavu.

Z jakých materiálů se bioplyn tvoří

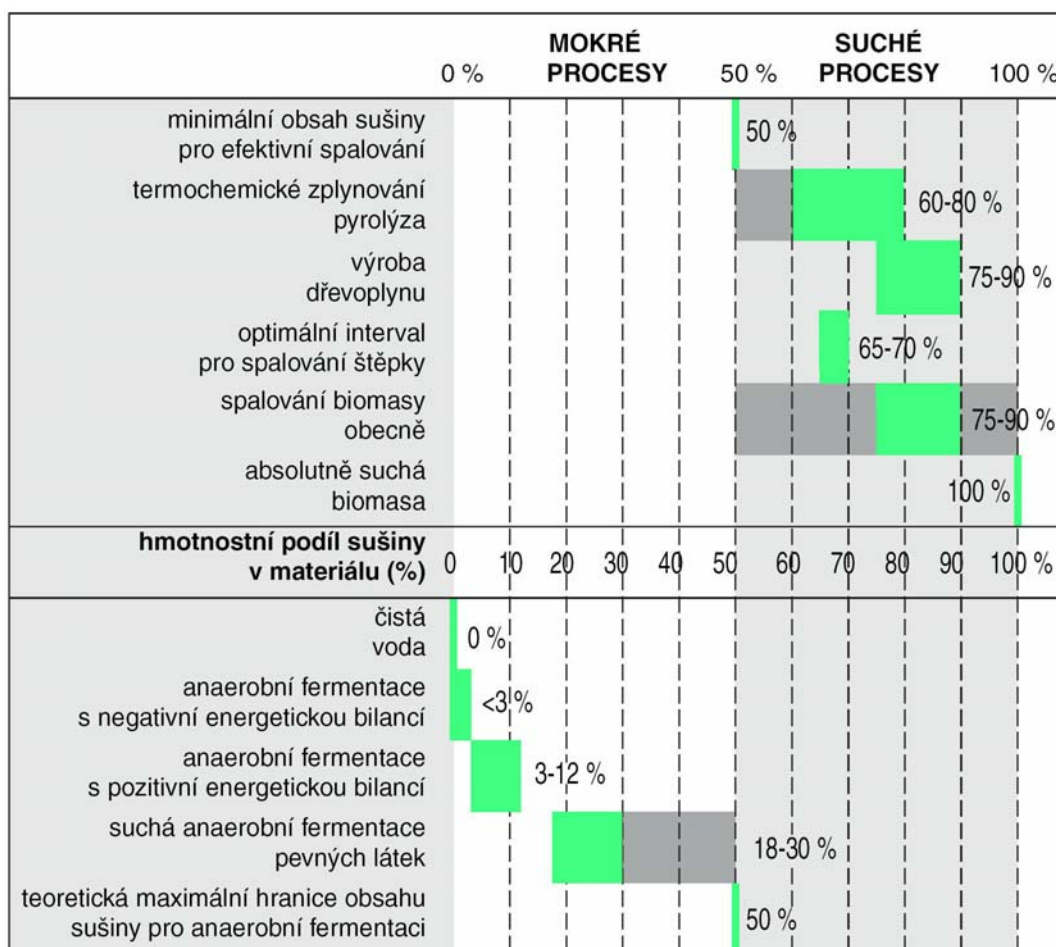
Biomasa je obecný pojem pro materiál vhodný pro využití k energetickým účelům formou metanogenní fermentace. Za biomasu je v užším pojetí považována organická hmota rostlinného původu vznikající na bázi fotosyntetické konverze sluneční energie [7]. Pod

pojmem biomasa si však můžeme představit substanci biologického původu, která zahrnuje rostlinnou biomasu (fytomasu) pěstovanou na půdě, hydroponicky nebo ve vodě, živočišnou biomasu, vedlejší organické produkty a organické odpady [8; 45]. Bioplyn lze získávat prakticky ze všech druhů biomasy (kromě fytomasy s převládajícím podílem celulózy a ligninu).

U běžných organických substrátů podrobených metanogenní fermentaci se metan získává rozkladem polysacharidů, lipidů a proteinů. Při rozkladu jinak dobře rozložitelných proteinů (bílkovin) se do bioplynu uvolňují sirnaté složky (např. sulfan – H_2S), které je před konečným využitím bioplynu nutno v některých případech odstranit. Rozkladem lipidů (tuků) je možno dosáhnout nejlepší výtěžnosti, bohužel jejich podíl ve fermentovaném materiálu nebývá vysoký. Rozklad polysacharidů zvláště obsažených ve fytomase bývá hlavním zdrojem látek pro tvorbu metanu. Jedna z hlavních stavebních látek fytomasy - lignin – je z hlediska metanogeneze balastním materiálem a tvorby metanu se prakticky neúčastní, pokud není fyzikálně chemickými procesy předem zpracována.

Obecná charakteristika materiálu vhodného pro anaerobní fermentaci:

- Nízký obsah anorganického podílu (popelovin).
- Organický materiál s vysokým podílem biologicky rozložitelných látek (zpravidla se zpracovávají homogenizované směsi materiálů) (obr. 1.3).



Obr. 1.3: Materiály vhodné pro anaerobní zpracování [45]

- Optimální obsah sušiny pro zpracování pevných odpadů je 22 – 25 %, v případě tekutých odpadů 8 – 14 %. Tekuté odpady s obsahem sušiny menším než 3 % jsou zpracovávány anaerobní fermentací s negativní energetickou bilancí (proces je udržován na požadované provozní teplotě za předpokladu dodávky doplňkového tepla z externího zdroje). Pozitivní energetická bilance je dosahována zpravidla až při sušině tekutých odpadů vyšší než 3 - 5 %. Horní hranici optimálního obsahu sušiny tekutého odpadu tvoří vždy mez čerpatelnosti materiálu. Absolutní hranice obsahu sušiny, při které ještě probíhá anaerobní fermentace, je 50 %. Heterogenní vlhkostní pole v pevném organickém materiálu

způsobuje, že v praktickém provozu je metanogeneze tlumena postupně a nikoliv rázově. To je velmi významný faktor mající význam především při zpracování velkých objemů materiálů jako například skládek komunálních odpadů.

- Významným faktorem ovlivňujícím metanogenní fermentaci je číslo pH (kyselost nebo zásaditost) materiálu. Za optimální hodnotu pH na vstupu do procesu se považuje interval blízký neutrální hodnotě $\text{pH} = 7 \div 7,8$. V průběhu procesu se tento parametr mění. Na začátku převažuje aktivita acidogenů a číslo pH může poklesnout na $4 \div 6$. Při hodnotách pH substrátu menších než 5 se mohou začít objevovat inhibiční účinky na některé kmeny metanogenů. Dojde-li však za příznivých podmínek k jejich rozvoji, zvýší svojí aktivitou číslo pH substrátu až na neutrální hodnotu $\text{pH} = 7$. Některé kmeny metanogenů jsou schopny se rozvíjet i v silně alkalickém prostředí ($\text{pH} = 8 \div 9$). V praxi se optimální hodnota pH materiálu na vstupu do procesu upravuje homogenizací směsných materiálů nebo alkalickými přísadami.
- Významným parametrem pro hodnocení vhodnosti materiálů pro anaerobní fermentaci je poměr uhlíkatých a dusíkatých látek. Za optimální se považuje pásmo kolem $30 : 1$. Vysoký obsah dusíkatých látek se může projevit negativně na složení bioplynu (obsahuje minoritní obsah plynů jako například amoniaku NH_3 , oxidu dusného N_2O , ...). Mezi materiály s vysokým obsahem N patří exkrementy všech druhů hospodářských zvířat, opačný extrém (vysoký obsah C) tvoří materiály rostlinného původu. V praxi se optimálního poměru C : N dosahuje míšením různých materiálů.
- Vhodnost materiálu pro anaerobní fermentaci může být významně narušena nežádoucími příměsemi. Jedná se zpravidla o látky potlačující mikrobiální rozvoj, především o všechny druhy antibiotik používaných jako léčiva pro zvířata, nebo preventivně jako součást krmných směsí pro drůbež. Do pracovního prostoru reaktorů bychom neměli dávat ani materiály, které jsou již ve hnilobném rozkladu.
- Vhodnost materiálu pro anaerobní fermentaci může být narušena jeho předchozím zpracováním nebo manipulací. Dlouhodobým skladováním materiálu, při kterém proběhne proces aerobní fermentace (kompostování), nebo fyzikálně-mechanickými účinky na materiál (například při potrubní dopravě slámnaté chlévské mrvy, atd.) se může narušit následný proces anaerobního zpracování takového „studeného“ materiálu.

Tab. 1.1: Poměr C : N v některých materiálech

<i>Druh materiálu</i>	<i>C : N</i>
<i>kůra</i>	120 : 1
<i>piliny</i>	500 : 1
<i>papír, karton</i>	350 ÷ 1000 : 1
<i>odpad z kuchyně</i>	12 ÷ 20 : 1
<i>odpad ze zeleniny</i>	13 : 1
<i>posečená tráva</i>	12 ÷ 25 : 1
<i>odpad ze zahrad</i>	20 ÷ 60 : 1
<i>listí</i>	30 ÷ 60 : 1
<i>dřevěné štěpky</i>	100 ÷ 150 : 1
<i>drůbeží trus</i>	10 : 1
<i>močůvka</i>	2 : 1
<i>kejda skotu</i>	10 : 1
<i>sláma obilná</i>	60 ÷ 100 : 1

Charakteristika bioplynu [1; 8; 9; 22]

Princip vzniku bioplynu je ve všech popisovaných případech (zemní plyn, důlní plyn, kalový plyn, skládkový plyn, reaktorový plyn) stejný. Jeho fyzikální a chemické vlastnosti však závisí na materiálových a procesních parametrech. V ideálním případě by bioplyn obsahoval pouze dva majoritní plyny, a to metan (CH₄) a oxid uhličitý (CO₂). Koncentrace metanu se obvykle pohybuje od 50 do 75 %. V ideálním případě jej doplní 25 – 50 % oxidu uhličitého. V praxi je však surový bioplyn tvořen příměsí dalších minoritních plynů, které mohou signalizovat přítomnost některých chemických prvků v materiálu nebo poruch průběhu anaerobní fermentace.

Vysoký obsah oxidu uhličitého (CO₂) znamená, že nebyly vytvořeny optimální podmínky pro anaerobní fermentaci. Přítomnost volného kyslíku (O₂) s výjimkou počáteční fáze procesu může být zapříčiněna zavzdušňováním pracovního prostoru. Tento stav je nežádoucí z bezpečnostního hlediska tvorby výbušné směsi metanu se vzdušným kyslíkem. V bioplynu se mohou objevit stopy argonu, který je vzdušného původu, amoniaku a oxidu dusného. V případě komunálního odpadu se mohou v bioplynu ze skládky objevit stopy dalších nežádoucích příměsí (například halogenuhlovodíků a jejich derivátů, atd.). Objeví-li

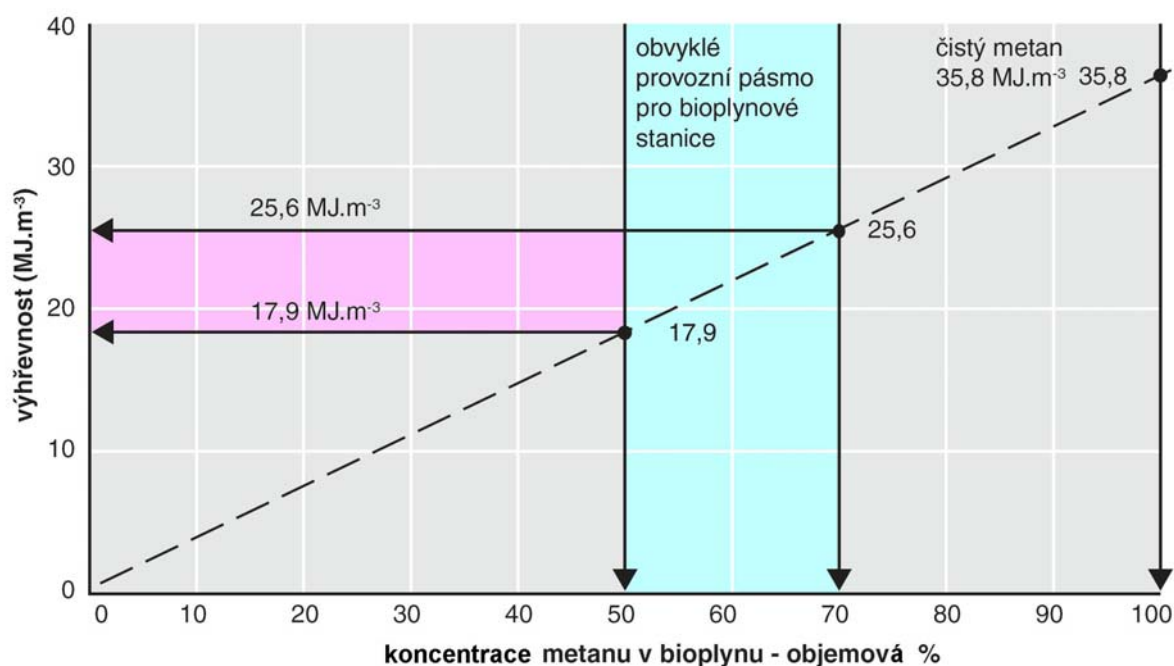
se v bioplynu stopy vodíku (H_2), není to na závadu jeho energetické kvality, ale svědčí to o narušení rovnováhy mezi průběhem acidogenní a metanogenní fáze, způsobené nadměrnou zátěží reaktoru surovým materiálem a nebo dochází z různých důvodů k inhibičním účinkům potlačujícím rozvoj metanogenních organismů. Stopy oxidu uhelnatého (CO) mohou indikovat lokální vznik ložisek požáru při suché anaerobní fermentaci. Tato nebezpečná situace se vyskytuje především na skládkách komunálních odpadů, nikoliv v reaktorech. Velmi významným minoritním plynem v bioplynu je v některých případech sulfan (H_2S) pocházející zpravidla z biochemických procesů při rozkladu proteinů (bílkovin). Obsah sulfanu (H_2S) v bioplynu je velmi proměnlivý. Při zpracování exkrementů z chovu skotu je jeho obsah zanedbatelný, u exkrementů prasat a drůbeže je naopak velmi vysoký, což působí potíže při následném konečném využití bioplynu (tab. 1.2).

Tab. 1.2: Obsah sulfanu v bioplynu z různých odpadů [9]

<i>Druh zpracovávaného materiálu</i>	<i>Obsah H_2S [$mg.m^{-3}$]</i>
<i>dřevní odpad, papír, celulóza, škrob, rostlinná hmota</i>	do 80
<i>kaly z městských ČOV</i>	50 – 300
<i>živočišné odpady z chovu skotu</i>	50 – 600
<i>živočišné odpady z chovu prasat nebo drůbeže, potravinářské odpady</i>	500 - 6000

Vlastnosti bioplynu a jeho složení (obr. 1.4)

Výhřevnost: Hodnota výhřevnosti bioplynu je určena majoritním obsahem metanu (CH_4) (obr. 1.4). Ostatní minoritní plyny v bioplynu (H_2 , H_2S ,...) mají prakticky zanedbatelný energetický význam. 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. Zápalná teplota bioplynu je určena stejnou hodnotou pro metan, tj. 650 – 750 °C. Velmi důležitá je hodnota hustoty metanu a bioplynu s 60 % podílem CH_4 . Bioplyn je těžší než vzduch a vytváří pro živočichy i člověka smrtelně nebezpečné prostředí v reaktorových nádobách, v prohlubeninách u skládek a podobně. Po separaci obou hlavních složek bioplynu (kterou zpravidla naruší termodifuze), klesá oxid uhličitý (CO_2) dolů.



Obr. 1.4: Výhřevnost bioplynu v závislosti na koncentraci metanu [8]

Požárně technické charakteristiky a ostatní technické údaje a vlastnosti metanu jsou uvedeny podrobně v literatuře [23]. Každý projektant a informativně i uživatel by se s nimi měl seznámit.

Základní technické údaje a vlastnosti metanu

(Požárně technická charakteristika – vyhl. MV č. 21/1996)

1. Teplota vznícení	537 °C
2. Teplotní třída	T 1
3. Mez výbušnosti	4,4 – 17 % objem. 29 – 113 mg.l ⁻¹
4. Skupina výbušnosti	II A
5. Mezní experim. bezpečná spára	1,14 mm
6. Relativní hustota (ve vztahu ke vzduchu)	0,55
Výhřevnost objemová (ref. teplota spal. 15 °C ref. podm. měření objemu 15 °C, 101, 325 kPa)	34,016 MJ.m ⁻³

Vybrané fyzikální vlastnosti metanu:	
1. Průměr molekuly	$4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
2. Molární hmotnost	$16,043 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
3. Relativní molekulová hmotnost	16,043
4. Reálný molární objem	$22,3518 \text{ m}^3 \cdot \text{kmol}^{-1}$
5. Hustota plynu (-161,52 °C; 101,325 kPa)	$1,819 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
6. Hustota plynu (15 °C; 101,325 kPa)	$0,7049 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
7. Kritický tlak	45,96 bar
8. Kritická teplota	190,53 K
9. Kritický měrný objem	$0,0061 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$
10. Trojný bod - teplota	90,68 K
- tlak	0,117 bar
- skupenské teplo tání	$58,720 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
11. Bod varu	- 161,52 °C
12. Skupenské teplo varu (-161,52 °C; 101,325 kPa)	$510,20 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
13. Množství plynu z 1 m ³ kapaliny (15 °C, 1 bar)	630 m^3
14. Výhřevnost (ref. teplota spal. 15 °C, tlak 101,325 kPa)	
objemová	$34,016 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$
molární	$802,69 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
15. Spalné teplo (ref. teplota spal. 15 °C, tlak 101,325 kPa)	
objemové	$37,782 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$
molární	$891,56 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
16. Měrná tepelná kapacita c_p ideálního plynu	$2,195 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
17. Měrná tepelná kapacita c_v ideálního plynu	$1,686 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
18. Poměr $c_p : c_v$ ideálního plynu (15 °C, tlak 101,325 kPa)	1,301
19. Mez výbušnosti směsi s kyslíkem	555 °C

20. Minimální zápalná energie (vzduch +8,5 % CH ₄)	0,28 mJ
21. Koncentrace s nejvyšším nebezpečím vznícení	8,2% objem.
22. Teor. množství spal. vzduchu (vzd.: real. plyn)	9,563 m ³ .m ⁻³ 17,233 kg.kg ⁻¹
23. Stechiometrické spalování směsi s kyslíkem (20 °C; 101,325 kPa) teplota plamene max. spal. rychlost	2810 °C 3,9 m.s ⁻¹
24. Stechiometrické spalování směsi se vzdu- chem (20 °C; 101,325 kPa) teplota plamene max. spal. rychlost	1957 °C 0,4 m.s ⁻¹
25. Wobbého číslo ideálního plynu (0 °C; 101,325 kPa)	53,3781 MJ.m ⁻³
26. Wobbého číslo reálného plynu (0 °C; 101,325 kPa)	53,4568 MJ.m ⁻³

Tyto a další údaje a závislosti fyzikálních veličin metanu jsou podrobně uvedeny v literatuře [23; 24; 25].

Tab.1.3: Srovnání fyzikálních, chemických a spalovacích vlastností metanu a jiných plynů [23; 25]

Plyn	Hustota	Poměrná hustota	Spalné teplo	Výhřevnost	Stech. objem (m ³ .m ⁻³)	
	ρ _n (kg.m ⁻³)	$d = \frac{\rho_n}{1,293}$	(MJ.m ⁻³)	(MJ.m ⁻³)	kyslík	vzduch
Metan CH ₄	0,7175	0,5549	39,819	35,883	2,003	9,561
Etan C ₂ H ₆	1,355	1,048	70,293	64,245	3,532	16,859
Propan C ₃ H ₈	2,011	1,555	101,242	93,215	5,106	24,372
Butan C ₄ H ₁₀	2,708	2,094	134,061	123,810	6,782	32,372
Pentan C ₅ H ₁₂	3,452	2,67	169,190	156,56,	8,574	40,926
Vodík H ₂	0,08988	0,0695	12,745	10,783	0,499	2,383
Oxid uhelnatý CO	1,250	0,9667	12,633	12,633	0,500	2,386
Oxid uhličitý CO ₂	1,977	1,529				
Kyslík O ₂	1,429	1,105				
Dusík N ₂	1,2505	0,967				
Vodní pára H ₂ O	0,804	0,66				
Sulfan H ₂ S	1,54	1,191	22,8	22,8		
Bioplyn 60 % CH ₄	1,2	0,928	21,53	21,53		5,71

2.2 Zařízení na výrobu bioplynu

Rozdělení zařízení na výrobu bioplynu

Rozdělení bioplynových technologií podle dávkování surového materiálu

diskontinuální (s přerušovaným provozem, cyklické, dávkové,...)

doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru; používá se zvláště při suché fermentaci tuhých organických materiálů. Způsob manipulace s materiálem je náročný na obsluhu.

semikontinuální

doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru; je to nejpoužívanější způsob plnění fermentorů při zpracování tekutých organických materiálů; materiál se dávkuje 1x až 4x i vícekrát za den; materiál vstupující semikontinuálně do fermentoru má malý vliv na změnu pracovních parametrů fermentoru (teplota, homogenita); technologický proces lze snadno automatizovat; proces není náročný na obsluhu.

kontinuální

používá se při plnění fermentorů, které jsou určeny pro zpracování tekutých organických odpadů s velmi nízkým obsahem sušiny.

Rozdělení bioplynových technologií podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu:

Bioplynové technologie na zpracování tuhých materiálů

(vysokosušinnové s podílem sušiny 18 – 30 %; výjimečně až 50 %).

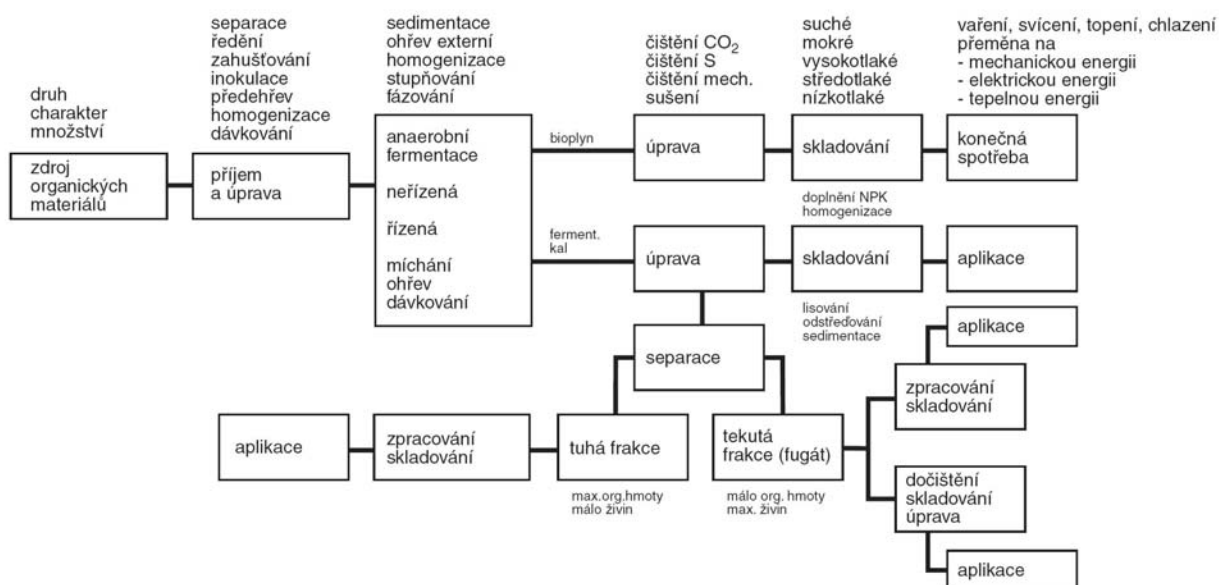
Bioplynové technologie na zpracování tekutých materiálů

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.

Schéma zařízení na výrobu bioplynu

Strojní linka (obr. 2.1) pro anaerobní fermentaci organických materiálů může mít mnoho variant podle toho, jaký materiál a jak je zpracováván před vstupem do hlavní části – fermentoru. Lišit se může i podle uspořádání bioplynové koncovky a hlavně podle uspořádání kalové koncovky včetně způsobu aplikace vyfermentovaných materiálů.



Obr. 2.1: Schéma zařízení na výrobu bioplynu [45]

Struktura hlavních prvků strojní bioplynové linky:

Zdroj organických materiálů – sběr a transport do příjmové nádrže musí s malými výkyvy odpovídat nominální výkonnosti strojní linky, před uskladněním v přijímací nádrži musí být evidován druh, charakter a množství materiálu a odebrány vzorky pro případ reklamací dodávek.

Příjem a úprava materiálu – skladovací nádrže mohou být vybaveny zařízeními:

- na separaci hrubých příměsí
- na ředění vodou
- zahušťování řídkého materiálu

inokulace neboli aktivace mikroflóry
předehřev materiálu
homogenizace
automatické dávkování do fermentoru.

Anaerobní reaktory na tekutý materiál.

Reaktor je nejdůležitější součástí 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. Podrobně bude popsáno dále.

Bioplynová koncovka obsahuje potrubí na dopravu bioplynu, bezpečnostní zařízení proti zpětnému zahoření plynu, dmychadlo, zásobník (plynojem), regulační a kontrolní prvky, zařízení na úpravu bioplynu (čištění od H₂O, CO₂, H₂S, mechanických nečistot atd.) a zařízení na konečné využití bioplynu, hořák zbytkového plynu.

Kalová koncovka sestává z armatur, dopravních čerpadel, homogenizátorů, skladů, separačních zařízení (spádové síto, šnekový lis, dekantér, rotační síto, pásový lis). Chemické čištění s biologickým stupněm je účelné tam, kde odvod tekutých frakcí končí v blízké vodoteči. Radikálně však narůstá celková pořizovací hodnota a je účelné, když toto čištění můžeme vypustit a substrát používat jako hnojivo.

Technologie na výrobu bioplynu z tekutých materiálů (mokrý fermentace)

Reaktor - fermentor

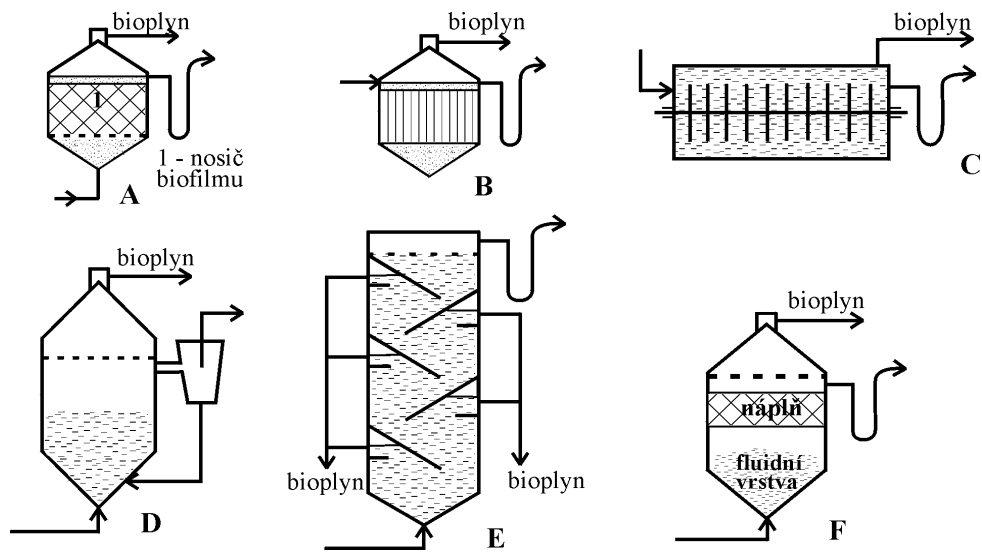
Reaktor je základní technologickou částí anaerobního procesu, zde se rozmnožují mikrobiální kultury. Hlavní podmínkou pro dobrou činnost bakterií je udržení stálé teploty na optimální úrovni. Zajištění požadované teploty je prováděno pomocí ohřevu substrátu přímo ve fermentoru nebo externě mimo fermentor. V prvním případě slouží jako topné médium horká voda přiváděná dovnitř reaktoru systémem zabudovaných topných hadů (kovových nebo plastových) kde dochází ke sdílení tepla. Tento systém se používá zejména u menších a středních nádrží. Druhou možností je provádění ohřevu externí cirkulací reaktorové směsi přes tepelné výměníky, do nichž je opět přiváděna topná voda. Tento způsob zároveň

umožňuje kvalitní míchání reaktorové směsi. Pro ohřev teplé vody se využívají horkovodní kotle na spalování bioplynu, nebo lépe kogenerační jednotky. U starších provozů se můžeme setkat s tzv. kombinovanými ohřivači, což je vlastně spojení kotle a výměníku do jedné jednotky. Nevýhodou těchto ohřivačů je jejich nízká tepelná účinnost. Konstrukce výměníků mohou být řešeny systémem trubka v trubici, výměníky deskové, šroubovicové nebo spirálové [9]. K cirkulaci kalu mezi reaktorem a výměníkem se používají kalová čerpadla. Reaktor musí být rovněž opatřen zařízením pro míchání kalu. To může být zabezpečeno pomocí čerpadla umístěného vně nádrže - při externím ohřevu, který je často kombinován s proplyňováním bioplynem, (obvykle proplyňování zajišťuje dmychadlo). Míchání stlačeným bioplynem je výhodné z hlediska snížení usazování písku na dně nádrže a tvorbě kalového koláče na povrchu hladiny kalu. Další možností je použití vrtulového míchadla - buď rychloběžného, nebo pomaloběžného s velkým průměrem míchací vrtule.

Anaerobní reaktorové systémy můžeme podle způsobu fixace reagující biomasy rozdělit na systémy „prázdné“ tedy reaktory v nichž je biomasa nesena na reagujícím substrátu, což je drtivá většina zemědělských bioplynových stanic. Tyto systémy patří mezi reaktory tzv. suspenzní, a kromě míchadel, topných systémů anebo usměrňovacích vestaveb není v reaktorech žádná výplň, na rozdíl od systémů, kde je biomasa fixována na náplních či vestavbách reaktorových nádob (obr. 2.2) [9].

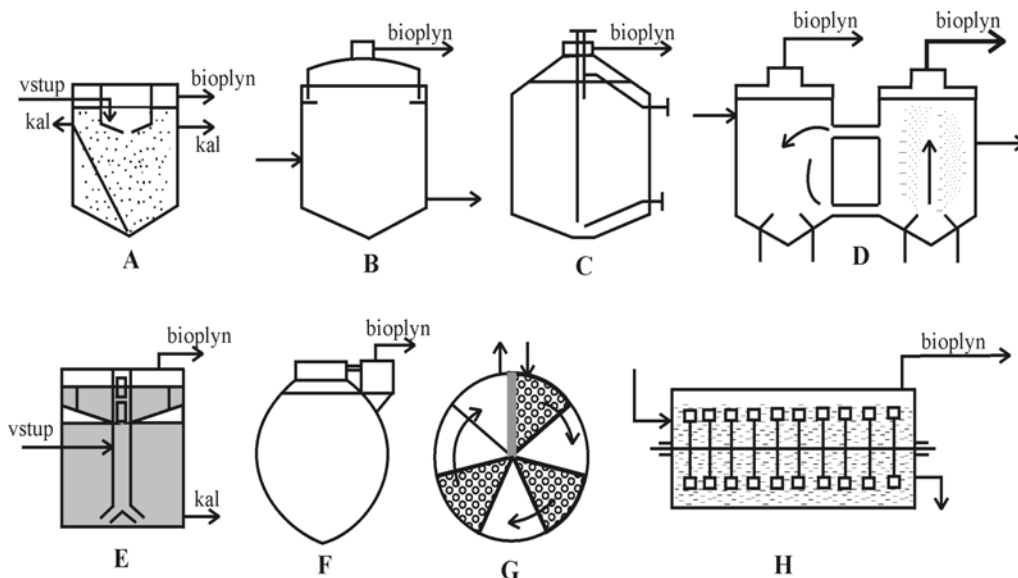
Reaktory v nichž je biomasa fixována na pevném nosiči anebo na výplních aparátů anebo je granulována a zdržuje se jako kalový mrak ve vznosu, dosahují vyšší zatížitelnosti oproti reaktorům „prázdným“, kde reagující biomasa je nesena zpracovávaným substrátem. Reaktorové systémy s fixovanou biomasou se používají více pro technologické zpracování odpadů v chemických a potravinářských technologiích (roztoky, koloidní roztoky, jemné suspenze), ale rovněž tak i v technologii čištění městských i průmyslových odpadních vod. Reaktory bezvýplňové s biomasou nesenou na substrátu jsou určeny především pro husté anebo nerovnoměrně granulované suspenze, které by ve fixovaných vrstvách a náplních nemohly být použity, neboť by docházelo k ucpávání reaktoru. Různé typy reaktorových nádrží pro anaerobní fermentaci jsou uvedeny na obr. 2.2 a 2.3.

Reaktory se konstruují v systémech jednoduchých anebo kombinovaných. Jednoduché systémy obsahují jeden nebo více reaktorů v sériovém anebo v paralelním řazení. Společným znakem jednoduchých systémů je sdružený odběr bioplynu a líniový průtok reagující suspenze (obr. 2.2 a 2.3.) [9].



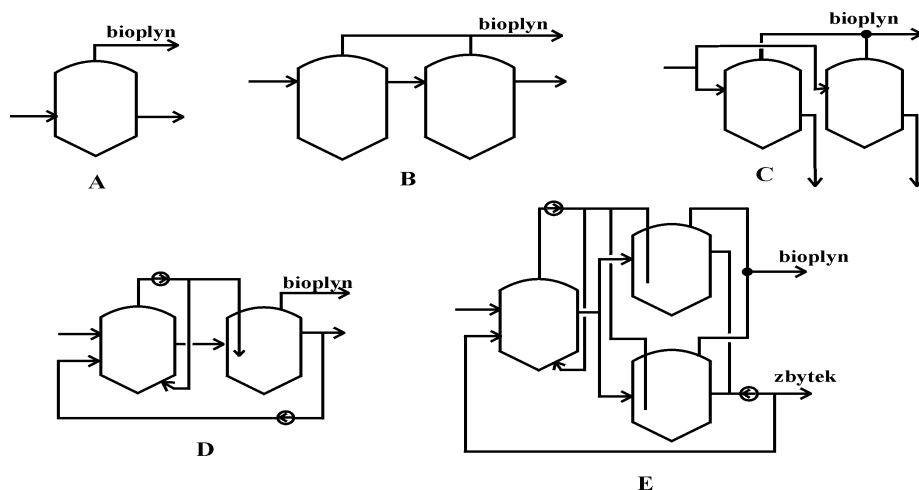
Obr. 2.2: Různé typy reaktorů pro metanizaci [9],

a – náplňový reaktor se vzestupným tokem s biofilmem na pevném násypu, b – výplňový reaktor se sestupným tokem s biofilmem na trubkových nosičích, c – horizontální reaktor s rotujícími disky (pro míchání i nesení biofilmu), d – reaktor s fluidním ložem, e – reaktor se stupňovým kalovým ložem, f – hybridní reaktor



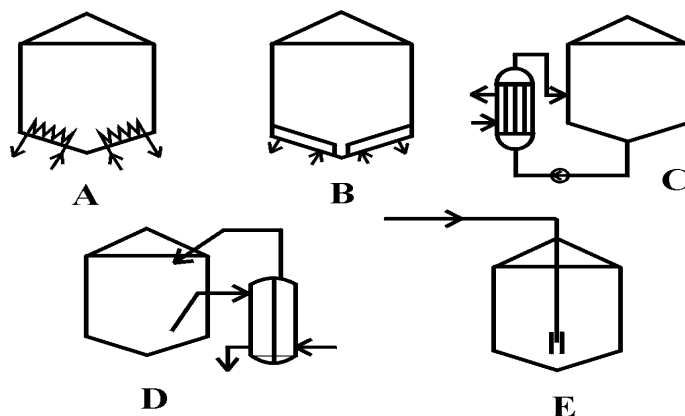
Obr. 2.3: Různé typy reaktorových bezvýplňových nádrží pro anaerobní digestci [9],

a – historická štěrbinová (Imhoffova) nádrž, b – nádrž s plovoucím nebo plynojemným víkem, c – železobetonová nádrž stojatá válcová s kónickými dny, d – pneumaticky míchaná dvojčítá nádrž, e – pulzační nádrž systém BIMA, f – nádrž vejčitá s přepadovou komorou, g – válcová nádrž s programově řízenými míchacími sektory (pohled shora), h – horizontální nádrž s rotačním míchadlem



Obr. 2.4: Různé způsoby zapojení anaerobních reaktorů [9],

a – reaktor jednostupňový průtočný, b – reaktory sériové (jdstupňový průtočný systém),
 c – reaktory paralelní (jdstupňový průtočný systém), d – reaktory sériové (dvoustupňový proces),
 e – reaktory sérioparalelní (systém s předreaktorem) (dvoustupňový proces)

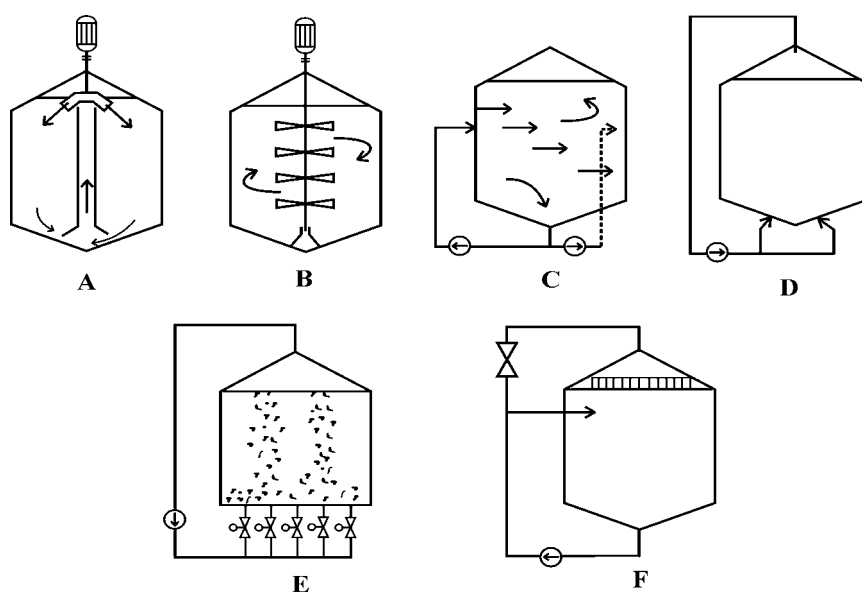


Obr. 2.5: Různé způsoby ohřevu anaerobních reaktorů [9],

a – vnitřní výměník, b – duplikátorový plášť, c – externí výměník d – rekuperační výměník,
 e – přímotopná pára,

Tyto procesní varianty se též označují jako jednostupňová anaerobní digesce (biometanizace) a to i když probíhají ve dvou sériově řazených reaktorech. Kombinované systémy neboli dvoustupňová anaerobní digesce (někdy nazývaná též dvoufázová digesce) mají nejméně dva reaktory s odlišným prostředím. Vstupní reaktor je někdy nazýván předreaktorem a probíhají zde s vyšší intenzitou acidogenní procesy. Bioplyn z těchto „předreaktorů“ je částečně recyklován a z části je do následných metanizačních stupňů přepouštěn jen probubláváním anebo sycením v přidavné nádrži. Plyn z této „kyselé fáze“ obsahuje více CO_2 a někdy i vodík a nelze jej přímo mísit do vyrobeného bioplynu (obr. 2.4e) [9].

Různé způsoby ohřevu reaktorových nádob jsou znázorněny na obr. 2.5. Systém vnitřního otopu s duplikátorovými stěnami anebo se složenými topnými hady se málo používá pro obtížné čištění (hady) a pro nízké hodnoty koeficientů přestupu tepla u duplikátorových soustav. Podobně není často využívána ani přímotopná pára a tak zůstává hlavním způsobem otopu externí výměník, který je snáze oddělitelný pro opravy a čištění. Různé způsoby míchání reaktorů jsou znázorněny na obr. 2.6. Spotřeba energie na míchání anaerobních reaktorů je důležitým faktorem rozhodujícím při volbě míchacího postupu (obr.2.6). Jen ve výjimečných případech však jsou míchací systémy provozovány nepřetržitě. Zcela běžné jsou krátké míchací periody a výrazně delší časové úseky, kdy je reaktor v klidu. Pro míchání anaerobních reaktorů je důležité občasné přemístění reagující biomasy pro homogenizaci obsahu. Intenzivní nepřetržitě míchání prakticky nezvyšuje výtěžky plynu. Jak bylo prakticky ověřeno, je třeba způsob i periodu míchání velmi pečlivě volit podle druhu zpracovávaného organického substrátu tak, aby nebyla získaná energie zbytečně mařena málo účelným mícháním. Rozhodně není potřeba míchat anaerobní suspenzní reaktory zcela kontinuálně s podobnou intenzitou jako se děje například v procesech chemických technologií. Pro suspenzní anaerobní reaktory postačí obvykle doba míchání v časovém fondu 5 až 20 %, při využití klidových period v délce od 15 min po několik hodin. Příliš intenzivní míchání nepřináší efektivní zvýšení tvorby metanu ani zvýšení stupně konverze biologicky rozložitelné hmoty [9]. Ale u některých materiálů je optimální dobu míchání nutno ověřit až provozními pokusy na hotové bioplynové stanici.



Obr. 2.6: Různé způsoby míchání anaerobních reaktorů [9],
a – míchání mechanické turbínové, d – míchání pneumatické s pevnými vstupy, b – míchání mechanické lopatkové e – míchání pneumatické programově řízené, c – míchání hydraulické, f – míchání hydraulické s odpěňovací sprchou

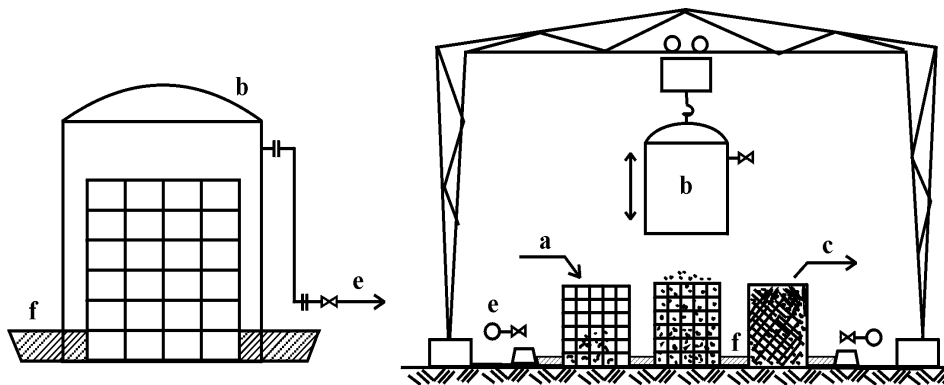
Technologie na výrobu bioplynu z tuhých materiálů (suchá fermentace)

Strojní zařízení na suchou anaerobní fermentaci tuhých materiálů s obsahem sušiny nad 20 % bylo odzkoušeno pracovníky VÚZT v několika provedeních. Systém manipulace s materiálem ve speciálních vaničkových kontejnerech se neosvědčil. Praktický význam nenašly ani válcový reaktor se svislou osou, plněný a vyprazdňovaný šnekovými dopravníky, ani tunelový systém, kterým se pohyboval materiál v kontejnerech. Ve Švédsku byly zkoušeny hranolové kontejnery na zpracování tuhé frakce komunálního odpadu.

Jako jediný spolehlivě fungující se ukázal dávkový systém s válcovými fermentory typu „fermentační koš + krycí zvon“. VÚZT Praha experimentálně ověřil tyto fermentační jednotky již v roce 1956 a poté i po roce 1984 na několika pracovištích pro zpracování slamnaté chlévské mrvy a rostlinných zbytků (obr. 2.7. až 2.9). Tato zařízení byla speciálně vyvinuta pro fermentaci slamnatého hnoje, resp. stelivových materiálů. Reakce v těchto zařízeních probíhají pomaleji, neboť tuhý substrát je vyskládán do velkých drátěných košů v nichž je po naplnění překryt plynotěsným zvonem a ponechán fermentaci. Zařízení tohoto systému sice nemají takové problémy jak naložit s tekutou složkou digestátu, ale na druhou stranu je systém velmi náročný na plochu, na čas, (především na manipulaci s materiálem). Reaktory prakticky nelze účinně vytápět, což zvláště v zimě vede ke zpomalení rozkladných procesů.

Na výstavě zemědělské techniky v Hannoveru (Německo) v roce 2001 byl oceněn tzv. „garážový systém“ fermentorů na tuhý organický materiál. Materiál naskladněný čelním nakladačem, je po uzavření vrat ve vzduchotěsném prostoru rozkládán anaerobními bakteriemi obr. 2.10. Velkou bolestí těchto bioplynových stanic byl relativně nízký stupeň odbourání organické hmoty. V literatuře jsou zmínky o systémech přechodových pro zpracování tuhých materiálů zředěných nebo vyluhovaných stacionární pracovní tekutinou – perkolátem, které by měly mít výhody obou systémů, mokrého i suchého viz obr. 2.11, [47]. Na obrázku 2.11 je uvedeno schéma suchého a sucho - mokrého garážového systému. U suchého systému se brzy začalo používat skrápění perkolátem pro vyšší výtěžnost bioplynu a to byl už jen krůček ke kombinovanému sucho – mokrému systému. Obvykle se tento systém používal ke zpracování tuhého komunálního odpadu. Schéma kombinované zemědělské bioplynové stanice s materiálovými toky uvádíme na obrázku 2.12, [47].

Zatím se tyto systémy v ČR staví a v roce 2008 budou uvedeny do provozu. Zahraniční zkušenosti s jejich provozem zatím nejsou jednoznačné. Podíl odbourané organické hmoty je stále nižší než u mokrého procesu a investiční náklady s mokřím fermentorem a oběhem perkolátu se mokrému procesu blíží.



Obr. 2.7: Anaerobní reaktory na tuhou fázi [9],

a – plnění koše, d – portálový jeřáb, b – překrývací zvon, e – sběrné plynovody, c – odběr digestátu (fermentačního zbytku), f – vodní uzávěra

Daleko lepší provozní parametry mají kombinovaná zařízení firem Kompogas a Eisenmann – Archea, která mají již řadu aplikací. Jsou však složitější a dražší než jednoduchý garážový systém s oběhem perkolátu, viz obr . 2.13 a 2.14.



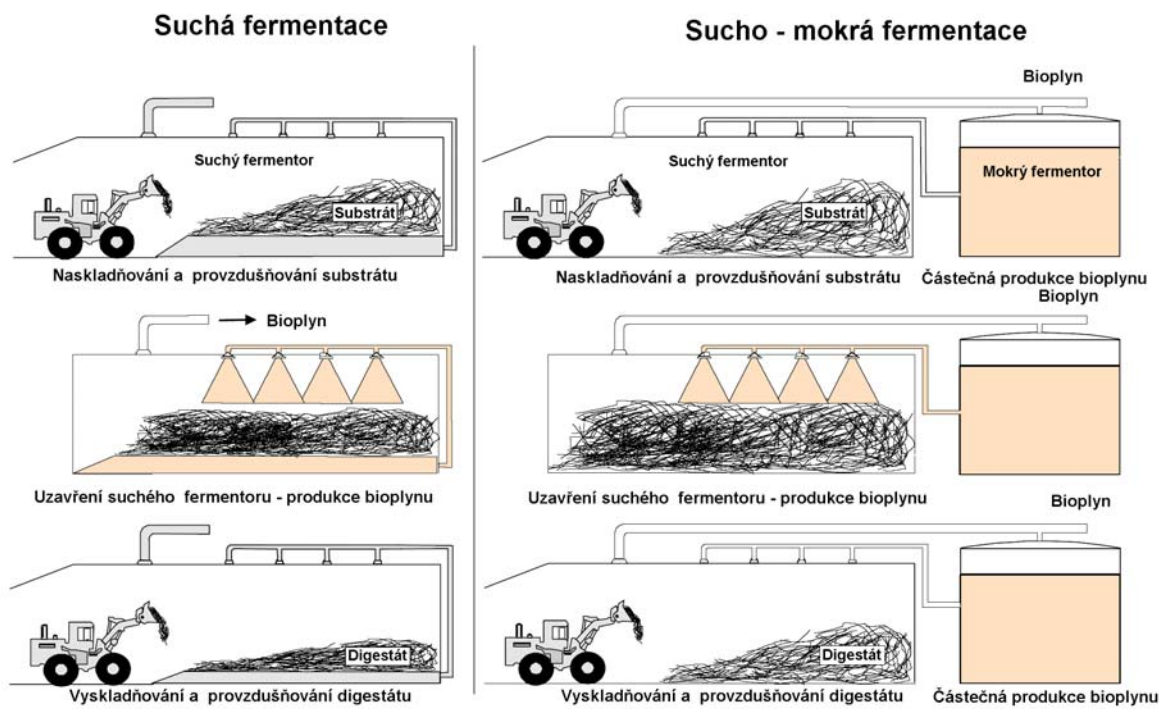
Obr. 2.8: Bioplynová stanice AGROKLAS a.s. Slavkov u Brna [45]



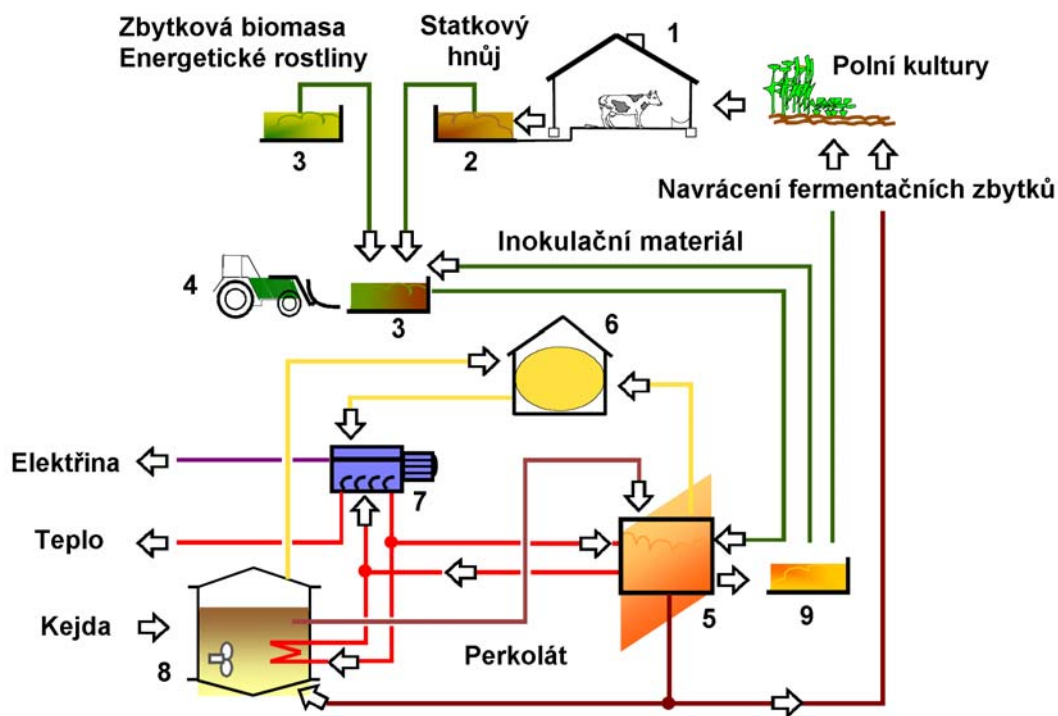
Obr. 2.9: Bioplynová stanice a.s. LUHA Jindřichov u Hranic na Moravě [45]



Obr. 2.10: Garážový systém fermentorů na tuhý organický materiál [47]



Obr. 2.11: Garážový systém fermentorů na tuhý organický materiál suchý a sucho – mokrá proces [47]



Obr. 2.12: Přechodový, nebo kombinovaný systém zemědělské bioplynové stanice pro zpracování tuhých materiálů zředěných nebo vyluhovaných stacionární pracovní tekutinou – perkolátem [47]

1 – stáj, 2 – kejda, nebo statkový hnůj, 3 - zbytková, nebo záměrně pěstovaná biomasa, 4 – nakladač, nebo traktor s radlicí, 5 – pracovní komora na suchý materiál, 6 – plynem, 7 – kogenerační jednotka, 8 – fermentor (zásobník perkolátu) s možností přímého vstupu kejdy, 9 – plato na vyfermentovaný digestát



Obr. 2.13: Kombinovaný systém bioplynové stanice pro zpracování tuhých materiálů firmy Kompogas [48]



Obr. 2.14: Kombinovaný systém bioplynové stanice pro zpracování tuhých materiálů firmy Archea [49]

Zemědělské bioplynové stanice

Výpočet množství vyrobeného bioplynu

Koho zajímá energetický zisk bioplynové stanice?

INVESTORA – při manažerském rozhodování o realizaci bioplynové stanice je třeba znát alespoň hrubý odhad produkce bioplynu jako jeden ze základních parametrů pro technicko-ekonomické analýzy realizace provozu.

PROJEKTANTA – při zpracování projektové dokumentace, jejíž součástí je technicko-ekonomické hodnocení projektované stavby bioplynové stanice.

PROVOZOVATELE – při hodnocení skutečné ekonomické efektivity provozu bioplynové stanice a porovnání s projektovanými parametry.

Existují tři základní způsoby výpočtu množství vyrobeného bioplynu z organických odpadů:

a) Výpočet podle tabulkových údajů. Pro materiály typu exkrementů hospodářských zvířat jsou potřebné údaje uvedeny v následujících tabulkách 4 [29; 46]. Tyto údaje byly získány z experimentálních pokusů, nebo analýzou literárních údajů.

b) Výpočet podle předpokládaného úbytku organické sušiny zpracovávaného materiálu (Předpokladem použití této metody je znalost měrné produkce bioplynu z jednotkového množství sušiny zpracovávaného materiálu, lze opět využít tabulky, nebo výsledky laboratorního pokusu)

c) Výpočet podle chemického složení materiálu

Protože se v reaktorech stále více zpracovávají směsné materiály (například exkrementy + fytomasa nebo vytříděný organický podíl komunálních odpadů,...), používá se v takovém případě výpočet produkovaného bioplynu každé jednotlivé složky (uhlohydráty, tuky, bílkoviny) zvlášť.

Tyto výpočtové metody jsou podrobně uvedeny v literatuře. [45, 9]

Z uvedených tabulkových údajů vyplývá, že kejda hospodářských zvířat není pro tvorbu bioplynu nejproduktivnější materiál. Je jí však zpravidla k dispozici velké množství a používá se jako základní složka směsných materiálů, u kterých se dosahuje vyšší měrné produkce bioplynu, než u pouhé kejdy. Nejlepších výsledků intenzifikace anaerobní fermentace kejdy bylo dosaženo přimícháním substrátů s vysokým podílem tuků (odpady z jatek, použitý fritovací olej,...).

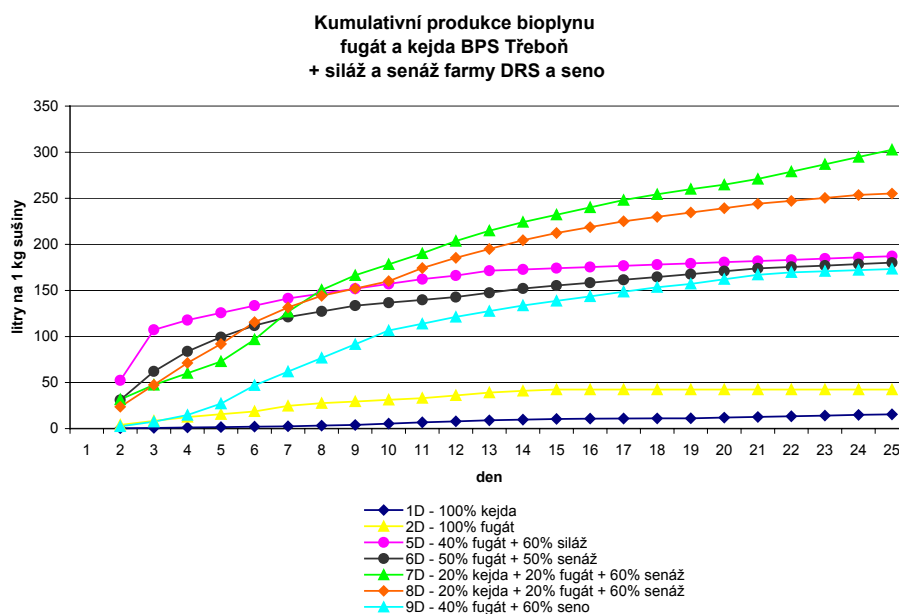
Na závěr je třeba zdůraznit, že každý teoretický informativní propoččet výroby bioplynu je před zahájením projektových prací velmi účelné prověřit laboratorními testy konkrétního materiálu, které mohou upřesnit návrh konstrukčních a procesních parametrů projektované stavby. Ve VÚZT je k těmto testům používáno zařízení na obr. 2.15 a 2.16. Příklady získaných výsledků je uvedeny na obr. 2.17 a 2.18.



Obr. 2.15: Laboratorní fermentory

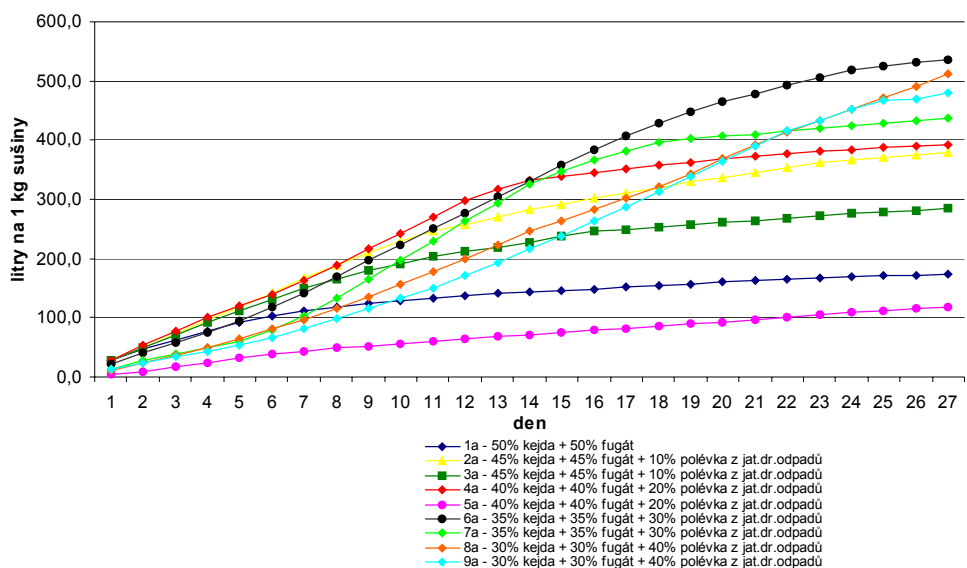


Obr. 2.16: Plynoměr s analyzátozem plynu



Obr. 2.17: Kumulativní produkce bioplynu vztažena na 1 kg celkové sušiny

Kumulativní množství bioplynu
kejsa + fugát z BPS + polévka z jatečných drůbežích odpadů
Trhový Štěpánov



Obr. 2.18: Kumulativní produkce bioplynu vztažena na 1 kg celkové sušiny.

Tab. 2.1: Produkce výkalů a množství bioplynu od jednotlivých druhů zvířat

Kategorie	sušina výkalů vč. moče (kg.den ⁻¹)	výkaly celkem průměrně (kg.den ⁻¹)	množství bioplynu (m ³ .den ⁻¹)
Hovězí dobytek (průměr):			
Dojnice (550 kg)	6	60	1,7
Hovězí žír (350 kg)	3	30	1,2
Odchov jalovic (330 kg)	3,5	35	0,9
Telata (100 kg)	1,25	12 až 15	0,3
Prasata (průměr):			
Výkrm (70 kg)	0,5	8,5	0,2
Prasnice (170 kg)	1,0	14	0,3
Prasnice se selaty (90 kg)	0,55	9	0,2
Selata (10 kg) menší	0,15	3	0,1
Selata (23 kg) větší	0,25	4	0,15
Kanci (250 kg)	1,3	18,5	0,3
Drůbež (průměr):			
Nosnice (2,2 kg)	0,036	0,15 – 0,30	0,016
Brojler (0,8 kg)	0,020	0,009	
Kuřice (1,1 kg)	0,020	0,009	

Tab. 2.2: Materiály vhodné pro kofermentaci [11]

Materiál	Sušina %	Organická sušina % ze sušiny	Celkem dusík % ze sušiny	C/N	Produkce bioplynu $\text{m}^3\text{CH}_4\cdot\text{kg}^{-1}$ org. suš.
surový glycerin	> 98	90 – 93	0	-	0,69 – 0,72
pivní extrakt	20 – 22	87 – 90	3,5 – 4	10	0,6 – 0,7
chmelový extrakt	97	90	3 – 3,2	12	0,5 – 0,55
pivo (Kieselgur)	30	6,3	0,7	5	0,3 – 0,35
starý chleba	90	96 – 98	1,8 – 2	42	0,7 – 0,75
bramborové slupky	12 – 15	90	5 – 13	13 – 19	0,55
obilné plevy	6 – 8	87 – 90	3 – 4	10 – 11	0,6
melasa	80	95	1,5	14 – 27	0,3
syrovátka	80	95	1,5	14 – 27	0,3
ovocná drť	45	93	1,1	50	0,4
zbytky olejnatých semen	92	97	1,4	9 – 12	0,58 – 0,62
řepkové pokrutiny	88	93	5,6	8	0,58 – 0,62
kuchyňské odpady	9 – 18	90 – 95	0,8 – 3	15 – 20	0,5 – 0,6
flotační kal	5 – 24	83 – 84	2,5 – 2,7	-	0,6 – 0,8
obsah žaludků	12 – 15	80 – 84	2,5 – 2,7	17 – 21	0,2 – 0,3
obsah bachoru	11 – 19	80 – 88	1,3 – 2,2	17 – 21	0,28 – 0,4
obsah bachoru lisovaný	20 – 45	90	1,5	11 – 20	0,6 – 0,7
masokostní moučka	8 – 25	90	2 – 7,5	11 – 18	0,5 – 0,6
tuk	35 – 70	96	0,5 – 3,6	-	0,7 (1,0)
zeleninové odpady					0,4
bioodpad					0,5 – 0,6

Tab2.3: Produkce bioplynu z čerstvého a silážovaného rostlinného materiálu [37; 46]

Materiál		Produkce bioplynu (l.kg ⁻¹ org.suš.)	Obsah CH ₄ (%)	Doba zdržení ve fermentoru (dní)	Dávkové D Semikontinuální SK
tráva	čerstvá	640	52 – 55	7	D
		516	63	20	D
	seno	546	54	18	D
	siláž	617	60	20	D
		428	55	22	SK
	551	69	31	SK	
vojtěška	čerstvá	630	52 – 55	7	D
		440	52 – 55	50	SK
	seno	380	65	17	D
	siláž	670	52 – 55	7	D
		530	52 – 55	45	SK
jetel	čerstvý	441	59	20	D
směs tráva, jetel		580	52 – 55	90	SK
artičoky	čerstvé	480 – 590	52 – 55	46	SK
	siláž	510	52 – 55	7	D
		510 – 560	52 – 55	43	SK
		468	67	33	SK
kukuřice	čerstvá	526	65	33	D
		750	64	20	D
	siláž	557	61	20	D
		335	51	8	SK
		430	52	52	SK
zelí	čerstvé	750	52 – 55	7	D
		425	60	20	D
		493	60	36	D
		651	63	31	SK

Vývoj konstrukce zemědělských bioplynových stanic

Konkurenceschopnost bioplynu bude stoupat se zvyšujícími se cenami energií a environmentálními požadavky občanů. Ve srovnání s postupy termické konverze fytomasy je účinek anaerobní digesce fytomasy na snížení produkce CO₂ vyšší a navíc nedojde ke znehodnocení rostlinných živin, zejména dusíku. Je možné předpokládat, že anaerobní digestce biomasy bude ve třetím tisíciletí součástí akumulárních biotechnologických cyklů propojených s dalšími systémy ekologické výroby energie do integrovaných systémů.

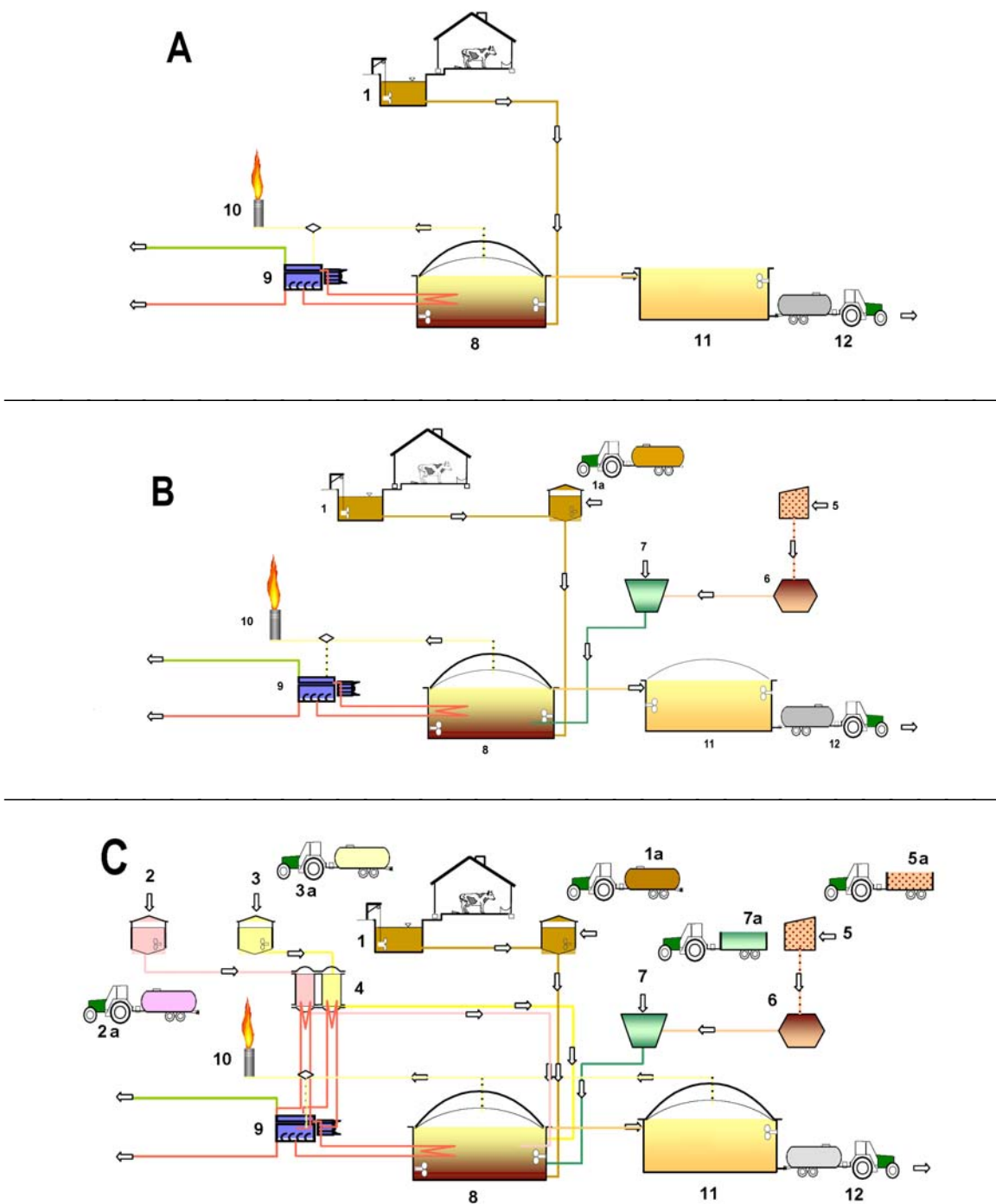
Potřeba nekrmivářského využití fytomasy je v Evropě, ale zejména v České republice způsobena omezením stavu skotu. V ČR je téměř poloviční stav proti roku 1989. Největší pokles je převážně v marginálních zemědělských oblastech, kde se útlum potravinářské produkce řeší zatravněním orné půdy. Část fytomasy z těchto ploch by bylo možné zpracovat na bioplyn a organické hnojivo. K tomu přistupuje fytomasa z údržby veřejné zeleně, sportovišť a okrajů komunikací. Dále je třeba na základě zahraničních zkušeností uvažovat o společném zpracování fytomasy a dalších biologicky odbouratelných substrátů. Při anaerobní digestci fytomasy je možné uplatnit kofermentaci odpadů z výroby bionafty, z tukového průmyslu, z konzerváren, lihovarů, jatek, mlékáren a ČOV. Zde je třeba připomenout, že zpracování jatečních a kuchyňských odpadů je podmíněno úpravou rozměrů částic a tepelnou stabilizací podle pokynů „Nařízení EC 1774/2002 O zpracování vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě“.

Příjmy ze zpracování výše jmenovaných odpadů mohou zefektivnit provoz bioplynových stanic. Zvyšování cen energií, hnojiv i poplatků za odstraňování odpadů vytváří perspektivu pro činnost svozných centralizovaných bioplynových stanic na úrovni střediskových obcí vybavených kogenerační jednotkou a kompostárnou s denní produkcí bioplynu vyšší než 1500 m³.den⁻¹. To by byly pravděpodobně obecní komunální bioplynové stanice.

Zemědělská bioplynová stanice bude podstatně jednodušší. Bude se zabývat zpracováním zelené biomasy, většinou kukuřičné siláže a kejdy hospodářských zvířat. Taková bioplynová stanice je investičně levnější a suroviny si dodává zemědělský podnik sám, není závislý na jejich dodavatelích. Základním pravidlem hospodárného provozu bioplynové stanice a předpokladem dobré návratnosti vynaložených investic je využití tepla produkovaného kogenerační jednotkou. Bioplynové stanice mohou zajistit v některých obcích, v kombinaci s ostatními energetickými

zdroji centrální zásobování teplem a ohřev teplé užitkové vody. Někdy je možné přebytek tepla využít pro sušení různých komodit, jako zemědělských produktů či dřeva.

Na obrázku 2.19 [50] jsou uvedena tři základní schémata zemědělských bioplynových stanic, tak jak se postupně vyvíjela potřeba zpracování určitých typů organických materiálů, které jsou na venkově k dispozici. Situace platí pro Německo a Rakousko, kde je nejvíce bioplynových stanic a podmínky pro jejich využití jsou velmi podobné jako u nás. Schéma na obrázku 2.19 A znázorňuje klasickou bioplynovou stanicí na kejdě hospodářských zvířat. Ta řešila zpracování exkrementů hospodářských zvířat, výrobu kvalitního hnojiva a jako bonus produkovala elektrickou energii a teplo. Schéma na obrázku 2.19 C znázorňuje univerzální bioplynovou stanicí na kejdě hospodářských zvířat, zpracování vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě, což jsou jateční a kuchyňské odpady a biomasu ze záměrně pěstovaných energetických plodin (zejména kukuřice), ale i dalších znehodnocených zemědělských produktů (jako třeba zrno a plevele z třídění obilí) atd. To byl typ velice výnosné bioplynové stanice s velkou produkcí elektrické energie a tepla. Ještě před čtyřmi až pěti lety to byl jeden z nejrozšířenějších typů bioplynových stanic (nutno říci, že většinou bez hygienizační jednotky). Jakmile vstoupilo v platnost „Nařízení EC 1774/2002 O zpracování vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě“ bylo jasné, že zpracování jatečních a kuchyňských odpadů je podmíněno úpravou rozměrů částic a tepelnou stabilizací podle pokynů této směrnice. Řada provozovatelů tato zařízení instalovala, ale snížení výkupní ceny elektrické energie z takto vyrobeného bioplynu i neustálé kontroly veterinárních a hygienických orgánů byly příčinou, že na zemědělských bioplynových stanicích byly pasterizační jednotky zrušeny, nebo odstaveny. Pak na obrázku 2.19 zbývá schéma B, které znázorňuje bioplynovou stanicí na kejdě hospodářských zvířat a biomasu ze záměrně pěstovaných energetických plodin, zejména kukuřice, ale i slunečnice, bobu a GPS žita. Jako možnost stále zůstává zpracování prošlých potravin typu pečiva, ovoce a zeleniny a vedlejších i znehodnocených zemědělských produktů. To je typ v současnosti nejrozšířenějších bioplynových stanic, jak v Německu, tak i Rakousku.

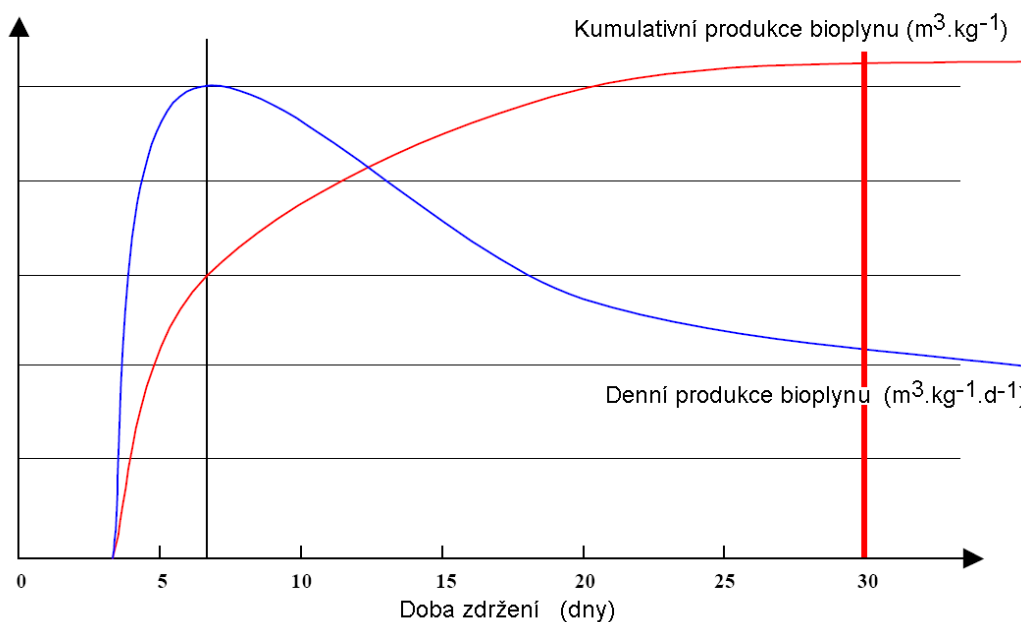


Obr. 2.19: Schéma univerzální bioplynové stanice [50]

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

Zvláštnosti zpracování zelené biomasy

S přechodem na zpracování zelené biomasy v zemědělských bioplynových stanicích chceme upozornit na důležitou skutečnost, což je doba zdržení materiálu ve fermentoru. Téměř u všech substrátů, které jsou na farmách k dispozici se jedná o substráty snadno rozložitelné a lze říci, že produkce bioplynu končí v zásadě do 30 dnů. Ve skutečnosti produkce bioplynu většinou velmi pomalu pokračuje dál, ale z hlediska praktického využití již nemá tato malá část plynu ekonomický význam. Prakticky je možné říci, že většina podobných materiálů bude mít dobu zdržení 25 - 30 dnů a na tuto dobu se pak navrhuje velikost fermentoru (podle množství a objemu materiálu pro denní náplň).



Obr. 2.20: Kumulativní produkce bioplynu, denní produkce bioplynu v závislosti na době zdržení [50]

Tuto skutečnost obecně shrnuje obrázek č. 2.20. Kumulativní produkce bioplynu dosahuje maxima přibližně ve třiceti dnech, denní produkce bioplynu v tomto retenčním čase klesá na minimální hodnoty. Odbouratelnost organické hmoty těchto substrátů se pohybuje od 50 do 80 % (běžně 40 až 60 %). Na zpracování těchto materiálů v bioplynové stanici obvykle stačí jeden reaktor s dobou zdržení do 30 dnů. Jiná situace nastává u silážní kukuřice, zde se doba zdržení pro odbourání organické sušiny pohybuje od 50 do 140 dnů. Pro zpracování silážní kukuřice,

případně podobných materiálů je potřeba spíše počítat se dvěma reaktory za sebou s dobou zdržení 30 - 40 dnů (celkem 50 až 80 dnů). Podle kvality a doby sklizně silážní kukuřice (sušina 28 až 35 %) se tak dostáváme na rozložitelnost organického podílu 60 až 80 %. U organické hmoty kukuřice totiž probíhá rozkladná fáze poněkud jinak. Vyšší podíl hůře rozložitelné celulózy prodlužuje u kukuřice hydrolyzní i acidogenní fázi rozkladu. Proto je nutné dodržet koncentraci sušiny v době sklizně energetické siláže nejlépe do 33%. Ve struktuře rostlinných pletiv kukuřice je maximum hemicelulózy a minimum celulózy a prakticky žádný lignin. Důležitým závěrem je, že zpracování kukuřičné, nebo travní siláže proto vyžaduje doby zdržení delší, minimálně okolo padesáti dnů. Technologie anaerobní fermentace vyžaduje, což je v poměrech ČR asi největší problém, značné investiční prostředky. V sousedním Německu je nyní v provozu 3 900 bioplynových stanic (stav květen 2007). Velmi rychle rostou počty bioplynových stanic i v Rakousku. Vývoj tam směřuje k bioplynovým stanicím o instalovaném elektrickém výkonu 500 kW_e až 1 000 kW_e ovšem výjimkou nejsou ani bioplynové stanice o výkonu 2 000 kW_e a je možné očekávat i výkony větší (bioplynová stanice Penkun v Německu má instalovaný elektrický výkon 20 MW_e).

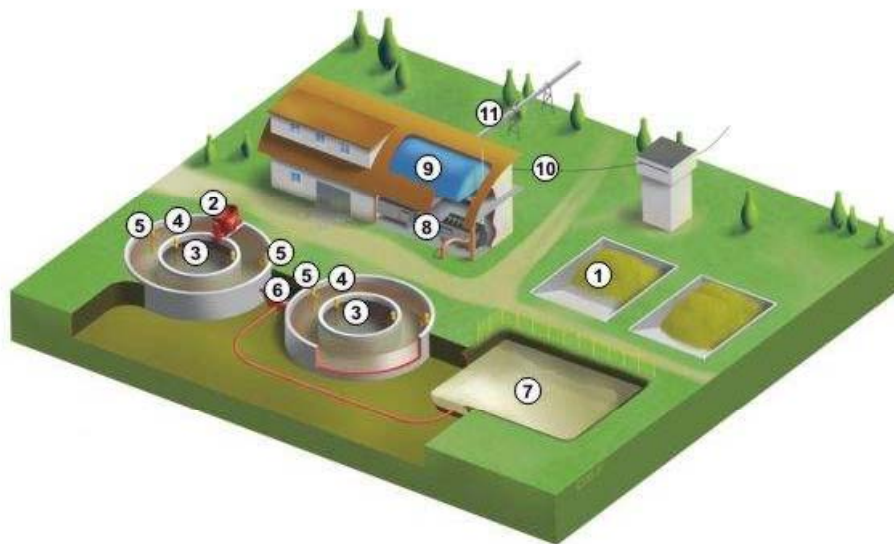
Další výhled budování zemědělských bioplynových stanic je dán především ekonomikou. Vše záleží na výkupních cenách zemědělských produktů a elektrické energie. Zásobování takovýchto velkých bioplynových stanic kejdou hospodářských zvířat a zelenou biomasou, ať už čerstvou, nebo siláží vzhledem k dopravním nákladům nemusí vycházet ekonomicky příznivě. Tyto materiály jsou využívány obvykle jako dobrý základ, ale zbytek surovin jsou obiloviny nerealizované na trhu a vedlejší produkty z velkých potravinářských závodů, jako lihovary, pivovary, škrobárny, mlýny, pekárny, mlékárny atd.



Obr.2.21: Bioplynová stanice na kukuřici, SRN [60]



Obr. 2.22: Silážní kukuřice pro bioplynové stanice musí mít tu nejlepší kvalitu, vhodné skladování je základ úspěchu



- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| ① Sklad vstupnej suroviny | ⑦ Nádrž na vyfermentovaný substrát |
| ② Rezacie a dávkovacie zariadenie | ⑧ Kogeneračná jednotka |
| ③ Primárny fermentor | ⑨ Zásobník bioplynu |
| ④ Sekundárny fermentor | ⑩ Elektrická energia |
| ⑤ Miešacie zariadenie | ⑪ Tepelná energia |
| ⑥ Čerpadlo | |

a) Řada firem nabízí na kukuřici (zelenou hmotu) bioplynovou stanici typu „kruh v kruhu“, s různým řazením vstupů a výstupů (toto uspořádání šetří v určitých případech zastavěnou plochu) [59]



b) Vstupní zařízení pro dezintegraci přijímaného materiálu s vkládacími dopravníky umožňujícími plnění fermentorů materiály o vysoké sušíně (silážní kukuřice, zrniny) [60]

Obr. 2.23: Zpracování zelené hmoty (hmot o vyšší sušíně) si vyžaduje určité technologické zvláštnosti

Teplota metanogenního procesu u zemědělských bioplynových stanic

Teplotní pásma, při kterých probíhá metanogenní proces se dělí na tři oblasti:

psychrofilní 15 – 20 °C

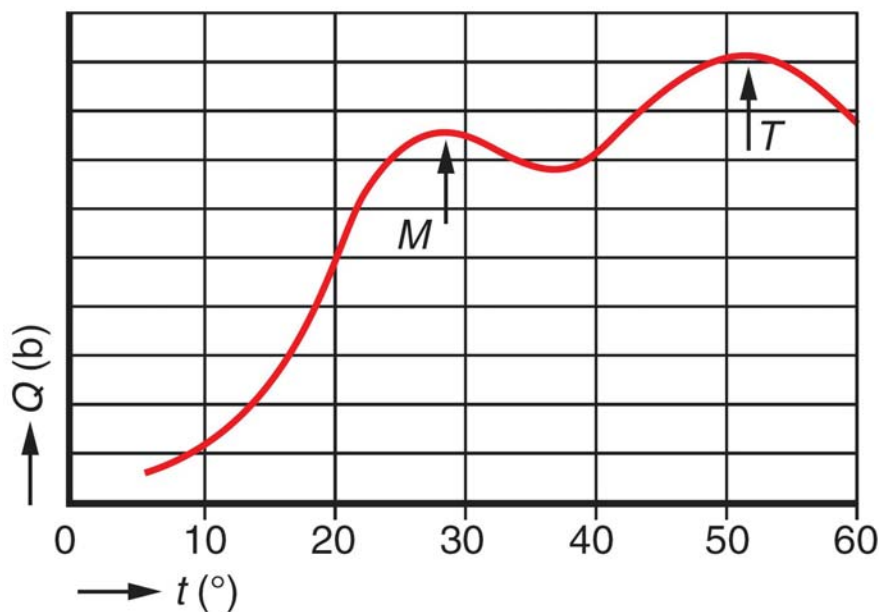
mezofilní 35 – 40 °C

termofilní ≈ 55 °C

Závislost produkce bioplynu na teplotě fermentačního procesu uvádí obrázek 2.24.

Minimální teplota, při které proces začíná probíhat je 4 °C. Pro každé teplotní pásmo existují různé kmeny metanogenních bakterií aktivizující svoji činnost podle teploty prostředí. Ultratermofilní bakterie (~ 90 °C) se v bioplynových stanicích nepoužívají. Byly však objeveny v sirnatých horkých pramenech.

V psychrofilní oblasti vzniká bioplyn s vyšším obsahem metanu (CH₄) avšak s velmi nízkou intenzitou. Nejčastější používaná provozní teplota v reaktorech zemědělských bioplynových stanic patří do mezofilní oblasti. Bioplyn produkovaný v termofilní oblasti je chudší na metan (CH₄) intenzita produkce bioplynu je velmi vysoká. Proces je však velmi labilní a vyžaduje přesnou regulaci teploty.



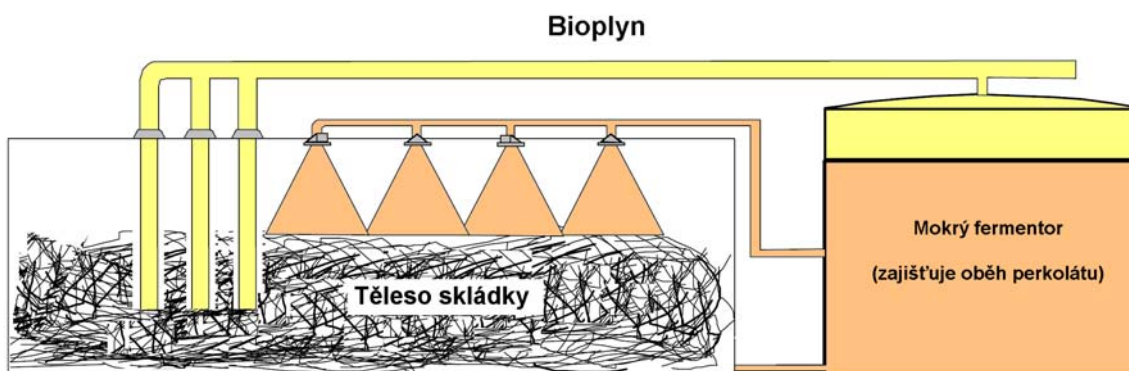
Obr. 2.24: Závislost produkce bioplynu na teplotě fermentačního procesu[31]

Technologická spotřeba tepla

Technologickou spotřebou tepla rozumíme část bioplynu spotřebovaného na ohřev materiálu v reaktoru a krytí tepelných ztrát. Technologická spotřeba tepla je nejvyšší u termofilních teplotních režimů. Dále závisí na výši teplotních ztrát respektive venkovní teplotě a době zdržení materiálu v pracovním prostoru. Technologická spotřeba tepla při zpracování tekutých materiálů dosahuje 30 – 40 % z vyrobeného bioplynu. Při koncentraci sušiny v reaktoru menším než 3 – 5 % technologická spotřeba tepla přesahuje množství vyrobeného tepla v bioplynu a musí být doplněna z externího zdroje. U zemědělských bioplynových stanic na kejdu hospodářských zvířat může být koncentrace sušiny 4 až 8 %, při zpracování energetických plodin i přes 14 % (jsou – li použita speciální čerpadla).

Bioplyn ze skládek komunálních odpadů (skládkový plyn) [14, 5, 6, 50]

V utěsněném a ztuhlém tělese skládky komunálních odpadů se vytvářejí podmínky pro metanové kvašení (vlhkost, teplota, anaerobní prostředí). Skládkový plyn má obvykle 55 – 60 % objemových metanu (CH_4). Intenzita produkce skládkového plynu není stále stejná, ale závisí na stáří skládky. Kulminuje po jednom roce skladování a pak exponenciálně klesá s dobou skladování.



Obr. 2.25: Schéma získávání bioplynu z tělesa skládky (vertikální systém odběru bioplynu) [47]

Schéma získávání bioplynu z tělesa skládky uvedené na obrázku 2.25 je velmi podobné sucho – mokrému garážovému systému výroby bioplynu. Jen „garáž“, což je skládkové těleso o objemu několik tisíc m^3 je o něco větší. V tělese skládky jsou zapuštěné sběrné trubky, obvykle ještě umístěné v betonových skružích (doslova studny na čerpání skládkového plynu), aby případné pohyby materiálu uvnitř skládky co nejméně omezily odběr plynu. Perkolát je v určitých intervalech nastříkovan do tělesa skládky mezi odběrné studny (obrázek je jenom zjednodušené schéma).

Zásadní podmínkou pro odčerpávání skládkového plynu je nepřekročit limit daný skutečnou produkcí plynu v tělese skládky. V opačném případě hrozí zavzdušnění a útlum činnosti metanogenních bakterií, produkujících metan. Z bezpečnostních důvodů nesmí dojít k vytvoření výbušné směsi metanu se vzduchem, respektive kyslíkem. Proto se musí kontinuálně sledovat koncentrace metanu (CH_4) a kyslíku (O_2) ve skládkovém plynu. Doporučuje se přerušit čerpání pokud koncentrace metanu klesne na 30 %, nebo koncentrace kyslíku stoupne na 3 %. Dalším

sledovaným parametrem je teplota plynu. Zařízení na čerpání a dopravu plynu se vypíná při dosažení teploty 160 °C. Všechny tyto limitní parametry mají ještě dostatečnou rezervu na dosažení podmínek hrozících výbuchem.

Škodlivé účinky skládkového plynu můžeme rozdělit na fyziologické, chemické a fyzikální. Při využití v kogeneračních jednotkách nejvíce vadí chemické a fyzikální škodliviny v bioplynu. Siloxany vzniklé reakcí křemíku a síry způsobují abrazi pístů a válců motorů kogeneračních jednotek. Doba, po kterou se může odčerpávat skládkový plyn dosahuje až 30 let.

Sběrné odplyňovací systémy se na skládkách s produkcí plynu se instalují již při zakládání skládky. Odplyňovací systémy se dělí na vertikální, horizontální a kombinované. Při pasivním způsobu odběru odčerpávaný plyn uniká ze skládky vlastním tlakem, při aktivním způsobu je plyn odsáván dmychadly pod tlakem cca 50 kPa. Nikdy se nedaří využít veškerý produkováný skládkový plyn. V praxi to bývá pouze 20 – 70 % plynu.

Biologicky rozložitelný komunální odpad a jeho zpracování

Část tuhého komunálního odpadu rovněž obsahuje živočišné tkáně ze zbytků jídel (to by mohlo ulehčit zpracování kafilerních a jatečních odpadů společně s komunálními odpady). Tuhý komunální odpad je specifický druhem odpadu, jeho odstraňování je vážným ekologickým a ekonomickým problémem. Podle obecného pravidla nakládání s hmotami, jež vytvářejí TKO je nejvýhodnější snižování množství odpadu (tzv. prevence) před recyklací vytríděných složek odpadu a třídění s následnou recyklací má přednost před likvidací (většinou spalováním nebo ukládáním na skládkách). Za předpokladu, že je v uvedeném TKO přibližně 35 % odpadu organického původu (záleží na lokalitě, ročním období atd.) je TKO zdrojem biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) vhodného pro energetické využití. Podle definice dané příslušnou směrnicí ES, je biologicky rozložitelný odpad jakýkoli odpad, který je schopen anaerobního nebo aerobního rozkladu mikroorganismy (např. potraviny, odpadní zeleň, papír atd.). Tento odpad nemá v „Katalogu odpadů“ svou samostatnou položku, je rozložen mezi řadu jiných druhů odpadů a snad i to byl důvod, že se tomuto odpadu nevěnovala dostatečná pozornost.

Směrnice EU č. 99/31/C o skládkování odpadů ukládá členským zemím povinnost postupně snižovat množství ukládaného biologicky rozložitelného odpadu na skládky (75% do roku 2005, 50% do roku 2009, 35% do roku 2016, 30% do roku 2020), tento předpis je v ČR plně převzat zákonem č. 185/2001 Sb. o odpadech, platným od 1.1. 2002

Teprve v souvislosti se schválením této směrnice, kde se postupně omezuje ukládání biologicky rozložitelných komunálních odpadů na skládky, se tomuto druhu odpadu začíná věnovat větší péče. Vedle tohoto „mezinárodního“ aspektu je tu však další, neméně důležitý, a to národní. Jednou ze součástí BRKO je odpad z údržby zeleně v zahradách a parcích, který produkují především občané. Tento odpad je často neřízeně spalován v přírodě, ale především je odkládán volně v prostředí, kde se z takto vzniklých hromad velmi rychle stávají zárodky nepovolených skládek, mnohdy i nebezpečných odpadů. Biologicky rozložitelný odpad, který je především spojován s komunálním odpadem, nebyl dosud evidován. Teprve v poslední době několik studií (Koncepte odpadového hospodářství ČR, první pracovní návrh pro diskusi, 01/2001, ČEÚ; Omezení množství biologicky rozložitelných odpadů ukládaných na skládky, Implementační a investiční strategie v nakládání s odpady v ČR, 02/2001, Projekt Phare CZ 9811-02-02) provedlo bilanční rozbor, ze kterého vyplynulo, že v současné době vzniká ročně asi 1,6 mil. tun BRO.

Podle obecného pravidla nakládání s hmotami, jež vytvářejí TKO je vhodné snižovat množství odpadu (tzv. prevence) před recyklací tříděných složek odpadu. Třídění s následnou recyklací má zase přednost před likvidací (většinou spalováním nebo ukládáním na skládkách). Předností spalování nebo třídění a recyklace TKO proti jeho ukládání na skládkách je, že se nezabírá značná plocha území nutného pro skládku, nevzniká nebezpečí znečišťování podzemních vod, okolí není obtěžováno nepříjemným zápachem a vylučuje se nebezpečí exploze skládkového plynu. Naopak spalovny, které vykazují emise v přípustném pásmu obsahu škodlivin, stejně jako technologie třídění a recyklace odpadů, jsou investičně a provozně nákladné. Přes snahy likvidovat TKO především spalováním nebo tříděním s následnou recyklací jeho složek se předpokládá, že ještě asi 20 roků bude převládat ukládání TKO na skládky. Prakticky se neuvažuje anaerobní zpracování TKO se složkou BRKO s následnou výrobou bioplynu a kompostu. Tento způsob zpracování TKO je rovněž investičně náročný, ale přináší energetický zisk, snižuje objem odpadu ve velmi krátkém časovém úseku a produkuje organické hnojivo.

Systémy BPS na zpracování TKO

Systémy bioplynových stanic na zpracování TKO se liší zejména podle lokality (venkovská zástavba, městská zástavba aglomeračního typu). Domovní odpad musí být před nadávkováním do reaktoru připraven. Příprava spočívá v dezintegraci odpadu, odstranění příměsí, jako jsou sklo, kovy, kameny, plasty apod. a zahřátí připraveného odpadu na teplotu 70 °C po dobu jedné hodiny, nebo na 60 °C po dobu 2,5 hodiny, s cílem likvidace patogenních mikroorganismů a semen plevelů. Ale u některých, zejména menších stanic může být technologie jednodušší, neboť je možné počítat s relativně čistou složkou BRKO.

Na obrázku 2.26 uvádíme některé zdroje BRKO v TKO [61]. Zároveň je zde rovněž vidět jak obvykle vypadá separovaný zbytkový komunální odpad po oddělení BRKO. Dalším zdrojem BRKO jsou obchody a služby. Především obchodní řetězce supermarketů, hypermarketů a restauračních zařízení.

Obr.2.26: Příklady různých druhů TKO, který je možné vytrídít, upravit a zpracovat v bioplynové stanici [61]



a) BRKO, bioodpad (frakce tuhého komunálního odpadu)



b) Směsný komunální odpad (BRKO a ostatní pevný komunální odpad)



c) Zbytkový odpad (po separaci BRKO)



d) Odpad z obchodů, skladů a hypermarketů



e) Jiný typ odpadu z obchodů, skladů a supermarketů



f) Odpad z restaurací a provozoven rychlého občerstvení



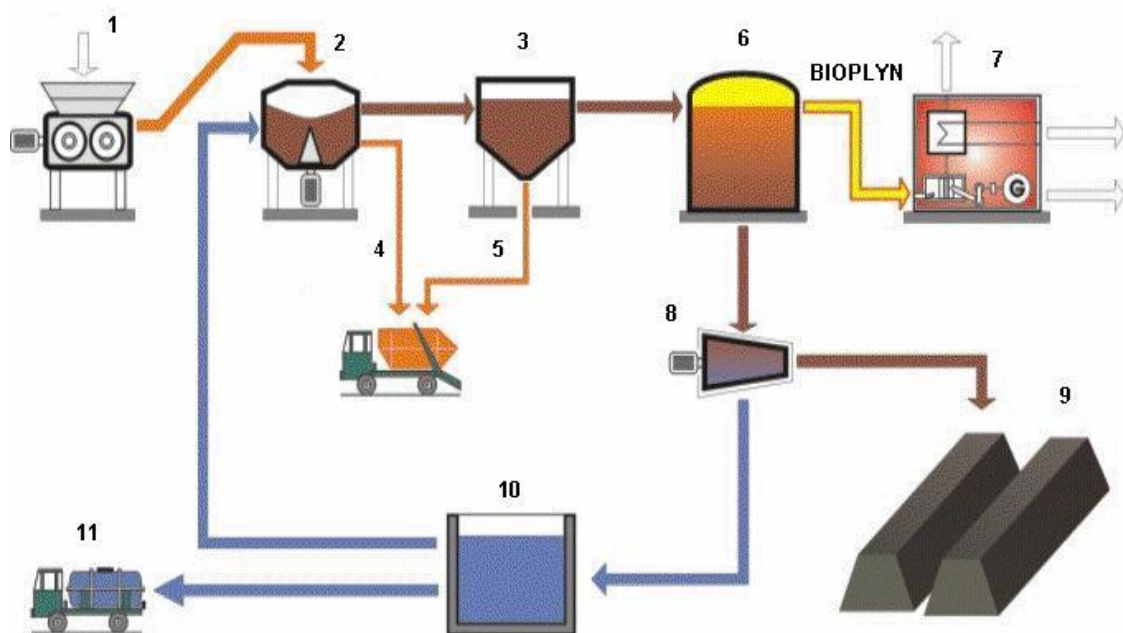
g) Sanitární odpad z provozoven a služeb hygienické povahy

Dále se zaměříme na schematický popis tří vybraných bioplynových stanic pro zpracování BRKO. Tento typ bioplynových stanic nabízí řada firem v Rakousku, Německu a Švýcarsku. V Dánsku, Holandsku a Švédsku se preferuje spíše výstavba centrálních bioplynových stanic na zpracování veškerých biologicky rozložitelných odpadů. Základem je zpracování zemědělských produktů (především exkrementů hospodářských zvířat, ale i fytomasy), BRKO a BRPO (biologicky rozložitelný průmyslový odpad, především z potravinářských provozů). Jen pro upřesnění musíme dodat, že všechny tyto bioplynové stanice se liší od čistíren odpadních vod, kde se zpracovávají komunální kalové vody z obecních kanalizačních systémů. Zpracování komunálních kalových vod anaerobní fermentací na bioplyn je klasickou technologií, zavedenou v celém světě. V současnosti je podle odhadu v ČR v provozu 100 ČOV s tímto předpisovým zpracováním kalů na bioplyn. Vyrobená elektrická energie se využívá zejména pro potřeby vlastního provozu, částečně je prodávána do sítě. Tepelná energie je využívána pro ohřev procesu, případné přebytky jsou využity pro vytápění hospodářských a administrativních objektů ČOV. Zpravidla však vyráběné teplo a elektrická energie ani nestačí pro krytí provozu ČOV. Bioplynové stanice na zpracování BRKO mají podstatně větší výtěžnosti plynu, neboť pracují s vyššími obsahy sušiny v substrátu 8-12%, (oproti ČOV kde jde o 2-6%) a jsou schopné vyrábět značné přebytky plynu pro následné využití.

Jednoduchá bioplynová stanice na zpracování BRKO s malým podílem zbytkového odpadu [61]



Obr.2.27: Bioplynová stanice BIO-Energie Schwaben v Erkheimu SRN



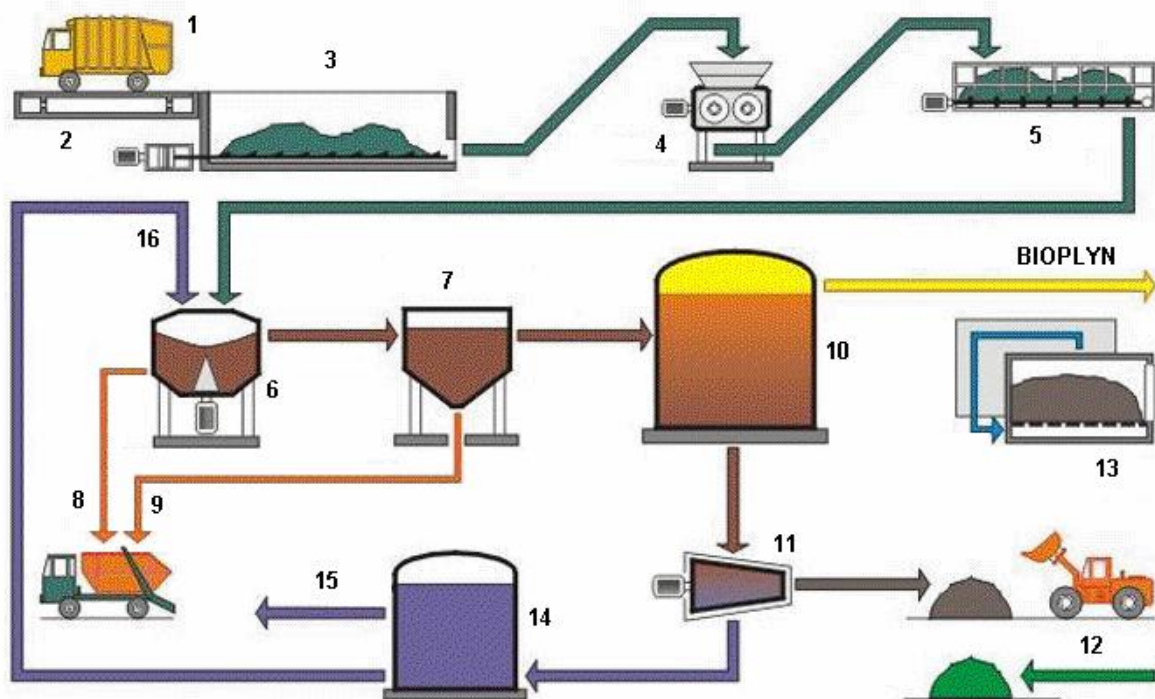
Obr. 2.28: Schéma bioplynové stanice BIO-Energie Schwaben v Erkheimu, SRN [61]

1-dezintegrace bioodpadu, 2-rozpouštěcí tank, 3-odlučovač písku, 4-odlučovač nevhodných a rušivých látek, 5-písek, 6-fermentor, 7-kogenerační jednotka, 8-separátor, 9-tuhý podíl k následnému kompostování, 10-zásobník procesní vody, 11-tekuté hnojivo

Větší bioplynová stanice na zpracování BRKO s malým podílem zbytkového odpadu [61]



Obr. 2.29: Bioplynová stanice na zpracování BRKO ve městě Karlsruhe



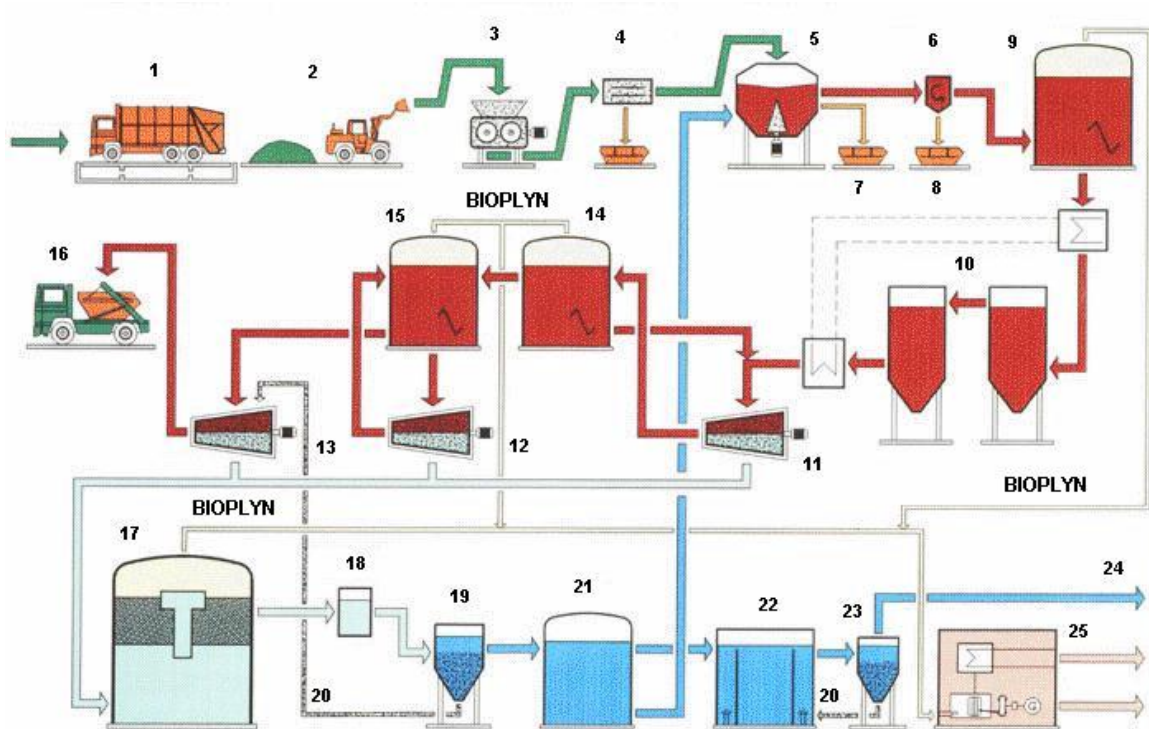
Obr. 2.30: Schéma bioplynové stanice na zpracování BRKO ve městě Karlsruhe, SRN [61]

1-svoz bioodpadu, 2-příjmová váha, 3-příjmový zásobník, 4-dezintegrace bioodpadu, 5-mezisklad bioodpadu, 6-rozpouštěcí tank, 7-odlučovač písku, 8-odlučovač nevhodných a rušivých látek, 9-písek, 10-fermentor, 11-separátor (tuhý podíl ke kompostování), 12-přídavek zeleného materiálu ke kompostování, 13- výroba kompostu, 14-zásobník procesní vody, 15-tekuté hnojivo

Komplexní bioplynová stanice na zpracování BRKO s velkým podílem zbytkového odpadu [61]



Obr. 2.31: Bioplynová stanice pro zplynování BRKO z oblasti Mnichov v obci Kirchstockach, SRN



Obr. 2.32: Schéma bioplynové stanice pro zplynování BRKO z oblasti Mnichov v obci Kirchstockach, SRN [61]

1-svoz bioodpadu, 2-příjmová skladovací plocha, 3- dezintegrace bioodpadu, 4-odlučovač magnetických kovů, 5- rozpouštěcí tank, 6-rozpouštěcí tank, 7- odlučovač nevhodných a rušivých látek, 8- odlučovač inertních látek, 9-suspenzní zásobník, 10-hygienizace, 11,12,13-separátory), 14,15-hydrolyzní fermentory, 16-tuhý podíl na výrobu kompostu, 17-fermentor s pevným ložem, 18-flokulační komora, 19-usazovací komora, 20-ka, 21-procesní voda, 22-nitifikace/denitrifikace, 23-dočištění, 24-přebytečná voda, 25-kogenerační jednotka

Bioplyn se využívá i v bioplynových stanicích jako technologické palivo v provozech, souvisejících s jeho výrobou (např. pro vyhřívání vyhnívacích nádrží), pro výrobu tepla v plynových kotlích a také jako motorové palivo pro stacionární motory kogeneračních jednotek, vyrábějících teplo a elektrickou energii. V některých případech je nutné předčištění (odsíření) bioplynu před jeho spalováním, aby byly sníženy emise oxidů síry do ovzduší. Oproti spalování biomasy jsou výroba a využití bioplynu obtížněji realizovatelné, zejména pro vysoké investiční náklady a tím i vysokou cenu vyrobené energie. Pro racionální využití bioplynu je potřeba pečlivě vybrat pro výstavbu bioplynové stanice vhodnou lokalitu s vysokou a celoročně stálou poptávkou po teple a pokud možno i po elektrické energii z kogenerační jednotky.

Mimo bioplynu je produktem takovéto bioplynové stanice odvodněný vyhnílý kal. Tuhý anaerobní zbytek je kompostu podobný materiál, který však může ještě obsahovat kousky plastů a jiných příměsí. Tento materiál může být použit na zakrytí skládek, nebo po smíchání s dřevní štěpkou spalován ve velkých kotlích na biomasu. Další možností je separace zbylých příměsí a výroba kompostu pro komunální potřeby (péče o veřejnou zeleň). V případě, že konečný produkt splňuje hygienické normy pro aplikaci v zemědělství je možné jej využít jako organické hnojivo i tam. Sušina organické frakce tuhého domovního odpadu přechází při anaerobní stabilizaci obvykle z 50 % (ale jsou technologie s podílem až 80%) na bioplyn, 32 % kapalné hnojivo, 8 % kompost a 10 % zůstává jako nerozložitelný zbytek. Domovní odpad musí být před dávkováním do reaktoru upraven. Úprava spočívá v dezintegraci odpadu, odstranění příměsí, jako jsou sklo, kovy, kameny, plasty apod. a zahřátí upraveného odpadu na teplotu 70 °C po dobu jedné hodiny, nebo na 60 °C po dobu 2,5 hodiny, s cílem zneškodnění patogenních mikroorganismů a semen plevelů.

Anaerobní fermentace je soubor dílčích na sebe navazujících biologických procesů mnoha druhů anaerobních mikroorganismů. Rozklad organických látek až na bioplyn vyžaduje jejich koordinovanou metabolickou součinnost, kde produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem skupiny druhé, (hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze, metanogeneze). To znamená, že při řízené fermentaci musí být zabezpečeny vhodné fyziologické podmínky pro činnost anaerobních mikroorganismů.

Mezi nejdůležitější faktory patří:

1. Anaerobní prostředí
2. teplota (mezofilní oblast 35 – 42°C, termofilní oblast do 55 °C)
3. pH 6,5 – 7,5

4. Živiny (hlavně u průmyslových vod)
5. Složení substrátu
6. Míchání

Pro vlastní technologický proces se využívají u bioplynových stanic ke zpracování BRKO jednostupňové až třístupňové systémy (viz obr. 2.27 až 2.32) a různé typy reaktorů, např. s pevným ložem, BIMA, výplňový reaktor, reaktor s fluidním ložem atd. Obvykle se bez ohledu na počet pracovních stupňů navrhuje mezofilní proces, ale jsou i kombinace první stupeň mezofilní, druhý termofilní a jiné zcela libovolné kombinace. Z hlediska sanitace je i pochopitelné, že po ohřevu na 70 °C následuje stupeň který může bez výrazných tepelných ztrát podržet vyšší teplotní pracovní hladinu.

3. Zpracování, skladování a využití bioplynu – plynová koncovka bioplynových stanic

Zařízení pro odběr a skladování bioplynu

Z diagramu předpokládané výroby a spotřeby bioplynu zjistíme, zda-li bude nutné pořizovat vyrovnávací zásobník bioplynu nebo nikoliv.

Bioplynová stanice bez vyrovnávacího zásobníku

Spotřebiče jsou zapínány nepravidelně podle množství vyrobeného bioplynu (hrozí nebezpečí nutnosti spalování přebytků bioplynu bezpečnostním hořákem) energie vyrobeného bioplynu je přeměněna na teplo a akumulována například do vodního zásobníku (získáme pouze nízkopotenciální zdroj energie).

Bioplynová stanice s vyrovnávacím zásobníkem (zvyšují se pořizovací náklady).

Velikost vyrovnávacího zásobníku bioplynových stanic je podle zkušeností z experimentálních provozů doporučována alespoň na úrovni jednodenní nominální produkce bioplynu.

Pokud by přebytky (ztráty) bioplynu přesáhly 30 % nominální výroby, pak nelze počítat s přijatelnou ekonomickou efektivností provozu bioplynové stanice. Každá bioplynová stanice vybavená kogenerační jednotkou musí být vybavena chladičem chladicí kapaliny spalovacího motoru, který uchladí 100 % výkonu motoru a bezpečnostním hořákem pro případ poruchy motoru kogenerační jednotky.

Plynojemy používané u bioplynových stanic

Plynojemy používané u bioplynových stanic můžeme rozdělit:

Podle konstrukčního materiálu:

kovové,

plastové,

gumotextilní (obr. 3.1 a 3.2),

kombinované.

Podle provozního tlaku

nízkotlaké (< 50 kPa)

středotlaké (1 – 2 MPa)

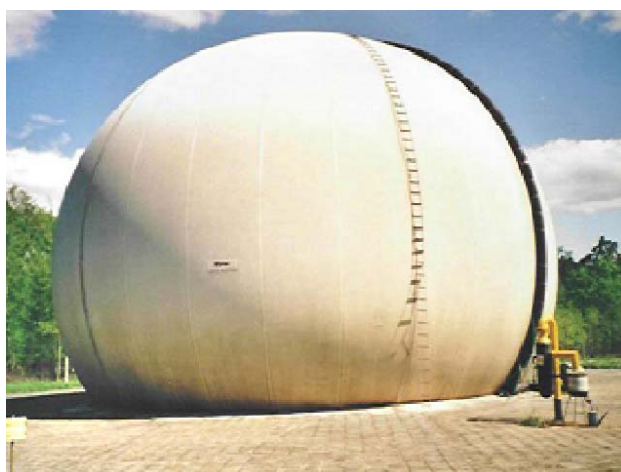
vysokotlaké (15 – 35 MPa)

U současných bioplynových stanic v zemědělském sektoru se používají převážně plynojemy kovové válcové s horizontální osou, mokré plovoucí plastové plynojemy, gumotextilní dvouplášťové plynojemy, suché kovové plynojemy s gumotextilní membránou. V ČR byl pouze v jediném případě použit kovový kulový vysokotlaký zásobník bioplynu, jehož montáž je velmi náročnou akcí a provádí se přímo v místě stavby.

Závažným rozhodnutím projektanta je, zda a jak řešit případnou úpravu surového bioplynu. 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. Pro jiné způsoby využití je nezbytné provést 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. 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. Odsíření bývá nejčastěji prováděno profukováním granulovaných materiálů na bázi oxidů železa nebo v jednodušším případě přes vrstvu kovových železných třísek vznikajících při obrábění materiálů.



Obr. 3.1: Textilní dvouplášťový nasedlaný plynojem, obvykle polyesterová tkanina + PVC, nízkotlaký 0,5 – 2,5 kPa, životnost 20 – 30 let nabízí řada firem, v ČR např. Tomášek SERVIS s.r.o.



Obr. 3.2: Textilní dvouplášťový plynojem fy SATTLER (Rakousko) (objem 100 – 2150 m³, polyesterová tkanina + PVC, nízkotlaký 0,5 – 2,5 kPa, životnost 20 – 30 let) – firmu SATTLER zastupuje v ČR K & H Kinetic a.s.

Náplň třísek se musí periodicky obměňovat. Technicky nejjednodušším způsobem odsíření bioplynu je směšování bioplynu ve fermentorech s 2 – 4 % objemovými vzduchu.

Čištění bioplynu

Oxid uhličitý bývá nejčastěji absorbován do vody při protiproudém sprchování. Úpravou bioplynu se sleduje:

- zamezit zamrznání kondenzátu v potrubí,
- zamezit tvorbě „kapalných zátek“ v plynovém potrubí,
- maximálně eliminovat korozivní účinky surového bioplynu,
- snížit toxicitu bioplynu a zplodin jeho spalování,
- zvýšení energetického obsahu bioplynu na úroveň zemního plynu
- zvýšit koncentraci metanu v zásobnících mobilních energetických prostředků.



Obr. 3.3: Bezpečnostní plynový hořák Obr. 3.4: Chladiče pro chlazení motoru kogenerační jednotky

3.1 Využití bioplynu k energetickým účelům

Bioplyn je možno využívat všude, kde se používají i jiná plynná paliva. Předpokladem použití bioplynu je přizpůsobení spotřebiče upravenému bioplynu.

Mezi způsoby energetického využití bioplynu patří:

přímé spalování (vaření, svícení, chlazení, topení, sušení, ohřev užitkové vody,...)

výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace)

výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média, výroba chladu (trigenerace)

pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie

Využití bioplynu v palivových člancích

Tab. 3.1: Potenciální možnosti využití bioplynu

Využití bioplynu	současný stav	Nutnost čištění bioplynu		
		H ₂ S	H ₂ O	CO ₂
Kogenerace, spalovací motor (el. energie a teplo)	využívá se	ano	ne	ne
Výroba tepla (plynový kotel)	možné, ale neekonomické	ano	ne	ne
Kogenerace, palivové články (el. energie a teplo)	výzkum, vývoj	ano	ano	ano
Motorové palivo, pohonná látka	výzkum, vývoj	ano	ano	ano
Dodávka do rozvodné sítě zemního plynu	výzkum, vývoj	ano	ano	ano

V našich podmínkách se nejčastěji setkáme se dvěma způsoby využití bioplynu, spalování v kotlích a využití v kogeneračních jednotkách:

Spalování v kotlích [45]

Prakticky všichni výrobci hořáků nabízejí modifikace určené na spalování bioplynu. Běžné typy kotlů žádné další speciální úpravy nepotřebují.

Pokud bioplyn obsahuje vysoký obsah sirnatých sloučenin, především sulfan (H₂S), je třeba je odstranit nebo provádět častější kontrolu a čištění teplosměnných ploch kotle a komínů.

Stechiometrická rovnice úplného spálení 1 Nm³ metanu (CH₄):



To znamená, že hořením směsi metanu se vzduchem se vytváří nová směs plynů:



Pro hoření metanu z bioplynu jehož podíl je α platí:



Konečné množství oxidu uhličitého (CO₂) bude vyšší a podíl, který se do směsi plynů dostane jako druhá majoritní složka bioplynu, $(1 - \alpha) \text{ Nm}^3 \text{ BP}$.

Pro porovnání uvádíme stechiometrický poměr (ϵ) [Nm³ vzduchu . Nm⁻³ plynu]:

metan		9,52
bioplyn	60% CH ₄	5,71
	90 % CH ₄	8,57
propan		23,78
butan		30,97

Ve skutečnosti hoření plynů probíhá ve směsích s mírným přebytkem kyslíku (O₂) respektive vzduchu, a to přibližně asi o 10 %.

Z uvedených informací vyplývá závěr, že největším problémem při spalování bioplynu je jeho kvalita a stálost energetických parametrů, které mohou ovlivnit funkci spotřebiče.

Z experimentů provedených s radiačními kotli se ukázal surový bioplyn jako nevhodný zdroj energie s ohledem na nežádoucí chemické reakce mezi některými složkami bioplynu a speciální keramickou výplní radiačních kotlů. Tento problém by se pravděpodobně dal odstranit čištěním bioplynu, což však technologii znevýhodňuje ekonomicky i náročnějším provozem z hlediska obsluhy.

Pouhé spalování bioplynu na výrobu tepla je méně efektivní v případě, kdy ho lze využít výhodněji pro pohon kogenerační jednotky a získávat kromě tepla i elektrickou energii.

Kogenerace (plynový motor resp. turbína + generátor el. proudu) [45]

Kogenerací nazýváme současnou výrobu elektrické energie a ohřev teplosměnného média. Tato metoda využití bioplynu dosahuje vysoké účinnosti konverze energie z bioplynu (80 – 90 %) na elektrickou a tepelnou energii. Pro hrubou orientaci můžeme počítat, že asi 30 % energie bioplynu se přemění na elektrickou energii, 60 % na tepelnou energii a zbytek jsou tepelné ztráty.

Na výrobu 1 kWh_e je třeba přivést do kogenerační jednotky 0,6 – 0,7 m³ bioplynu s průměrným obsahem metanu (CH₄) ≈ 60 %. V praktickém provozu můžeme velmi hrubým odhadem počítat, že na výrobu 1 kWh_e a 1,27 kWh_t potřebujeme asi 5 – 7 kg odpadní biomasy, 5 – 15 kg komunálních odpadů, 8 – 12 kg chlévské mrvy nebo 4 – 7 m³ tekutých komunálních odpadů.

Na trhu v ČR se vyskytuje více dodavatelů kogeneračních jednotek včetně zahraničních. Např. TEDOM (CZ), GE JENBACHER (A).

Pro malé bioplynové stanice je v Rakousku a Německu často upravován na plynovou verzi čtyřválcový motor osobního automobilu Opel Kadet. Z profesionálních nabídek uvádíme jako příklad výrobní sortiment německé firmy Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH, české firmy TEDOM a rakouské firmy GE JENBACHER. Aktuální údaje se mohou od uvedených lišit. Výrobci svá zařízení často inovují.

Tab. 3.2: Přehled sortimentu kogeneračních jednotek firmy GE JENBACHER (A) [52]

Moduly Leanox pro bioplyn 1500 1/min											
Technická data											
	mech. výkon kW	elektr. výkon kW	využití teplo kW	energie v plynu kW	Účinnost				střední tlak bar	paliv. směs °C	metan. číslo
					mech. %	elektr. %	tepel. %	celková %			
TOPNÁ VODA výstup/vstup 90/70 °C NO _x < 500 mg/Nm ³ ; CO < 650 mg/Nm ³			Uvedený obsah CO lze garantovat jen u nového motoru Sedimenty ve spal. motoru mohou způsobit po delším provozu jeho vzrůst								
JMS 208 GS-B.L	264	254	404	763	34,60	33,25	52,98	86,23	12,74	70	100
JMS 212 GS-B.L	397	383	594	1132	35,07	33,84	52,45	86,29	12,74	70	100
JMS 312 GS-B.L	511	494	748	1414	36,14	34,91	52,86	87,77	14,00	70	100
JMS 316 GS-B.L	681	659	998	1885	36,13	34,97	52,95	87,92	14,00	70	100
JMS 320 GS-B.L	862	827	1247	2357	36,15	35,10	52,90	87,99	14,00	70	100
JMS 156 GS-B.L	115	109	161	326	35,28	33,41	49,39	82,79	9,20	40	100
JMS 208 GS-B.L	291	280	395	834	34,89	33,57	47,36	80,93	14,00	40	100
JMS 212 GS-B.L	436	421	645	1251	34,85	33,63	51,52	85,15	14,00	40	100

Tab. 3.3: Přehled sortimentu kogeneračních jednotek firmy DREYER & BOSSE (D) [53]

Typ	BF4M 1012E	BF4M 1012EC	BF4M 1013E	BF4M 1013EC	BF6M 1013E	BF6M 1015EC	BF6M 1015C	BF8M 1015C
Elektrický výkon	37 kW	45 kW	55 kW	65 kW	75 kW	100 kW	160 kW	220 kW
Tepelný výkon	57 kW	67 kW	83 kW	95 kW	112 kW	112 kW	168 kW	208 kW
Počet válců	4	4	4	4	6	6	6	8
Spotřeba bioplynu 65 % CH ₄	16 m ³ /h	19 m ³ /h	23 m ³ /h	27 m ³ /h	31 m ³ /h	37 m ³ /h	56 m ³ /h	75 m ³ /h
Elektrická účinnost	31,3 %	32,7 %	32,4 %	33,2 %	31,7 %	36,3 %	37,0 %	38,0 %

Tab. 3.4: Základní typy kogeneračních jednotek TEDOM a jejich parametry [54]

Kogenerační jednotky TEDOM základní řady - PREMI (dříve PLUS)						
Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Spotřeba zem. plynu (m ³ .h ⁻¹)	Elektrická účinnost (%)	Tepelná účinnost (%)	Celková účinnost (%)
Premi 22 AP	22	45,5	8,2	28,4	58,8	87,2
Twin 22 AP	22	45,5	8,2	28,4	58,8	87,2
Twin 44 AP	44	91	16,4	28,4	58,8	87,2
Twin 88 AP	88	182	32,8	28,4	58,8	87,2

Všechny jednotky výkonové řady PREMI lze dodat i se synchronním generátorem.

Kogenerační jednotky TEDOM střední řady - CENTO (dříve MT)						
Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Spotřeba zem. plynu (m ³ .h ⁻¹)	Elektrická účinnost (%)	Tepelná účinnost (%)	Celková účinnost (%)
Cento 42 SP	42	64,5	13,2	33,8	52,0	85,8
Cento 65 SP	65	97,0	20,0	34,4	51,3	85,7
Cento 75 SP	75	125,0	25,8	30,7	51,2	81,9
Cento 100 SP	100	161,0	32,3	32,8	52,8	85,6
Cento 140 SP	150	226,0	45,5	34,8	52,6	87,4

Všechny jednotky výkonové řady CENTO lze dodat i s asynchronním generátorem.

Kogenerační jednotky TEDOM vyšší řady - CAT												
Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)		Tepelný výkon (kW)		Spotřeba zem. plynu (m ³ .h ⁻¹)		Elektrická účinnost (%)		Tepelná účinnost (%)		Celková účinnost (%)	
	S	HEE	S	HEE	S	HEE	S	HEE	S	HEE	S	HEE
CAT 190 SP	190	201	303	303	61,0	61,0	33,0	34,9	52,6	52,6	85,6	87,5
CAT 260 SP	255	271	419	419	82,0	82,0	32,9	35,0	54,1	54,1	87,0	89,1
CAT 400 SP	395	408	561	561	117,0	117,0	35,7	36,9	50,8	50,8	86,5	87,7
CAT 500 SP	519		653		144,0		38,1		47,9		86,0	
CAT 770 SP	770	782	1032	1032	219,0	219,0	37,2	37,8	49,9	49,9	87,1	87,7
CAT 1000 SP	1030	1046	1395	1395	292,0	292,0	37,4	37,9	50,6	50,6	88,0	88,5
CAT 2000 SP	2086		2808		579,7		38,1		51,3		89,4	
CAT 2900 SP	2904		3324		760,4		40,4		46,2		86,6	
CAT 3800 SP	3884		4312		1000,9		41,0		45,6		86,6	

S = standardní provedení
HEE = provedení se zvýšenou elektrickou účinností

- A - asynchronní generátor - jednotky jsou určeny pouze pro paralelní provoz se sítí (ze sítě odebírají jalovou složku proudu nutnou pro vytvoření magnetického pole).
- S - synchronní generátor - jednotky se synchronním generátorem mohou pracovat nejen paralelně se sítí, ale i nezávisle na ní; jejich využití je tedy širší. KJ mohou například pracovat jako nouzové zdroje, které zabezpečují dodávku elektřiny při ztrátě napájení normální pracovní cestou. Při paralelní spolupráci KJ se sítí je možno změnou velikosti budícího napětí regulovat účiník (cos φ). Požadovaná hodnota účiníku se zadává pomocí kontroléru PX nebo MX.
- P - paralelní provoz se sítí
- TWIN - speciální provedení, uzpůsobené k postavení dvou jednotek na sebe - výhodné zejména do stísněných prostorů
- CAT - motor Caterpillar, synchronní generátor

U všech kogeneračních jednotek je možná regulace jejich výkonu několika způsoby:

- Výkon KJ je plynule měnitelný prostřednictvím řídicího systému jednotky.
- Výkon KJ kopíruje vlastní spotřebu objektu tak, aby provozovatel z rozvodné sítě proud neodebíral, ani ho do sítě nedodával. Tato regulace se používá v případech, kdy provozovatel nemá zájem dodávat elektřinu do sítě např. z důvodu nízké výkupní ceny.
- V nejjednodušším provedení rozeznává kogenerační jednotka pouze výkonové stavy: prohřívací výkon - plný výkon. Používá se u asynchronních agregátů nejnižšího výkonu.



Obr. 3.5: Kogenerační jednotka fy GE Jenbacher

Pohon mobilních energetických prostředků

Řešením, úpravy bioplynu, zvýšením jeho energetického potenciálu, vyčištěním a oddělením CO₂ od metanu se zabývá několik evropských firem. Úprava a čištění se provádí propíráním bioplynu ve vodě, nebo v různých kapalinách. Tento princip je založen na různých adsorbčních a absorpčních schopnostech a vlastnostech těchto kapalin, nebo aktivního uhlí, oddělovat od sebe CO₂ a metan. Další možností je oddělení složek bioplynu na molekulárních sítích. Efektivnost jímavých kapalin i aktivního uhlí je násobena zvyšováním a snižováním teplot a tlaku během procesu absorpce i adsorbce. Tato technologie pracuje s vysokou účinností a efektivností. V návaznosti na tuto stanici je zapotřebí instalovat plnicí stanici CNG. Tento systém je investičně velmi náročný, a provozně se hodí od kapacit nad 150 m³.hod⁻¹ surového

bioplynu (kolem 1300 až 1500 tis. m³.rok⁻¹). Investice se pohybují přes 20 mil. Kč plus investice do stanice CNG. Zařízení se již používají u několika větších bioplynových stanic ve Švédsku a Holandsku, pro menší bioplynové stanice jsou ekonomicky neúnosné. Pokusně byla uvedena do provozu čisticí jednotka u menší bioplynové stanice v Puckingu v Rakousku (obr. 3.6).



Obr. 3.6: Čisticí a stlačovací jednotka u menší bioplynové stanice v Puckingu (Rakousko)

Ve Švédsku, Německu a Rakousku legislativa umožňuje bioplyn po vyčištění a úpravě jeho dodávat do potrubí zemního plynu. V Puckingu se nabízí v plnicí stanici jako hit obnovitelný biometan ve směsi se zemním plynem pro pohon motorových vozidel technologií CNG.

Systémy pohonu vozidel na metan (upravený bioplyn)

1. Pohon mobilních energetických prostředků komprimovaným bioplynem (technologií CNG) do tlakových nádob byl v ČR navržen koncem osmdesátých let u dodávkového vozu Š 1203, traktoru Zetor, lehkého nákladního automobilu AVIA (3 t). Ve své době byl problémem malý akční rádius. Dnes, kdy očekáváme rozšíření čerpacích stanic na zemní plyn, tento problém odpadá, vozidla mohou fungovat běžně na stlačený zemní plyn. Všechny tyto adaptace fungovaly jako zážehové spalovací motory.

2. Pohon mobilních energetických prostředků zkapalněným bioplynem. Systém byl technicky odzkoušen ve VÚZT Praha na traktoru ZETOR 12011. Motor traktoru byl startován pomocí motorové nafty. Při zvýšené potřebě výkonu motoru zvláštní směšovač mísil bioplyn se vzduchem zapalovaným ve válci po stlačení vstříknutím základní dávky motorové nafty. Tekutý bioplyn se na vozidle nachází ve speciální nádrži typu Devarovy nádoby.

Porovnávací výzkum probíhal i v tehdejší NDR odkud máme snímky Traktoru ZT 300 s připevněnými tlakovými lahvemi na boku (Obr. 3.7) a s kryogenní nádrží kapalného metanu před kabinou (Obr. 3.8)

Podmínky úpravy bioplynu

Surový bioplyn určený pro pohon mobilních energetických prostředků musí být zbaven mechanických nečistot, odsířen, energeticky zhodnocen nad úroveň odpovídající obsahu 90 % metanu a akumulován. Na obr. 3.9 je dokumentováno kolik motorových paliv nahradí 1 Nm³.

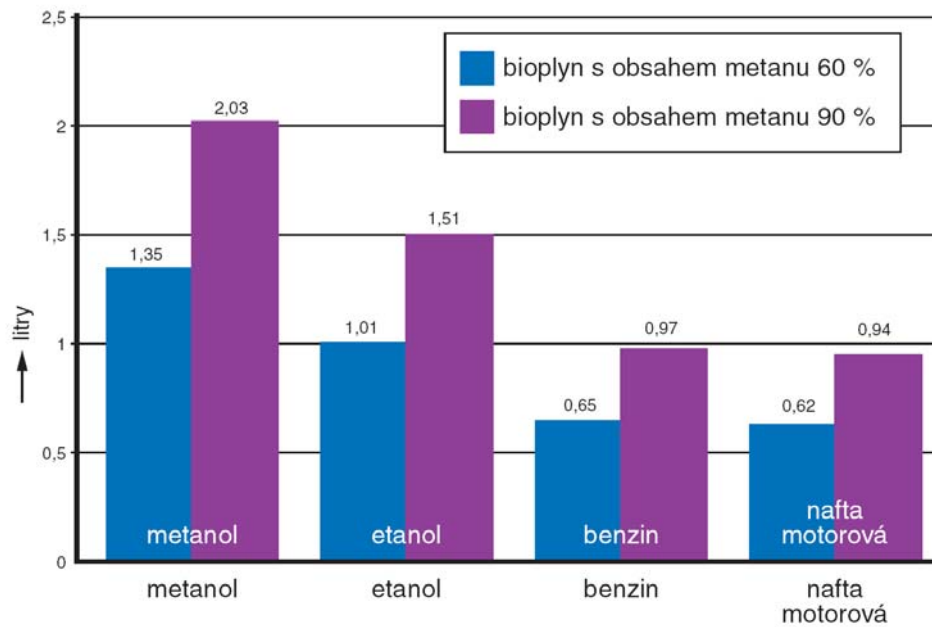
Oba popisované systémy podléhají přísným požadavkům na bezpečnost při garážování vozidel. Ekonomicky zatím nemohou konkurovat systémům na konvenční pohonné hmoty (motorová nafta, benzín, zemní plyn,...).



Obr. 3.7: Traktor ZT 300 s připevněnými tlakovými lahvemi na boku



Obr. 3.8: Traktor ZT 300 s kryogenní nádrží kapalného metanu před kabinou



Obr. 3.9: Energetický ekvivalent 1 Nm³ bioplynu ve vztahu k jiným palivům [45]

Prozatímní vývoj ukazuje, že se staví bioplynové stanice o stále vyšších instalovaných elektrických výkonech 500 kW_e až 1 MW_e. U takových bioplynových stanic již nebude takový problém s ekonomikou využití upraveného bioplynu. Při zdražování zemního plynu začínají být podobná zařízení efektivní.

Při srovnání potenciálu pěstování a způsobu zpracování energetických plodin pro výrobu motorových paliv vychází z 1 ha zemědělské půdy nejvíce efektivní výroba bioplynu z kukuřice, viz tabulka 3.5.

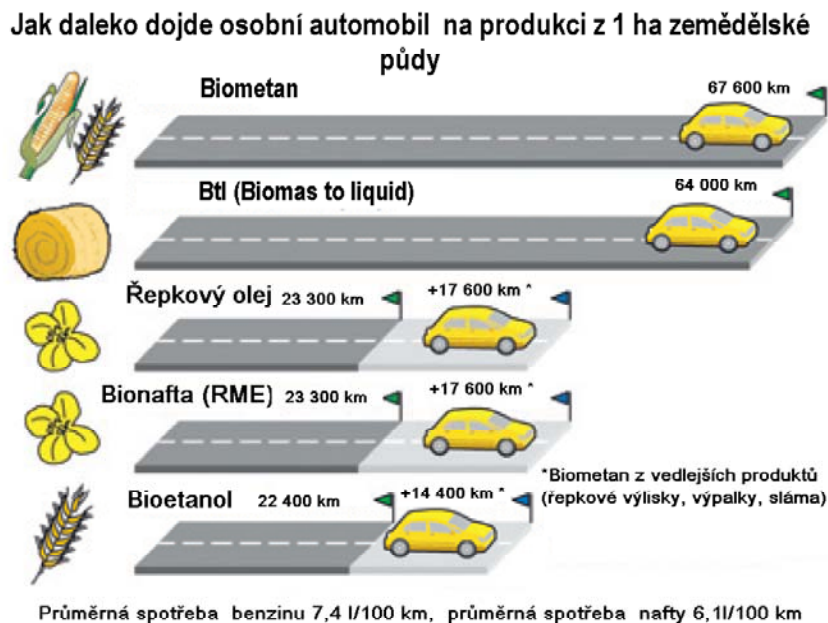
Tab. 3.5: Potenciál pěstování a způsobu zpracování energetických plodin na motorová paliva z 1 ha zemědělské půdy [51]

Motorové palivo	Řepkový olej	Bionafta (RME)	BtL	Bioetanol	Biometan
Surovina	Řepkové semeno	Řepkové semeno	Energetické rostliny	Obilí	Silážní kukuřice
Výnos (t.ha ⁻¹)	3,4	3,4	15 – 20	6,6	45
Obsah oleje (%)	40 – 43	40 – 43	25 – 50 ¹⁾	–	–
Potřeba biomasy na produkt (kg.l ⁻¹)	2,3	2,2	3,7	2,6	13 ²⁾
Výnos motorového paliva (l.ha ⁻¹)	1 480	1 550	do 4 030	2 560	3 540 ³⁾
Ekvivalent motorové nafty a benzínu (l.ha ⁻¹)	1 420	1 410	do 3 910	1 660	4 950

¹⁾ Stupeň konverze ²⁾ (kg.kg⁻¹) ³⁾ (kg.ha⁻¹)

To by nás mělo stimulovat k co neekonomičtějšimu využití tohoto způsobu využití bioplynu. Grafické vyjádření je patrné z obrázku 3.10. Automobil ujede na palivo z biomasy nejvíce kilometrů při pohonu bioplynem z kukuřice nebo obilovin. U autíček ze spodní části obrázku je dojezd vylepšen zpracováním řepkových výlisků (olej nebo metylester) a výpalků (bioetanol) na bioplyn.

Nové technologie výroby motorových paliv z biomasy pomocí metody BtL (zjednodušeně řečeno je to obdoba výroby syntetického benzínu z hnědého uhlí, produkt může být ale i motorová nafta) jsou sice efektivní co do výnosu produktu z 1 ha, ale zároveň investičně i provozně drahé. Jako surovina mohou v technologiích BtL sloužit slamnaté materiály i dřeviny (proto je v souhrnu udávána zemědělská půda, nejen orná).



Obr. 3.10: Dojezd osobního automobilu na produkci z 1 ha zemědělské půdy [51]

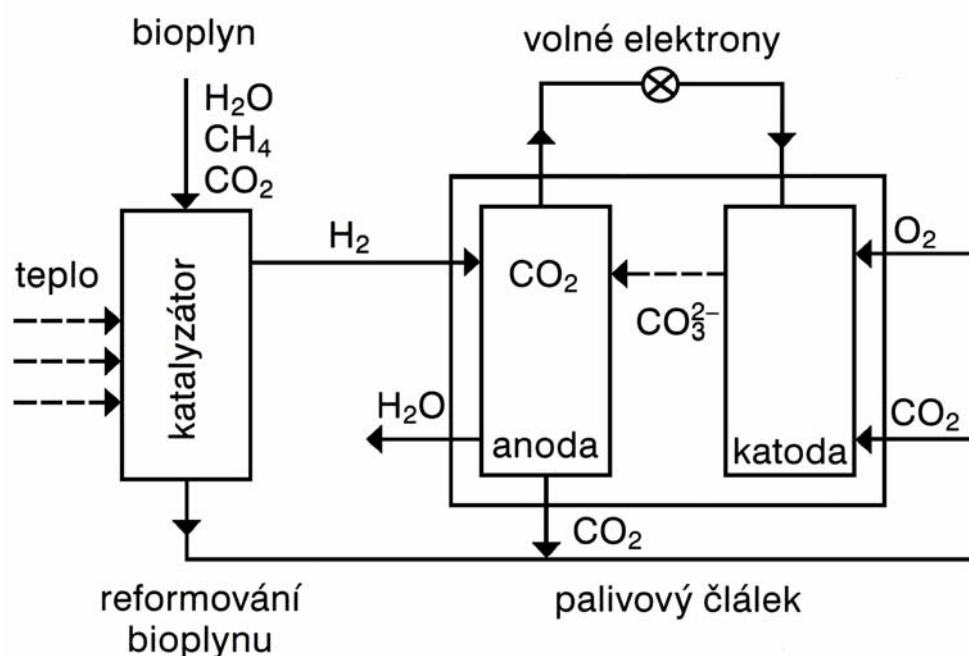
Nový trend využití bioplynu, zdroj vodíku (H₂)

V příštích dvaceti letech se očekávají trendy směřující k rozvoji palivových článků, využívajících různé zdroje vodíku (H₂) (obr. 3.11). Nabízí se tím využití nové a účinnější technologie transformace energie na bázi spalování velmi ušlechtilých paliv s minimální zátěží ovzduší, umožňující decentralizaci výroby a využití energie. V palivovém článku se generuje elektrický proud způsobem, který se podobá opačnému průběhu elektrolýzy, proto je i polarita u palivového článku obrácená. V případě, že není k dispozici čistý H₂, jako tomu je u bioplynu, který je směsí majoritních plynů (oxidu uhličitého CO₂ metanu CH₄, vodní páry H₂O), oddělí se procesem zvaným reforming z bioplynu vodík (H₂) a oxid uhličitý (CO₂) ke katodě (-), které jsou umístěny v elektrolytu. Proud elektronů chemicky vázaných (CO₃²⁻) (CO₃²⁻) putuje elektrolytem palivového článku od katody k anodě a po jejich uvolnění vodičem z anody zpět ke katodě jako elektrický proud. V tomto chemickém procesu se z 1 kg vodíku (H₂) vytvoří 9 kg vodní páry (H₂O) vypouštěné do atmosféry.

Podle provozní teploty se palivové články rozdělují na:
 nízkoteplotní (60 – 80 °C),
 středněteplotní (180 – 220 °C),
 vysokoteplotní (800 – 1000 °C).

Vysokoteplotní palivové články nevyžadují úpravu uhlovodíkových paliv, nicméně jsou konstrukčně složitější a s nákladnějším provozem.

Palivovým článkům je předpovídán rychlý technický pokrok, o který se v současné době starají především firmy v USA, Kanadě, Německu a Japonsku. Zvláštní zájem projevují firmy vyrábějící motorová vozidla.



Obr. 3.11: Princip činnosti palivového článku (MVFC) na bioplyn [45]

Palivové články jsou zařízení velmi perspektivní, ale s výhledem praktického využití v období 10 a více let.

4. Legislativní a ekonomická omezení výstavby bioplynových stanic [55, 56]

4.1 Legislativní předpisy

Legislativní proces tvorby zákonů, nařízení vlády, vyhlášek, metodických pokynů, norem a cenových rozhodnutí je jednou z mála příležitostí pro orgány státní správy jak vytvářet podnikatelské prostředí v souladu s celospolečenskými zájmy. To platí i pro úzkou oblast energetického využívání biomasy, které se v mnoha případech dostává do konkurence s produkcí potravinářských a průmyslových surovin. K těmto rizikům se řadí i možné negativní vlivy na životní prostředí. Rámec řešení pak vytvářejí právní a technické předpisy EU, které přiměřeně platí na území České republiky.

Význam terminologie v právních a technických předpisech

Při posuzování právních účinků jednotlivých předpisů hraje velkou roli používaná terminologie. Proto význam hlavních pojmů pro účely konkrétního předpisu bývá uveden v úvodních částech paragrafového znění a je třeba se s ním vždy seznámit, protože se může předpis od předpisu lišit. To platí pro definice biomasy, obnovitelných zdrojů energie, odpady, hnojiva, energetické plodiny a další termíny.

Definice biomasy

„Biomasa je substance biologického původu“. To je nejobecnější definice biomasy rostlinného i živočišného původu včetně např. akvakultur.

Terminologická norma společnosti ASAE (USA) redukuje tuto definici na biomasu vzniklou účinkem fotosyntézy (tj. fytomasu).

Biomasa ve formě produktů živočišného původu je též významným zdrojem energie.

Základní cíle právních norem a technických předpisů

1) Vytvořit právní rámec pro chování vlastníků movitých věcí (jedná se o podnikatelské subjekty, obce, fyzické osoby, které nepodnikají).

- 2) Stanovení technických požadavků na zařízení určená pro nakládání s těmito movitými věcmi.
- 3) Implementace právního systému EU (platného od 1. 5. 2004 na území ČR) do národního právního systému.
- 4) Stanovení funkce, pravomocí a podmínek činnosti samosprávních a správních orgánů tak, aby byla zabezpečena ochrana bezpečného a zdravého životního prostředí na straně jedné a právo na svobodné rozhodování občanů a podnikatelských subjektů na straně druhé.

Hierarchie právních a technických norem a předpisů v ČR

1) Právní a technické normy EU

Jedná se především o akty sekundárního právního systému EU, jako například:

- nařízení Rady a Parlamentu EU (regulation),
- směrnice Rady a Parlamentu EU (direction),
- rozhodnutí (decision),
- doporučení (recomendation),
- stanovisko (position),
- návod (guidline).

Mezi nejdůležitější právní normy EU, které se týkají využívání biomasy k energetickým účelům patří například:

- nařízení EU č. 1774/2002 upravující podmínky nakládání s vedlejšími produkty živočišného původu, které nevstupují do potravního řetězce,
- směrnice EU č. 2001/77/ES o podpoře elektřiny vyrobené z OZE na vnitřním trhu s elektřinou,
- směrnice EU č. 2008/30/ES o podpoře využití biopaliv a jiných obnovitelných paliv v dopravě.

2) Základní zákony (v našem případě pro oblast energetického využití biomasy)

S ohledem na to, že energetické využití biomasy je podporováno jako využití obnovitelného zdroje energie záměrně získávaného jako produkt nebo využívajícího druhotné suroviny nebo častěji odpady, můžeme mezi základní zákony zařadit

- zákon č. 22/1997 Sb. v posledním znění o technických požadavcích na výrobky uváděné na trh,
- zákon č. 185/2001 Sb. v posledním znění o odpadech,
- zákon č. 180/2005 Sb. v posledním znění o podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie.

3) Nařízení vlády ČR a prováděcí vyhlášky k základním zákonům

Mezi nejdůležitější nařízení vlády v oblasti energetického využívání biomasy patří Plán odpadového hospodářství ČR (NV č. 197/2003 Sb.), který radikálně omezuje skládkování biologicky rozložitelných odpadů do roku 2020 na 35 % úrovně roku 1995.

Z prováděcích vyhlášek je nejdůležitější vyhláška MŽP č. 482/2005 Sb. o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy, při podpoře výroby elektřiny z biomasy ve znění vyhlášky č. 5/2007 Sb.

Dlouho očekávaná vyhláška MŽP o nakládání s biologicky rozložitelnými odpady dosud neprošla schválením, ačkoliv změna zákona o odpadech č. 314/2006 Sb. předpokládala, že se tak stane nejpozději v dubnu t.r.

Na zákon o podpoře využívání OZE č. 180/2005 Sb. navazují cenová rozhodnutí ERÚ, která se každý rok mění a která usměrňují minimální výkupní ceny elektrické energie z OZE respektive „zelené bonusy“. Pro rok 2008 by se cena 1 kWh_e měla zvýšit např. u zemědělských bioplynových stanic ze současné hodnoty 3,04 Kč.kWh_e⁻¹ na hodnotu, podle typu BPS 3,60 a 3,90 Kč.kWh_e⁻¹.

4) Složkové zákony a související předpisy

Využívání OZE podle EU (com (95) 682 Final) sleduje tři zásadní cíle:

- ochranu životního prostředí,
- bezpečné zásobování palivy a energií,
- konkurenceschopnost průmyslu.

Energetické využívání biomasy obecně posouzeno zasahuje mnoho právních problémů a proto existuje mnoho složkových zákonů z oblastí:

- zemědělství,
- životního prostředí,
- živnostenské,

- energetiky,
- staveb,
- podnikatelské.

Každá z těchto oblastí obsahuje více složkových zákonů, takže jejich výčet přesahuje možnosti tohoto příspěvku.

5) Vyhlášky a předpisy samosprávních orgánů

Platí jen na území, které příslušný samosprávní orgán spravuje a nesmí odporovat právním předpisům, které stojí v hierarchii výše. Patří sem i plány odpadového hospodářství, které tyto orgány zpracovávají.

6) České technické normy (ČSN) a jiné předpisy

České technické normy obsahují konkrétní požadavky na palivo-energetické zdroje. Pro tuhá biopaliva jsou ČSN ve stadiu návrhu.

V zásadě platí, že všechny ČSN jsou nezávazné, pokud se na ně jako celek nebo na jednotlivé části neodvolává jiná právní norma.

7) Podnikové normy a předpisy

Jejich existence je pro podnik důležitá při kvalitativním hodnocení podle norem řady 9000 a při zavádění ekologického řízení podle norem řady 14 000.

Dále uvádíme nejdůležitější zákonné normy při výstavbě BPS [56].

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí (EIA)

Zákon EIA není zákonem, kterým se povoluje provoz zařízení, stanovisko EIA (případně závěr zjišťovacího řízení) je však odborným podkladem pro stavební úřad, který by měl navržené podmínky zahrnout do svých povolení. Bez tohoto podkladu nelze vydat povolující rozhodnutí podle stavebního zákona. Zákonu EIA podléhají záměry uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu. Proces posuzování má dvě fáze, první fází je tzv. zjišťovací řízení, jehož cílem je zjistit, zda záměr může mít významný negativní vliv na životní prostředí a zda je nutné jej posuzovat. U záměrů, které podléhají celému procesu posuzování vlivů na životní prostředí ze zákona (záměry uvedené v kategorii I dle přílohy č. 1 k zákonu EIA) je cílem zjišťovacího řízení upřesnění informací, které je vhodné uvést do dokumentace. Před změnou zákona EIA zákonem č. 163/2006 Sb., který nabyl účinnosti dnem 27. 4. 2006, podléhaly režimu zákona EIA bioplynové stanice pouze v případě, že využívaly odpad v kapacitě nad 1000 t.rok⁻¹. Výše uvedenou novelou byla z režimu zákona EIA vypuštěna zařízení k nakládání s ostatními odpady, nově však byla stanovena povinnost podrobit i tzv. „podlimitní“ záměry zjišťovacímu řízení. Jako podlimitní jsou označovány ty záměry, které jsou uvedeny v některé z kategorií přílohy č. 1 k zákonu EIA, byť nedosahují uvedených limitních hodnot. Bioplynové stanice se tak v případě, že jejich součástí je kogenerační jednotka, staly „podlimitními“ záměry uvedenými v bodu 3.1 kategorie II „ Zařízení ke spalování paliv o jmenovitém výkonu od 50 do 200 MW“. Během letošního roku (k 30.8.07) proběhlo v Jihočeském kraji na bioplynové stanice 15 zjišťovací řízení. Dotčeným orgánem je v těchto postupech mimo krajské hygienické stanice také krajská veterinární správa, která může uplatnit své vyjádření, případně připomínky a námitky z hlediska požadavků nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002, kterým se stanoví hygienická pravidla týkajících se vedlejších živočišných produktů. Vzhledem k charakteru vstupujících surovin, kterými byly dosud vždy pouze produkty zemědělské výroby jako např. siláže, senáže, rostlinná produkce a hnůj nebo kejda ze zemědělských provozů, či-li materiál který nepodléhá požadavkům na hygienizaci, nemívají KVS námitky ani speciální požadavky. Všechny zjišťovací řízení proběhly se závěrem, že záměr nebude mít významný negativní vliv na životní prostředí a nebude proto posuzován. Ve většině případů proběhly zjišťovací řízení bez významnějších připomínek ze strany dotčených orgánů, zpočátku i bez účasti veřejnosti. V poslední době, možná také v souvislosti s negativními zkušenostmi s provozem bioplynových stanic, kde se zpracovávají i jateční nebo kafilérní odpady, je vidět opatrnější přístup ze strany

dotčených orgánů a také větší účast veřejnosti v těchto procesech. Ve dvou případech veřejnost i obec vyvinula velmi silný odpor proti tomuto záměru, připomínky však směřovaly spíše k nesouladu s územním plánem, což není ve vztahu k procesu posuzování vlivů na životní prostředí relevantní a proto i v těchto případech byl proces ukončen se závěrem, že záměr nebude posuzován.

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší

Podle zákona o ochraně ovzduší jsou bioplynové stanice vyjmenovanými stacionárními zdroji znečišťování ovzduší a jako takové podléhají povolovacímu režimu krajských úřadů. Před vydáním územního rozhodnutí podle stavebního zákona je nutný souhlas krajského úřadu k umístění stavby, který se vydává formou závazného stanoviska, které není rozhodnutím ve správním řízení. Bez tohoto závazného stanoviska nelze vydat rozhodnutí o umístění stavby (územní rozhodnutí). Stavba těchto zařízení a jejich provoz pak podléhá povolení, které má formu rozhodnutí ve správním řízení. Podle zákona o ochraně ovzduší a jeho prováděcích předpisů lze bioplynové stanice zařadit podle technického a technologického uspořádání takto:

- kategorie 1.3 „Výroba bioplynu“ (velký zdroj)
- spalovací zdroj zařazený mezi 1.1.6 „Stacionární pístové spalovací motory“ (kogenerační jednotka).

V současné době nejsou orgány veterinární správy při povolování provozů, ve kterých se zpracovávají či odstraňují VŽP z hlediska zákona o ochraně ovzduší dotčeným správním orgánem a nemohou tak uplatnit požadavky veterinárního zákona, případně nařízení ES č.1774/2002 (dále jen Nařízení). Může se tak stát, že provoz vyhoví požadavkům zákona o ochraně ovzduší, bude vydáno povolení k provozu, přestože provoz nevyhoví požadavkům veterinárních předpisů. Orgány veterinární péče se ani nedozví, že je vydáván souhlas k umístění, případně vedeno řízení o vydání povolení ke stavbě, povolení ke zkušebnímu či trvalému provozu a povolení k vydání provozního řádu. V nedávné minulosti se vyskytlo několik případů zemědělských staveb a bioplynových stanic, u nichž bylo vydáno územní rozhodnutí bez závazného stanoviska podle § 17 odst. 1 písm. b) zákona o ochraně ovzduší. Podle ustanovení § 17 odst. 3 zákona o ochraně ovzduší nelze bez tohoto závazného stanoviska vydat územní rozhodnutí, týkající se zvláště velkých, velkých a středních stacionárních zdrojů. Podmínky ochrany ovzduší, stanovené v závazném stanovisku, jsou

závazné pro správní úřady, které vydávají rozhodnutí podle zvláštních právních předpisů, např. zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Závazné stanovisko podle § 17 odst. 1 písm. b) nelze nahradit jiným vyjádřením nebo rozhodnutím podle zvláštních právních předpisů. Běžným omylem je, že se za nahrazující vyjádření nebo rozhodnutí považuje např. závěr zjišťovací řízení podle § 7 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech

Povolovacímu režimu podle zákona o odpadech podléhají provozy, ve kterých se využívají, případně odstraňují odpady, kromě těch, které zákon o odpadech vyňal ze své působnosti. V současné době není v Jihočeském kraji žádná bioplynová stanice povolena jako zařízení na využívání odpadů, neboť veškeré vstupní suroviny jsou přijímány jako zemědělské produkty nikoli jako odpady. Pokud by provozovatel měl v úmyslu přijímat sice tytéž materiály, nicméně zařazené jako odpady, musel by mít souhlas krajského úřadu podle § 14 odst. 1 zákona o odpadech k provozování zařízení k využívání odpadů a s jeho provozním řádem. Problematická je otázka zařazování vedlejších živočišných produktů (dále též VŽP) jako odpad podle zákona o odpadech. Podle ustanovení § 2 odst. 1 písm.f) zákona o odpadech nepodléhají působnosti zákona o odpadech (u tohoto ustanovení je odkaz na veterinární zákon) konfiskáty živočišného původu a opačně – veterinární zákon v ustanovení § 2 odst. 5 vylučuje vedlejší živočišné produkty (dále též VŽP) z působnosti zákona o odpadech, s výjimkou případů stanovených v Nařízení. Článek II zákona č. 48/2006 Sb., odst. 6 pak stanoví, že „pokud se v jiných právních předpisech používá pojem konfiskát živočišného původu rozumí se tím VŽP“. Podle české legislativy by tak žádný materiál, který lze zařadit jako VŽP neměl jako odpad podléhat režimu zákona o odpadech. Na druhou stranu některé VŽP (např. prošlé potraviny živočišného původu a kuchyňský odpad) jednoznačně naplňují definici odpadu podle zákona o odpadech. Co má přednost? Působnost zákona o odpadech nebo jedno z jeho ustanovení? V případě jatečních a kafilérních odpadů jednoznačně působnost zákona o odpadech vylučujeme, byť tento materiál splňuje definici pojmu odpad, u kuchyňských odpadů a prošlých potravin tato otázka přetrvává, byť z hlediska české legislativy v tom není žádný rozdíl, na rozdíl od požadavků evropských směrnic. Směrnice EU č.2006/12/ES o odpadech ze dne 5.4.2006 vylučuje ze své působnosti pouze „mrtvá těla zvířat a tyto zemědělské

odpady: exkrementy a další přírodní nikoli nebezpečné látky používané v zemědělství“ (článek 2, odst. 1 písm. iii), čili nevyklučuje ze své působnosti např. prošlé potraviny živočišného původu a kuchyňský odpad. Tento rozpor uvnitř zákona o odpadech i rozpor vůči evropské legislativě způsobuje v praxi rozdíly mezi přístupy jednotlivých krajů.

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci

Do působnosti zákona o integrované prevenci spadají zařízení na odstraňování nebo využití konfiskátů živočišného původu a živočišného odpadu o kapacitě zpracování větší než 10 t denně (příloha č. 1 k zákonu o integrované prevenci, kategorie 6.5). Do této kategorie opět spadají potenciálně všechny tři typy zařízení – kafilérie, bioplynové stanice i kompostárny. Diskutovány jsou jednak pojmy „konfiskát živočišného původu a živočišný odpad“ a „kapacita zpracování“. Do nedávné doby byla tato kategorie vnímána jako kategorie asanačních podniků, tzn. zařízení, která odstraňují a zpracovávají konfiskáty živočišného původu – odpad z jatek. V tomto případě je „kapacita zpracování“ rovna projektované kapacitě. S účinností zákona č. 48/2006 Sb., kterým se měnil zákon o veterinární péči a který položil rovnítko mezi konfiskáty živočišného původu a VŽP, vyvstala otázka, která zařízení a za jakých předpokladů spadají do této kategorie. Tato otázka je naléhavější zejména k termínu 30.10.2007, tzn. k termínu, kdy zařízení spadající pod působnost zákona musí mít pravomocné integrované povolení. Odpověď na tuto otázku se odvíjí od odpovědi na otázku, co je to konfiskát živočišného původu a živočišný odpad. Vzhledem k tomu, že v režimu zákona o odpadech žádný živočišný odpad být nemůže, neboť veškeré VŽP jsou vyloučeny z režimu zákona o odpadech, vnímáme termín „živočišný odpad“ jako část konfiskátů živočišného původu, které musí být odstraněny (nelze je využít). Také v revidovaném překladu směrnice 96/61/ES (směrnice IPPC) kategorie 6.5 zní „ Zařízení na zneškodnění a zpracování konfiskátů živočišného původu o kapacitě zpracování nad 10 t denně.“ Termín „živočišný odpad“ je v textu kategorie 6.5 přílohy č. 1 k zákonu uveden zřejmě navíc.

Pro stanovení závazných podmínek provozu podle zákona o integrované prevenci jsou relevantní nejen požadavky tohoto zákona, ale také požadavky zvláštních právních předpisů, jejichž správní akty jsou integrovaným povolením nahrazovány. Kromě správních aktů na úseku ochrany životního prostředí jsou integrovaným povolením nahrazovány také správní akty zákona o ochraně veřejného zdraví (hluk), v kategoriích 6.5 (mimo jiné) také správní akty na úseku veterinární péče. Výčet správních aktů, které se integrovaným povolením nahrazují, není uveden v zákoně o integrované prevenci. Je nutné je dohledat v jednotlivých

zvláštních právních předpisech. Z ustanovení § 77a) veterinárního zákona vyplývá, že pro zařízení v kategorii 6.5 se závazný posudek vydávaný jako podklad pro stavební řízení nebo pro kolaudační souhlas (k provozu), který se týká zařízení k ukládání, sběru, svozu, neškodnému odstranění a dalšímu zpracování VŽP, pokud jsou tyto činnosti vykonávány podnikatelským způsobem, nevydává, pokud je jeho vydání nahrazeno postupem v řízení o vydání integrovaného povolení.

Z tohoto ustanovení by mohly plynout dvě skutečnosti:

Z působnosti zákona IPPC lze vyloučit ty „farmářské“ bioplynové stanice a kompostárny (slouží pro vlastní potřebu), které nejsou provozovány podnikatelským způsobem

Příslušný orgán veterinární péče má v řízení o vydání IP vždy postavení příslušného správního úřadu.

Krajská veterinární správa je proto pro krajský stavební úřad příslušným správním orgánem, kterému posílá žádost a od kterého se očekává, že se vyjádří k žádosti, k navrženým podmínkám provozu, případně navrhne další podmínky provozu. Zákon o integrované prevenci má stejně jako zákon o posuzování vlivů na životní prostředí vazbu na veterinární zákon, což je z věcného hlediska výhoda, z procesního hlediska je to komplikace, protože je nutné najít společnou řeč v zákonech, které „spravují“ dva různé resorty. Zákony v oblasti ochrany životního prostředí zásadně rozlišují v rámci svých postupů „asanační zařízení“, kde se zpracovávají výhradně konfiskáty živočišného původu, tzn. kadávery a VŽP z provozů jatek (VŽP s obsahem živočišné bílkoviny) a zařízení, kde se pracovává z VŽP pouze hnůj ze zemědělství (nikoli hnůj s obsahem žaludků a střev z jatek). Zařízení, která z VŽP zpracovávají pouze hnůj a kejdu ze zemědělství nejsou asanačními podniky a nespádají (podle našeho názoru) pod přílohu č. 1 k zákonu a to ani pokud provozují tato zařízení podnikatelským způsobem.

A opačně, na bioplynové stanice a kompostárny, které zpracovávají konfiskáty živočišného původu (odpad z jatek) by mělo být pohlíženo jako na asanační podniky a měly by být v režimu zákona o integrované prevenci, pokud jsou teoreticky schopny zpracovat 10 t konfiskátů živočišného původu denně. Tento názor vychází z předpokladu, že všechny konfiskáty živočišného původu jsou VŽP, zatímco všechny VŽP nepatří mezi konfiskáty a že nelze postavit rovnítko mezi VŽP a konfiskáty z hlediska zákonů na úseku ochrany životního prostředí.

Oporu pro toto tvrzení vidíme jednak ve směrnici IPPC, kde se hovoří o konfiskátech, v dokumentu BREF, který se zabývá VŽP z provozu jatek – čili konfiskáty živočišného původu, včetně hnoje s obsahem střev a žaludků a podpůrně také z kompetenčních ustanovení veterinárního zákona, které rozlišují mezi povolením pro asanační podniky, které vydává státní veterinární správa (§ 48 odst. 1 písm. l veterinárního zákona) a schválením jiných zařízení k neškodnému odstranění a dalšímu zpracování vedlejších živočišných produktů, které vydává krajská veterinární správa (§ 49 odst. 1 písm.h) bod 4 veterinárního zákona).

Postup při stavebním řízení

Požadavky právních předpisů v oblasti životního prostředí nejsou úplně „průzračné“ a mohou činit potíže nejen investorům, ale také stavebním úřadům, pro které jsou „výstupy“ krajských úřadů na úseku ochrany životního prostředí závazným podkladem. Následující tabulka uvádí náležitosti pro povolení umístění, výstavby, zkušebního a trvalého provozu bioplynové stanice při územním resp. stavebním řízení v závislosti na kategorii zdroje znečišťování ovzduší a ve vztahu k požadavkům zákona o posuzování vlivů na životní prostředí a zákona o integrované prevenci, případně zákona o odpadech v kompetenci krajského úřadu.

Řízení podle stavebního zákona	Druh povolení, vydávaného Odborem životního prostředí, zemědělství a lesnictví KÚ	Vydávající oddělení
Územní řízení	1. Závazné stanovisko podle § 17 odst. 1 písm. b) zákona o ochraně ovzduší	Oddělení ochrany ovzduší (zvláště velké, velké a střední zdroje)
	2.a) Závěr zjišťovacího řízení podle § 7 zákona o posuzování vlivů na životní prostředí, <i>nebo</i> 2.b) Sdělení podle § 6 odst. 3 zákona o posuzování vlivů na životní prostředí, že záměr nebude podléhat zjišťovacímu řízení	Oddělení IPPC a EIA
Stavební řízení	Rozhodnutí podle § 17 odst. 1 písm. c) případně d) zákona o ochraně ovzduší, <i>nebo</i> Integrované povolení podle § 13 zákona č.76/2002 Sb., o integrované prevenci	Oddělení ochrany ovzduší (velké a střední zdroje) Oddělení IPPC a EIA (zařízení uvedená v příloze č. 1 k zákonu č. 76/2002 Sb.)

Kolaudační souhlas	Rozhodnutí podle § 17 odst. 1 písm. d), odst. 2 písm.g) zákona o ochraně vzduší <i>případně</i>	Oddělení ochrany ovzduší (velké a střední zdroje)
	souhlas k provozu zařízení a s jeho provozním řádem podle § 14 odst. 1 zákona o odpadech	Oddělení odpadového hospodářství (zařízení k využívání odpadů)

Zákon č. 156/1998 Sb o hnojivech

Využití digestátu a kompostu jako hnojiva, právní úprava

Používání a registrace hnojiv se řídí ustanoveními zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů. **Úplné znění zákona je uvedeno pod č. 461/2004 Sb.zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 308/2000 Sb., zákonem č. 147/2002 Sb. a zákonem č. 317/2004 Sb.**

Předmětem úpravy jsou v § 1 odst. 1) podmínky uvádění do oběhu hnojiv, pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků a substrátů, kterých se týká registrace podle § 3, 4, 5, 6 a 7. Zákon se nevztahuje na hnojiva, která jsou určena výhradně pro vývoz a jsou takto zřetelně označena (§ 1 odst. 2a) a hnojiva poskytovaná v množství nezbytném pro účely výzkumu, vývoje a pokusnictví (§ 1 odst.2b). Ustanovení zákona se použijí pro statková hnojiva pouze tehdy, je-li to v nich výslovně uvedeno a v rozsahu jimi stanoveném. Na hnojiva , která jsou určena k použití jako suroviny k dalšímu zpracování, se použijí ustanovení vyjmenovaná v § 2 odst. 3 – registrace se na ně také nevztahuje. Pro účely tohoto zákona se v § 2 vymezují pojmy. Pod písmenem a) hnojivem látka obsahující živiny pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce. Rozdělení hnojiv na minerální, organická a organominerální je uvedeno ve vyhlášce č. 474/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů (vyhláška č. 401/2004 Sb.) (tabulky typů). Statkovým hnojivem (písm. b) se rozumí hnůj, hnojůvka, močůvka, kejda, sláma, jakož i jiné zbytky rostlinného původu (např. posečená tráva, shrabané listí) a další vedlejší produkty vzniklé chovem hospodářských zvířat, vznikající zejména v zemědělské prvovýrobě, nejsou-li dále upravovány.

Limitní hodnoty rizikových prvků v organických a statkových hnojivech jsou uváděny v mg.kg^{-1} sušiny : kadmium 2, olovo 100, rtuť 1,0, arsen 10, chrom 100, molybden 5, nikl 50, měď 100, zinek 300, nebo 400 pro statková hnojiva nebo 500 pro průmyslové komposty s využitím kalů z čistíren odpadních vod. Jsou to celkové obsahy po rozkladu směsí kyseliny dusičné a chlorovodíkové, za přesně stanovených podmínek. Metody stanovení jsou uvedeny ve vyhlášce. Registrace hnojiv je uvedena v § 4. O registraci, odst. 1 rozhoduje ÚKZÚZ na základě žádosti výrobce nebo dovozce, kteří jsou oprávněni k podnikání podle zvláštních předpisů (*obchodní zákoník*). Registrované hnojivo je definovaným výrobkem s konkrétní technologií, ověřenou zdravotní nezávadností a zaručeným limitním obsahem rizikových prvků. Využití definovaného biologicky rozložitelného odpadu je v případě statkových hnojiv známo od nepaměti. V případě použití méně známých, nebo neprověřených surovin je obvykle nutné vynaložit mnoho peněz i času pro výrobu kvalitního hnojiva, které má splnit všechny požadavky zákona a je možné je uvádět do oběhu. Vzhledem ke vzrůstajícím problémům s odstraňováním odpadů je logickým řešením využití biologicky rozložitelných odpadů jako suroviny k výrobě bioplynu a hnojiv. Musíme ale konstatovat, že to v žádném případě není cesta jednoduchá a levná.

Hlavní zásady používání digestátu a statkových hnojiv, další doporučení

Hlavní zásady

Při aplikaci dbát na rovnoměrné dávkování a rozmetání hnojiv a statkových hnojiv (podmínky splňuje i technologie diferencovaného hnojení).

Minerální dusíkatá hnojiva používat pouze tehdy, jestliže lze očekávat využití dusíku rostlinou. Hnojení tekutými statkovými hnojivy a minerálními dusíkatými hnojivy od začátku července do začátku období nevhodného ke hnojení dle tabulky I je možné pouze v dávce do $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ v minerálních hnojivech nebo do $80 \text{ kg celkového N} \cdot \text{ha}^{-1}$ v tekutých statkových hnojivech:

- k ozimým plodinám, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd,
- k meziplošinám (mimo čistých porostů jetelovin a luskovin), v jejich kapalně nebo tekuté formě k podpoře rozkladu slámy, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd, kde lze použít jen tekutá statková hnojiva, kdežto aplikace vyrovnávací dávky v minerálních dusíkatých hnojivech se přesouvá na jarní vegetační období,

- v případě podzimního hnojení tekutými statkovými hnojivy bez přítomnosti porostu nebo slámy k následným jarním plodinám, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd, v termínu od 15. 10. do začátku období nevhodného ke hnojení dle tabulky I, s podmínkou, že tekuté statkové hnojivo bude nejpozději do 24 hodin od aplikace zapraveno do půdy.

Při hnojení plodin na orné půdě a trvalých travních porostů se doporučuje používat dělených dávek hnojiv a statkových hnojiv.

Z hlediska dosažení vysoké účinnosti dodaného dusíku se doporučuje vyrovnaná výživa rostlin ostatními živinami a udržování vhodného pH půdy.

Tab. 4.1: Hnojení plodin statkovými hnojivy v souladu s nařízením vlády č. 103/2003 Sb.

Pozemek	Hnojivo / měsíc	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Jednoleté plodiny na orné půdě	hnůj, kompost		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	kejda, močůvka, hnojůvka						■	■	■	■	■	■	■
	minerální N hnojiva						■	■	■	■	■	■	■
Travní (jetelovino-travní) porosty na orné půdě, louky a pastviny	hnůj, kompost	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	kejda, močůvka, hnojůvka	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	minerální N hnojiva	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ – aplikace je možná při zohlednění obecných zásad a platných předpisů

■ – aplikace je možná při zohlednění obecných zásad a platných předpisů

■ – nedoporučuje se hnojit

■ – hnojit je možné jen za vhodných půdních a povětrnostních podmínek

□ – hnojit hnojem a kompostem je možné jen v případě následného pěstování plodin

– hnojit tekutými statkovými hnojivy a minerálními dusíkatými hnojivy je možné jen k ozimým plodinám *, k meziplodinám nebo a ke slámě**

podzimní hnojení kejdou bez přítomnosti meziplodiny nebo slámy k následným jarním plodinám od 15. 10. do začátku období nevhodného ke hnojení je možné pouze v dávce do 80 kg N . ha⁻¹, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd

Poznámky: *) s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd

***) na půdách s promyvným vodním režimem a deficitních půdách je možné použít tekutá statková hnojiva, minerální dusíkatá hnojiva aplikovat nelze

4.2 Zásady ekonomického hodnocení bioplynových stanic

Způsob financování investice

Relativně nejlevnější způsob financování investice je z vlastních prostředků jednoho nebo více investorů. Čistý zisk by měl být vyšší než úrok, který získáme uložení finančních prostředků v bankovní instituci.

Další způsob financování investice je z poskytnutého bankovního úvěru. To znamená, že přínosy musí pokrývat i úrok z úvěru. Takto financovaná investice bude dražší než v prvním případě.

Zatím málo rozšířený způsob je realizace investice třetím subjektem na základě kontraktu. Důvodem je značná rizikovost a relativně dlouhá doba návratnosti investic do bioplynových stanic.

Podporu pro financování investice je možno získat ze státních prostředků na základě žádosti na zařazení akce do programů MZe, MŽP, MPO, ČEA a MMR.

Podmínky resortu MZe, to jest program Rozvoje venkova (EAFRD) uvádíme [podrobně v příloze](#).

Pro vlastní potřebu je možné provést první nástřel ekonomického hodnocení bioplynové stanice, jestli má v daných podmínkách smysl se do podobného projektu pouštět.

Hodnocení návratnosti investic (D) se provádí zjednodušeným výpočtem:

$$D = \frac{I}{P_r - N_{pr}} \quad [\text{roky}]$$

I – náklady na pořízení investice

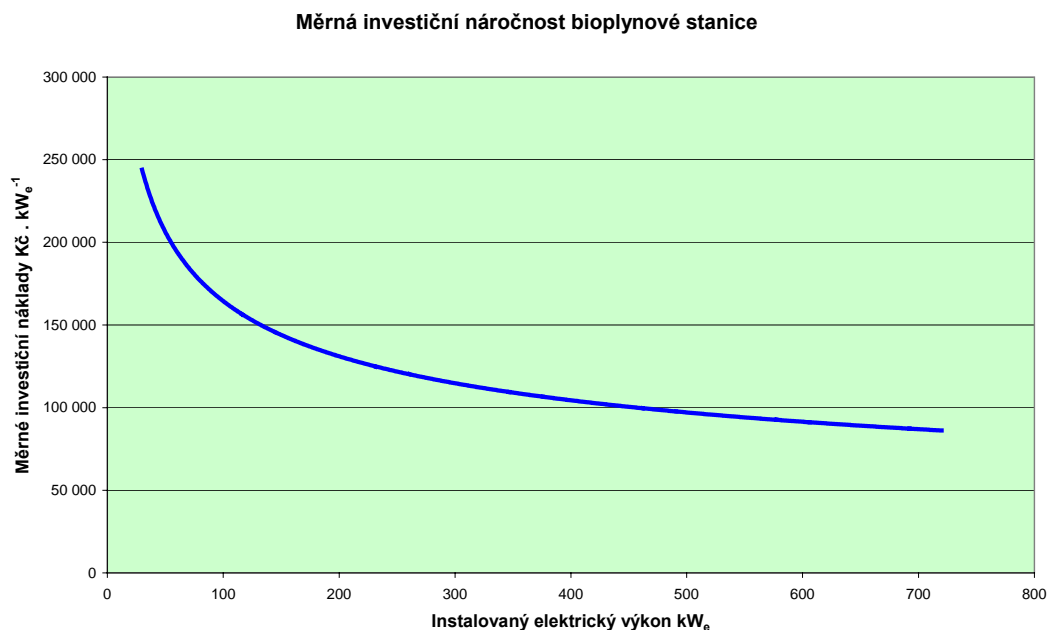
P_r – průměrné roční přínosy

N_{pr} – roční provozní náklady

Podle literatury [33] je investice na bioplynovou stanici rozdělena takto: 45 % stavební část, 13 % kejdové hospodářství, 17 % technologický ohřev, 25 % kogenerace. Příklad od případu se situace může měnit, ale při výstavbě bioplynových stanic v ČR tyto údaje rovněž odpovídají.

Měrné investiční náklady na výstavbu bioplynové stanice

Měrné náklady jsou ovlivněny mnoha skutečnostmi, v jaké lokalitě bude výstavba probíhat, jaká infrastruktura je v místě k dispozici, jaké substráty se budou zpracovávat a v neposlední řadě jaké firmy bioplynovou stanicí projektují, jaké technologické prvky jsou na výstavbu



Obr. 4.1: Měrná investiční náročnost bioplynové stanice

použity a jaké dodavatelské firmy výstavbu zajišťují. Graf na obrázku č. 4.1 je proto pouze přibližný, ale signalizuje, že optimální je stavět bioplynovou stanicí od instalovaného elektrického výkonu plus minus 400 až 500 kW_e . Údaje v něm zpracované vycházejí z německých podkladů [50] a z podkladů získaných z výstavby bioplynových stanic Letohrad 50 kW_e , Klokočov u Vítkova 980 kW_e , Velké Albrechtice II 850 kW_e , Kněžice 330 kW_e , a Velký Karlov 1400 MW_e . částečně pak Žihle, Závidov, Svojšíň, Vladislav, Pustějov a Chroboly stavěných v letech 2005 až 2007. U malých a středních bioplynových stanic jsou vysoké měrné náklady významným omezením možnosti jejich rozšíření. Měrné náklady na instalovaný elektrický výkon jednoho kilowatu se pohybují přibližně od 70 do 120ti tisíc korun pro bioplynovou stanicí o výkonu 500 kW_e . První větší skupina bioplynových stanic byla v ČR uvedena do provozu v období let 1986 – 1989, další do roku 1993 a to v rámci

ověřovacích, nebo experimentálních provozů s podporou státu na jejich výstavbu. Z toho důvodu jsou některé ekonomické údaje z tohoto období v podstatě nepoužitelné.

Určení pořizovacích nákladů (včetně případných úroků z různých úvěrů) nebývá obtížné pro seriózního projektanta. Složitější problém nastává při určování ročních přínosů a provozních nákladů. Většinou se pro prvotní nástřel efektivnosti investice uvažuje výpočet s hrubou návratností.

Ačkoliv tento výpočet dává statický pohled na investici, neuvažuje ani faktor času ani časovou hodnotu peněz, přesto je velmi často používán při hodnocení ekonomické efektivnosti investic nebo porovnávání technologických celků.

V zásadě pro bioplynové stanice platí, že doba návratnosti do 5ti let je výborná, do 10ti let provozu je ještě přijatelná. Do 15 – 20 let dosáhne dobu životnosti řady hlavních prvků bioplynové stanice a je třeba kalkulovat vyšší náklady na opravy a rekonstrukce.

Dimenzování bioplynové stanice s kofermentací

V následujících třech tabulkách je porovnání možnosti výstavby bioplynové stanice při různých zdrojích biomasy pro provoz. Produkce bioplynu pro některé vybrané substráty je uvedena v tabulce 4.1. Kofermentací různých složek můžeme zvýšit produkci a výkon bioplynové stanice. Měli bychom však předem vědět jaké substráty a v jakém množství budeme mít k dispozici. V tabulce 4.2 jsou uvedeny základní parametry bioplynové stanice pro zpracování jenom prasečí kejdy, v tabulce 4.3 je uvedena bioplynová stanice na prasečí kejdu a jateční odpady, v tabulce 4.4 je bioplynová stanice na prasečí kejdu, jateční odpady a silážní kukuřici. Jedná se o určitý model bioplynové stanice. Při srovnání je vidět, jak s přidávanými kofermenty roste především instalovaný elektrický výkon a jak lze jejich pomocí i upravovat sušinu zpracovávaného substrátu. V tabulce 4.4 je sušina směsi na čtrnácti procentech, což z hlediska čerpatelnosti směsi vyžaduje ředění na 11 až 12%, nebo využití speciálních čerpadel. Jinak je ale přidání kukuřičné siláže vhodným prostředkem ke zvýšení produkce bioplynu a zvýšení sušiny zpracovávané směsi (za určitých podmínek lze použít i travní siláž, ale je nutno počítat s menší produkcí bioplynu při porovnání s kukuřicí).

Tab. 4.3: Produkce bioplynu pro některé vybrané substráty

Substrát	Obsah sušiny	Organická sušina v sušině	Produkce bioplynu		Koncentrace metanu v bioplynu
			$\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ org. sušiny	$\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ vlhké hmoty	
Hovězí kejda	8,8	85	280	21	55
Prasečí kejda	6	85	400	20,4	60
Silážní kukuřice	33	96	586,1	185,3	52,2
Travní siláž	35	89	583,8	182,3	54,1
Zbytky z krmení (silážní kukuřice/travní siláž)	34	92,5	585	184	53
Podestýlka – Pšeničná sláma	86	91,5	369	290	51
Žito - zrno	87	98	701,7	597	52
Tuky z lapolů	5	90	1.000,0	45	68
Kuchyňské odpady bohaté na tuky	18	92	761,5	126,5	61,9

Tab. 4.4: Zpracování prasečí kejdy

Druh vsázky	$\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$	sušina %	sušiny $\cdot \text{rok}^{-1}$	prod bioplynu $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	prod bioplynu $\text{m}^3 \cdot \text{r}^{-1}$
Kejda prasat	25 000	7,1	1 775	400	710 000
Celkem	25 000	Ø 7,1	1 775	Ø 400	710 000

Instalovaný elektrický výkon bioplynové stanice 181 kW_e

průměrné množství bioplynu na 1t materiálu 28 m³ (substrát 7 % sušiny)

průměrné množství bioplynu na 1t sušiny 400 m³

Tab. 4.5: Zpracování prasečí kejdy a jatečních odpadů

Druh vsázky	t.rok ⁻¹	sušina %	sušiny t.rok ⁻¹	prod bioplynu m ³ .r ⁻¹	prod bioplynu m ³ .r ⁻¹
Odpad z jatek	3 500	35	1 225	560	686 000
Kejda prasat	25 000	7,1	1 775	400	710 000
Celkem	28 500	Ø11	3 000	Ø465	1 396 000

Instalovaný elektrický výkon bioplynové stanice 357 kW_e

(poměr jatečního odpadu v sušině 40 %)

průměrné množství bioplynu na 1t materiálu 49 m³, (substrát 11 % sušiny)

průměrné množství bioplynu na 1t sušiny 465 m³

Tab. 4.6: Zpracování prasečí kejdy a jatečních odpadů společně se silážní kukuřicí

Druh vsázky	t.rok ⁻¹	sušina %	sušiny t.rok ⁻¹	prod bioplynu m ³ .r ⁻¹	prod bioplynu m ³ .r ⁻¹
Odpad z jatek	3 500	35	1 225	560	686 000
Siláž kukuřice	4 000	35	1 400	500	700 000
Kejda prasat	25 000	7,1	1 775	400	710 000
Celkem	32 500	Ø14	4 400	Ø476	2 096 000

Instalovaný elektrický výkon bioplynové stanice 536 kW_e

(poměr jatečního odpadu v sušině 27 %)

průměrné množství bioplynu na 1t materiálu 64 m³, (substrát naředěn na 12 % sušiny)

průměrné množství bioplynu na 1t sušiny 476 m³

Vývoj cen substituovaných zdrojů energie respektive prodejních cen produkovaných zdrojů energie

Trend vývoje cen konvenčních zdrojů energie má stoupající charakter a významně ovlivňuje výši inflace. Jeho příznivý vliv na ekonomické hodnocení bioplynových stanic však je eliminován současným růstem nákladů na pořízení investice a ročních provozních nákladů.

Analýza vlivu ceny substituovaného paliva na ekonomickou efektivnost bioplynové stanice se provádí v některých případech grafickým vyhodnocením závislosti indexu ziskovosti na ceně substituovaného paliva pro určitou danou úrokovou míru.

$$P_{\text{ind}} = k \cdot c_p + A$$

$$P_{\text{ind}} = \frac{S\check{C}H}{I}$$

$$k, A = f(r)$$

$$S\check{C}H = \sum_j CF_j \cdot \frac{1}{1+r^j} - I$$

P_{ind} – index ziskovosti

c_p – cena substituovaného paliva

$S\check{C}H$ – současná hodnota finančních prostředků

I – investice

r – úroková míra

CF_j – „cash-flow“ v j -tém roce

k, A – konstanty lineární funkce $P_{\text{ind}}(c_p)$.

Vyhodnocení mimoenergetických přínosů

Tento faktor je nejobtížněji kalkulovatelný při výpočtu parametrů ekonomické efektivity bioplynových stanic. Může zahrnovat tyto položky:

- snížení poplatků za znečištění ovzduší,
- snížení poplatků za odstranění organických odpadů (skládkování),
- snížení objemu přepravovaného materiálu po anaerobní fermentaci,
- zvýšení hnojivářských účinků anaerobně fermentovaného materiálu.

Zpravidla tyto údaje jsou určeny lokálními podmínkami a záleží na projektantovi, které vlivy do výpočtu ekonomické efektivity zahrne.

Kvalita bioplynu a jeho využití

Jak bylo řečeno v předcházející kapitole má kvalita bioplynu zásadní vliv na jeho využití. Kvalitu bioplynu charakterizujeme energetickým obsahem daným podílem metanu (CH_4) a čistotou bioplynu. Surový bioplyn by měl obsahovat více než 50 % objemových metanu. Pro pohon mobilních energetických prostředků je třeba počítat s čištěním bioplynu a zvýšením obsahu metanu alespoň na 90 % objemových.

Pokud ztráty vyrobeného bioplynu činí více než 30 %, je téměř nemožné dosáhnout ekonomické efektivity provozu bioplynové stanice. Zatím je ze všech způsobů využití

bioplynu neúčinnější konverze na elektrickou energii a ohřev teplonosného média pomocí kogenerační jednotky.

Před realizací bioplynové stanice je třeba zvážit některé další požadavky:

- minimalizovat transport a manipulaci s materiálem,
- zajistit co nejplynulejší zásobování bioplynové stanice hygienicky a hnojivářsky nezávadným materiálem,
- využití bioplynu případně topného média je třeba zajistit v místě výroby,
- všechny materiálové a energetické výstupy využít v maximálně možné míře,
- dát do souladu diagram výroby a spotřeby bioplynu a tepelné energie,
- je třeba dodržet bezpečnostní vzdálenosti pro plynová zařízení od ostatních objektů,
- zamezit znečištění životního prostředí v okolí bioplynové stanice.

Manažerské rozhodnutí realizovat bioplynovou stanici musí vycházet z lokálních podmínek, z právní a technické legislativy, z technicko-ekonomického hodnocení zamýšlené investice, z možností získání finančních prostředků z regionálních respektive státních zdrojů nebo fondů EU.

Současný trend ve výstavbě bioplynových stanic v zahraničí směřuje na:

1. Společnou realizaci bioplynové stanice více podílíky (obdoba družstevního podniku).
2. Kontrakční způsob realizace a provozování bioplynové stanice.
3. Zpracování směsných materiálů s vysokým podílem odpadní biomasy rostlinného původu.
4. Dodržení kvalitativních parametrů výstupů bioplynové stanice (podíl metanu u bioplynu, hnojivářská hodnota a nezávadnost fermentovaných substrátů,...)

Přednost je dáována technicky náročným řešením, ale s vysokým stupněm automatizace provozu.

5. Referenční zařízení pro využití bioplynu

5.1 Aktuální situace ve využívání bioplynu v zemědělství v České republice

Vzhledem k nízkým cenám klasických energetických zdrojů se o oblast využívání bioplynu ošetřením chlévské mrvy s produkcí a využitím bioplynu v zemědělství až do tzv. „ropné krize“ v roce 1982 nikdo vážně nezajímal. V letech 1982 – 1992 probíhalo řešení výzkumného projektu zaměřeného na využití exkrementů z velkochovů hospodářských zvířat pro výrobu bioplynu. V rámci tohoto projektu byly s významnou státní podporou realizovány experimentální bioplynové stanice pro zpracování zemědělských tuhých i tekutých odpadů, z nichž některé pracují s původní technologií ještě dnes.

Výrobu bioplynu z těchto biologicky rozložitelných látek je potřeba chápat jako alternativu zpracování vedlejších a druhotných surovin spolu s odpady různého původu a různého druhu, která šetří životní prostředí. Při dobrém projektu mohou být finální produkty dobře ekonomicky zhodnoceny. Míru ziskovosti podporuje zavedená vyšší sazba za výkup elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů pro bioplyn, která je pro zemědělské bioplynové stanice stanovena na rok 2007 ve výši 3,04 Kč.kWh⁻¹. Pro rok 2008 se navrhuje zatím dvě výkupní ceny 3,60 Kč.kWh⁻¹ pro bioplynové stanice obecně zpracovávající biologicky odbouratelné organické substráty a 3,90 Kč.kWh⁻¹ pro bioplynové stanice zpracovávající alespoň 50 % sušiny substrátu ze záměrně pěstované biomasy energetických rostlin (především kukuřice). I v ČR se tím odstartoval proces oddělení zemědělských a ostatních bioplynových stanic. Není žádným tajemstvím, že technologie využití bioplynu je například proti prostému spalování biomasy daleko technologicky náročnější. Pro bioplynové stanice na silážní kukuřici nově vybudované, bez využití určité části infrastruktury zemědělského podniku, jako silážní žlaby kejdomé hospodářství, zpevněné komunikace, připojení sítí atd. by vyžadovaly výkupní cenu el. energie cca 4,50 a více Kč.kWh⁻¹. Hlavním důvodem váhání investorů při volbě technologie zpracování organických substrátů v bioplynové stanici jsou vysoké investiční náklady a vysoká cena vyrobené energie. Navíc každý nový projekt je vlastně originálem, který prodražuje investici. Univerzální schéma nejde použít vzhledem k umístění v lokalitě, různému typu zpracovávaného materiálu, charakteru provozu, místnímu vybavení, technologiím atd. Pro využití bioplynu je proto třeba pečlivě vybrat vhodnou lokalitu s vysokou a celoročně stálou poptávkou po teple a elektřině z kogenerační jednotky. Řešit je třeba i návazné provozy vylepšující ekonomiku. Důležitý je pravidelný a dostatečný přísun

vstupního materiálu pro fermentaci a výrobu bioplynu. Přehled většiny zemědělských bioplynových stanic uvádíme v tabulce 5.1. Údaje v tabulce mohou být nepřesné, neboť některé bioplynové stanice procházejí rekonstrukcí, instalují se nové kogenerační jednotky, nebo jednotky pro termickou úpravu substrátu, přistavují se druhé reaktory, zastřešují se jímky s další produkcí bioplynu atd. Kromě toho si někteří provozovatelé určité údaje nepřejí zveřejňovat.

Zatím se v České republice staví bioplynové stanice, které mají z určitých výše zmíněných důvodů dobrou ekonomiku, jde o bioplynové stanice:

Letohrad 50 kW_e, Klokočov u Vítkova 980 kW_e, Velké Albrechtice II 850 kW_e, Kněžice 330 kW_e, a Velký Karlov 1400 MW_e. Výčet není úplný, v provozu jsou i další bioplynové stanice Žihle, Závidov, Svojsín, Vladislav, Pustějov a Chroboly. Další 3-4 bioplynové stanice jsou v pokročilém stadiu výstavby. Na Slovensku byla v Hurbanově postavena bioplynová stanice na kejdu a silážní kukuřici o instalovaném výkonu 272 kW_e. Všechny tyto bioplynové stanice byly postaveny českými firmami s použitím některých zahraničních projektů (know-how), nebo komponentů. Technologie je sice v ČR i ve světě dobře zvládnutá a po mnoho let využívaná na mnoha velkých čistírnách odpadních vod. V posledním období však jsou nově budované bioplynové stanice značně větší, složitější, vyžadují přesně řízené rozhodovací procesy a velmi kvalifikovanou obsluhu. Provoz vyžaduje přesné dávkování, zejména jatečných a rostlinných kofermentačních substrátů.

Tab. 5.1: Zemědělské bioplynové stanice v ČR

BPS	Reaktorový objem	Zpracovaný substrát	Produkce bioplynu	Instalovaný el. výkon	Vyrobená el. energie
	m ³	m ³ . rok ⁻¹	m ³ . rok ⁻¹	MW _e	MWh _e . rok ⁻¹
Velké Albrechtice I	4 250	52 400	1 970 000	0,56	3 500
Velké Albrechtice II*	5 000	75 500	3 413 675	0,85	6 077
Třeboň	6 000	51 100	1 200 000	0,24	650
Mimoň	3 100	18 432	1 117 711	0,35	1 635
Plevnice	2 200	23 725	567 800	0,24	820
Trhový Štěpánov	700	10 220	328 500	0,3	657
Šebetov	4 000	27 800	400 000	0,23	610
Jindřichov	koše	slamnatý hnůj	200 000	0,1	155
Kladruby	1 020	13 200	170 000	0,1	195
Letohrad*	1 250	7 000	-	0,066	-
Klokočov u Vítkova*	5 000	-	-	0,986	-
Kněžice*	2 500	23 375	1 200 950	0,33	2 591
Závidov*	1250	-	-	0,05	-
Svojsín*	5 000	-	-	1,052	-
Velký Karlov*	8 000	-	-	1,4	-
Vladislav**	2 000	-	-	cca 0,24	-
Pustějov**	2 000	-	-	cca 0,24	-
Žihle**	7 000	-	-	cca 1,2	-
Chroboly**	-	-	-	1	-

Poznámka: *V provozu od roku 2006

**Ve výstavbě, či zkušebním provozu

5.2 Příklady realizací

ENERGETICKÝ SYSTÉM CZT V OBCI KNĚŽICE [57]

V obci Kněžice trvale žije necelých 400 obyvatel, ze 125 obydlých objektů je 120 rodinných domků. Dalšími objekty jsou budovy občanské vybavenosti a provozovny drobného podnikání. V obci je zemědělská farma s velkochovem hospodářských zvířat a kuřat. Podle zdejšího starosty Milana Kazdy první nápad na ucelené, ale náročné řešení, jak tyto ekonomické a ekologické problémy vyřešit společně, přišel na Teplárenských dnech v Hradci Králové už před čtyřmi, pěti lety. A tak se rodil projekt, který prošel mnohými změnami, až dozrál v zásadní rozhodnutí. Stavět čističku a kanalizaci, nebo se pustit do zatím ojedinělé investice výstavby bioplynové stanice, která by řešila zpracování komunálního odpadu, výrobu tepla pro téměř celou obec za přijatelné ceny a ještě mít zisk z prodeje vyrobené a do sítě dodávané elektrické energie, což jsou nepominutelné pozitivní ekonomické a environmentální dopady na celou oblast.

Stručně lze faktograficky popsat výstavbu takto. Vypracování projektu, podat ho v rámci programu Infrastruktura financovaného z fondů Evropské unie, najít zdroje pro dofinancování akce, vybrat pokud možno spolehlivého a nepřiliš drahého dodavatele, přesvědčit spoluobčany, rozkopat celou vesnici a postavit dílo za zhruba 120 milionů korun.

Stavební práce byly zahájeny v listopadu 2005, v roce 2006 byla postupně uvedena do provozu bioplynová stanice, celý komplex začal fungovat během podzimu 2006. Skládá se z bioplynové stanice s kogenerační jednotkou, z výtopny na spalování slámy a dřevního odpadu, teplovodního rozvodu tepla z předizolovaného potrubí v celé vesnici, kterým se přes předávací stanice v jednotlivých objektech bude celoročně dodávat z kotelny a z bioplynové stanice teplo pro vytápění a pro ohřev teplé užitkové vody do téměř všech domů v obci. V hale u kotelny bude peletizační linka na výrobu topných pelet z biomasy, kterou zatím obec již dva roky provozuje v prozatímních prostorách.

Iniciátorem a investorem celého projektu je samotná obec Kněžice. Větší část finančních prostředků na projekt obec získala ze Státního fondu životního prostředí, menší část tvoří půjčka od banky a zahraniční grantová dotace.

Po uvedení celého komplexu do provozu, bude mít většina domů v obci vytápění a celoroční ohřev TUV výhradně z obnovitelných zdrojů, obec bude vyrábět a prodávat elektřinu z bioplynu a topné pelety z biomasy.

Technologie, výkony

Bioplynová stanice má příjmovou homogenizační jímku s objemem 180 m³, hygienizační linku s kapacitou 10 tun materiálu za den, jeden vytápěný fermentor o objemu 2 500 m³ se střešním plynojemem 1000 m³, jednu kogenerační jednotku s elektrickým výkonem 330 kW a s tepelným výkonem 400 kW, a dvě skladovací nádrže s objemem 2 x 6500 m³ na vzniklé hnojivo - tekutý vyfermentovaný substrát. Součástí stanice je trafostanice 22/0,4 kV, pro vyvedení elektrického výkonu kogenerační jednotky do elektrizační sítě.

Kotelna na biomasu má dva kotle, jeden kotel o výkonu 800kW na spalování slámy, druhý o výkonu 400 kW na spalování štěpky a dřevního odpadu, provozní zásobník slámy na přibližně 8 hodin nepřetržitého automatického provozu kotle na slámu, provozní zásobník štěpky na více než jednodenní automatický provoz kotle na štěpku, krytý sklad paliva na několik týdnů provozu kotelny, čerpací stanici pro cirkulaci topné vody v soustavě, chemickou úpravnu vody a systém udržování tlaku v soustavě CZT (centrálního zásobování teplem).

Základní data bioplynové stanice KNĚŽICE

Projekt ESO (Energeticky soběstačná obec)

1) Bioplynová stanice inst. výkony...330 kW_{el} + 405 kW_t

využití tepla:

- 200 kW_t technologie bioplynové stanice

- 200 kW_t vytápění (TUV) do obce

Suroviny pro bioplynovou stanici:

prasečí kejda od 3 zemědělských a.s.

odpadní vody z výroby bionafty

jateční odpad

2) Kotelna na slámu...0,8 MW, STEP Trutnov

štěpku...0,4 MW, STEP Trutnov

3) Výroba topných pelet...licence Ekover

Provoz: podzim 2006 Financování: ERDF.....70 % Fond ŽP...10 %

Kotelna spaluje hlavně obilní a lněnou slámu a energetický št'ovík v obřích balících a drobný dřevní odpad, a bude podle potřeby dodávat teplo do soustavy CZT. Popel ze spalování slámy a dřeva bude využíván jako hnojivo pro zemědělské pozemky.

Kotle budou normálně v provozu pouze v topném období, kdy přebytečné teplo z bioplynové stanice nebude stačit na pokrytí potřeby tepla v soustavě CZT. V létě budou kotle odstaveny, přičemž menší kotel bude tvořit zálohu pro dodávku tepla do soustavy pro případ výpadku kogenerační jednotky a nebo při jejím odstavení při plánované opravě.

Rozvod tepla v obci je bezkanálový, z předizolovaného potrubí s diagnostickým systémem případných poruch a netěsností, a bude mít celkovou délku tras včetně přípojek cca 6000 metrů. Jmenovité teploty topné vody budou 105/70°C. Předpokládaná nejvyšší spotřeba tepla soustavy CZT, včetně ztrát teplovodů, bude cca 1500 kW.

Provoz celé soustavy CZT včetně bioplynové stanice, kotelny a předávacích stanic je automatický, včetně diagnostiky a dálkového hlášení poruch. Zařízení kotelny a bioplynové stanice vyžaduje dozor 1x za 8 hodin provozu, plánovanou údržbu a servis a případně zásahy při poruchách. Ve větší míře bude potřeba práce obsluhy jen při manipulaci s palivem a surovinami při příjmu a při jejich přípravě ke zpracování, při manipulaci s popelem z kotlů a při vyskladňování hnojiva z bioplynové stanice .

Hlavním dodavatelem celého projektu Kněžice je SKANSKA CZ, a.s Divize Technologie, dodavatelem technologie bioplynové stanice Tomášek SERVIS, s.r.o z Pardubic,

železobetonové nádrže bioplynové stanice dodala firma WOLF SYSTEM, s.r.o. z Prahy. Technologii kotelny dodal Step Trutnov, a.s. Stavební část díla, soustavu rozvodu tepla v obci a kogenerační jednotku GE Jenbacher v bioplynové stanici realizovala Skanska CZ, a.s.



Obr. 5.1: Bioplynová stanice Kněžice, celkový pohled

Zajištění materiálu pro bioplynovou stanici

Je to především organický odpad z místní zemědělské farmy, kejda hospodářských zvířat, ale i krmné a posklizňové zbytky (siláž, traviny, šrot a podobně). Stanice dále zpracuje a ekologicky naprosto nezávadně odpady z výroby bionafty. Další surovinou pro bioplynovou stanici je záměrně pěstovaná biomasa, například kukuřice a jeteloviny. Stanice je vybavena i tepelnou hygienizací rizikových vstupních surovin a bude tudíž schopna zpracovávat a ekologicky odstraňovat zbytky jídel z restauračních zařízení a odpady z jatek. Vznikající bioplyn je trvale spalován v kogenerační jednotce, která vyrábí elektřinu a teplo. Elektřina z jednotky se prodává za regulované ceny do elektrizační sítě. Teplo z jednotky se z menší části využije pro ohřev fermentoru a veškeré zbylé teplo se trvale dodává do rozvodu tepla v obci.

U bioplynových stanic je využití zbytkového odpadního tepla z kogenerační jednotky problémem. Obvykle využití veškerého tepla není možné, protože jsou většinou postaveny v místě, kde jsou sice zdroje suroviny pro stanici, ale nikoli dostatečný odbyt tepla. Více než polovina vyrobeného tepla z bioplynových stanic se pak obvykle odvádí bez užitku chlazením do okolního vzduchu. V Kněžicích bude teplo z kogenerační jednotky využito právě díky soustavě CZT v obci.

Ekologické a ekonomické přínosy projektu CZT Kněžice.

Ekologické přínosy projektu Kněžice spočívají v úspoře fosilních paliv a snížení škodlivých emisí jak přímo v obci, tak při výrobě toho množství elektřiny, které vyrobí kogenerační jednotka v Kněžicích a nebude muset být vyrobeno v českých uhelných elektrárnách. Investiční náklady na projekt Kněžice jsou předpokládány ve výši 117 milionů Kč včetně DPH, a tato částka bude pravděpodobně dodržena.

Na jednoho připojeného odběratele tepla v Kněžicích tedy připadá cca 1 milion Kč investičních nákladů. To je na první pohled tak vysoká částka, že vzbuzuje pochybnosti o ekonomické efektivnosti celé investice. Ale jak je dále ukázáno, projekt Kněžice je po této stránce srovnatelný i s některými mnohem rozsáhlejšími záměry v české energetice.

Podle údajů v auditu z roku 2004 obec spotřebovala na výrobu tepla cca 1260 tun hnědého uhlí za rok. (výhřevnost hnědého uhlí 17 MJ.kg^{-1} .) Další část tepla spotřebovala pro ohřev TUV elektřinou. Při předpokládané celkové účinnosti výroby této elektřiny a jejího transportu ke spotřebitelům nejvýše 30%, se na výrobu této elektřiny spotřebuje v uhelných elektrárnách cca 842 tun uhlí za rok. Přibližně 502 tun spotřebují ročně objekty nepřipojené k soustavě. Celková přepočtená spotřeba uhlí pro vytápění a ohřev TUV, jakožto primárního zdroje energie, je tedy v Kněžicích cca 2102 tun za rok.

Kogenerační jednotka bioplynové stanice dodá do elektrizační sítě cca 2200 MWh elektřiny za rok, na jejíž výrobu by v uhelných elektrárnách bylo jinak spotřebováno cca 1 553 tun uhlí za rok.

Celková přepočtená úspora hnědého uhlí s výhřevností 17 MJ.kg^{-1} bude tedy po realizaci projektu Kněžice cca $2102 - 502 + 1553 = 3 153$ tun za rok. Po přepočtu na tzv. měrné palivo s výhřevností $29,3 \text{ MJ.kg}^{-1}$ to bude úspora 1829 tun měrného paliva za rok. Úspora měrného paliva na každých 1000Kč vynaložených investičních nákladů je tedy u projektu Kněžice cca $15 \text{ kg mp.rok}^{-1}$.

Roční finanční přínos pro obec jakožto provozovatele výtopny bude tedy cca 4,2 milionu Kč za rok. Tedy i přes poměrně vysokou výkupní cenu elektřiny z bioplynové stanice vychází prostá návratnost investice cca 28 let.



Obr. 5.2: Bioplynová stanice Kněžice, příjem zpracovávaného materiálu, linka na termickou stabilizaci a rozměrovou úpravu substrátu

Z takto dlouhé doby prosté návratnosti investice vyplývá, že realizace takové investice bez dotace zatím není možná. Přitom ekologický přínos tohoto projektu je vyšší, než je tomu u některých jiných projektů, zaměřených na snížení spotřeby fosilních paliv a na využívání obnovitelných zdrojů energie, které se v české energetice ve velkém rozsahu připravují.

BIOPLYNOVÁ STANICE NA ZPRACOVÁNÍ KOMUNÁLNÍHO ODPADU, ALTENO, SRN [58]

Nový, velkovýrobní způsob zpracování netříděných komunálních odpadů dodávaných ve směsném stavu s velkým podílem biologicky aktivních látek bez separace při sběru s názvem „BioTech“ od firmy Farmatic Anlagenbau GmbH spočívá v automatickém oddělování organických a neorganických podílů směsného odpadu na sítech a v kapalném prostředí až ve zpracovatelském závodě. To umožňuje, obcím a občanům i podnikům uskutečňovat levnější neseparovaný sběr, vyloučit jeho nákladnou oddělenou dopravu, zpracování, spalování nebo skládkování.

Převažující organický podíl domovního odpadu (případně s přídavkem zemědělských odpadů) je po separaci a „zkapalnění“ podroben anaerobní fermentaci s produkcí bioplynu, který je následně použit k výrobě elektrické energie a tepla a vysoce hodnotného polosuchého a kapalného organického hnojiva. V procesu vznikající teplo je využito pro vytápění fermentorů, sterilizátorů, provozních budov nebo k technickým sušárenským či jiným účelům.



Obr. 5.3: Směsný komunální odpad v příjmovém koši bioplynové stanice Altenu, SRN

Prodej elektřiny, případně části tepla, veškerého hnojiva a průmyslově dále využitelných odpadů znamená pro zpracovatelský závod vedle příjmů za samotné zpracování významný ekonomický přínos. To umožňuje snížit zpracovatelské náklady odpadů na 10 až 25 Euro.t⁻¹, což je mnohem méně než je tomu na jiných zařízeních. Zpracování probíhá výhradně ve speciálních nádržích a v budovách, takže případné emise a pachy, či znečištěná voda, neunikají do okolí. „BioTech“ závody na zpracování odpadků mohou být tak situovány i na sídlištích nebo v jejich blízkosti, což se projevuje i snížením nákladů na svoz odpadků.

Vyrobený kompost je prakticky bez jakýchkoliv inertních a škodlivých materiálů a má vysokou hnojivou kvalitu, stejně tak i kapalná, odseparovaná frakce. Technologií jsou v hnojení dodrženy všechny evropské i americké směrnice s ohledem na zátěž těžkými kovy a jiná znečištění a mohou být dodrženy předpisy i ekologického zemědělství s povinností nepoužívat průmyslová, chemická hnojiva, aniž by byla snižována úrodnost půdy při výrobě tzv. „ekologických“ potravin.

Vytříděný a ošetřený malý podíl nebiologických materiálů jako jsou plasty, kovy a inertní hmoty se předávají k dalšímu zpracování nebo na skládky, nefermentovatelné biomateriály, jako je dřevo, se zpracovávají na kompost nebo spalují.



Obr. 5.4: Třídící linka na směsný komunální Altenu

Nám nejbližší a největší vzorový objekt na zpracování neseparovaného komunálního odpadu systému „BioTech“ se nachází ve SRN na sever od Drážďan v obci Altenu u města Duben.

Princip zpracování komunálních odpadů anaerobní technologií

Obvyklé metody likvidace komunálních, neseparovaných odpadů v univerzálních skládkách, které se ještě dnes všeobecně využívají, nejsou z hlediska udržitelnosti životního prostředí nadále přijatelné, i když je veřejnost ještě trpí. Jejich ekonomické postavení někde vylepšuje problematické jímání a využívání vznikajícího skládkového plynu.

Předpokládané budoucí zákony a nařízení EU určitě zcela zakáží skládkování odpadů organického původu, především komunálního bioodpadu, kterého objemově neustále přibývá a pravděpodobně bude zakázáno i jejich spalování. Ani jejich kompostování není optimálním řešením s ohledem na negativní energetickou bilanci, velké nároky na plochu, problémy se zápachy a odbytem často nekvalitních kompostů.

Tuto obecně obtížnou situaci řeší v podstatě jen dva systémy:

- Prakticky obtížně realizovatelný a nákladově drahý separovaný sběr komunálního odpadu s oddělováním jednotlivých druhů už na místě jejich vzniku, s uplatněním speciálních nádob, způsobů svozu a zpracování.
- Svážení neseparovaného komunálního odpadu jednotným systémem do specializovaného závodu, kde za odpovídajících technických podmínek dochází k separaci a zpracování.

V reakci na současné problémy se separovaným sběrem komunálního odpadu vznikla nová technologie průmyslového zpracování neseparovaného komunálního odpadu, ve které je využita metoda třídění odpadů na sítěch a v kapalinové lázni a mikro-bakteriální proces fermentace převažujícího biologického podílu. Ten živelně působí ve všech dnešních skládkách organických odpadů nebo v zemědělských bioplynových stanicích. Tato nová technologie má následující přednosti:

- a. Způsob třídění a anaerobní mikro-bakteriální fermentace bioodpadů probíhá v průmyslovém podniku v uzavřených budovách, nádržích a prostorách, takže případně vznikající pachy jsou při odvětrávání filtrovány a ošetřeny tak, že nemohou proniknout do okolí, stejně tak i znečištěné kapaliny.
- b. Průběh řízené fermentace je proti živelnému, přírodnímu ději, který probíhá v přírodě, i skládkách po mnoho let, podstatně urychlen a zkrácen na cca 20-25 dní, takže i potřebný prostor se při stejné kapacitě zmenšuje z mnoha hektarů (u skládek) jen na 1 až 1,5 ha.
- c. Nežádoucí běžné vedlejší produkty, plyny, obtížné materiály a znečištěné vody se procesem mění na využitelné zdroje jako je bioplyn, hnojivo ve formě kompostu nebo kapalné hnojivo, případně hodnotné palivo. Cenné suroviny představuje část vytříděného odpadu (kovy, plasty).

Prodejem produktů, zejména elektřiny, se významně snižují náklady na likvidaci komunálních odpadů, které jsou nižší než na dosavadní způsoby jejich likvidace, dosud všeobecně užívané ve skládkách, kompostárnách nebo speciálních spalovnách.

Zpracování netříděného komunálního odpadu

Veškerý netříděný (to je na místě vzniku předem neseparovaný) komunální, domovní a další odpad se po dopravě do zpracovatelského závodu dostává na síťovou předtřídičku – velké síto s oky o velikosti cca 80 x 80 mm, kde se oddělí zpravidla větší kusy anorganického odpadu. To co propadne, tvoří asi 85 % přijatého množství, přichází kompletně po důkladném podrcení do velké nádrže s procesní, stále v systému cirkulující kapalinou. Intenzivním mícháním se veškeré organické látky obsažené v tomto odpadu postupně rozměňují a mění v suspenzi, zatímco neorganický podíl, tvořený např. umělohmotnými předměty, plasty, kostmi, kameny, kousky stavebnin, se v suspenzi nepromění a buď plave na jejím povrchu nebo klesá v důsledku své hmotnosti ke dnu nádrže. Flotací a sběrným sítem nahoře a vhodným způsobem odstraňování pevného zbytku dole se neorganický podíl odstraní. Nefermentovatelného materiálu zůstane v suspenzi nejvýše 1 %, (např. anorganický kal) což nevadí.



Obr. 5.5: Jednotka pro termickou úpravu BRKO, bioplynová stanice Alteno u města Duben, SRN

Takto získaná odseparovaná organická suspenze, jejíž viskozitu je možno kontrolovat a podle potřeby upravovat přidáváním vody, nebo procesní kapaliny, se čerpá většinou do sterilizátoru, kde za teploty 70°C je zbavena za dobu nejméně jedné hodiny choroboplodných zárodků a přečerpávána teplá do fermentoru, kde je podrobena anaerobní fermentaci po naočkování fermentorovými bakteriemi podobu cca 20-25 dnů. Zde je zajištěna potřebná teplota (38 – 55°C), která podmiňuje rychlý nástup fermentace a přeměnu asi 50 – 60 % organické sušiny na bioplyn s vysokým obsahem (50 až 60 %), metanu (CH₄) zbytek plynu tvoří CO₂ a H₂O. Zbylá část, asi 40 % původní organické hmoty, představuje po odvodnění po skončení procesu fermentace (případným dokompostováním), dobré, stabilizované organické hnojivo. Pokud se zpracovávají i odpady živočišné výroby, je někdy výstupní materiál krátkou dobu poněkud „cítit“ čpavkem. Tento polosuchý substrát se nechává nějakou dobu na hromadách dozrát. Stabilizované, odvodněné organické hnojivo z bioplynového reaktoru, zejména ve formě kompostu, je vysoce účinným přírodním hnojivem, které může plně nahradit soubor průmyslových hnojiv. Kromě toho přispívá i ke lepší fyzikálně-mechanických vlastností půdy.



Obr. 5.6: Odvodněný kal po anaerobní fermentaci BRKO, bioplynová stanice Alteno, SRN

K hnojení se však může použít tato odfermentovaná polotuhá suspenze i přímo, případně i odseparovaná, biologicky velmi aktivní a živinami bohatá procesní kapalina. Tyto materiály se mohou po určitou dobu skladovat v závodě. Polotuhý substrát je možno sušit a granulovat. Vznikající bioplyn z fermentoru se bezprostředně (po filtraci a odvodnění) používá jako zemní plyn, vzhledem k objemové koncentraci metanu 65 %, zbytek tvoří CO₂ má však poněkud nižší výhřevnost, kolem 22 MJ.m⁻³. Pro činnost upravených stacionárních plynových motorů nevadí ani dočasný pokles výhřevnosti pod tuto mez. Biologicky se přídatným zařízením z bioplynu odstraňuje také i sirovodík vznikající při fermentaci potravinových zbytků. Vyráběná elektřina v kogeneračních zařízeních se využívá pro potřeby podniku, stejně jako odpadní teplo, zčásti se oba nosiče energie za výhodné ceny prodávají. (Ve SRN asi za 4,2 Kč.kWh_e⁻¹).

Zpracovatelské náklady komunálního odpadu technologií „BioTech“ se pohybují podle velikosti a výrobní kapacity zpracovatelského závodu ve výši 20 až 35 Euro za tunu. Prodejem elektřiny, tepla a kompostovaného materiálu se mohou náklady snížit až na 10 – 25 Euro.t⁻¹ (To jsou většinou právě dopravní náklady, které vznikají jen přepravou běžného komunálního odpadu na vzdálenější skládky.) Za příjem a zpracování komunálního odpadu dodavatel samozřejmě platí.

Až tunu komunálního odpadu vyprodukuje za rok průměrná rodina. To znamená, že náklady 15 Euro na jednu tunu odpadků, který by rodina za odvoz odpadků zaplatila, by kryly plně zpracovatelské náklady za předpokladu odbytu výše uvedených produktů. Pokud by však poplatky za odvoz a zpracování komunálního odpadu zůstaly na původní výši 25 – 35 Euro za tunu, (jak je obvyklé při skládkování), vytvořily by se podmínky pro vysoce efektivní odvětví investorům v soukromém sektoru. Anaerobní fermentace komunálního odpadu je relativně levným způsobem jeho odstraňování, neboť při ní vznikají užité, hodnoty.

Komunální odpad vzniká stále, jeho objemy narůstají a vždy se musí s určitými náklady odstraňovat.

Tab. 5.2: Hlavní data bioplynová stanice na zpracování netříděného komunálního odpadu v ALTENO, SRN

Název zařízení		Biogasanlage Alteno GmbH & Co.KG
Adresa		Altenoer Strasse 10, 15926 Duben
Investiční náklady	mil. Euro	8,5
Státní dotace	%	30
Návratnost investice	roky	6 (s dotací), 10 (bez dotace)
Uvedení do provozu	rok	2001
Zpracovaný odpad	t.r ⁻¹	86 000 (maximální kapacita 100 000)
Technologie zpracování smíšeného komunálního odpadu		Síta, drtič a vodní emulze
Technologie BP stanice		2 stupňová mezofilní fermentace, s termickou úpravou vstupního materiálu a odlisování procesní vratné kapaliny, (fugátu) z pevného podílu
Objem fermentorů	m ³	3 300
Objem hydrolyzéry	m ³	1 100
Objem homogenizátoru	m ³	1 100
Objem plynojemu	m ³	1 000
Objem skladových nádrží	m ³	5 000
Výkon kogeneračních jednotek	kW	626
Teplý výkon	kW	834
Výkon rezervního kotle „kombi“	kW	50
Teplota a doba sterilizace	°C/ hod	70/1
Odvětrání provozovny		Nucené přes biologický filtr
Odsíření bioplynu		Biologická jednotka

Po počátečním váhání se dostala anaerobní fermentace bioodpadů u mnohých komunálních samospráv v SRN na první místo v úvahách o jejich ekologickém odstranění. Předpokládá se, že obce s počtem obyvatel 50 000 až 200 000 budou provozovat svoje vlastní zařízení, ze kterého bude vycházet kromě elektrické energie, tepla a kompostových materiálů ještě „čistý“, skládkovatelný, případně spalitelný odpad v množství 20 až 30% původního směsného komunálního odpadu.

VYUŽITÍ SKLÁDKOVÉHO PLYNU KOGENERAČNÍ JEDNOTKOU

v areálu skládky TKO Úholičky

ÚDAJE VŠEOBECNÉ

Provozovatel

Název: A.S.A. s.r.o. Praha
Adresa: 182 00, Praha 8, Ďáblická 791/89

NÁKLADY

Investiční náklady

Na dodávku a instalaci kogenerační jednotky	11,2 mil. Kč
z toho :	
dodávka a montáž kog. jednotky	8,3 mil. Kč
vyvedení el. a tep. výkonu	2,5 mil. Kč
ostatní	0,4 mil. Kč

Provozní náklady bez paliva

Při běžné kontrole a údržbě (výměna svíček a oleje) s plánovanými středními opravami a generálními opravami jsou provozní náklady bez paliva stanoveny v průměrné výši 350 Kč na jednu vyrobenou MWh el. energie

CHARAKTERISTIKA PROJEKTU

Do areálu skládky TKO v Úholičkách (skládku provozuje REGIOS a.s.) byla instalována v lednu 2004 kogenerační jednotka typu MOBIL TBG 520 (dodavatel MOTORGAS s.r.o. Praha). Tato kogenerační jednotka užívá jako palivo skládkový plyn odsávaný pomocí 13 vrtů z rekultivované části skládky.

Kogenerační jednotka má jmenovitý elektrický výkon 520 kW a jmenovitý tepelný výkon 725 kW při spalování skládkového plynu o výhřevnosti 23 MJ.m³.

Kogenerační jednotka je instalována ve venkovním kontejneru, který je umístěn vedle čerpací stanice skládkového plynu.

El. energie vyrobená v kogenerační jednotce je po transformaci 0,4/22 kV dodávána do sítě STE a.s. (ČEZ a.s.) 22 kV. Vyrobené teplo je využito jen z cca 10% v objektu garáží a recyklace plastů, zbytek tepla je mařen bez využití na nouzovém chladiči.



Obr. 5.7: Kontejner s kogenerační jednotkou, v pozadí vlevo objekt čerpací stanice



Obr. 5.8: Plynový motor kogenerační jednotky

Tlak bioplynu na vstupu do teplárny kolísá v rozmezí 5 – 15 kPa, obsah metanu v bioplynu je průměrně 47% čemuž odpovídá výhřevnost bioplynu cca 16,8 MJ.m³.

Pro tyto podmínky je průměrná spotřeba bioplynu v kogenerační jednotce cca 650 m³ na výrobu jedné MWh el. energie, tomu odpovídá průměrná elektrická účinnost kogenerační jednotky cca 30%.

Pro většinu vyrobeného tepla není v areálu skládky využití (kromě vytápění garáží a recyklace plastů – jen cca 10%), teplo je tedy odváděno bez využití do okolí pomocí chladiče umístěného v těsné blízkosti kogenerační jednotky (viz obr. 5.9).



Obr. 5.9: Chladič v těsné blízkosti kogenerační jednotky

Základní technické údaje zařízení

Kogenerační jednotka sestává ze soustrojí s plynovým motorem a generátorem a výměníků pro odvod odpadního tepla z chlazení bloku motoru a oleje a ze spalin. Plynový motor, generátor a výměníky pro využití tepla motoru a oleje jsou umístěny v kontejneru s protihlukovou izolací, nouzový chladič je umístěn mimo kontejner.

kogenerační jednotka	typ KLASIK TBG 520
plynový motor	WAUKESHA L 36 GLD, 1500 ot..min. ⁻¹
generátor	STAMFORD HCI 544 F1, synchronní, 1500 ot..min. ⁻¹ .
jmenovitý elektrický výkon	520 kW
jmenovitý tepelný výkon	725 kW (teplá voda 90/70°C)
elektrická účinnost *	35,9 %
tepelná účinnost *	50,1 %
celková účinnost *	85,9 %
rozměry kontejneru (d x š x v)	5,9m x 1,5 x 3,5m

* 100% zatížení, výhřevnost bioplynu 23 MJ.m⁻³

Řízení provozu jednotky a průběžná kontrola sledovaných provozních veličin jednotky je zajištěna pomocí programovatelného automatu, který též zajišťuje automatické najetí a přifázování a naopak odfázování a odstavení jednotky z provozu.

HODNOCENÍ

Kogenerační jednotka KLASIK TBG 520 je provozována od ledna 2004. Během dosavadního provozu kogenerační jednotky se nevyskytly žádné závady, je pouze prováděna běžná kontrola a údržba.

Kogenerační jednotka je provozována v nepřetržitém režimu s odběrem skládkového plynu v jednotlivých měsících v rozsahu cca 110 000 – 160 000 m³.

Skládkový plyn je nakupován ze skládky v průměrné ceně 0,2 Kč.m⁻³ (ASA s.r.o. a REGIOS a.s. jsou sesterské společnosti nadřízeného holdingu). Další nákladovou položkou jsou náklady na údržbu a opravy, která činí 350 Kč.MWh⁻¹ vyrobené el. energie.

El. energie je prodávána do sítě za cenu pro výkup el. energie z obnovitelných zdrojů energie (cenové rozhodnutí ERÚ č.10/2005) za výkupní cenu 2520 Kč.MWh⁻¹. Malá využitá část vyrobeného tepla není odběrateli (REGIOS a.s.) účtována.

Bilance provozu kogenerační jednotky (r.2005)

spotřeba bioplynu	27 824 GJ. r ⁻¹ (1 656 200 m ³ . r ⁻¹)
výroba a dodávka el. energie	2 548 MWh.r ⁻¹
výroba tepla	15 288 GJ.r ⁻¹
využitá teplo	1 500 GJ.r ⁻¹
tržby za prodej el. energie	6,4 mil. Kč.r ⁻¹
náklady na bioplyn	0,3 mil. Kč
náklady na opravy a údržbu	0,9 mil. Kč

Instalace kogenerační jednotky na skládkový plyn je ukázkou využití obnovitelného zdroje energie jako náhrady fosilních paliv.

Vzhledem k předpokládanému vývinu skládkového plynu ze skládky minimálně 15 let je ekologická i ekonomická výhodnost tohoto záměru evidentní.

Relativně nízké využití vyrobeného tepla v kogenerační jednotce je objektivním faktem v důsledku značné vzdálenosti skládky TKO Úholičky od potenciálního spotřebitele vyrobeného tepla.

KOGENERAČNÍ JEDNOTKA CAT 1000 NA SKLÁDKOVÝ PLYN

Teplárna TEDOM v areálu AVIA Letňany

ÚDAJE VŠEOBECNÉ

Provozovatel

Název: Teplárna TEDOM Praha
Adresa: 199 03, Praha 18, Beranových 140

NÁKLADY

Investiční náklady

Na dodávku a instalaci kogenerační jednotky	19,5 mil. Kč
z toho :	
dodávka a montáž kog. jednotky	16,0 mil. Kč
vyvedení el. a tep. výkonu	2,5 mil. Kč
stavební úpravy,	1,0 mil. Kč

Provozní náklady bez paliva

Při běžné kontrole a údržbě (výměna svíček a oleje) s plánovanými středními opravami a generální opravou po 50 000 provozních hodinách jsou provozní náklady bez paliva stanoveny v průměrné výši 300 Kč na jednu vyrobenou MWh el. energie

CHARAKTERISTIKA PROJEKTU

Kogenerační jednotka CAT 1000 o jmenovitém el. výkonu 1100 kW a jmenovitém tepelném výkonu 1292 kW byla instalována v Teplárně TEDOM v areálu AVIA a.s. Praha – Letňany v roce 2003.

Teplárnu, která jako palivo užívá skládkový plyn, provozuje TEDOM s.r.o., pracoviště Praha.

Teplárna je kromě této kogenerační jednotky osazena ještě 4 kogeneračními jednotkami (KJ) o následujících jmenovitých el. a tep. výkonech a době instalace:

2 x KJ TEDOM CAT 1000	2 x 1099 kWe, 2 x 1290 kWt rok 2002
2 x KJ JENBACHER JMS 320	2 x 826 kWe, 2 x 1057 kWt rok 1995

Celkový instalovaný výkon teplárny je tedy 4950 kWe a 5986 kWt.



Obr. 5.10: Tři z původních KJ (2 x Jenbacher a 1 x TEDOM) jsou umístěny v ve venkovních kontejnerech, čtvrtá v budově po demontovaném plynovém kotli



Obr. 5.11: KJ TEDOM CAT 1000 SP bio instalovaná v roce 2003 je umístěna ve venkovním kontejneru

Teplárna je provozována pouze na skládkový plyn dodávaný ze skládek TKO v předměstích Prahy, Ďáblicích (provozuje ASA s.r.o.) a Chabrech (provozuje PDI a.s.). Skládkový plyn (bioplyn) je odebírán z obou skládek pomocí celkem 134 vrtů. Ze skládky Chabry je bioplyn dodáván dmychadly potrubím o délce 2,1 km do kompresorové stanice umístěné na skládce Ďáblice. Do této stanice je přiváděn i bioplyn ze skládky Ďáblice a společně dodáván potrubím DN 200 o délce 3 km do teplárny. Tlak bioplynu na vstupu do teplárny kolísá v rozmezí 50 – 100 kPa, jeho množství v rozmezí 1900 – 2200 m³.h⁻¹, obsah metanu v bioplynu se pohybuje v rozmezí 45 – 55% čemuž odpovídá výhřevnost plynu v rozmezí 16,1- 19,7 MJ.m³.

El. energie vyrobená v teplárně je po transformaci v teplárně z 0,4/22 kV dodávána do sítě PRE a.s. (ČEZ a.s.) 22 kV.

Teplo vyrobené v teplárně v teplé vodě je dodáváno do výměňkové stanice závodu AVIA Letňany, odtud je dodáváno jednak celoročně do CZT zajišťující vytápění a ohřev TUV pro sídliště Letňany a jednak v topném období pro vytápění objektů závodu AVIA Letňany.

Protože provoz teplárny je motivován především prodejem el. energie za výhodnou státem garantovanou výkupní cenu není pro určitou část vyrobeného tepla využití a musí být mařeno v nouzových chladičích připojených přes výměník na vratné větvi primárního okruhu dodávky tepla z KJ. Nouzové chladiče pro KJ TEDOM CAT 1000 jsou umístěné na střeše kontejneru, chladiče ostatních čtyřech KJ jsou umístěné na střeše bývalé kotelny (viz první foto na předchozí straně).

Pro úsporu vlastní spotřeby el. energie teplárny je provoz ventilátorů chladičů a oběhového čerpadla chladicího okruhu ovládán frekvenčním měničem.

Základní technické údaje zařízení

Kogenerační jednotka CAT 1000 (současné označení QUANTO 1100) v provedení SP HEE (synchronní generátor, paralelní provoz se sítí, zvýšená účinnost) sestává ze soustrojí s plynovým motorem a generátorem a výměníků pro využití odpadního tepla z chlazení bloku motoru a oleje a ze spalin. Plynový motor, generátor a výměníky pro využití tepla motoru a oleje jsou umístěny v kontejneru s protihlukovou izolací, nouzové chladiče jsou umístěny na střeše přístavku.

kogenerační jednotka	typ CAT 1000 SP HEE
plynový motor	CATERPILLAR šestnáctiválec, 1500 ot..min. ⁻¹
generátor	CATERPILLAR 0,4 kV, 1500 ot..min. ⁻¹
jmenovitý elektrický výkon	1100 kW
jmenovitý tepelný výkon	1292 kW (teplá voda 90/70°C)
elektrická účinnost	36,7 %
tepelná účinnost	43,1 %
celková účinnost	79,8 %
rozměry kontejneru (d x š x v)	12,5m x 3m x 3m

Řízení provozu jednotky a průběžná kontrola sledovaných provozních veličin jednotky je zajištěna pomocí programovatelného automatu, který též zajišťuje automatické najetí a přifázování a naopak odfázování a odstavení jednotky z provozu.

HODNOCENÍ

Kogenerační jednotka CAT 1000 je provozována od roku 2003. Její provozní parametry jsou nejlepší ze všech instalovaných KJ v teplárně. Během dosavadního provozu kogenerační jednotky se nevyskytly žádné závady, je pouze prováděna běžná kontrola a údržba.

Teplárna je provozována v nepřetržitém režimu s celkovým průměrným el. výkonem cca 3 MWe (60% instalovaného elektrického výkonu), který umožňuje střídavý provoz jednotlivých KJ se současnou opravou a údržbou odstavených KJ. V důsledku nedostatečného odběru tepla je 45 000 GJ.r⁻¹ (38% vyrobeného) mařeno bez využití.

Skládkový plyn je nakupován v průměrné ceně z obou skládek (dle výše odběru) za cca 2,1 Kč.m⁻³. Další nákladovou položkou jsou náklady na údržbu a opravy, která činí 300 Kč.MWh⁻¹ vyrobené el. energie.

El. energie je prodávána do sítě za cenu pro výkup el. energie z obnovitelných zdrojů energie (cenové rozhodnutí ERÚ č.10/2005) s využitím tzv. „zeleného bonusu“ za celkovou výkupní cenu 2650 Kč.MWh⁻¹ (1650 Kč.MWh⁻¹ zelený bonus a tržní výkupní cena 1000 Kč.MWh⁻¹).

Teplota je prodávána za cenu 100 Kč.GJ⁻¹.

Teplárna je provozována s průměrnou elektrickou účinností cca 35% a průměrnou tepelnou účinností 45%.

Bilance provozu teplárny (r.2005)

spotřeba bioplynu	257 000 GJ.r ⁻¹ (14 400 tis. m ³ .r ⁻¹)
výroba a dodávka el. energie	25 000 MWh.r ⁻¹
výroba tepla	120 000 GJ.r ⁻¹
prodané teplo	75 000 GJ.r ⁻¹
tržby za prodej el. energie	66,3 mil. Kč.r ⁻¹
tržby za prodej tepla	7,5 mil. Kč.r ⁻¹
náklady na bioplyn	30,2 mil. Kč
náklady na opravy a údržbu	7,5 mil. Kč
hrubý zisk bez odpisů	36,1 mil. Kč.r ⁻¹

Instalace kogenerační jednotky na skládkový plyn je příkladným využitím obnovitelného zdroje energie jako náhrady fosilních paliv.

Důsledkem státem garantované výhodné výkupní ceny el. energie vyrobené z obnovitelného zdroje energie je, kromě ekologické výhodnosti, též velmi příznivá ekonomie provozu teplárny, v které je kogenerační jednotka instalována.

Vzhledem k předpokládanému vývinu skládkového plynu ze skládek minimálně 15 let je ekologická i ekonomická výhodnost tohoto záměru evidentní.

Literatura

- [1] VÁŇA, J. – SLEJŠKA, A.: Bioplyn z rostlinné biomasy. Studijní informace ÚZPI – Rostlinná výroba, 1998, č. 5,
- [2] MOUDRÝ, J. – STRAŠIL, Z.: Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Hradec Králové, vh press 1998.
- [3] FRYDRYCH, J.: Výzkum energetických trav. In: Sborník z konference Energetické a průmyslové rostliny VII., CZ-Biom. Chomutov 2001.
- [4] STRAKA, F.: Skládkový plyn – anaerobní fermentace, principy vzniku bioplynu a skládkového plynu. Odpady, 1998, č. 9.
- [5] STRAKA, F. – CRHA, J. – MUSILOVÁ, M.: Skládkový plyn – Reaktorový bioplyn a skládkový plyn, rozdíly, podobnosti a minoritní složky těchto plynů. Odpady, 1999, č. 2.
- [6] STRAKA, F.: Skládkový plyn – Faktory ovlivňující tvorbu skládkového plynu. Odpady, 1999, č. 9,
- [7] Uniform Terminology for Rural Waste Management, ASAE Standards, S 292.5 OCT 94, p. 624, USA, 1997.
- [8] PASTOREK, Z.: Využití biomasy k energetickým účelům, kap. 10. In: CENEK, M. a kol.: *Obnovitelné zdroje energie*. II. vydání. Praha, FCC Public 2000.
- [9] STRAKA, F. a kol.: Bioplyn – příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů. Říčany, GAS s. r. o., 2003.
- [10] SCHULZ, H. – EDER, B.: Bioplyn v praxi. Ostrava, HEL 2004.
- [11] Biogas – Strom aus Gülle und Biomasse. Top agrar extra, 2000.
- [12] Biogas – Strom aus Gülle und Biomasse. Top agrar fachbuch, Münster Landwirtschaftsverlag 2002.
- [13] SLADKÝ, V. – DVOŘÁK, J. – ANDERT, D.: Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva. Praha, VÚZT 2002, č. 2.
- [14] KOVÁŘOVÁ, M. a kol.: Ekonomika pěstování a využití nepotravinářských plodin. Praha, VÚZT 2002, č. 5.
- [15] ANDERT, D. a kol.: Zemědělská technika a biomasa. Praha, VÚZT 2003, č. 2.
- [16] PLÍVA, P. a kol.: Právní aspekty kompostování. Praha, VÚZT 2004, č. 1.
- [17] Kolektiv autorů: Biogas in der Landwirtschaft. Brandenburgische ETI, Potsdam ATB, 2003.
- [18] CONSTANT, M. – NAVEAU, H. – FERRERO, G.-L. – NYNS, E.-J.: Biogas, end-use in the UE. Komise EU, DG pro energii. Elsevier Applied Science, 1989.
- [19] HOFFMAN, O. – NOVÁK, V.: Zpracování exhalací a odpadů. Skriptum. Praha, ČVUT FS 2002.
- [20] DOHÁNYOS, M.: Principy anaerobního rozkladu biomasy ve vztahu k možným kolapsům technologie. In: Sborník přednášek z konference „Použití bioplynu v podmínkách ČR“. Říčany, 2003.
- [21] ČESKÝ, A.: Vodík, čistý zdroj energie pro budoucnost. In: Sborník přednášek ze semináře „Budoucnost palivových článků v kontextu diskuse k energetické politice ČR“. Praha, ČEA, technologické centrum AV ČR, ENVIROS s. r. o., 2003.
- [22] DOHÁNYOS, M. a kol.: Anaerobní čistírenské technologie. Brno, NOVA 1998.
- [23] Technické informace č. 27. Praha, GAS s. r. o., 1996.
- [24] Technické informace č. 7. Praha, GAS s. r. o., 1996.
- [25] FÍK, J.: Spalování plyných paliv a plynové hořáky. Praha, GAS s. r. o., 1998, č.24.
- [26] DUBROVIN, V. a kol.: Biopaliva – technologie, stroje a zařízení. Kijev, 2004.

- [27] WOLF, J.: Výroba a využití bioplynu z chlévské mrvy. In: Sborník z 21. mezinárodní konference o zemědělské technice, workshop FAO-CNRE *Biogas production technologies . díl II.*, 1989, Zaragoza, Španělsko.
- [28] Výroba a využití bioplynu v ČR. In: Sborník z 21. mezinárodní konference o zemědělské technice, workshop FAO-CNRE *Biogas production technologies . díl II.*, 1989, Zaragoza, Španělsko.
- [29] Bioplyn z živočišných odpadů. Hydroprojekt – firemní literatura, Praha, 1983.
- [30] Bioplyn z živočišných odpadů. Hydroprojekt – firemní literatura, Praha, 1983.
- [31] SCARPINI, A.: Anaerobic digestion units for biogas production – technical principles and economic evaluations, Roma, 1988. Itálie
- [32] BASERGA, U.: Co-Verdärung-Biogas aus organischen reststoffen und Energiegras. Schweizer Landtechnik, 1998, č. 6.
- [33] Biogas – Potentiale, Gasausbeute, Praxisbeispiele – Ergebnisse des LTV – Arbeitskreises „Biogas“ von 1997 bis 1999. Forschung Institut für Landtechnik – Bericht No. 34, 2000, Weihenstephan, Německo
- [34] MITTERLEITNER, H.: Energetische Nutzung von Biogas unter Berücksichtigung der Verstromung mit Lündstrahl- und Gasmotoren, Forschung Institut für Landtechnik – sdělení autora, 1999, Weihenstephan, Německo.
- [35] Firemní literatura TEDOM Třebíč, ČR.
- [36] Firemní literatura JENBACHER AG, Rakousko, <http://www.jenbacher.com>
- [37] Biomass conversion for energy (biochemical conversion). Proceeding of technical consultation – FAO, CNRE Bulletin No. 10a, 1986.
- [38] LINKE, B. at all: Nutzung von Feldfrüchten zur Biogagevinung. Agrartechnische Forschung, 5, 1999, č. 2, s. 82 – 90.
- [39] BIOGAS HANDBUCH – Grundlagen, Planung, Betrieb landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Arau (Švýcarsko), Verlag Wirz AG, 1984.
- [40] Wieviel Strom bringen Pflanzen? Neue Landwirtschaft, 2001, č. 3, s. 42 – 45.
- [41] SYNEK, M. a kol.: Manažerská ekonomika. Praha, GRADA Publishing, 1996.
- [42] KAŠTÁNEK, F.: Bioinženýrství. Praha, Academia 2001.
- [43] Aufbereitung von Biogas. Sborník referátů z workshopu FAL. Braunschweig (Německo) 2003.
- [44] KITANI, O. a kol.: CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume V – Energy and Biomass Engineering. ASAE (USA), 1999.
- [45] PASTOREK, Z. – KÁRA, J. – Jevič, P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha, FCC PUBLIC s.r.o., 2004
- [46] PASTOREK, Z., - KÁRA, J.: Proizvodstvo biogaza iz smešannoj biomassy. [Biogas production from blended materials]. In *Energeobespečenie i energosbereženie v selskom chozjaistve, 16.5.-21.5.2006*. Moskva : VIESCH 2006, s. 370-374. ISSN 0131-5277
- [47] Kolektiv autorů: Trockenfermentation –Evaluierung des Forschungs und Entwicklungsbedarfs, . Gülzower Fachgespräche: Band 23. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2004
- [48] Firemní podklady Kompogas, Švicarsko
- [49] Firemní podklady Archea, Německo
- [50] Kolektiv autorů: Handreichung Biogasgewinnung und – nutzung, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, mit Förderung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Leipzig, 2004

- [51] Kolektiv autorů: Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland, Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, mit Förderung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Gülzow 2007
- [52] Firemní podklady GE JENBACHER (Rakousko)
- [53] Firemní podklady DREYER & BOSSE (Německo)
- [54] Firemní podklady TEDOM s.r.o. Česká republika
- [55] PASTOREK, Z.: Vliv změn v legislativě ČR na energetické využívání biomasy, in Zemědělská technika a biomasa 2007, s podporou MZe ČR vydal VÚZT Praha, 2007
- [56] KUBÍKOVÁ, J.: Uplatňování právních předpisů při výstavbě a provozu bioplynových stanic z pohledu Krajského úřadu - Jihočeský kraj, In.: Výstavba a provoz bioplynových stanic, Sborník referátů z konference v Třeboni, 25. – 26. října 2007, ČOV, spol. s r.o., Třeboň – Břilice, 2007
- [57] Firemní podklady Skanska, Ing. Pavel Bláha, Obecní úřad Kněžice, starosta Milan Kazda Zdeněk Kučera, Kněžice – model lokální energetické soběstačnosti, Alternativní energie č. 5., 2006, s. 10-11
- [58] SLADKÝ, V.: Zpráva ze služební cesty Alteno SRN, VÚZT 2006
- [59] ÚVTIP Nitra, Sieť poradenských služieb v pôdohospodárstve
http://www.agroporadenstvo.sk/oze/bioplyn/bioplynove_stanice.htm?start
- [60] Firemní podklady MT Energie GmbH & Co.KG, Německo
- [61] Firemní podklady Biotechnische Abfallverwertung GmbH & Co KG, Německo