

Průvodce výrobou a využitím bioplynu



Publikace je zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2009 – část A – program EFEKT.

CZ Biom

České sdružení pro biomasu

Průvodce výrobou a využitím bioplynu

Základem této publikace je překlad 3. přepracovaného vydání knihy „Handreichung: Biogasgewinnung und -nutzung“ vydaného Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) v roce 2006. Na původním vydání spolupracovali tyto organizace:

- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH
- Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.

Aktualizace údajů, doplnění stávajících textů, lokalizace na české prostředí a přidání některých kapitol je dílem těchto pracovníků Českého sdružení pro biomasu CZ Biom:

- Ing. Zuzana Kratochvílová
- Ing. Jan Habart. Ph.D.
- Ing. Václav Sladký, CSc.
- Ing. František Jelínek
- Ing. Tomáš Rosenberg, Ph.D.
- Ing. Vladimír Stupavský
- Ing. Tomáš Dvořáček

OBSAH

1 Cíle příručky.....	5
1.1 Vytyčení úkolů	5
1.2 Využití příručky.....	6
1.3 Obsah	7
1.4 Cílové skupiny	7
1.5 Vymezení.....	8
2 Základy anaerobní fermentace	10
2.1 Vznik bioplynu.....	10
2.2 Podmínky prostředí.....	12
2.3 Provozní parametry.....	17
2.4 Příčiny poruch procesu.....	21
3 Technika zařízení k výrobě bioplynu.....	27
3.1 Rozdílné postupové metody	27
3.2 Technika postupů.....	38
3.3 Pravidla bezpečnosti.....	93
4 Popis vybraných substrátů	97
4.1 Substráty ze zemědělství.....	97
4.2 Substráty z dále zpracovávajícího zemědělského průmyslu.....	100
4.3 Biologicky rozložitelné komunální odpady.....	108
4.4 Odpady z údržby zeleně, trávníků apod.....	113
4.5 Dodatek.....	113
5 Úprava plynu a možnosti zhodnocení.....	116
5.1 Úprava plynu	116
5.2 Kogenerace.....	123
5.3 Typy palivových článků.....	139

6	Kvalita a zhodnocování fermentačního zbytku	145
6.1	Změny vlastností substrátu fermentačního procesu	145
6.2	Skladování fermentačního zbytku	148
6.3	Hnojivé účinky fermentačního zbytku	151
6.4	Hnojení dusíkem a jeho dostupnost rostlinám	151
6.5	Působení ostatních živin digestátu na rostliny (např. P, Ca, K).....	153
6.6	Techniky aplikace fermentačního zbytku	153
7	Doslov	155

1 CÍLE PŘÍRUČKY

S ohledem na nutnost snižovat emise skleníkových plynů a potřeby diverzifikace zemědělské činnosti došlo v posledních letech v zemědělství k rozvoji vzniku bioplynových stanic (BPS). Jejich organizace, výstavba a využívání jsou z hlediska energetiky a životního prostředí účelné a ekonomické. Předkládaná příručka si dovoluje přinést řadu vhodných, praktických a zasvěcených odpovědí na otázky technického, organizačního a právního charakteru, které se v oblasti výroby bioplynu často vyskytují.

1.1 Vytyčení úkolů

Již několik let lze zaznamenávat rozvoj výstavby a využívání bioplynových stanic (BPS) mimo jiné též na základě příznivě se měnících rámcových podmínek (např. výhodné výkupní ceny elektrické energie, státní dotace výstavby BPS). Na základě zvýšené poptávky se na trhu dobře uchytila řada systémů BPS včetně všech jejich potřebných komponentů.

Znalosti, které byly v tomto procesu získány, přinesly i řadu otázek, na které se snaží tato příručka odpovědět, týkají se zejména čtyř problémových oblastí:

1. Navzdory všeobecně uznávanému současnému i budoucímu rozvoji bio-plynárenství chybí zemědělství stále ještě řada potřebných znalostí, „know-how“. Je v zájmu dalšího rozvoje tohoto oboru soustředit všechny poznatky ze zemědělských provozů, počínaje otázkami energotechniky, ekologie, administrativy, organizace, logistiky a agrotechniky atd. tak, aby se všechny další projekty setkaly jen s plným úspěchem.
2. Vývoj na trhu vedl k tomu, že je nabízena a realizována řada variant konkrétních řešení BPS. Chybí však obecný, objektivní a vědecký

názor, oproštěný od zájmů jednotlivých dodavatelů, který by stanovil, které dnešní technologie jsou na trhu vhodné a které lze očekávat v budoucnosti.

3. Při výběru substrátů pro BPS nebyly v současné době často z neznalosti v mnoha BPS dodrženy elementární biotechnologické zásady a pravidla a došlo ke škodám. Tomu je nutné do budoucna zabránit a zajistit, aby všechna zařízení pracovala optimálně.
4. Existují velké nejistoty v otázkách povolování a schvalování BPS. Proto musí být vypracován jednotný postup pro předkládání a schvalování projektů.

V dnešní době jsou zemědělci ještě nejistí ohledně investic do BPS, protože se těžko odlišují skutečná fakta od představ. Na tomto základě jsou nabízena nutná a naléhavá opatření k tomu, aby energetický a hospodářský potenciál, který zemědělství v tomto směru ještě má k dispozici, nebyl v důsledku nedostatku potřebných informací nevyužit.

1.2 Využití příručky

Účelem předkládané příručky je uzavřít stávající informační mezeru a potenciálním současným i budoucím provozovatelům bioplynových stanic být vodítkem v jednotlivých fázích plánování a projektování.

Příručka by měla čtenáře především **MOTIVOVAT**, vést k zamyšlení a přezkoumání všech okolností a potřeb ve svém prostředí a pomoci určit, kterým způsobem by bylo možno přispět k využívání bioplynu.

Dále by měla **INFORMOVAT**. Každý z potenciálních provozovatelů BPS a každý zájemce o energetické využití bioplynu by měl dostat v návodech všechny potřebné informace z jednoho zdroje.

Příručka by měla dostatkem informací pomoci zájemcům **ZHODNOTIT** každý zamýšlený projektový návrh předem. Má být nástrojem k přezkoumání mnoha možností tak, aby byl vypracován odpovídající projekt.

Konečně má být příručka i vodítkem při rozhodování při **REALIZACI** projektu pro energetické využívání bioplynu.

1.3 Obsah

Předkládaná příručka nabízí čtenáři přehled komplexní tematiky získávání a využívání bioplynu. Může být využita jako vodítko a přehled podkladů pro všechny úvahy a hodnocení při přípravě, plánování, projektování, výstavbě i provozu BPS. Nejsou zohledněny jen technicko-plánovací aspekty, ale i právní, ekonomická a organizační hlediska. Příručka je vhodně rozdělena do jednotlivých specializovaných kapitol, jak je prezentováno v obsahu.

- Příručka nabízí následující čtyři podpůrné tematické komplexy:
- Motivaci k reálné úvaze (o realizaci BPS)
- Zprostředkování základních informací
- Zhodnocení základní myšlenky projektu
- Uskutečnění projektu

1.4 Cílové skupiny

Příručka o bioplynu je určena pro všechny osoby (institute), které mají zájem o výrobu a využívání bioplynu nebo které jsou již přímo zapojeny v některém z projektů. Obrací se tudíž především na ty, kteří zvažují nebo realizují „bioplynový“ projekt.

První cílovou skupinou, která by mohla a měla realizovat bioplynové projekty, jsou především **zemědělci a zemědělské podniky** vůbec. Jedná se o producenty základních substrátů a energetických zdrojů. Zbytky materiálů po fermentaci představují soubor cenných organických hnojiv. Pro naprostou převahu objemu vhodných materiálů pro anaerobní fermentaci v zemědělství stojí zemědělská výroba bioplynu na prvním místě.

K dalším potenciálními výrobci bioplynu se mohou počítat i jiní „**výrobci**“ různých organických zbytků, např. potravinářský průmysl, komunální odpadová hospodářství, obchody („prošlé“ potraviny) atd. Soukromí „investoři“ jsou také cílovou skupinou.

Druhou zájmovou skupinou jsou osoby, které jsou integrovanou formou zainteresovány na „bioplynových“ projektech, jako jsou **úředníci** na příslušných úřadech, v bankách, v poradenských zemědělských institucích,

ale také **výrobci** potřebných zařízení a komponentů. Jsou to lidé, kteří jsou více nebo méně **napojeni** na procesy prosazování bioplynových projektů. Těm všem může tato příručka pomoci odstranit nedostatek znalostí a lépe porozumět často mnohostranným zájmům.

Podobně to platí i pro **regionální a nadregionální svazy a zájmové organizace**, které jsou aktivní v oborech obnovitelných energií a podle okolností se podílejí mimo jiné i na poradenské činnosti. I pro ně může být tato příručka důležitým zdrojem informací při plnění jejich poradenských aktivitách.

Příručka může být hlavním motivačním a pomocným činitelem pro ty, kteří už plně stojí na pozici iniciovat a realizovat projekt BPS. Týká se také **investorů** (poskytovatelům úvěrů) a **energetických agentur** a to poskytováním odborné pomoci v jejich multifaktorových funkcích.

1.5 Vymezení

V předkládané příručce je nezbytné s ohledem na techniku a používané materiály přijmout určitá omezení.

1.5.1. Technika

Příručka se zaměřuje výhradně na zhodnocování biomasy při výrobě a využití bioplynu. Těžiště při tom spočítá na zemědělské „mokré“ fermentaci a kombinované výrobě elektřiny a tepla (kogeneraci).

S přihlédnutím k očekávaným vysokým nákladům a ještě zbývajícím, ne dosud zcela vyřešeným technickým problémům, jsou technologie tzv. „suché“ (ve skutečnosti polosuché, pozn. překl.) fermentace, stejně tak technická řešení kogenerace s využitím mikroturbin, palivových článků a pohonných hmot z bioplynu, zmiňovány pouze okrajově.

Příručka se tak skoro výhradně soustředí na výrobu bioplynu „mokrou“ technologií a využití bioplynu spalovacími motory v agregaci s generátory elektrické energie, které jsou v současné době na trhu.

1.5.2. Materiály

Příručka uvádí všechny v současné době hlavní využívané suroviny pro výrobu bioplynu v třídění, které nepřehlídí k původu (ze zemědělství, péče o krajinu, komunální oblasti, průmyslu). S ohledem na jejich podíl však vyplývá, že to budou převážně „zemědělské“ materiály, kterými se bude zabírat.

1.5.3. Rozsah údajů

Také z hlediska rozsahu údajů existuje určité omezení. Data, údaje a fakta uváděná v příručce jsou nezbytná pro základní porozumění a pochopení předkládaných informací a upřesnění jednotlivých postupových kroků, pro první odhady a propočty při přípravě, zpracování a realizaci projektu.

2 ZÁKLADY ANAEROBNÍ FERMENTACE

2.1 Vznik bioplynu

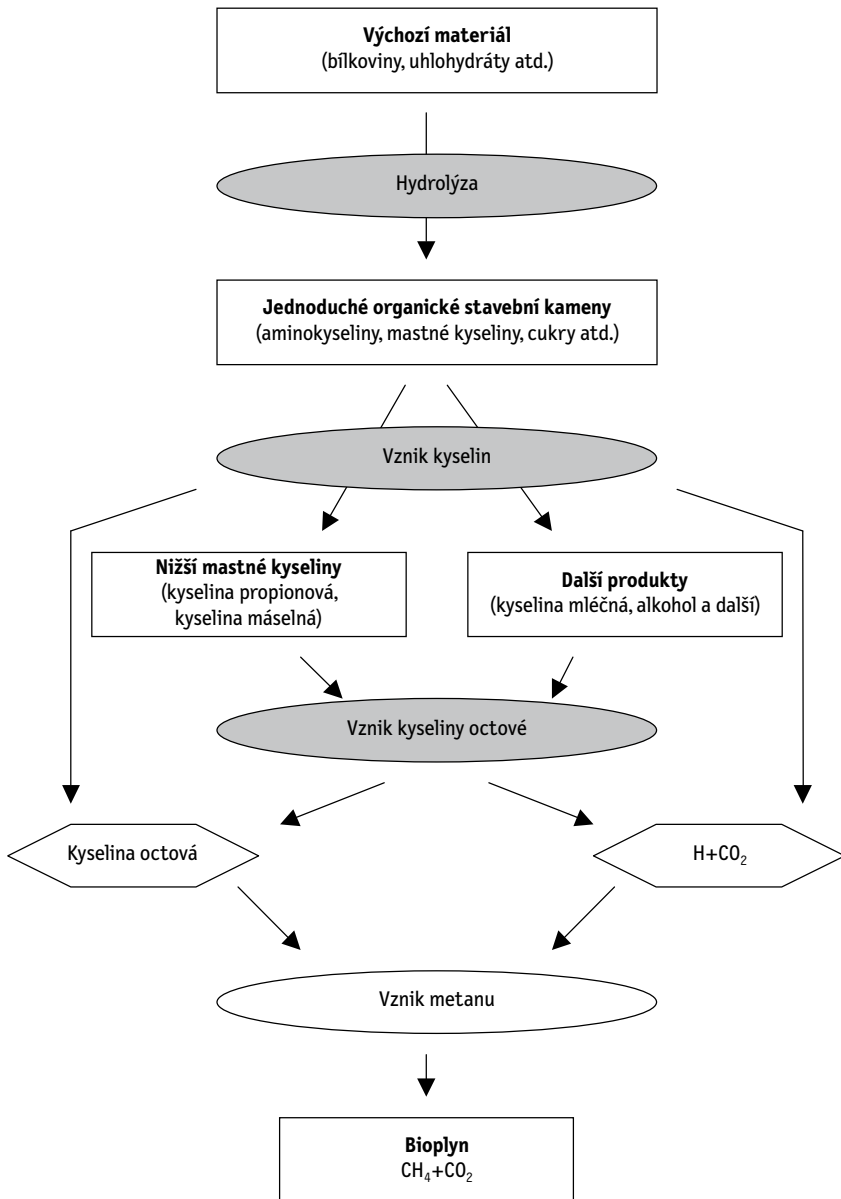
Jak už jméno samé nechá tušit, vzniká „bio“-plyn v biologickém procesu. Při něm dochází bez přístupu kyslíku k vytvoření směsice plynů – bioplynů – z organické hmoty. Tento v přírodě velice rozšířený proces se nachází například v rašeliníštích, na dně jezer, v jímce s kejdou či v bachoru přežvýkavců. Zde je přítom organická masa téměř úplně přeměněna na bioplyn a jen nepatrné množství na novou biomasu nebo na teplo.

Vytvořená směsice plynů sestává z asi dvou třetin metanu a jedné třetiny oxidu uhličitého. Vedle toho se v bioplynu nalézá ještě nepatrné množství vodíku, sulfanu, amoniaku a ostatních stopových prvků. Abychom ozřejmili proces vzniku bioplynu, může být rozdělen na více dílčích kroků.

V prvním kroku, „hydrolyze“, jsou rozloženy komplexní sloučeniny výchozího materiálu (např. polysacharidy, bílkoviny, tuky) na jednodušší organické sloučeniny (např.: aminokyseliny, monosacharidy, mastné kyseliny). Na tom se podílejí bakterie uvolňující enzymy, které tento materiál rozloží biochemickou cestou.

Vytvořené meziprodukty jsou pak v acidogenezi dále rozkládány kyselinotvornými bakteriemi na nižší mastné kyseliny (octovou, propionovou a máselnou) a na oxid uhličitý a vodík.

Následně jsou tyto produkty v autogenezi přeměněny bakteriemi na prekurzory (kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý). Protože příliš vysoký obsah vodíku je škodlivý pro acetogenní bakterie, musejí tyto producenti kyseliny octové utvořit s bakteriemi metanogeneze těsné životní společenství. Při vzniku metanu se spotřebovává vodík. V „metanogenezi“ je tvořen metan.



Obrázek: 2–1: Schématické představení anaerobního rozkladu

Probíhají-li tyto 4 kroky rozkladu společně v nádrži biofermentoru, mluví se o jednostupňových zařízeních. Bakterie jednotlivých stupňů však kládou rozdílné požadavky na svůj životní prostor, musí tu být proto nalezen kompromis. Metanové bakterie jsou přecitlivělé na rušení a množí se jen pomalu, jsou jim proto v takovýchto systémech přizpůsobovány podmínky prostředí. Hydrolýza a acidogeneze budou probíhat ve dvoustupňových zařízeních prostorově odděleny od následujících stupňů rozkladu. Takto mohou být podmínky okolí lépe přizpůsobeny těmto skupinám bakterií a lze tak dosáhnout vyšších výkonů rozkladu.

2.2 Podmínky prostředí

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

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

Také u definice o obsahu suché hmoty zfermentovávaného substrátu dochází stále znovu k nedorozuměním, neboť často je používáno více substrátů s rozdílnými obsahy suché hmoty.

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

2.2.1. Kyslík

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

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

2.2.2. Teplota

V podstatě lze říci, že chemické reakce probíhají tím rychleji, čím vyšší je okolní teplota. Toto je podmíněno biologickými a přeměnnými procesy. Musí tu být pamatováno na to, že existují rozdílná teplotní optima pro skupiny bakterií, podílejících se na procesech látkové výměny. Nebude-li dosaženo těchto optimálních teplot, nebo budou-li překročeny, může to vést k zabránění a v extrémním případě k neodvolatelnému poškození zúčastněných bakterií. Pro bioplynový proces to má následující projevy:

Bakterie podílející se na rozkladu lze na základě jejich tepelného optima rozdělit do tří skupin, a to na psychofilní, mezofilní a termofilní.

Psychofilní bakterie mají své optimum při teplotách až do 25 °C. Při takových teplotách odpadá vyhřívání substrátů, popř. biofermentorů, avšak výkon rozkladu a výroba bioplynu jsou silně sníženy.

Největší část známých metanových bakterií má své růstové optimum v mezofilním teplotním rozmezí mezi 32 a 42 °C. Zařízení, která pracují

v tomto rozmezí, jsou v praxi nejvíce rozšířena, neboť při těchto teplotách je dosahováno relativně vysokého výtěžku plynu i dobré procesní stability.

Mají-li být hygienizaci v substrátu zničeny zdraví škodlivé zárodky, nabízejí se pro zfermentování termofilní kultury bakterií, které mají své optimum v rozmezí mezi 50 a 57 °C. Zde je díky vyšší procesní teplotě dosahováno většího výtěžku plynu. Je také zapotřebí pomyslet na to, že je potřeba více energie pro ohřívání fermentačního procesu, který je v tomto teplotním rozmezí citlivější vůči rušení nebo nepravidelnostem v dodávkách substrátu či v provozním způsobu biofermentorů.

Protože bakterie při své „práci“ vyrábějí jen nepatrné množství vlastního tepla, které nevystačí pro dosažení potřebné teploty okolí, musí být při mezofilním i termofilním způsobu provozu biofermentorů v každém případě izolován a externě vytápěn, aby mohlo být dosaženo optimálních teplotních podmínek pro bakterie.

2.2.3. Hodnota pH

Pro hodnotu pH platí podobné závislosti jako pro teplotu. Bakterie jednotlivých procesních stupňů mají rozdílné hodnoty pH, při nichž mohou optimálně růst. Optimální pH pro hydrolyzující a kyselinotvorné bakterie je 4,5 až 6,3. Nejsou na to ale nutně odkázány a mohou přežít malé zvýšení pH, přičemž je jejich aktivita jen nepatrně zbrzděna. Oproti tomu potřebují bakterie, vytvářející kyselinu octovou a metan, hodnotu pH v neutrální oblasti 6,8 až 7,5. Koná-li se fermentační proces jen v jedné nádrži – biofermentorů, musí být toto rozmezí pH dodržováno.

Nezávisle na tom, zda je tento proces jednostupňový nebo dvoustupňový, nastaví se hodnota pH uvnitř systému většinou samovolně – prostřednictvím alkalických a kyselých produktů látkové výměny, které jsou vytvářeny během aerobního rozkladu.

V normálním případě je hodnota pH uvolněným oxidem uhličitým v neutrálním rozmezí vyrovnána, ale pokud přesto poklesne-li, je pufrací kapacita vyčerpána a metanové bakterie jsou ve své látkové výměnné aktivitě inhibovány. Metanogenní rozklad již nefunguje dost rychle, dochází k nakupe- ní kyselin z acidogeneze, čímž hodnota pH ještě dále poklesne a me-

tanové bakterie zcela zastaví svoji činnost. Je-li takový pokles hodnoty pH zpozorován, musí být dodávání substrátu okamžitě sníženo nebo zastaveno, aby byl dán bakteriím čas k rozložení přítomných kyselin.

2.2.4. Zapatření živin

Procesy v biofermentoru lze porovnávat s těmi, které probíhají v trávicím traktu přežvýkavců. Proto bakterie reagují přesně tak negativně, jako zvířata na „chyby v krmení“. S použitými substráty se má vyrobit co možná nejvíce metanu, avšak stopové prvky a živiny jako železo, nikl, kobalt, selen, molybden a wolfram jsou pro růst a přežití bakterií stejnou mírou potřebné. Kolik metanu se nakonec dá z použitých substrátů získat, je určováno podíly proteinů, tuků a uhlohydrátů.

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

2.2.5. Inhibující látky (inhibitory)

Je-li výroba plynu popřípadě průběh procesu inhibován (zpomalen či zastaven), může to mít rozdílné důvody, např. provozně – technické. Inhibující látky mohou též zpomalovat průběh procesu, podle okolností působí už v nepatrných množstvích na bakterie toxicky a brání rozkladnému procesu. Chceme-li tyto látky popsat, musíme rozlišovat mezi inhibujícími, které se do biofermentoru dostaly s přídatkem substrátu a takovými, které vycházejí jakožto meziprodukty z jednotlivých rozkladných kroků.

Při dávkování si musíme uvědomit, že nadměrný přídatek substrátu může též inhibovat fermentační proces, neboť tu může v podstatě každá

Tabulka 2– 1: Látky omezující fermentaci a jejich škodlivé koncentrace

Tlumící látka	Koncentrace
Sodík	Mezi 6–30 g/l (v adaptovaných kulturách až k 60 g/l)
Draslík	Od 3 g/l
Vápník	Od 2,8 g/l CaCl_2
Hořčík	Od 2,4 g/l MgCl_2
Čpavek	2,7–10
Síra	Od 50 g/l H_2S , 100 mg/ S^{2-} , 160 mg/l NaS (v adaptovaných kulturách až k 600 mg/l Na_2S a 1000 mg/l H_2S)
Těžké kovy	<u>Jako volné ionty:</u> Od 10 mg/l Ni, od 40 mg/ Cu, od 130 mg/l Cr, od 340 /lt Pb, od 400 mg/l Zn <u>V karbonátech:</u> Od 160 mg/l Zn, od 170 mg/l Cu, od 180 mg/l Cd, od 530 mg/l Cr^{3+} , od 1750 mg/l Fe. Těžké kovy mohou být přes sulfidy vysráženy a neutralizovány
Mastné kyseliny	Iso-mléčná kyselina brzdí proces již od 50 mg/l

látka obsažená v příliš vysoké koncentraci působit škodlivě na bakterie. Důležité je také zmínit antibiotika, desinfekční prostředky, rozpouštědla, herbicidy, soli nebo těžké kovy, které mohou rozkladný proces zabrzdit již v nepatrných množstvích. Také esenciální stopové prvky v příliš vysoké koncentraci mohou být pro bakterie jedovaté. Lze jen těžko určit, jaká koncentrace určité látky bakteriím škodí a to zejména kvůli určité míře přizpůsobivosti. Pro některé inhibitory také existuje proměnlivé působení s ostatními látkami, například těžké kovy působí škodlivě na fermentační proces, jen když jsou k dispozici v rozpustné formě. Sulfanem, který vzniká rovněž ve fermentačním procesu, jsou vázány a vysráženy.

Také během fermentačního procesu vznikají látky, které ho mohou inhibovat. Obzvláště amoniak (NH_3) působí na bakterie škodlivě už v nepatrných koncentracích, stojí v rovnováze s koncentrací amonia (NH_4^+) v biofermentoru (amoniak tu přitom reaguje s vodou na amonium a jeden iont OH^- a naopak). To znamená, že s přibývajícím bazickou hodnotou pH, tedy při přibývajícím koncentraci iontů OH^- , se posune rovnováha a koncentrace amoniaku se zvětší. Zatímco amonium slouží většině bakterií

jakožto zdroj dusíku, působí amoniak už v nepatrných koncentracích (od 0,15 g/l) na mikroorganismy jako inhibitor. Z toho plyne, že také celková vysoká koncentrace NH_3 a NH_4^+ od cca 300 mg/l vede ke zpomalení až potlačení bioplynového procesu.

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

Možné inhibiční působení různých látek závisí tedy na více faktorech a zjištění pevné mezní hodnoty je jen těžko proveditelné. Seznam některých inhibitorů je zobrazen v tabulce 2–1.

2.3 Provozní parametry

2.3.1. Zatížení fermentoru a doba zdržení

Při provozu BPS stojí v popředí zájmu ekonomické úvahy. Při volbě velikosti nádrže biofermentoru není bezpodmínečně usilováno o maximální výtěžek plynu, popřípadě o úplný rozklad organické hmoty, obsažené v substrátu. Chtěl-li by někdo realizovat rozklad všech obsažených organických látek, musel by počítat s velmi dlouhým časem pobytu substrátu v biofermentoru, s čímž je spojená i velikost nádrže.

Musí být usilováno o dosažení optima mezi mírou rozkladu a ekonomickými aspekty. V tomto ohledu je zatížení prostoru důležitým provozním parametrem. Udává se, kolik kg organické sušiny (oTS) může být přiváženo k biofermentoru na jednotku objemu a času.

Rovnice zatížení prostoru B_R :

$$B_R = \frac{\dot{m} \times c}{V_R}$$

m = dodané množství substrátu za jednotku času [kg/d]

c = koncentrace organických látek [%]

V_R = objem reaktoru [l]

Dalším parametrem při dimenzování velikosti nádrže je hydraulická doba zdržení. To je průměrný čas, po který setrvává substrát ve fermentoru. K získání tohoto údaje dělíme objem reaktoru V_R přivedeným množstvím substrátu (V), výsledkem je hydraulická doba prodlevy (HRT; hydraulic retention time) biofermentoru (nádrže).

$$HRT = \frac{V_R}{V}$$

Mezi oběma těmito parametry existuje souvislost, neboť se stoupajícím zatížením prostoru je přiváděno více substrátu do biofermentoru a tím klesá doba zdržení. Abychom mohli fermentační proces udržovat, musí být doba zdržení zvolena tak, aby už stálým vyměňováním obsahu reaktoru nebylo vyplavováno více bakterií, než kolik jich může v této době dorůst (např. generační doba některých anaerobních bakterií je kolem 10 dnů a déle). Kromě toho je třeba pomyslet na to, že při krátké době zdržení zbude bakteriím jen málo času, aby rozložily substrát, a tak je sice docíleno dobré výkonnosti zařízení (množství substrátu přivedeného do zařízení za jednotku času), ale výtěžek plynu je nedostačující. Je tedy důležité stejnou měrou přizpůsobit dobu zdržení specifické rychlosti rozkladu používaných substrátů. Při známém denním množství přídatku může být vypočítán potřebný objem reaktoru díky parametrům jako je rozložitelnost substrátu a doba zdržení, o níž usilujeme.

2.3.2. Promíchávání

Abychom dosáhli vyšší produkce bioplynu, je žádoucí intenzivnější kontakt bakterií se substrátem, jehož je všeobecně dosahováno promícháváním fermentační nádrže.

V nepromíchávané fermentační nádrži se dá pozorovat po nějaké době segregace obsahu se současným vznikem vrstev, což zapříčiňuje rozdílná hustota jednotlivých obsažených látek použitých substrátů. Přitom se vel-

ká část bakterií díky vysoké hustotě nachází ve spodní části, zatímco rozkládaný substrát se často hromadí ve vrstvě horní. V takovémto případě je kontakt těchto dvou složek omezen pouze na hraniční oblast a dochází jen k malému rozkladu. Navíc se z naplavených látek tvoří plovoucí vrstva, která ztěžuje vyvěráání plynu.

Je tedy důležité kontakt bakterií a substrátu podporovat a to pomocí promíchávání. Přesto bychom se měli vyvarovat příliš silnému promíchávání. Především bakterie tvořící kyselinu octovou a bakterie podílející se na vzniku metanu tvoří úzké životní společenství, jež je důležité pro nerušený proces vzniku bioplynu. Je-li toto životní společenství zničeno příliš velkými proti sobě působícími silami následkem intenzivního míchání, může v nejhörším případě dojít k úplnému zničení celého toho procesu.

Musí se tedy najít kompromis, který bude dostatečně vhodný pro oba požadavky. V praxi je využíváno míchadel, pomocí nichž je obsah reaktoru promícháván v intervalech (to znamená jen na krátký, předem definovaný čas).

2.3.3. Potenciál vzniku bioplynu a metanogenní aktivita

Možný výtěžek plynu

Kolik se v bioplynové stanici vyrobí bioplynu, záleží v podstatě na složení použitých substrátů. V praxi je sotva stanovitelný přesný odhad výtěžku bioplynu, neboť zpravidla nejsou známy koncentrace jednotlivých látek, obzvláště u substrátových směsí. K tomu je při takovém výpočtu vycházeno ze 100 % rozkladu organické substance, kterého v praxi není dosaženo.

Protože mezi rozkladnými procesy v bioplynové stanici a trávícími pochody u přežvýkavců existuje podobnost, může být, podle obsahových látek i jejich stravitelnosti, vypočítán teoreticky dosažitelný výtěžek bioplynu. Tvorbu bioplynu lze odhadnout z krmné hodnoty látek, například podle složení bílkovin, tuků a sacharidů.

Jednotlivým látkovým skupinám se přiřadí specifické výnosy plynu a obsahy metanu, které vyplývají z rozdílných relativních podílů uhlíku (tabulka 2–2):

Tabulka 2–2: Specifický výnos bioplynu a obsah metanu

	Výtěžnost bioplynu (lt/kg oOS)	Obsah metanu (Obj. – %)
Stravitelné bílkoviny (RP)	600–700	70–75
Stravitelný tuk	1000–1250	68–73
Stravitelné uhlohydráty (RF + NfE)	700–800	50–55

Představená metoda často neukáže skutečný výtěžek plynu (popřípadě metanu), a proto **nesmí být** použita pro ekonomické kalkulace, ale přiblíží tendenční odhad těžby bioplynu a porovnání mezi různými substráty.

Kvalita bioplynu

Bioplyn je směsice plynů, která sestává zhruba z jedné třetiny z oxidu uhličitého (CO₂) a ze dvou třetin z metanu (CH₄), rovněž tak z vodních par a rozličných stopových prvků.

Pro provozovatele je důležitý zejména obsah metanu, tedy potenciální podíl metanu v plynné směsi, neboť z toho vyplývá výsledek získávané energie. Složení bioplynu může být sice jen omezeně ovlivněno, ovšem obsah metanu v bioplynu závisí na více faktorech, jako je obsah vody v substrátu, fermentační teplota, doba zdržení a předzpracování substrátu a jeho stupeň rozkladu.

Tabulka 2–3: Průměrné složení bioplynu

Podíl	Koncentrace
Metan (CH ₄)	50 – 75 objem. %
Kyslík uhličitý (CO ₂)	25 – 45 objem. %
Voda (H ₂ O)	2–7 % objem. (20–40 °C)
Sirovodík (H ₂ S)	20–20000 ppm
Dusík (N ₂)	< 2 % objem.
Kyslík (O ₂)	< 2 % objem.
Vodík (H ₂)	2 % objem.

Dosažitelný výtěžek metanu je přitom v podstatě určován složením použitého substrátu, tedy podíly tuků, bílkovin a sacharidů. Nejvyšší měrné výtěžnosti je dosahováno u tuku, dále u proteinů a nejméně u sacharidů. S ohledem na čistotu směsi plynů je důležitá koncentrace stopového plynu sulfanu (H_2S). Neměla by být příliš vysoká, neboť sulfan působí už v nepatrné koncentraci na rozkladný proces inhibičně. Vysoké koncentrace H_2S v bioplynu vedou také ke korozním škodám na kogeneračních jednotkách.

Přehled o průměrném složení bioplynu uvádí tabulka 2–3.

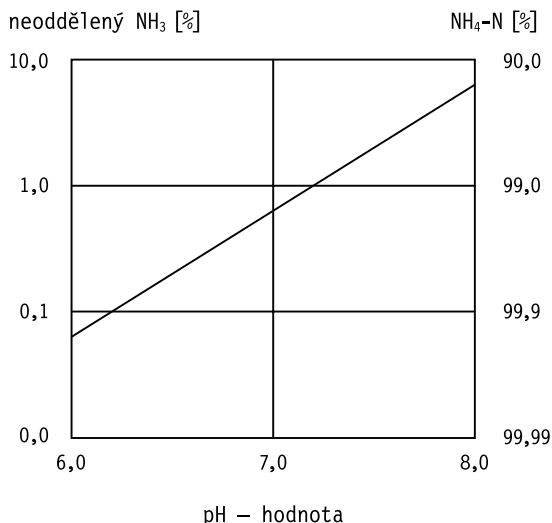
2.4 Příčiny poruch procesu

2.4.1. Teplota

Během provozu BPS může nastat řada situací, při kterých dochází k poklesu procesní teploty. Nejdůležitější je správná činnost vytápění, jeho regulace a kontinuální provoz kogenerační jednotky, která poskytuje pro vytápění fermentorů teplo. Z toho vyplývá, že k poklesu provozní teploty může dojít dlouhodobější odstávkou kogenerační jednotky. Pokud by kogenerační jednotka měla být odstavena po dobu delší než jeden den, je již vhodné uvažovat o zajištění náhradního zdroje vytápění pro fermentační procesy.

V případě, že nezajistíme zásobování teplem, může dojít k poklesu teploty, který způsobí inhibici metanogenních bakterií, přežívajících jen v úzkém teplotním rozmezí. Acidogenní a hydrolyzní bakterie jsou v tomto ohledu méně náročné a mohou při teplotním poklesu přežít, při jejich zmnožení dochází k poklesu pH, kterému je nutné zabránit snížením dávkování substrátu.

Také přidavek velkého množství nepředehřátého substrátu nebo nedostatečné vytápění fermentoru např. způsobené výpadkem teplotních senzorů mohou mít za následek pokles teploty fermentoru. Kvůli tomu je pro úspěšný provoz zařízení důležitá pravidelná kontrola fermentační teploty.



Obrázek 2–2: Inhibování vzniku metanu kyseliny octové amoniakem

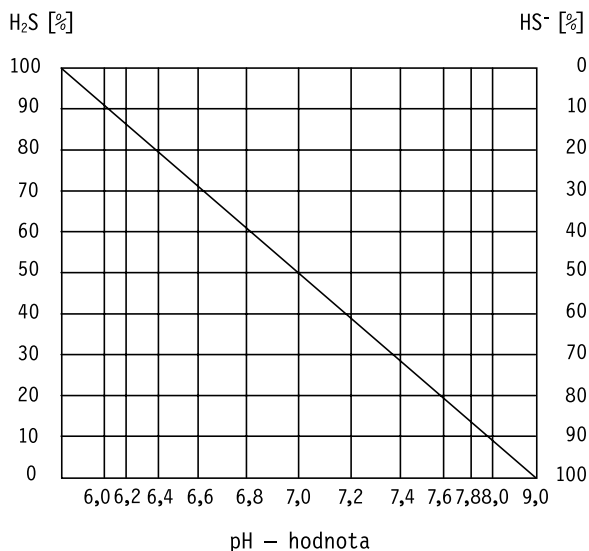
2.4.2. Vznik amoniaku (NH₃)

Vznik amoniaku úzce souvisí s hodnotou pH. Pokud je rovnováha mezi amoniakem (NH₃) a amonným iontem (NH₄) posunuta ve prospěch amoniaku, pH stoupá. Se stoupající teplotou inhibiční působení amoniaku vzrůstá, což se projevuje obzvláště u bioplynových stanic provozovaných v termofilním teplotním režimu.

Na vznik amoniaku působí také volba substrátu, především pokud je fermentován substrát s vysokým obsahem bílkovin, uvolňuje se ve větším množství.

2.4.3. Sulfan (H₂S)

Pro vznik sulfanu platí podobné souvislosti jako pro vznik amoniaku. Síra tu existuje buď v nedisociované formě (HS⁻, S²⁻) v tekuté fázi nebo jakožto sulfan (H₂S).



Obrázek 2–3: Podíl HS⁻ a H₂S v souvislosti s hodnotou pH

Jak vysoký je podíl disociovaného sulfanu (H₂S) v tekuté fázi závisí na koncentraci H₂S v tekuté fázi a na parciálním tlaku sulfanu v plynné fázi (Henryho zákon). Přesto je ale tato rovnováha ovlivňována ještě dalšími faktory. Se stoupající teplotou ubývá podíl rozpuštěného H₂S v tekuté fázi avšak s produkcí plynu stoupá také parciální tlak v plynné fázi a tímto i podíl rozpuštěného sulfanu (H₂S). Jak je vidno z obrázku 2–3, je tu souvislost s hodnotou pH. Koncentrace rozpuštěného sulfanu v reaktoru roste s klesající hodnotou pH.

2.4.4. Chyby při dávkování substrátu

U nově postavených zařízení často dochází už v počáteční fázi k problémům jako k nízké výrobě plynu nebo k příliš vysoké koncentraci kyseliny, což si může v nejhorsím případě vyžádat kompletní výměnu obsahu reaktoru.

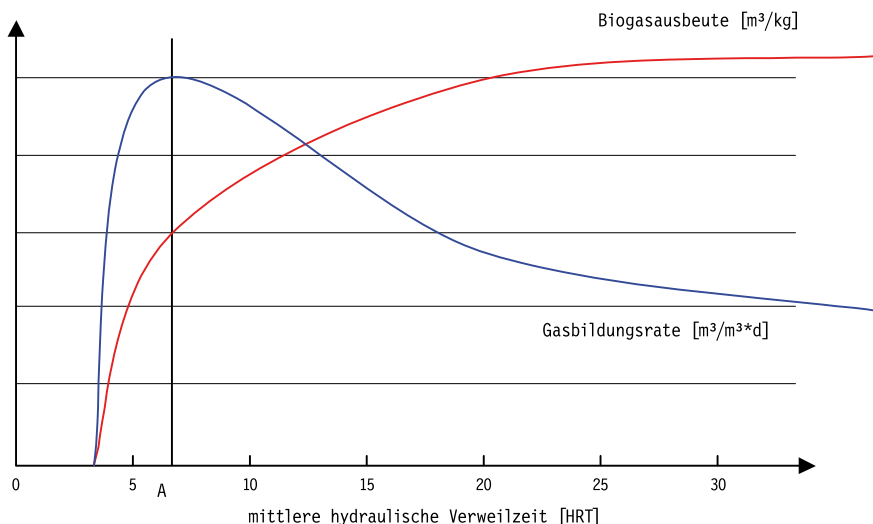
2.4.5. Naplňování fermentoru

Právě při naplnění biofermentoru musejí být zohledněny některé podmínky, aby se později dosáhlo stabilního procesu s dobrým výtěžkem plynu. Dávkování se děje u většiny bioplynových zařízení fermentovanou hovězí kejdou, neboť v tomto substrátu je už dostatečná koncentrace potřebných bakterií. Každopádně jejich aktivita je nízkou výživnou nabídkou jen nepatrná a musí být teprve přivedena na maximální rozkladný výkon. Důležité je, aby během této tzv. zajížděcí fáze přidaný substrát zůstal co možná konstantní svým složením, čímž se bakterie mohou stabilně vyvíjet. Silné výkyvy ve složení či druhu substrátu znamenají pro bakterie stále se měnící životní podmínky, jimž se v takovém případě musejí nově přizpůsobovat. Neboť se bakterie vyvíjejí specificky podle substrátu, nemůže tak docházet k žádnému stabilnímu rozkladu. Právě na začátku zajížděcí fáze je důležité, aby množství substrátu bylo zvyšováno jen pomalu a v malých krocích, aby měly metanové bakterie dostatek času pro růst. Je-li přidáváno příliš mnoho substrátu, může dojít ke zkyselení celého procesu.

Kontinuální provoz

Přímo na zajížděcí fázi navazuje „regulérní“ provoz fermentoru. Pomalým zvyšováním dodávání substrátu bylo během zajížděcí fáze dosaženo maximální dávky růstu bakterií. Doba prodlení reprodukuje trvání pobytu přidávaného substrátu až k jeho výměně za nový substrát a je tímto také nepřímou mírou zatížení fermentoru organickým materiálem, neboť bakteriím se zkrácenou dobou prodlevy zůstává méně času pro rozklad materiálu. Při nepatrném zatížení fermentoru (a tím vyšší době prodlevy) bude také dosaženo vysokého výtěžku bioplynu podle kg přidávaného substrátu. Zobrazená splátka vzniklého plynu – jakožto míry produktivity – je při tomto provozním způsobu nižší.

Se stoupajícím přidáváním substrátu, popřípadě se zkracující se dobou prodlevy, vzrůstá produktivita bakterií, avšak na základě stoupajícího zatížení a kratší době prodlevy, lehce ustupuje zpět výtěžek bioplynu. Splátka vzniku plynu se zvyšuje s přibývajícím zatížením fermentoru nejprve na maximum (bod A). Na základě zvyšujícího se přídatku substrátu podle



Obrázek 2–4: Výtěžek bioplynu a dávka vzniklého plynu v závislosti na době prodlevy

časové jednotky nemůže už být materiál bakteriemi úplně rozložen, kvůli čemuž dávka vzniklého plynu klesá.

Bude-li doba prodlevy dále zkracována, dojde velmi rychle ke zhroucení produkce plynu, neboť v takovém případě rychlou výměnou substrátu je více bakterií vyplavováno, než kolik může být nově vytvořeno.

Při pravidelném provozu fermentoru musí být tedy dbáno na to, aby bylo dávkování substrátu zvyšováno jen pomalu a aby nebylo překročeno jeho maximální množství. Také náhlé změny ve složení substrátu se negativně odrazí na produkci plynu a měli bychom se jim vyhýbat. Při použití nových substrátů by měly změny následovat jen obezřetně, abychom bakteriím umožnily přizpůsobit se novým životním podmínkám.

Musí být nalezen kompromis mezi stabilitou fermentačního procesu a produkcí plynu.

Vliv substrátu na fermentační proces

Kvalita substrátu ovlivňuje množství a kvalitu vyráběného bioplynu, proto musí být daným způsobem provedeno předzpracování (upravení)

substrátu. Zásadně musí být dbáno na to, aby substráty vykazovaly dobrou kvalitu. Například použití zbytků krmiva nebo substrátů, které jsou silně zplsnivělé nebo zkažené může vést ke zhroucení produkce plynu a k silné tvorbě pěny. Dodržování základních pravidel, jako např. dovážet do bioplynového zařízení jen ty substráty, které jsou vhodné také pro zkrmování dobyt看, může pomoci vyhnout se možným problémům.

Předcházejícím ošetřením používaných substrátů je ovlivněna disponovatelnost materiálů pro biologický rozklad a tím také dosažitelný výtěžek plynu a bezporuchový proces bioplynového zařízení. Předem musejí být odstraňovány nežádoucí cizí látky (kameny, kousky kovů, umělé hmoty a podobně) a nerozložitelné látky (písek, dřevo apod.).

Obzvláště substráty jako sláma nebo posklizňové zbytky by měly být předem rozdraceny, čímž se zvětší plocha substrátu a tím také plocha napadávaná bakteriemi a rozklad je urychlen či přímo umožněn. Jinak se může u některých substrátů přihodit, že na základě usilovaných krátkých dob prodlevy je substrát rozložen jenom částečně a tak zůstává potenciál bioplynu částečně nevyužit.

Také hodnota pH substrátu má vliv na samotný proces. Budou-li dodávána velká množství substrátu s nízkou hodnotou pH do fermentoru (např. kyselá odpadní voda nebo také siláže), může to vést k inhibici rozkladného procesu. Zde musí být hodnota pH před vložením do fermentoru předem naplánována regulací například louhy. Silnými rozdíly hodnoty pH může také dojít k silnému tvoření pěny, neboť v tekuté fázi je uvolňován rozpuštěný oxid uhličitý (CO_2) a vyvěrá.

Také volbou substrátu, popř. jejich složením, může docházet k poruchám fermentačního procesu, neboť výtěžek a kvalita plynu jsou určovány podíly tuku, proteinů a sacharidů v používaných substrátech. Bylo by tedy lepší používat pokud možno substráty, které obsahují zvláště vysoké koncentrace těchto látkových skupin. Toto může fungovat v některých případech či po nějaký jistý časový úsek. Neboť ale bakterie používají pro své přežití vedle těchto komponentů také ostatní živiny, stejně tak i stopové prvky, může dojít nedostatečným zabezpečováním k naprostému ochuzení procesu a žádoucí úspěch nenastane. Musí být tedy nalezen kompromis mezi vysokou produkcí plynu a dobrým zásobením živinami.

3 TECHNIKA ZAŘÍZENÍ K VÝROBĚ BIOPLYNU

Existuje mnoho druhů zařízení k výrobě a část z nich je představena v této kapitole. Možnosti kombinací složek a agregátů jsou téměř neomezené. Pro konkrétní případ použití ovšem musí být odborným personálem provedena specifická zkouška vhodnosti agregátu a systému a přizpůsobení výkonu.

3.1 Rozdílné postupové metody

Výroba bioplynu anaerobní fermentací je prováděna v různých variantách, nejtypičtější jsou znázorněny v tabulce 3–1.

Tabulka 3–1: Postupy výroby bioplynu podle různých kritérií

Kriterium	Rozdílové znaky
Počet procesních stupňů	Jednostupňový Dvoustupňový Třístupňový
Procesní teplota	Psychrofilní Mezofilní Termofilní
Způsob pohybu substrátu	Přerušovaný Poloplynulý Plynulý
Podíl sušiny v substrátu	Mokrý proces Suchý proces

3.1.1. Počet procesních stupňů

U zemědělských bioplynových stanic jsou používány většinou jednostupňové nebo dvoustupňové metody, přičemž hlavní význam mají jednostupňová zařízení.

U jednostupňových zařízení nedochází k žádnému oddělování procesních fází fermentace (hydrolýza, fáze okyselení, vznik kyseliny octové a metanu), všechny probíhají v jedné nádrži.

Při dvoustupňové, popřípadě vícestupňové metodě, se fáze oddělují do jednotlivých nádrží. Při dvoustupňových metodách jsou příkladně prováděny hydrolýza a fáze okyselování v jedné externí nádrži.

3.1.2. Procesní teplota

Bioplynové stanice fungující na mezofilním principu jsou provozovány s teplotami mezi 32 a 38 °C, termofilní zařízení mezi 42 a 55 °C. Teplota fermentoru může být přesto optimalizována v závislosti na použitém substrátu. 85 % zemědělských bioplynových stanic pracuje v mezofilní oblasti, zařízení pracující v termofilní oblasti jsou částečně kombinována s jedním mezofilním procesním stupněm.

3.1.3. Druh dávkování

Rozlišujeme tři druhy dávkování – kontinuální (plynulé), semikontinuální a diskontinuální.

Diskontinuální dávkování

U diskontinuálního dávkování rozlišujeme mezi dávkovacími postupy a metodami střídání (měnění nádrží). Tato metoda má největší význam v suché fermentaci

Způsoby dávkování

Při diskontinuálním dávkování je biofermentor kompletně zaplněn čerstvým substrátem a vzduchotěsně uzavřen. Substrát zůstane v nádrži až do konce zvolené doby prodlevy, aniž by se přidával či dodával. Po uplynutí doby prodlevy je biofermentor vyprázdněn a naplněn čerstvým substrátem, přičemž část odpadlého materiálu může zůstat v nádrži jako inokulum další šarže. Při diskontinuálním dávkování produkce plynu pomalu stoupá a po dosažení maxima zase ubývá. Není tak dána konstantní produkce a kvalita plynu. Doba prodlevy může být regulována velikostí nádrže.

Postup výměny nádrží

Metoda výměny nádrže pracuje se dvěma fermentačními nádržemi. První je pomalu a rovnoměrně zaplněna substrátem z jímky, zatímco substrát ve druhé vyhnívá. Je-li ukončeno zaplnění první nádrže, je druhá jedním tahem kompletně vyprázdněna do skladovací nádrže a následně je znovu pomalu naplněna.

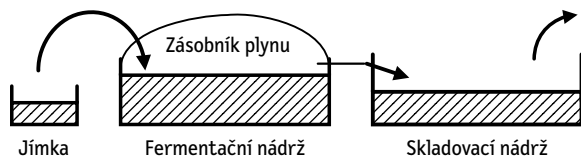
Použitím více nádrží je umožněna rovnoměrná produkce plynu. Definované doby prodlevy mohou být touto metodou garantovány.

Semikontinuální dávkování

Při semikontinuálním dávkování je do reaktorů dávkováno v průběhu dne mnohokrát menší množství substrátu v součtu odpovídající denní vsázce. Reaktor zůstává stále naplněn. Dávkování je obvykle automatické a substráty jsou uloženy v zásobnících s denní či vícedenní kapacitou.

Průtoková metoda

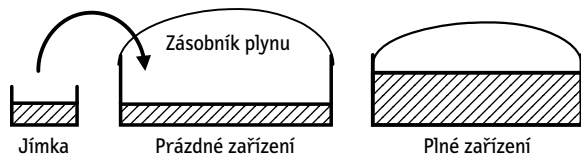
Většina bioplynových stanic pracuje podle průtokové metody. Z jednoho zásobníku, popř. zásobní jímky, je substrát pumpován vícekrát denně do nádrží na hnití. To samé množství čerstvého substrátu, které je přidáváno do fermentoru, dospěje vytlačáním nebo odebíráním do skladu fermentačních zbytků (obrázek 3–1).



Obrázek 3–1: Průtoková metoda

Fermentor je při tomto postupu stále plněn a je vyprázdněn jen kvůli opravným pracím. Tato metoda vykazuje stejnoměrnou produkci plynu a dobré využití prostoru ke hnití. Existuje ovšem nebezpečí zkratového proudění fermentorem, to znamená, že je třeba počítat s tím, že nepatrná část čerstvě doplněného substrátu je opět okamžitě vynášena, což lze částečně eliminovat vícestupňovým uspořádáním fermentorů (částečný pístový tok).

Zásobníková metoda



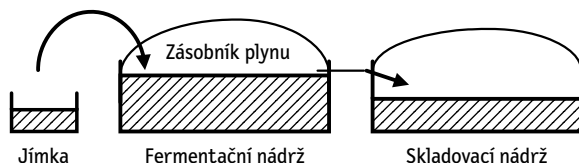
Obrázek 3–2: Zásobníkový postup

Fermentor a uskladňovací nádrž jsou při zásobníkovém (sýpkovém) postupu sloučeny do jedné nádrže. Ta se postupně plní a pak je až na základní množství materiálu nutného pro zachování procesu vyprázdněna. Následně je nádrž z jímky pomalu plněna stabilním přídatkem substrátu. Průběh postupu je znázorněn na obrázku 3–2. Produkce plynu je méně rovnoměrná, nežli při průtokovém postupu. Tento systém není příliš využíván.

Kombinovaný postup průtokově – zásobníkový

U bioplynových stanic, které pracují podle kombinované průtokově – zásobníkové metody, je sklad fermentačních zbytků rovněž zakrytý. Zde

odpadající bioplyn může být zachycován, jímán a používán. Sklad fermentačních zbytků tak funguje jako „zásobníkové (sýpkové) zařízení“. Této zásobníkové části zařízení je předřazen průtokový fermentor. Také z něj může být odebírán substrát například v případě potřeby hodně zfermentovaného substrátu. Schematický přehled postupů ukazuje obrázek 3–3. Tento postup dovoluje stejnoměrnou produkci plynu. Doba prodlevy nemůže být určována exaktně, neboť tu jsou v průtokovém fermentoru možná zkratová proudění.



Obrázek 3–3: Kombinovaný postup průtokově zásobníkový

3.1.4. Obsah sušiny

Konzistence substrátů je závislá na jejich obsahu sušiny. Při mokré fermentaci se využívají jak pevné, tak kapalné substráty, reakční směs je ovšem kapalná a je míchána. U suchého procesu jsou využívány substráty výhradně pevné.

U zemědělských bioplynových stanic se používá zatím téměř výlučně mokrá fermentace. U provedených suchých fermentačních zařízení se jedná z větší části o pokusná, popřípadě pilotní zařízení.

Metoda mokré fermentace

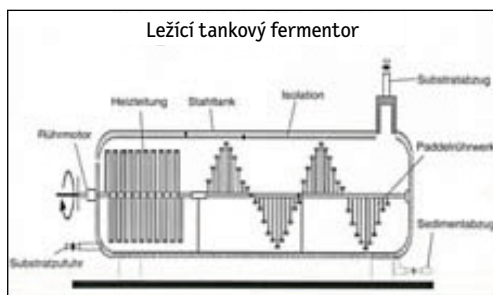
Pro zpracování substrátů metodou mokré fermentace mohou být používány různé druhy reaktorů a to jednak reaktory s pístovým tokem materiálu, kdy každá částice vstupního materiálu zůstává v reakční směsi po konstantní dobu, či ideálně míchané (směšovací reaktory), kde část hmoty odchází z reaktoru nezreagována a část zase zůstává v reaktoru po velmi dlouhou dobu (zavádí se tak pojem střední doba zdržení).

Reaktory s pístovým tokem

Bioplynové stanice s pístovým tokem, obvykle využívají ležaté nebo stojící reaktory s menším průměrem a využívají výtláčny efekt přiváděného čerstvého substrátu, který vyvolá pístový tok skrze nějaký fermentor. Proměšování je realizováno většinou speciálně konstruovaným vedením proudění. Vlastnosti takových zařízení jsou charakterizovány v tabulce 3–2.

Tabulka 3–2: Vlastnosti bioplynových reaktorů s nuceným průtokem

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none">– Stavební velikost u horizontálních fermentorů do 800 m³– Z ocele nebo betonu
Vhodnost	<ul style="list-style-type: none">– Pro čerpatelné substráty s vysokým obsahem sušiny.– Míchací a dopravní technika musí být těmto substrátům přizpůsobena– Určeno pro poloplynulý nebo plynulý posun
Přednosti	<ul style="list-style-type: none">– Kompaktní, nákladově výhodná menší zařízení– Oddělení procesních stupňů pohybem substrátu– Principiálně zamezení plísňových pokrývků a usazenin– Dodržení doby prodlevy a vyloučení „krátkého spojení“– Kratší doby prodlevy– Efektivní přihřevy, v důsledku kompaktní stavby menší tepelné ztráty
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none">– Mohou být horizontální (převládající) i vertikální– U vertikálních fermentorů je nucený pohyb substrátu zajišťován většinou vertikálním lopatovým míchadlem– Mohou, ale nemusejí být vybaveny míchávacím zařízením



Obrázek 3–4: Reaktor s pístovým prouděním

Tabulka 3–3: Vlastnosti bioplynových plně promíchávaných fermentorů

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none">– Velikost může být větší než 6000m³, ale při větších objemech fermentoru je obtížnější promíchávání a kontrola– Vyrábějí se z ocele
Vhodnost	<ul style="list-style-type: none">– Pro čerpatelné substráty s malým a nízkým obsahem sušiny.– Míchací a dopravní technika musí odpovídat požadavkům substrát– Vhodné pro poloplynulý a plynulý posun substrátu i pro nepohyblivé systémy
Přednosti	<ul style="list-style-type: none">– Nákladově výhodná zařízení při objemech pře 300 m³– Možnost proměnného provozu (průtok, průtok s přestávkami, možné i dlouhé prodlevy)– Dopravní a míchací zařízení mohou být udržovány a opravovány i bez nutnosti vyprázdnit fermentor
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none">– Zastřešení velkopřůměrových nádrží je obtížné a nákladné– Možnost „krátkých spojení“ při promíchávání („mrtvá místa“); proto nespolehlivost s přesností doby prodlevy– Možnost tvorby plovoucích „dek“ a usazení na dně
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none">– Nadzemní nebo více či méně zapuštěné do terénu– S promíchávacím zařízením nebo bez něho– Promíchávací zařízení musí být robustní, výkonná a při výhradní fermentaci kejdy se může použít i pneumatický systém (stlačený bioplyn)– Možnosti k promíchávání substrátu: Míchadla ve volném prostoru fermentoru, axiální míchadlo na středové vertikální rouře, hydraulické míchání „venku“ čerpadlem, „proublávání“ stlačeným bioplynem z vertikální středové roury nebo z horizontálního potrubí tryskami na dně fermentoru



Obrázek 3–5: Plně promíchaný fermentor, průřez: Biogas Nord GmbH

Metoda s ideálně míchanými reaktory (směšovací)

Převážně v oblasti zemědělské výroby bioplynu jsou používány plně míchané reaktory v cylindrické, stojaté stavební formě. V podstatě odpovídají standardním skladům kejdy, které mohou být po odpovídajících přestavbách také používány. Fermentor se skládá z jedné nádrže s betonovým dnem a zdmi z ocele nebo z ocelobetonu. Nádrž může být částečně zapuštěna v zemi nebo být zřízena zcela nad zemí. Na nádrž je vybudováno plynotěsné víko, které je provedeno vždy podle požadavků a způsobů konstrukce různým způsobem. Specifické vlastnosti jsou představeny v tabulce 3–3.

Zvláštní metody



Obrázek 3–6: Dvoukomorový fermentor; Obrázek: ENTEC Enviroment Technology Umwelttechnik GmbH

Odlišně od výše jmenovaných, velice rozšířených metod pro mokrou fermentaci, existují ještě další postupy, které ovšem mají místní, popř. velmi nepatrný význam na trhu. Relativně hodně rozšířené jsou v Německu postupy založené na dvoukomorových procesech. Výstavba dvoukomorového fermentoru je znázorněna na obrázku 3–6.

Tabulka 3–4: Vlastnosti suché fermentace

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none">– Velikost stavby není stavebními prvky (prefabrikáty) omezena– Ocelová nebo betonová konstrukce
Vhodnost, určení	<ul style="list-style-type: none">– Pro substráty manipulovatelné nakladačem, manipulátorem– Pro polosuvné, plynulesuvné nebo ve fermentoru– nepřemísťované substráty
Přednosti	<ul style="list-style-type: none">– Modulární výstavba umožňuje dobré přizpůsobení potřebám uživatele– Nízká náročnost na energii v důsledku jednoduché manipulace s materiálem– Nenákladná údržba a opravy, malé opotřebení– Mezipodnikové využívání manipulační techniky možné– Úspora energie na ohřev. Samozáhřev s využitím částečně aerobní fermentace
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none">– Plynulá tvorba bioplynu (pro KGS) vyžaduje realizaci více fermentorů– Pro nemožnost míchání substrátu ve fermentoru vznikají ložiska s nižší výtěžností bioplynu– K dosažení vysoké výtěžnosti bioplynu je nezbytné nasazovat větší množství „očkovacího“ materiálu– Pro nebezpečí explozí při plnění a zejména vyskladňování, je nutno instalovat potřebnou zabezpečovací techniku
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none">– Kontejnery, boxy– „Hadicové“ systémy, tunely– Horizontální „protlačovací“ fermentory

Metoda suché fermentace

Pro zemědělské provozovny, které nemají k dispozici kejdu, či jiný kapalný základní substrát, lze realizovat tzv. suchou fermentaci. V této době na trhu nabízené metody ovšem ještě zdaleka nemají svůj vývoj ukončen. Z toho důvodu je možnost rozšíření metody suché fermentace poměrně malá. Specifika fermentace jsou shrnuta v tabulce 3–4. Při dalším vývoji této metody a po odstranění problémů by suchá fermentace mohla skýtat alternativu k mokrému procesu zejména v lokalitách, kde není k dispozici kejda či jiné nosné kapalné materiály.

Kontejnerová metoda

V kontejnerovém postupu jsou mobilní a zásuvné fermentory naplněny biomasou a vzduchotěsně uzavřeny. Mikroorganismy obsažené v očkovacím substrátu, jenž je proměšován spolu s čerstvým substrátem, ohřívají substrát v první fázi, kdy je do fermentoru přiváděn vzduch.



Obrázek 3–7: Zásuvný fermentor s pojízdným kontejnerem, prototypní stádium, foto: Bioferm GmbH



Obrázek 3–8: Boxový fermentor při zaplňování, prototypní stádium, foto: Bioferm GmbH

Dále probíhá kompostovací proces spojený s uvolňováním tepla. Poté, co je dosaženo provozní teploty, je vypnut přívod vzduchu. Po spotřebě zaneseného kyslíku se aktivizují anaerobní mikroorganismy a přemění biomasu na bioplyn, jako u mokré fermentace. Bioplyn je zachycován do

shromažďovacího vedení plynu, napojeného na biofermentor a je přiváděn k energetickému využití.

Boxové fermentory

Boxové fermentory se geometricky podobají kontejnerovým fermentorům, jsou však postaveny garážovitým způsobem z částí zhotovených z betonu. Průběh procesu odpovídá tomu v kontejnerových fermentorech.

Fóliové – hadicové fermentory

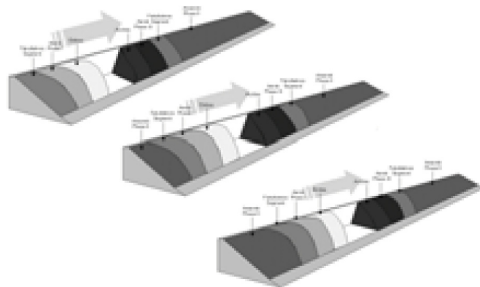
Pro fóliové – hadicové fermentory jsou používány známé metody fóliového – hadicového silážování. Také zde je užíván aerobní kompostovací proces pro první zahřátí substrátu. K dalšímu plynulému vnášení tepla mohou být hadice položeny na betonový panel, ve kterém je integrováno podlažní topení. Ke zmenšení tepelných ztrát může být foliová hadice při zaplňování potažena tepelnou izolací. Tímto je do hadice integrován sběrným vedením bioplyn jímán a připraven k využití. Příklad aplikace je znázorněn na obrázku 3–9.



*Obrázek 3–9: Zaplňování fóliovou hadicí,
foto: B. Linke, Institut pro agrární techniku Bornim*

Vanové – popř. tunelové fermentory

Další možností jsou fermentovací systémy, které umožňují zdánlivě kontinuální proces ve vanách, popř. v tunelech. Průběh postupu se téměř shoduje s tím ve fóliové hadici, dá se ovšem lépe kontrolovat. Jeden příklad tohoto postupu je představen na obrázku 3–10.



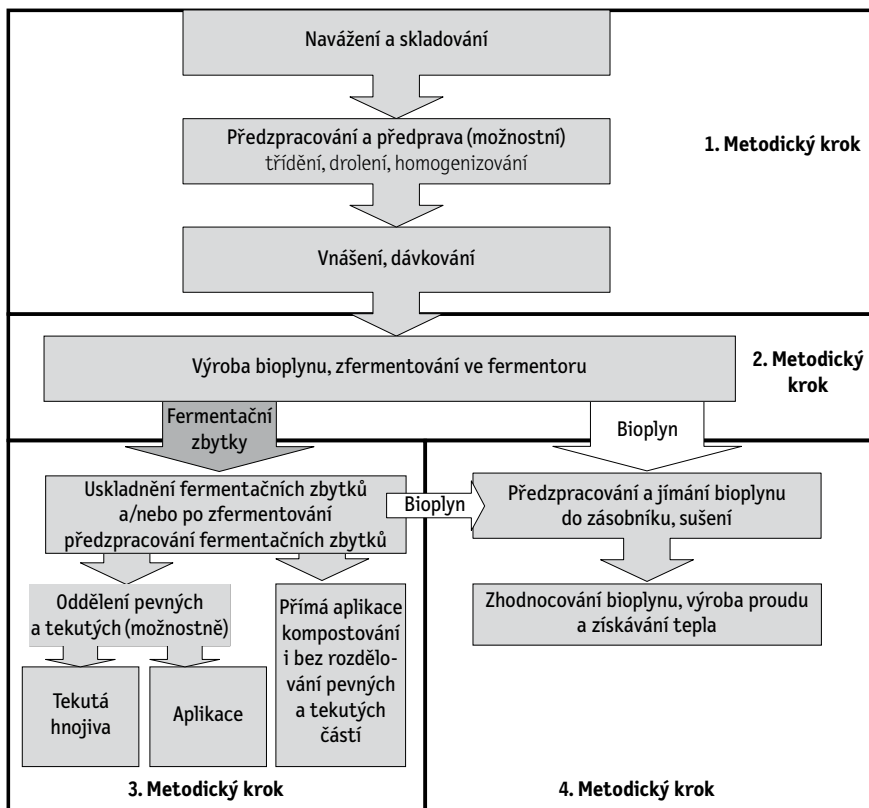
Obrázek 3–10: Kombinovaná suchá fermentace s postupem 3–A, schématicky; Obrázek: S.I.G- Dr. Ing. Steffen GmbH

Pístové fermentory

V oblasti odpadového hospodářství jsou už nějakou dobu úspěšně používány pístové fermentory. Jsou konstruovány jakožto ležící nebo stojící fermentory a obsluhují se kontinuálně nebo semikontinuálně. Částečně integrované míchací vlny slouží lehčímu odplynování materiálu. V zemědělské výrobě bioplynu nehrají tyto postupy na základě vysokého technického nákladu kontinuální techniky ovšem v této době žádnou roli.

3.2 Technika postupů

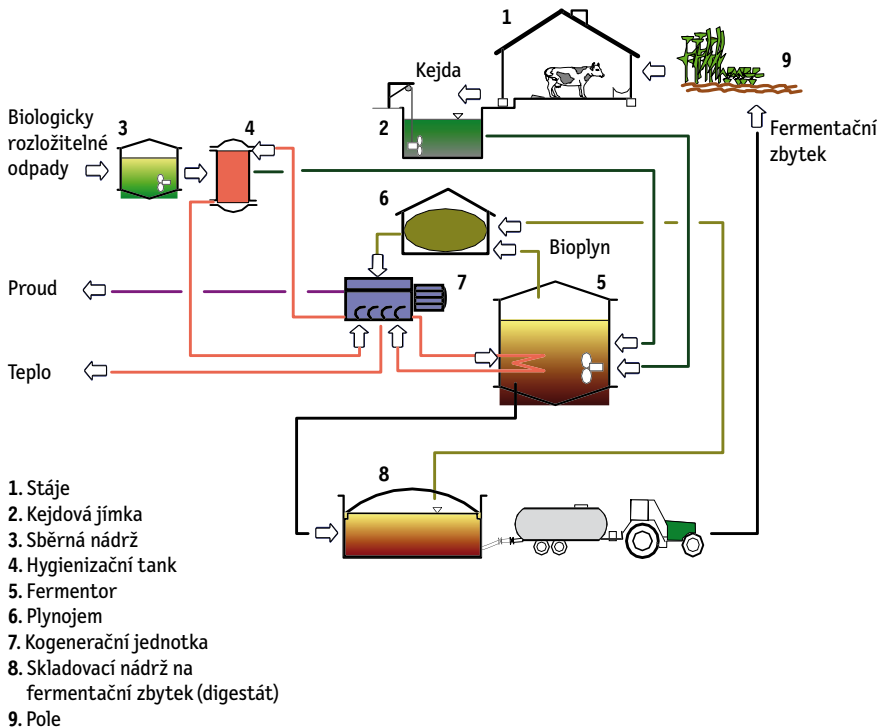
Zemědělská bioplynová stanice může být v podstatě nezávisle na způsobu provozu rozdělena do čtyř různých postupových kroků (jednotlivé kroky jsou detailně zobrazeny na obr. 3–11):



Obrázek 3–11: Obecný přehled získávání bioplynu

- Navážení, uskladnění, úprava (předzpracování), transport a dávkování substrátů
- Výroba bioplynu
- Uskladňování fermentačních zbytků a eventuální předúprava a vyčištění (vynášení)
- Jímání, úprava a zhodnocování bioplynu.

Tyto čtyři postupové kroky jsou na sobě závislé. Obzvláště mezi krokem dvě a krokem čtyři existuje těsné spojení, neboť krok čtyři normálně poskytuje to v kroku dvě potřebné procesní teplo.



Obrázek 3–12: Hlavní komponenty zařízení, stavební seskupení a agregáty jednostupňové zemědělské bioplynové stanice s hygienizační jednotkou

Jaká technika je zvolena pro stanici, je v první řadě závislé na substrátech, které jsou k dispozici. Množství substrátů určuje dimenzování větších agregátů a objemů nádrží. Kvalita substrátů (obsah sušiny, struktura, původ atd.) určuje techniku postupu. Vždy podle složení substrátů může být nutné oddělovat rušivé látky nebo přidáním vody substráty macerovat, abychom je převáděli v pumpovatelném stavu. Jsou-li používány látky, které mají zapotřebí hygienizace, je nutné včlenit do plánu hygienizační stupeň. Po předúpravě dospěje substrát do fermentoru, kde je zfermentován.

Při mokré fermentaci se upotřebí většinou jednostupňová zařízení, která pracují podle pístového toku. U dvoustupňových postupů je vlastním

fermentorů předřazen předfermentor. V předfermentorů jsou optimálně nastaveny podmínky pro dva první procesy rozkladu (hydrolyzu a tvoření kyselin). Substrát poté dospěje z předfermentorů do hlavního fermentoru, v němž se konají následující fáze rozkladu. Fermentační zbytek je uskladněn v zavřených dofermentorech nebo otevřených nádržích fermentačních zbytků a zpravidla je vynášen jakožto tekuté hnojivo na potřebné zemědělské plochy.

Bioplyn vznikající při zfermetování je uskladňován a upravován. Jeho zhodnocení probíhá většinou v kogenerační jednotce (BHKW) při současné výrobě proudu i tepla. Na obrázku 3–12 jsou představeny hlavní komponenty zařízení, stavební seskupení a agregáty jednostupňové zemědělské bioplynové stanice s hygienizační jednotkou.

Postup je následující: k prvnímu metodickému kroku (skladování, předzpracování, doprava a vkládání substrátů) patří jímka na kejdu (2), sběrná nádrž (3) a hygienizační tank (4). Druhý postupový krok (získávání bioplynu) je prováděn v bioplynovém reaktoru (5), který je označován také jako fermentor. Třetí postupový krok je představen skladovací nádrží (8) fermentačních zbytků a vynášením zfermentovaného substrátu např. na ornou půdu (9). Čtvrtý postupový krok (jímání bioplynu do zásobníku, úprava bioplynu a jeho zhodnocování) je prováděno v plynojemu (6) a v kogenerační jednotce (7). Jednotlivé kroky budou dále blíže popsány.

3.2.1. Manipulace se substráty

Manipulace se substráty zahrnuje navážení, skladování, předzpracování, dopravu a vnášení susbtrátů.

Navážení

Příjem odpadů hraje důležitou roli jen při zhodnocování průmyslově cizích přídatných substrátů ve fermentoru. Pro zúčtování a dokumentování se při navážení provádí vstupní kontrola substrátu, která je zpravidla prováděna vizuálně. Současně se zaznamenává váha a protokolují se

všechny dostupné vstupní údaje. Zvláštní pozornost se věnuje substrátům, které jsou klasifikovány jakožto odpad. Zde může, vždy po odstraňování odpadu, nastat povinnost vedení dokumentace nebo je vyžadována příslušným úřadem.

Skladování

Vzhled skladů je závislý na používaných substrátech. Plocha nutná pro sklad se orientuje podle množství materiálů, které lze očekávat. Jsou-li používány přídatné substráty do fermentoru, hrají svoji roli podmínky, jako je množství odběru a četnost dodávky. Jsou-li používány substráty, které vyžadují hygienizaci (např. průmyslového původu) je třeba dbát na striktní oddělení přijímací stanice od zemědělského provozu. Není možné žádné křížení cest vedlejších živočišných produktů a kalů s ostatními substráty či krmivy substrátu před proběhnutím hygienizačním zařízením. K minimalizování zápachu by také z praktických hledisek mělo být prováděno skladování a předzpracování substrátů v halách, z nichž je použitý vzduch čistěn přes biofiltr. Takto je technika chráněná a obslužné i kontrolní práce mohou být prováděny nezávisle na povětrnostních podmínkách. Tabulka 3–5 ukazuje v přehledu skladování substrátů.

Příprava substrátu

Způsoby zacházení se substrátem ovlivňují průběh fermentačního procesu a využívání jejich energetického potenciálu. Cílem úpravy musí být, aby na jedné straně byly splněny zákonné nároky – jako hygienizace a na straně druhé byly vytvořeny optimální podmínky pro mikroorganismy – jakožto producenty metanu. V úpravě substrátu spočívá jeden ze dvou velkých potenciálů celkové optimalizace zařízení. Přitom se pohybujeme na hraně mezi nevytížením a přetěžováním bioplynové stanice.

Otázka vlivu předúpravy substrátu na produkci bioplynu při zfermentování biomasy se ještě nachází ve výzkumném stádiu, ale organický materiál může být při předzpracování dezintegrací zpřístupněn. Tímto může být substrát lépe přístupný pro mikroorganismy, což vede ke zvýšení míry rozkladu.

Tabulka 3–5: Skladování substrátu před fermentací

Kapacita, kubatura	<ul style="list-style-type: none">– Závislost na původu substrátu, výkonnosti fermentoru, vyrovnanosti dodávek, plochách a výnosech přídatných substrátů, dodavatelských smlouvách dalších materiálů– Provozní potíže musí být možno rychle odstranit
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none">– U narůstajících surovin pěstovaných na pozemcích, které jsou „v klidu“ je třeba provést denaturalizaci– Je třeba zabránit promrzání siláže technickými prostředky (tepelná izolace, umístění silážních boxů pod střechou, nebo pod úrovní terénu– Nepřipustit fermentační procesy, které neprodukují bioplyn– Zabránit smíchávání hygienicky závadných substrátů s nezávadnými Stavebními a jinými opatřeními zamezit šíření zápachu
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none">– Běžné sklady objemných hmot v zemědělství, průjezdná sila, pro kapaliny nádrže– Předjímkky mohou být využity pro krátkodobé, nejvýše tří denní předskladnění
Náklady	<ul style="list-style-type: none">– Běžně se využívají levné stávající sklady (např. žlaby), u nových staveb je nutno počítat i s náklady na vybudování potřebných skladů

Třídění a oddělování příměsí

Potřebnost třídění a oddělení příměsí závisí na původu a složení substrátu. Kameny jsou většinou oddělovány v předjímkce, z jejíhož dna musejí být čas od času vyjmuty. Ostatní příměsí mohou být vytříděny ručně při navážení substrátu nebo při zaplňování transportních zařízení.

Hygienizace

Abychom splnili zákonem předepsaná kritéria pro některé skupiny substrátů (odpadů) z hlediska epidemiologické hygieny a fytohygieny, je nutná tepelná hygienizace, která se provádí prohřátím materiálů na teplotu 70 °C po dobu minimálně jedné hodiny s maximální velikostí částic 12 mm.

Neboť velikost nádrží používaných k hygienizaci a vynaložení energie závisí na výkonnosti zařízení, tedy na množství materiálu přivedeného do

zařízení a zpracovaného za jednotku časovou, je hygienizace prováděna zpravidla před přidáním přídavných substrátů ve fermentorech. Hygienizační jsou substráty tepelně rozloženy a tím lépe zfermentovatelné.

Hygienizace může být prováděna v ohřivatelných ocelových nádržích a je dokumentována prostřednictvím zařízení měřícího stav hladiny, teplotu a tlak.

Teplota substrátu je po hygienizaci vyšší, nežli převládající provozní teplota ve fermentoru. Má-li být hygienizovaný substrát dávkován přímo do fermentoru, je nutné ochlazení na teplotu, která je uvnitř fermentoru. Specifické vlastnosti hygienizačních nádrží jsou shrnuty v tabulce 3–6.

Tabulka 3–6: Charakteristické hodnoty a parametry hygienizačních nádrží

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Objem: U BPS se požívají hygienizační nádrže o obsahu do 50 m³ – Vyhřívání: Vložené (trubky) nebo zabudované do stěn – Doba: Samotná doba hygienizace je min. 1 hodina; dále se musí počítat s dobou na plnění, nahřátí a vyskladnění a přizpůsobit tak kubaturu
Vhodnost	– Pro běžné hygienizační nádrže se vyžaduje „čerpatelnost“ substrátu, proto musí být většinou ještě předem upravován
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Předpokládá se používání registračního zařízení ke sledování hygienizačních procesu – V hygienizační komoře nahřátý substrát se nesmí bezprostředně čerpat do fermentoru, protože by se vysokou teplotou poškodil fermentační proces – Nesmí se míchat hygienicky ošetřený a neošetřený substrát – V každém substrátu se musí počítat s příměsí písku a jiných těžších předmětů – Je třeba počítat s vyrovnáním tlaků při hygienizaci substrátů
Konstrukční formy	– Jednostěnné nerezové nádrže s vnitřním ohřevem, nebo nerezové nádrže s dvojitými stěnami s ohřevem v mezistěnovém prostoru, nebo protiproudé ohřivače s venkovními výměníky
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – Požaduje se nejméně jedno průhledítko do nádrže – Podle typu použité techniky: (teploměry, míchadla, čerpadla) se přizpůsobuje údržba; samotná (nerezová) nádrž zpravidla údržbu nevyžaduje.

Drcení

Drcení substrátu zvětšuje povrchy substrátu pro biologický rozklad a tím také pro produkci metanu. V podstatě můžeme vycházet z toho, že s vyšším stupněm rozdrolení stoupá rychlost biologického rozkladu, ale ne nutně výtěžek plynu. Produkce metanu se řídí souhrou doby zdržení a stupněm rozdrolení. Drcení substrátu může být instalováno před dodáváním. Pohon agregátů se děje většinou elektromotorem, ojediněle je možné také napojení na hřídel traktoru. Pro přímé vnášení pevných látek je drticí technika instalována v nádrži jímače. Vlastnosti rozdrolovacích agregátů při přímém dávkování pevných látek jsou shrnuty v tabulce 3–7. Některé substráty musí být rozdroceny před dávkováním.



*Obrázek 3–13: Hygienizace se zpětným chlazením,
foto TEWE, Electronic GmbH & Co. KG*



Obrázek 3–14: Nádrž jímače, fotky: Konrad Pumpe GmbH

Tabulka 3–7: Údaje a základní provozní parametry drtičů při přímém dávkování pevných substrátů

Charakteristické znaky	– Až k výkonu 50 t/den mohou být používány běžné jednoválcové drtiče
Určení	– Běžné siláže, CCM, mrva od skotu, (i od drůbeže), starý chléb, zelenina – Pro dlouhovláknité materiály jsou drtící válce s ozuby vhodnější
Přednosti	– Velké výkony – Jednoduché naplňování čelním nakladačem nebo drapákovým jeřábem – Velká zásoba substrátu, automatické řízení drcení a následné dopravy – Nasazení robustní techniky
Nedostatky	– Možnost „klembování“ nad pracovním orgánem drtiče, které však velmi závisí od tvaru předzásobní nádrže – Nezbytná ruční práce při poruchách a haváriích
Zvláštnosti	– Rozrušovací válce nad drtičem odstraňují klembování
Konstrukční provedení	– Upravené „krmné“ vozy s řezacím ústrojím – Předjímky se zabudovanými řezacími, drtícími a dopravními šneky – Předjímky spříhrnovacími, řezacími válci a dopravníky – Předjímky s frézou k rozrušení stohově uspořádaných substrátů
Údržba	– Podle výrobců a návodů nejsou tato zařízení příliš náročná na údržbu – Údržba by se měla „stihnout“ v době přestávek plnění fermentoru

Tabulka 3–8: Charakteristické znaky a parametry nasazení drticích agregátů před dávkováním substrátu do předjímky

Charakteristické znaky	– Výkon např. 1 m ³ /h a kW u drtiče.
Vhodnost	– Brambory s kameny, řepa, zelené odpady. – Běžné siláže, CCM, mrva skotu a drůbeže, starý chléb, zelenina. – Pro dlouhovláknité materiály jsou drticí válce s ozuby vhodnější (krmné vozy).
Přednosti	– Snadný přístup k pracovním orgánům po haváriích. – Možnost přípravy nadrceného substrátu předem.
Nedostatky	– Při ucpání pracovních orgánů nezbytnost ručního očištění. – Ruční plnění drticího zařízení (u malých zařízení).
Zvláštnosti	– Předjímky mohou být instalovány v libovolné velikosti. – Výška instalace předjímky má být přizpůsobena dosahu mechanizace.
Údržba	– Možno řešit smluvně s dodavatelem. Je závislá od vlastností a náročnosti zpracovávaného materiálu. – Pro překrytí doby údržby je třeba si vytvořit potřebnou, předzpracovanou zásobu substrátu.

Tabulka 3–9: Údaje a provozní parametry rozměňovacích a míchacích zařízení v předjímce

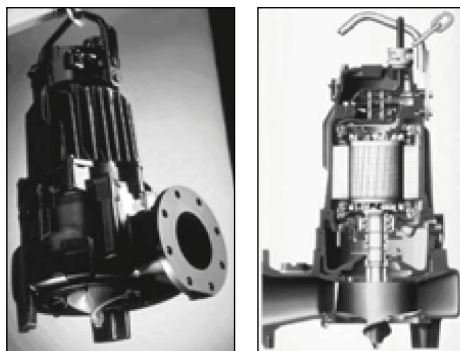
Charakteristické znaky	– Zvýšení příkonu o 6 kW u běžných drtičů a míchadel (5–15 kW) předjímkách.
Vhodnost	– Slamnatý hnůj, zbytky jídel, zelená hmota, sláma.
Přednosti	– Přímé dávkování substrátu do předjímky. – Další přídavné agregáty nejsou zapotřebí.
Nedostatky	– Zvýšení obsahu sušiny ve fermentoru je omezeno schopností čerpadel. – Nebezpečí tvorby plovoucích vrstev a usazenin v závislosti na druhu a složení materiálu.
Zvláštnosti	– Při přímém vkládání pevných substrátů do fermentoru je možno zabudovat rozměňovací zařízení do vstupu do fermentoru.
Konstrukční formy	– Řezací a rozměňovací nástroje mohou být instalovány i na hřídeli míchacího zařízení.

Tabulka 3–10: Údaje a provozní parametry rozmělnovacích zařízení v dopravní lince

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Drtiče až do výkonu 150 m³/h při obsahu 5 % sušiny a výkonu motorů 1,5 až 11 kW. – Jmenovité příkony zařízení klesají s poklesem obsahu sušiny v substrátu a naopak velmi rostou s jejím zvyšováním. – Čerpadla s rotačními písky mají výkon až 350 m³/h.
Vhodnost	<ul style="list-style-type: none"> – Drtič: stébelnaté substráty nesmí obsahovat kameny. – Čerpadla s otočnými písky dopravují substráty s malými kameny.
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Snadná přístupnost k agregátům v případě havárie. – Při ucpání lze agregáty snadno otevřít a opravit.
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Zvýšení podílu sušiny ve fermentoru je možné jen s přihlédnutím ke schopnosti čerpadel přepravit rozmělněný substrát.
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Agregáty mají mít možnost být odděleny šoupátkem od dopravy substrátu. – Při havárii drtiče musí být možnost jeho oddělení od toku substrátu. – Potřebné rozmělnění možné nastavením pracovních orgánů (nožů.) – Drtící sestava může být vybavena oddělovačem těžších částic (železo). – Před agregátem by měl být oddělovač nevhodných (těžkých) předmětů.
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none"> – Drtič s rotačními noži před „řezacím“ sítem. – Čerpadlo s rotačními písky (lopatkami), které mohou mít řezací a drtící úpravy a nástavce.
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – Volně stojící agregáty mohou být pro údržbu snadno a bez ztrátových časů pro linku odstaveny, ponorná čerpadla jsou ze substrátu snadno vyjímatelná. – Vhodné přístupové otvory (v opláštění stroje) urychlují práci.

Tabulka 3–11: Údaje a provozní parametry agregátu – rozměňovacího a dopravního zařízení

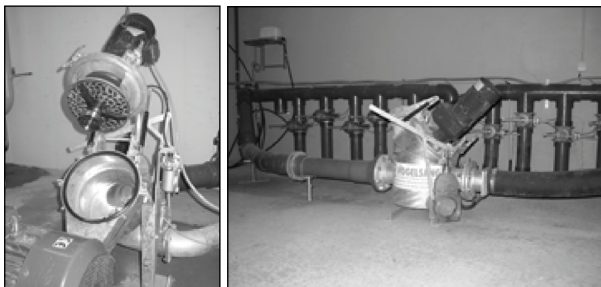
Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Dopravní toky až do 350 m³/h – Dopravní výška do 25 m – Příkon 7,5 až 15 kW
Vhodnost	– Pro čerpatelné substráty s hlavním podílem stébelnin.
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Snadný přístup k agregátům při havárii. – Při ucpání se dají agregáty snadno otevřít a ošetřit. – Další dopravní zařízení nejsou zapotřebí.
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Zvyšování podílu stébelnaté sušiny ve fermentoru je limitováno mezní schopností čerpadel. – Jedním průtokem se rozmělní jen část stébel, opakováním se potřeba řeší.
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Drtící a čerpací agregáty je možno hradítkem oddělit od dopravního zařízení. – Pro případ havárie je možno „bypasem“ překlenout hradítko. – Stupeň nadrcení se řeší volbou řezacích a drtících nástrojů.
Konstrukční formy	– Oběžná čerpadla; oběžná kola s řeznými hranami jako stacionární nebo ponorná čerpadla.
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – Otvory v pláštích usnadňují přístup a zkracují dobu „klidu“. – Venku stojící čerpadla mohou být rychle bez velkých časových prodlevů ošetřena (vyměněna). – Ponorná čerpadla se dají snadno ze substrátů vyjmout.



Obrázek 3–15: Ponorná pumpa s řeznými hranami u rotoru jakožto příklad jednotky z rozdrolovacího a dopravního agregátu, Fotky: ITT FLYGT Pumpen GmbH

Máčení a macerování

Máčení a macerování je nutné, pokud potřebujeme zvýšit pumpovatelnost substrátu. Provádí se to zpravidla v předjímce, krátce po vložení substrátu do fermentačního procesu. Jako ředící tekutina jsou používány vždy podle disponovatelnosti kejda, právě zfermentovaná bioplynová kejda, odpadní voda nebo ve výjimečném případě také čerstvá voda.



*Obrázek 3–16: Drcení substrátu v těžebním vedení;
fotky: Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH*

Používání právě zfermentované bioplynové kejdy může snížit spotřebu čerstvé vody a má tu přednost, že substrát je naočkován bakteriemi fermentačního procesu právě před dávkováním do fermentoru. Každopádně je třeba dávat pozor na to, že zpětným vedením kejdy je možné obohacení substrátu solemi a živinami a to může procesní biologii škodit. Kvůli vysokým nákladům by se neměla využívat čerstvá voda. Má-li být použita voda z procesů čištění, je třeba zvážit to, že desinfekční prostředky mohou poškodit proces fermentování, neboť působení těchto prostředků je negativní také pro společenství mikroorganismů ve fermentoru.

Homogenita přiváděných substrátů má velký význam pro stabilitu procesu. Při silně kolísajícím zatížení a měnícím se složení substrátu se mikroorganismy musejí přizpůsobit změnám podmínek, což je většinou spojeno se snížením tvorby plynu. Homogenizace čerpatelných substrátů je většinou prováděna listy míchadel v předjímce.

Doprava a vnášení susbtrátu

Pro stabilní fermentační proces je z procesně – biologického hlediska ideálním případem plynulý proud substrátu skrze bioplynovou stanici. Neboť toto lze v praxi sotva realizovat, je to dosaženo diskontinuálním dávkováním, tj. rozdělením na několik částí v průběhu dne.

Technika zařízení pro dopravu a vnášení závisí v podstatě na jakosti substrátu. Musíme rozlišovat mezi pumpovatelnými a hrudkovitými substráty.

Při vnášení susbtrátů je třeba dbát na jejich teplotu. Při velkých rozdílech mezi teplotou materiálu a teplotou fermentorů (příkladně při vnášení po hygienizaci nebo v zimě) je procesní biologie silně rušena, což může vést ke zmenšení výnosu plynu. Jakožto technická řešení jsou zde používány výměníky tepla a vytápěné předjímky.

Přeprava pumpovatelných substrátů

K přepravě pumpovatelných substrátů uvnitř bioplynové stanice jsou používány hlavně pumpy, poháněné elektromotory. Ty mohou být řízeny (ovládány) s pomocí spínacích hodin s časovačem nebo procesním počítačem, čímž může být celkový proces částečně nebo zcela automatizován. V mnoha případech je celkový transport substrátu realizován uvnitř bioplynové stanice jedním nebo dvěma čerpadly, umístěnými centrálně v čerpací stanici nebo v řídicím centru. Kladení potřebného potrubí se pak realizuje tak, aby všechny situace, které během provozu nastanou (naprosté vyprázdnění nádrží, případy havárie apod.) mohly být ovládány dobře přístupnými nebo automatickými ventily.

Mělo by být dbáno toho, aby čerpadla byla přístupná a kolem nich byl dodržován dostatek volného pracovního prostoru. I přes zmíněná preventivní ochranná opatření a dobrou přípravu substrátu se může přihodit, že dojde k ucpání čerpadel, která musí být rychle opravena. Kromě toho je třeba dbát na to, že pohyblivé části čerpadel jsou opotřebitelné a musejí být čas od času vyměněny, aniž by BPS musela být odstavena z provozu. Čerpadla musejí být tudíž odpojitelná pomocí uzamykatelných ventilů od sítě vedení, aby bylo možné provádět údržbářské práce.

Používány jsou téměř výlučně odstředivé nebo výtlačně pumpy. Výběr vhodných pump, vzhledem k výkonu a dopravním vlastnostem, je závislý vysokou měrou na použitých substrátech a jejich stupni předzpracování, popřípadě na obsahu sušiny. Aby se čerpadla ochránila, mohou být přímo před ně vestavěny řezací nebo drticí přístroje a odlučovače cizích těles.

Odstředivé pumpy

U odstředivých čerpadel se točí hnací kolo v pevně stojícím pouzdru s většinou konstantním počtem otáček. Přepřavované médium je čerpáno pomocí hnacího kola a z toho rezultující zvýšení rychlosti v tlakové záračce odstředivé pumpy je přeměněno na těžební výši (úroveň), popřípadě na těžební tlak. Odstředivá čerpadla jsou velmi rozšířena v technice kejdy. Charakteristické znaky a parametry používání jsou obsaženy v tabulce 3–12.

Tabulka 3–12: Údaje a provozní parametry odstředivých čerpadel

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Výtlačný tlak až do 20 bar – Dopravované množství od 2 m³/min – Příkon: např. 3 kW při 2 m³/min; 15 kW při 6 m³/min, ale příkon závisí na druhu substrátu
Vhodnost	– Pro řídké, snadno tekoucí substráty s malým obsahem sušiny, ale kousky slámy nevdí
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Kompaktní a robustní konstrukce – Vysoký dopravní výkon – Pružnost v nasazování
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Čerpadla nejsou samonasávací, použití vždy pod úrovní hladiny substrátu, např. pro umístění je zapotřebí zapuštěné šachtice – Nejsou vhodné pro dávkování substrátu
Zvláštnosti	– Výkon je velmi závislý od pracovního tlaku a dopravní výšky
Konstrukční formy	– Ponorná čerpadla nebo čerpadla stojící „na suchu“; dodávají se také jako „řezací“ nebo „rozmělnovací“, použitelná pro nasazení pod hladinou substrátu, nebo i nad ní
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – U ponorných čerpadel obtížná, ovšem přes vyjímací otvory bývají relativně lehce přístupné (vyjmutelné) – Nezbytné dodržovat přísné bezpečnostní předpisy – Doba údržba je o poznání delší než u jiných typů čerpadel

Tabulka 3–13: Údaje a provozní parametry výstředníkových, závitových čerpadel

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Pracovní, dopravní tlak do 25 bar – Dopravované množství od 0,055 m³/min nahoru – Příkon např. 7,5 kW při 0.5 m³/min
Vhodnost	– Pro obtížně tekoucí substráty s malým podílem problematických příměsí
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Samonasávací – Jednoduchá, robustní konstrukce – Vhodné pro dávkování substrátů
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Nižší dopravní výkony než odstředivá čerpadla – Citlivé na běh „naprázdno“ – Citlivé na „tvrdé“ předměty v substrátu (kameny, kovy, dlouhá vlákna)
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Značná závislost dopravního výkonu na viskozitě substrátu, stabilní výkon i při měnícím se tlaku – Ochrana proti nebezpečnému běhu „na prázdkno“ možná – Často používaná zařízení v oblasti „čistírenské“ techniky – Stator je možno někdy přizpůsobit viskozitě dopravovaného substrátu a požadovanému výkonu – Změna směru dopravy je možná (přídavné zařízení) – Možná protitlaková ochrana
Konstrukční formy	– Jako „venkovní“ čerpadla
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – Dlouhá životnost čerpadel – Vhodná konstrukce, nenáročná na údržbu, snadná „rychlo“-výměna pístů



Obrázek 3–17: Čerpadla v bioplynové stanici, foto: WELtec BioPower GmbH

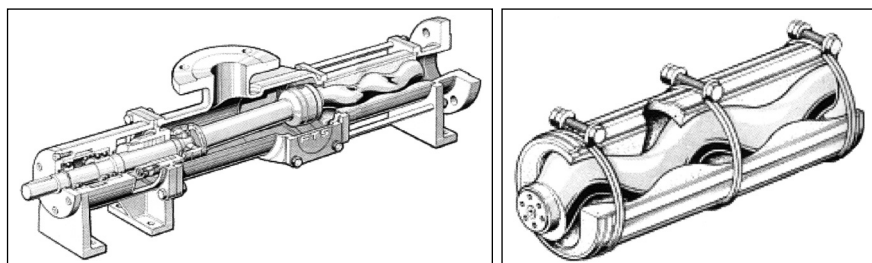
Tabulka 3–14: Technické údaje a provozní parametry čerpadel s otočnými písky

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Dopravní tlak až do 16 bar – Dpravované množství od 0,1 m³/min nahoru
Vhodnost	– Řídké i husté kapaliny
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Jednoduchá, robustní konstrukce – Samonasávací až do 10 m (vodního sloupce) – Vhodné k dávkování substrátu – Dpravuje větší kousky materiálu v kapalině než výstředníkové – šnekové dopravníky – Nevadí jim běh naprázdno – Požadují k instalaci málo místa – Měnitelnost směru dopravy možná
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Vysoké otáčky až k 1300 ot/min jsou výhodné při optimu výkonu – Seřiditelné díly statoru optimizují účinnost i využitelnost omezením vůlí – Ochrana stroje přetlakovým jističem
Konstrukční formy	– Jako čerpadlo v suchém provedení
Údržba	– Robustní konstrukce usnadňuje údržbu a krátká přerušení provozu

Vřetenová čerpadla

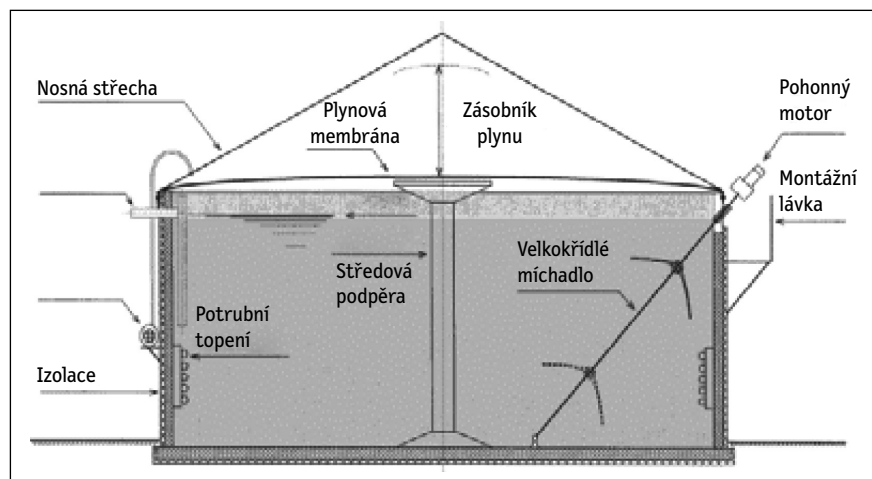
K přepravě hustých tekutých substrátů s vysokými obsahy sušiny jsou používány vřetenová čerpadla., těžené množství může být určováno počtem otáček. Tímto je dosahováno lepšího ovládnání čerpadel ve spojení s přesným dávkováním substrátu. Jsou samonasávací a tlakem stabilnější, nežli odstředivá čerpadla, to znamená, že dopravní množství je mnohem více závislé na výšce (úrovni) dopravy. Výtlačné pumpy jsou relativně málo odolné vůči opotřebením, kvůli čemuž je rozumné chránit pumpy pomocí drticích agregátů a odlučovačů cizích těles před tuhými materiály. Opotřebením trpí největší částí čerpadla s otočnými písky a extrentická závitová čerpadla. Excentrické závitové pumpy mají rotor ve tvaru vývrtky, který běží ve statoru z elastického materiálu. Točením rotoru vzniká putující dutý prostor, v němž je transportován substrát. Jeden příklad je in-

terpretován na obrázku 3–21. Charakteristické znaky parametrů použití mohou být vybrány podle tabulky 3–13.



Obrázek 3–18: Excentrická závitová pumpa (vlevo), posunovatelný stator (vpravo); obrázky: Armatec- FTS- Armaturen GmbH & Company KG

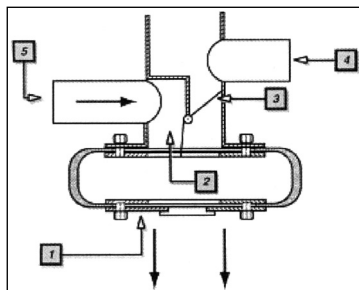
Otočné pístové pumpy mají dva protiběžně rotující dvou až čtyřkřídlové otočné písty v jednom oválném pouzdru. Oba tyto otočné písty se odvalují navzájem protiběžně s nepatrnou osovou a radiální tolerancí (odchylkou), přičemž se nedotýkají ani pouzdra, ani sebe navzájem. Charakteristické znaky a parametry použití jsou shrnuty v tabulce 3–14.



Obrázek 3–19: Řez fermentoru s vestavbami

Membránová čerpadla

Mohou být použita k dopravě hustých látek s velkými podíly cizích těles. Pohon se děje přes převodový motor prostřednictvím excentru a ojnice., která pohybuje spodní přírubou vzhůru a dolů.



Obrázek 3–20: Funkční princip membránového čerpadla: příruba (1), ventily (2 a 3), vypuštění (4), napuštění (5), Armatec-FTS-Armaturen GmbH & Co. KG

Střídavým nasáváním a strukturou tlaku je automaticky pohybováno ventily, takže substrát je těžen od napuštění k vypuštění. Jako dopravní prvek slouží kolo. Měch pracuje bez tření. Dva ventily, řízené prostřednictvím tlaku, slouží při klidu (zastavení) čerpadla jako zábrana zpětného chodu. Charakteristické znaky a parametry použití měchových čerpadel (Bang) jsou shrnuty v tabulce 3–15.

Transport sypkých substrátů

Sypké materiály se nejlépe dopravují nakladači. Teprve pro automatické dávkování jsou nasazována drapáková dna, posuvné podlahy a šnekové dopravníky. Drapáková dna jsou schopna dopravit téměř všechny sypké substráty horizontálně nebo s lehkým stoupáním, nemohou však být používána pro dávkování. Umožňují použití velikých předjímkových skladů. Těžební šneky mohou transportovat sypké substráty téměř do všech směrů. Předběžnou podmínkou je zde jen volnost velkých kamenů a rozdrcení substrátů.

Tabulka 3–15: Technické údaje a provozní parametry čerpadel „Bang“

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none">– Dopravní tlak do 5 bar– Dopravní množství do 1 m³/min– Příkon: např. 3 kW při 0,25 m³/min, značně závisí od vlastností substrátu
Vhodnost	<ul style="list-style-type: none">– Pro husté materiály s množstvím potíže působících příměsí
Přednosti	<ul style="list-style-type: none">– Jednoduchá, robustní konstrukce– Samonasávací až do 3 m vodního sloupce– Doprava i větších cizích příměsí– Běh naprázdno nevádí
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none">– Malá přepravní množství
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none">– Jako čerpadlo v suchém uspořádání
Údržba	<ul style="list-style-type: none">– Málo pohyblivých dílů ulehčuje údržbu

Tabulka 3–16: Technické údaje a provozní parametry předjímek

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none">– Zhotovení: z vodotěsného, většinou železobetonu– Obsah by měl odpovídat nejméně dvoudenní dodávce
Vhodnost, určení	<ul style="list-style-type: none">– Čerpatelné a mísitelné substráty– Při užití drtičů též pro stébelnaté materiály
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none">– Dobrá homogenizace a promíchání substrátů možné– Tvorba „usazené“ dolní vrstvy z kamení (a písku) je možná– Dolní „usazenou“ vrstvu je možno eliminovat pomocí záchytných prostor, zařízením pro vyčištění předjímký atd.– Pro odstranění případného zápachu je vhodné předjímký zakrývat– Vkládání pevných předmětů a těžko rozpoušitelného (stébelnatého) materiálu může vést k ucpávání mechanizace, nadměrné tvorbě usazenin a plovoucích relat. pevných vrstev
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none">– Kruhové nebo kvádrové přízemní nádrže, jejichž plnění může zajistit kolový, (lopatový) nakladač– Nádrže umístěné na vyvýšeném místě (v porovnání s fermentorem) jsou výhodné, protože „samospád“ v důsledku přirozeného hydraulického tlaku nevyžaduje běžnou dopravní techniku– Pro míchání může být použita stejná technika jako pro fermentory
Údržba	<ul style="list-style-type: none">– Pokud chybí zařízení pro odstraňování usazené vrstvy, je třeba jímký čistit ručně

Vnášení čerpatelných substrátů

Čerpatelné substráty jsou zpravidla vnášeny do předjímky z betonu, v nichž jsou meziskladovány a homogenizovány. Předjímky by měly být dostatečně objemné, aby v nich mohlo být nahromaděno jedno až dvou-denní množství substrátu. Často jsou užívány původní sběrné jímky kejdy, které jsou k dispozici v zemědělském provozu.



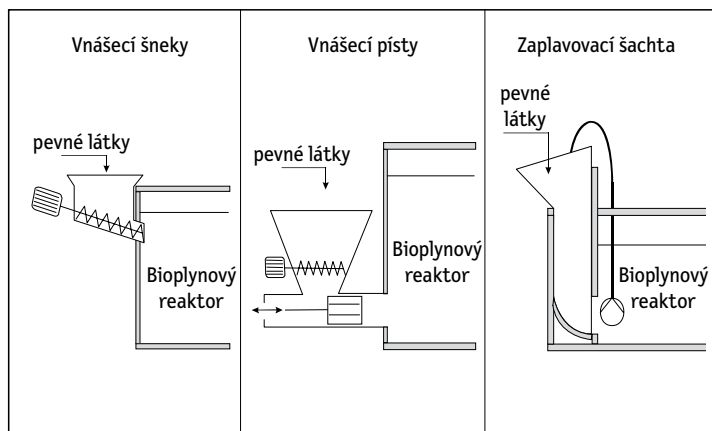
Obrázek 3–21: Přijímací jímka při dávkování, foto: Loick Bioenergi

Nedisponuje-li bioplynová stanice zařízením pro přímé dávkování tuhých substrátů, jsou v předjímce míseny, drceny, homogenizovány také sypké substráty. Aby se daly dobře čerpat, jsou často ředěny. Z tohoto důvodu jsou předjímky vybaveny míchadly v kombinaci s řezacím účinkem. Jsou-li zpracovány substráty, obsahující nečistoty, slouží předjímka též k oddělování kamenů a jiných sedimentujících látek, následně mohou být koncentrovány a vynášeny např. prostřednictvím drapákového dna a šneků (závitů). Abychom se vyhnuli emisím zápachu, měly by být předjímky zastřešené, což by však mělo být provedeno tak, aby bylo možné vybírat sedimenty. Charakteristické údaje o předjímkách jsou shrnuty v tabulce 3–16.

Dávkování sypkých substrátů

Vnášením sypkých substrátů do předjímky může být ztíženo plynulé a automatizované dávkování substrátů do fermentačního procesu, což je více

pracné. Z těchto důvodů jsou pevné látky vnášeny přímo do fermentoru. Substráty tak mohou být nezávisle na kejdě dávkovány v pravidelných odstupech přímo do fermentoru. Kromě toho je možné zvýšit obsah sušiny ve fermentoru a tím zlepšit výtěžek bioplynu.



Obrázek 3–22: Postupy vnášení sypké biomasy, obrázek: FAL

Přijmové šachtice

Instalace vplavovací šachty umožňuje prostřednictvím čelních nebo kolových nakladačů vnášet přímo do fermentorů větší množství pevných látek. Tabulka 3–17 ukazuje přehled vlastností.

Plnicí pístové dopravníky

Při využití těchto dopravníků jsou přídavné substráty vnášeny přímo do fermentoru prostřednictvím hydraulických cylindrů skrze otvor ve stěně fermentoru – poblíž jeho dna, čímž jsou smíchány s obsahem fermentoru a tak je sníženo nebezpečí tvorby plovoucích vrstev. Charakteristické znaky pístových dopravníků jsou shrnuty v tabulce 3–19.

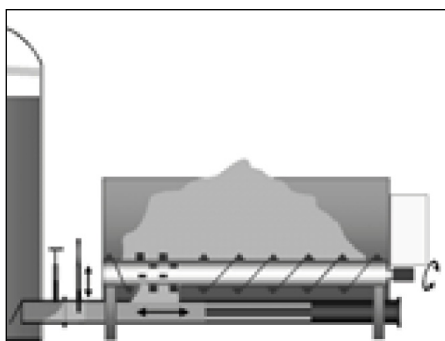
Šnekovité dopravníky

Při dávkování pevných substrátů prostřednictvím zanášecích, popřípadě dopravních šneků, je substrát stlačován pýchovacími šneky, nachá-

zejícími se o něco níže, než je hladina tekutiny ve fermentoru. V nejjednodušším případě stojí při této metodě dávkovač na fermentoru, takže je ke vnášení potřebný jen jeden šnek. Jinak musí být výška fermentoru překonána stoupavými šnekly.

Fermentace biomasy

Substráty musejí být předupraveny obvyklými drtícimi agregáty používanými ke zpracování, aby dosáhly pumpovatelného stavu. Obsah sušiny přitom činí až 18%. Substráty jsou naskladněny do odpovídajících nádrží a nadrcené jsou pumpovány přímo do fermentoru.



*Obrázek 3–23: Vnášení kupivé biomasy těžebními šnekly,
foto: Pumpe GmbH*



*Obrázek 3–24: Vnášení kupivé biomasy vnášecími písty,
foto: PlanET Energietechnik*

Dávkování tuhých substrátů v suché fermentaci

Relativně jednoduchá diskontinuální suchá fermentace nevyužívá automatických dávkovacích systémů. Dávkování i vyprázdnění je prováděno v zemědělství obvyklou transportní technikou, většinou kolovými nakladači.

Armatury a potrubí

Používané armatury (spojky, blokové posunovače, šoupata, klapky zpětného rázu) a potrubí musejí být trvale odolné vůči substrátu a korozi.

Tabulka 3–17: Vlastnosti příjmových šachtic

Charakteristické znaky	– Příjmové otvory a jejich výška musí odpovídat typu manipulačního zařízení. (Šachtice je součástí fermentoru)
Vhodnost, určení	– Všechny materiály manipulovatelné kolovým, lopatovým nakladačem
Přednosti	– Nízký stavební náklad – Nízké investiční a provozní náklady
Nedostatky	– Silně páchnoucí emise – Bez přesného dávkování a možnost užití je několikrát denně – V praxi se často objevuje ucpávání – Přehřátý substrát se nesmí přidávat – Nebezpečí nežádoucí oxidace během užití příjmové šachtice ve fermentoru
Zvláštnosti	– Vkládací otvor musí být přizpůsoben nakladači – Pokud není šachtice opatřena drtičem, musí jej mít fermentor
Konstrukční formy	– Z ocelového nebo nerezového plechu, umožňující vkládání pevných substrátů pod hladinu ve fermentoru. Výplach šachtice pomocí čerpadel, souvisejících s fermentorem – Míchadla fermentoru mohou být funkčně integrována se šachticí
Údržba	– Málodky je zapotřebí, ale v případě ucpání se musí zpravidla ručně uvolnit – „Visící“ vrstva substrátu v šachtici sťažuje údržbu – Při práci ve fermentoru (a šachtici) je třeba dbát bezpečnostních předpisů (plyny, kapaliny)

Tabulka 3–18. Údaje a provozní parametry plnicích závitových (šnekových) dopravníků

Charakteristické znaky	– stacionární krmné vozy až do 40 m ³ , mobilní vozy až do 16 m ³
Vhodnost	– všechny obvyklé sypké substráty s kameny, které jsou menší nežli vinutí šneků – u předjímkových nádrží s míchacím ramenem žádné dlouze vláknité substráty – u vozů na krmné směsi také slamnatý hnůj
Přednosti	– automatizované
Nevýhody	– oděr šnekovnice – je možné tvoření klenby materiálů na přechodu ke šneku v nádržích bez míchacího ramene – choulostivost vůči kamenům – vysoká spotřeba síly při použití vozů na krmné směsi
Zvláštnosti	– musí být zabráněno výstupu plynu skrze šneky – při použití váhy možné přesné dávkování
Technické provedení	– pýchovací šnek z přejímkové nádrže ve fermentorech kolmo – pýchovací šnek z přejímkové nádrže vodorovně ve fermentorech – šnekový systém k překonávání výšky fermentorů a ke vnášení pod hladinou tekutiny ve fermentoru – vstupní zásobní nádrž s gravitačním vedením materiálu ke šneku – vstupní zásobní nádrž s plochým dnem a míchacím ramenem nad otevřeným šnekem – vstupní zásobní nádrž - jakožto vůz na krmnou směs s drapákovým dnem a vertikálním mísidlem s protibřitem
Údržba	– vstupní zásobní nádrže musejí být zpravidla ručně vyprazdňovány, když dojde k haváriím, tímto větší nádrže nepředstavují vždy výhodu – údržba šneků, které realizují těžbu do fermentoru, je spojena se zčásti závažným přerušením procesu

Předepsané vlastnosti materiálu potrubí, bezpečnostní opatření a zkoušky těsnosti je třeba dodržovat. Jako mimořádně významný faktor se ukázalo, že musí existovat možnost, aby ze všech plynovodů na všech místech šlo vypouštět kondenzát. Nepatrná množství kondenzované vody mohou vést k úplnému ucpání potrubí. Nejdůležitější charakteristické vlastnosti jsou shrnuty v tabulce 3–20.

Tabulka 3–19: Údaje a provozní parametry plnicích pístových dopravníků

Charakteristické znaky	– Předjímký do 15 m ³
Vhodnost, určení	– Všechny druhy materiálů jako u šnekových dopravníků, i kameny
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Naprosto bez zápachu – Vyhovující, velmi dobré dávkování – Možnost automatizace
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Nebezpečí vzniku spodních usazenin – Nebezpečí značného stlačení určitého dopravovaného substrátu tak, že mikroorganismy při fermentaci do něho neproniknou
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Přívody musí být vodotěsného provedení – Plnicí výška a velikost jsou v soulase s použitou plnicí technikou – Tlakový válec musí být od fermentoru oddělen hradítkem – Vytlačovaný substrát prochází nožovým děličem, aby nedocházelo k nežádoucímu, trvalému zhutňování – Umístění bezprostředně u fermentoru – Možnost vážení vkládaného substrátu přidávnou váhou
Konstrukční formy	– Hydraulicky poháněný pracovní válec, hydraulicky nebo elektricky hnané plnicí šnekové dopravníky
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – Vyžaduje pravidelnou údržbu jako ostatní pohyblivé stroje – Předjímký musí být v případě poruchy (havárie) ručně vyprázdněny, proto velké předjímký nepředstavují velkou výhodu – Údržba pracovního válce výtlačného lisu je (podle techn. provedení) někdy spojena s přerušením činnosti fermentoru, dokonce někdy i s nezbytným vyprázdněním fermentoru



Obrázek 3–25: Pracovní lávka mezi dvěma nádržemi s potrubím a pojistkami tlaku, foto: MT-Energie GmbH

Tabulka 3–20: Charakteristické znaky armatur a potrubí

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none">– Materiál pro potrubí: PVC, HDFE, konstrukční nebo nerezová ocel, podle provozního zatížení a pracovního tlaku– Nepoužívají se litinová potrubí s ohledem na možnost usazenin– Dopravní potrubí mají mít průměr 300 mm
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none">– Klínové uzávěry potrubí těsní velmi dobře, ale jsou citlivé na předměty v substrátu, které zabraňují jejich správné funkci– Uzávěry vybavené nožovým ostřím oddělují i stébelnaté materiály– Pro rychle rozpojitelná potrubí jsou výhodně kulové rychlouzávěry– U všech typů potrubí je nutno myslet na nebezpečí zamrznání, u teplých substrátů se používá tepelná izolace– U potrubí je výhodné udržovat nejméně 1–2 % sklony k zajištění případného vypuštění a vyčistění– Vždy je nutno zamezit zpětnému pronikání substrátu z fermentoru– U potrubí dbát vždy na dokonalou těsnost, zejména při uložení do země– Uzávěry používat ve formě šoupat (s ostřím na čele), neboť „křídlové“ uzávěry nezaručují těsnost– Kondenzát z potrubí musí být stále odstraňován– U dlouhých a zakřivených potrubí je třeba počítat s tlakovými ztrátami



Obrázek 3–26: Odlučovač těžkých látek v jednom potrubí,
foto: Institut pro energetiku a životní prostředí GmbH



Obrázek 3–27: Pohled do fermentoru, foto: Biogas Nord GmbH

3.2.2. Získávání bioplynu

Bioplyn je získáván fermentací substrátu ve fermentorech. Jádrem bioplynové stanice je fermentor. Různá provedení fermentorů jsou, co se týká materiálů a způsobů stavby, často odvozována od zemědělských skladů kejdy a jsou přispůsobena specifickým požadavkům bioplynové techniky. Množství substrátu a požadovaná doba zdržení určují objem fermentorů. V závislosti na substrátech, které jsou k dispozici, na zvoleném fermentačním postupu a na místních podmínkách mohou být fermentory různě provedeny. V každém případě musí splňovat některé základní předpoklady, musí:

- být plynotěsné a vodotěsné
- mít možnost účinného a regulovatelného vytápění
- být vybaveny tepelnou izolací
- disponovat možností promíchávání substrátu, aby se předešlo tepelnému spádu, tvorbě plovoucích vrstev, spádu koncentrace živin v substrátech a špatnému odplynování substrátu, a také aby se zajistila homogenizace substrátu,
- vlastnit zařízení nebo mít možnosti k vynášení sedimentů
- vlastnit zařízení k odvádění získaného bioplynu a
- mít možnosti ke zkušebnímu odběru vzorku z fermentoru.

Vedle toho patří k vybavení fermentoru průzorová skla s čisticími zařízeními k vizuální zkoušce fermentačního procesu (jeden příklad uka-

zuje obrázek 3–30) a revizní šachty pro možné případné údržbářské i opravářské práce. Dále je třeba předem stanovit bezpečnostní armatury a pojistky přetlaku a podtlaku, aby byla dodržena bezpečnostní pravidla.

Vedle technických a stavebních požadavků jsou stanoveny dodatečně nároky i na používané stavební materiály. Mělo by být dbáno na to, aby použité materiály byly vhodné pro prostředí panující ve fermentoru. Jako obzvláště problematická se ukázala přechodná zóna od hladiny tekutiny k plynojem a plynojem sám. Zde je třeba používat jen materiály, které jsou rezistentní vůči kyselinám a korozi.

Abychom se vyhnuli chybám při stavbě a s tím spojeným poškozením, musí být plánování a zhotovení provedeno kvalifikovanými odbornými firmami. Vedle statiky nádrží musí být spolu s tím zohledněna také ochranná opatření pro stavební materiály (proti korozi atd.). V případě zanedbání základních stanovených pravidel a minimálních požadavků hrozí závažné a především intenzivně nákladné škody na fermentoru, případně poškození celé bioplynové stanice.

Technické provedení fermentorů

Na základě způsobů postupu vykazují fermentory pro mokrou a suchou fermentaci zásadní rozdíly.

Mokrá fermentace

Je prováděna v nádržích srovnatelných s jímkami na kejdu. Principiálně je rozlišujeme na ležící a stojící fermentory.

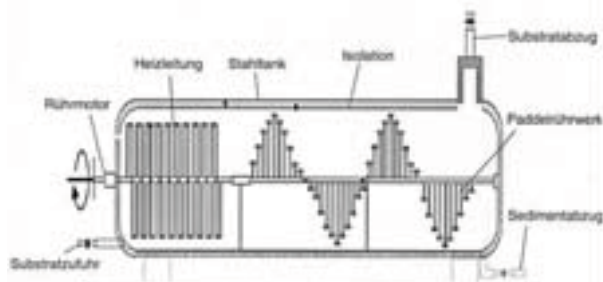
Horizontální (ležící) fermentory

Ležící fermentory mají cylindrický tvar a jsou omezeny s ohledem na svůj objem, neboť jsou často vyráběny předem před místem umístění.

Nutný transport fermentorů k místu jejich použití je možný ovšem jen do jisté velikosti nádrže nebo jako předfermentory pro větší zařízení se stojícími hlavními fermentory. Horizontální fermentory jsou provozovány paralelně, aby bylo možno zpracovat větší množství substrátu.

Tabulka 3–21: Údaje a provozní parametry horizontálních (ležících) fermentorů pro BPS

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Materiál: Výhradně konstrukční nebo nerezová ocel, možný i železo-beton – Objem: možnost až do 800 m³
Vhodnost, určení	– Všechny druhy substrátů podle přizpůsobení technickým agregátům (lopatkových, posunovacích míchadel)
Přednosti	– Umožňují použití výkonných „pádlových“ míchacích zařízení
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Náročnost na stavební místo pro „ležatý“ fermentor – Velké ztráty tepla v důsledku relat. velkého povrchu fermentoru – Chybí spontánní očkování čerstvého (zeleného) substrátu. – Ten je nezbytné očkovat fugátem mimo fermentor
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Otvory pro připojení agregátů a potrubí jsou samozřejmým předpokladem – Pro bezpečnost Musí být nainstalován přetlakový plynový ventil
Konstrukční formy	– Fermentory s nuceným posunem substrátu mají válcový nebo hranolový tvar
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – Fermentor musí být opatřen nejméně jedním „průřezovým“ otvorem pro přístup v případě havárie – Bezpečnostní předpisy je nutno při práci ve fermentoru dodržovat



Obrázek 3–28: Ležící tankový fermentor s pádlovým míchadlem (3–4)

Protože ležící nádrže jsou zpravidla mnohonásobně delší, než je jejich výška, tak se automaticky nastavuje tzv. pístový tok. Substrát přitom po-

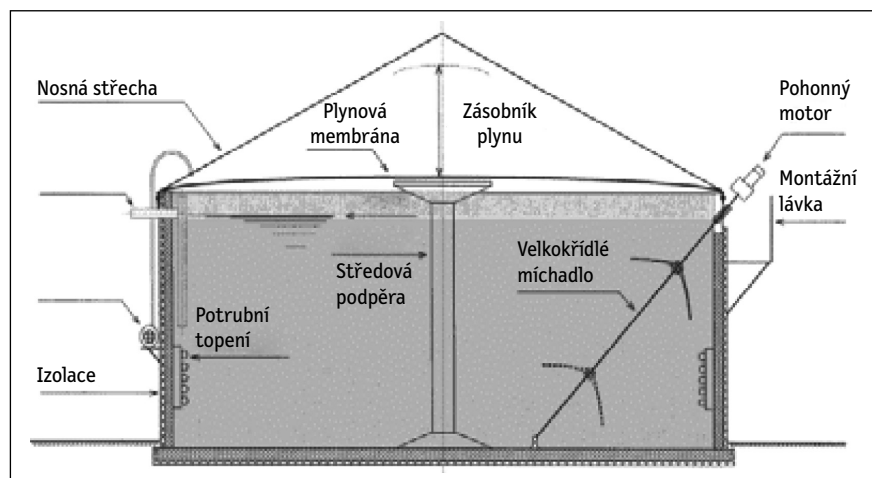
Tabulka 3–22: Údaje a provozní parametry vertikálních (stojících) fermentorů

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Materiál: železobeton, konstrukční nebo nerezová ocel – Objem: Teoreticky neomezený, možný až do 30 000m³, ale většinou jen do 6 000m³, protože větší fermentory se nedají dobře promíchávat
Vhodnost, určení	– Všechny druhy substrátů; přizpůsobení podle druhu použitých pomocných agregátů
Přednosti	– Výhodný poměr povrchu k objemu a v důsledku toho malé= tepelné ztráty
Nedostatky	– U fermentorů s celoprostorovým systémem promíchávání (jedním míchadlem) hrozí nebezpečí vzniku nepromíchaných míst
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Fermentor musí být bezpodmínečně plynotěsný (míchání „na krátko“ – Střecha by měla mít sklon vzhledem k zatížení sněhem – Stavba musí mít velmi pevné základy, aby nedocházelo k sesedání – Fermentor musí být předem vybaven potřebnými otvory pro napojení použitých agregátů a kontrolu – Dno fermentoru má mít sklon buď ke středu, nebo k okrajům, za účelem snadného vyklizení sedimentů – Pro bezpečnost musí být fermentor nebo integrovaný plynojem opatřen přetlakovým ventilem
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none"> – Stavba je zcela zapuštěna pod povrch terénu a opatřena přejezdným příkrovem, nebo je polozapuštěna z části pod úroveň terénu, nebo je postavena výhradně nad povrchem země – S pevným, betonovým stropem, nebo zakrytím plastickou membránou s krytem nebo bez krytu proti povětrnostním vlivům – S celoobjemovým promícháváním nebo se zařízením k postupnému posunu substrátu
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – Fermentor musí být opatřen nejméně jedním průlezovým otvorem pro přístup v případě potřeby (havárie), čištění atd – Při práci ve fermentoru je nezbytné dodržovat bezpečnostní předpisy

malu putuje od vnášecí strany ke straně výnosu. Možnost nechtěně z fermentoru vynášet nevykvašený materiál je tímto zmenšena a může tím být zaručena doba pobytu pro veškerý materiál s větší jistotou. Charakteristické znaky a zvláštnosti ležících fermentorů jsou shrnuty v tabulce 3–21, obrázek 3–31 ukazuje jeden příklad ležícího fermentoru.

Vertikální (stojící) fermentory

Stojící fermentory jsou převážně kulaté nádrže a jsou zhotoveny v místě realizace BPS.



Obrázek 3–29: Stojící fermentor s vestavbami, obraz: stavby zařízení a stavby přístrojů Lütke GmbH

Suchá fermentace

Postupů suché fermentace je velké množství. Z toho důvodu jsou v tabulce 3–23 zmíněny všeobecně potřebné základní podmínky a charakteristické znaky pro fermentory k suché fermentaci, na které je třeba dávat pozor.

Tabulka 3–23: Údaje a provozní parametry fermentorů pro „suchou“ fermentaci

Charakteristické znaky	– Fermentor „garážového“ typu“ pro suchou (polosuchou) fermentaci
Vhodnost, určení	– Pro stébelnaté, „stohovatelné“ (netekuté) substráty
Přednosti	– Efektivní využití prostoru s ohledem na vysoký obsah sušiny – Nízké investiční náklady a nízký požadavek na plochu
Nedostatky	– Nemožnost promíchávání během fermentace, nižší výtěžnost bioplynu v důsledku neprostupnosti některých partií – Nebezpečí vzniku rozdílně vlhkých partií – Nebezpečí vzniku silážního (senážního) procesu místo tvorby bioplynu – Nepravidelná tvorba bioplynu
Zvláštnosti	– Reaktor musí být pečlivě plynotěsně utěsněn (velká vjezdová vrata pro plnění a vyprazdňování) – Naskladňování a vyskladňování substrátu čelním nakladačem vyžaduje velkou opatrnost, aby se nepoškodilo „těsnění“ a samotná stavba – Pro zajištění bezpečnosti musí být stavba nebo plynem vybaveny přetlakovým plynovým ventilem
Údržba	– Běžná údržba plynotěsné, vytápěné stavby; při práci ve fermentoru dodržovat bezpečnostní předpisy (plyny, kluzko)

Konstrukce fermentorů

Konstrukce nádrží

Fermentory jsou konstruovány z oceli nebo železobetonu nebo nerezceli.

Železobeton je díky nasycení vodou dostatečně plynotěsný. Fermentory jsou ulity z betonu na místě, kde budou stát nebo jsou sestaveny z hotových částí – což není praktikováno tak často. U betonových nádrží je možnost zapustit je zcela nebo částečně do země. Strop nádrží může být z betonu, u zapuštěných nádrží může být pojízdný, přičemž je bioplyn hromaděn ve vnějším plynovém zásobníku. Má-li fermentor sloužit současně jako zásobník plynu, pak se používají fóliové střechy. Od určité velikosti nádrže je potřebné používat u betonových stropů středovou podpěru. Zde existuje při

nesprávném provedení nebezpečí tvorby trhlin ve stropu. V minulosti ne-
zřídka docházelo ke tvoření trhlin, netěsností a korozi betonu, což v extrém-
ním případě vedlo k demolici fermentoru. Těmto problémům se musí zabrá-
nit dostačující kvalitou betonu a profesionálním plánováním fermentorů.



Obrázek 3–30: Stavba železobetonového fermentoru, foto: Johann Wolf GmbH & Co Systembau KG

Nádrže z **oceli a nerezoceli** jsou posazeny na betonový základ, s nímž jsou spojeny. K použití přicházejí v úvahu vyvinuté plechové pásy a svařované nebo sešroubované ocelové desky. Ocelové biofermentory jsou vyráběny vždy nad zemí. Zpravidla je střešní konstrukce používána jakožto plynový zásobník a je zakryta plynotěsnou fólií.



Obrázek 3–31: Nerezocelový fermentor, nacházející se ve výstavbě, foto: Stavitelství bioplynových stanic a přístrojů Lüthe GmbH

Tepelná izolace fermentoru

Abychom zminimalizovali tepelné ztráty, musí být biofermentory opatřeny materiálem, který izoluje teplo, mohou to být obvyklé materiály, které by měly mít- vždy podle místa použití (poblíž dna atd.) rozdílné vlastnosti. Přehled parametrů může být převzat podle tabulky 3–24, která obsahuje příklady izolačních látek. Pro ochranu před povětrnostními vlivy je izolační materiál obložen trapézovými plechy nebo dřevem.

Tabulka 3–24: Charakteristické znaky izolačních látek

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none">– materiál ve fermentoru nebo pod povrchem země: látky s uzavřenými póry jako PU (polyuretanová) tvrzená pěna a pěnové sklo, které zabraňují pronikání tekutin– materiál nad zemským povrchem: minerální vlna, rohože z minerálních vláken, rohože z tvrzené pěny, extrudovaná pěna, polystyrén atd.– síla materiálu: používá se 5–10 cm, pod 6 cm je ale izolace nedostatečná, doporučujeme ovšem izolaci spíše do 20 cm– k-hodnoty jsou v rozmezí od 0,03 – 0,05 W/mK– izolační materiál na dně musí unést tlak kapaliny naplněného fermentoru
Technické provedení	<ul style="list-style-type: none">– izolaci může být vestavěna uvnitř nebo vně, přičemž žádné z těch variant nemůže být dávana přednost.
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none">– všechny izolační materiály musejí být pevné vůči ohlodání

Topení v biofermentoru

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

- dávkování příliš studeného čerstvého substrátu
- tvoření teplotních vrstev nebo tvoření teplotních zón na základě izolace, neefektivní nebo chybně dimenzované topení, nedostatečné promísení

Tabulka 3–25: Charakteristické znaky a parametry použití integrovaných topení

Vhodnost	<ul style="list-style-type: none"> – topení ve stěně: všechny typy betonových fermentorů – topení v podlaze: všechny stojící fermentory – uvnitř ležících topení: všechny typy fermentorů, ale častěji jsou k nalezení u stojících – topení spojená s míchacími agregáty: všechny typy fermentorů, ale častěji se nacházejí u ležících
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – ve fermentoru ležící a s míchadly spojená topení mají dobrý přenos tepla – podlažní a stěnová topení nevedou k usazování – topení integrovaná v míchacích agregátech dosahují ohřátí velkého množství materiálu
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – působení podlažních topení může být silně snižováno kleslými vrstvami – topení v prostoru fermentoru může vést k usazování, z toho důvodu by měla být rozkládána s jistým odstupem od stěny – podlažní a stěnová topení mají malý přenos tepla
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – topné roury musí být možno odvodušňovat, k tomu jsou protékány odspoda nahoru – v betonu rozložené teplovody zapříčiňují tepelná napětí – vždy podle velikosti fermentoru jsou rozloženy do dvou nebo více topných okruhů – topná zařízení nesmějí postihovat ostatní agregáty (např. prostorově) – pro termofilní provoz jsou topení ležící ve stěně nebo v podlaze nevhodná
Technické provedení	<ul style="list-style-type: none"> – podlažní topení – ve stěně ležící topení (u ocelových fermentorů jsou možná také topení ležící na vnější stěně) – před stěnou umístěná topení – topení integrovaná do míchacích agregátů nebo jsou s nimi kombinována
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – topení by měla být pravidelně čistěna, aby bylo zajištěno přenášení tepla – ve fermentoru nebo ve stavbě integrovaná topení jsou velmi špatně přístupná nebo vůbec nepřístupná – při práci ve fermentoru musí být dbáno bezpečnostních předpisů

- poloha topení
- extrémní vnější teploty v létě a v zimě
- výpadek agregátu (topení)



Obrázek 3–32: Rozložení nerezocelových rour topení ve fermentoru (vlevo); vestavba topných hadic do stěny fermentoru (uprostřed a vpravo), foto vlevo a uprostřed: Biogas Nord GmbH, foto vpravo: PlanET Energietechnik

K přípravě potřebných procesních teplot a k vyrovnávání tepelných ztrát musí být materiál ohříván, což se může dít externě do fermentoru integrovaným výměníkem tepla, popříp. topením.

Externí výměníky tepla ohřívají fermentační substrát před vnesením do fermentoru, čímž do fermentoru dojde již předeřhřátý. Tak je možno předejít tepelným výkyvům při vnášení substrátu.

Mísící agregáty

Z více důvodů musí být zaručeno dobré promísení obsahu biofermentoru:

- promísením čerstvého a rozloženého substrátu je naočkován čerstvý substrát
- rovnoměrné se rozdělí teplo a živiny uvnitř fermentoru
- vyvarování se tím zničení sedimentů a plovoucích vrstev,
- odplynuje se bioplyn z fermentačního substrátu.

Minimální promísení kvasičího substrátu se koná vnášením čerstvého substrátu, tepelným konvekčním prouděním a vystupováním plynových

Tabulka 3–26: Charakteristické znaky a parametry použití externích výměníků tepla

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – materiál: zpravidla ušlechtilá ocel – výkony průsady se orientují podle kapacity těch zařízení a procesní teploty – průměry potrubí odpovídají obvyklým vedením substrátu v bioplynových stanicích
Vhodnost	– všechny typy fermentorů, častější nasazení v pístových fermentorech
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – může být zaručen velmi dobrý přenos tepla – čerstvý materiál ve fermentoru nevede k teplotnímu šoku – topením je dosahováno celkového materiálního objemu – externí výměníky tepla mohou být snadno čistěny a udržovány – dobrá regulovatelnost teploty
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – podle okolností je třeba pamatovat na přídavné topení fermentoru – externí výměník tepla představuje přídavný agregát, jenž je spojen s přídavnými náklady
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – výměníky tepla musí být možno odvodušnit, proto jsou protékány zespoda nahoru – jsou vhodné pro termofilní procesní provoz
Technické provedení	– spirálové tepelné výměníky z dvojitých trubek
Údržba	– velmi dobrá přístupnost pro údržbu a čištění

bublin. Toto pasivní promísení každopádně není dostačující, kvůli čemuž musí být proměšovací proces aktivně podpořen.

Proměšování může být prováděno mechanickými zařízeními v septikové nádrži, jako např. míchadly, hydraulicky – vně fermentoru uspořádanými čerpadly nebo pneumaticky – foukáním bioplynu do fermentoru.

Dvě naposledy jmenované možnosti hrají spíše podřadnou roli. V Německu je asi v 85–90 % bioplynových stanic používáno mechanické míchání.

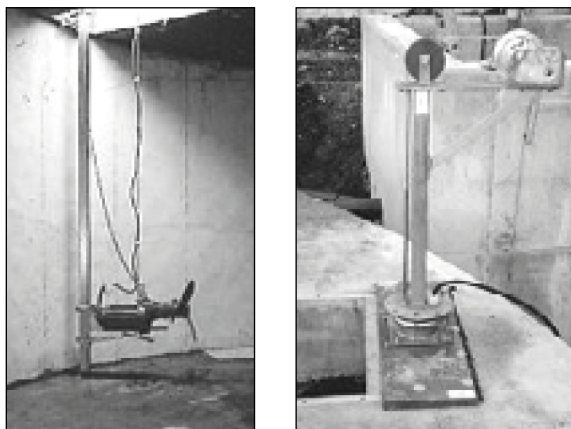
Mechanické promísení

Mechanické promísení fermentačního substrátu je realizováno použitím míchadel. Můžeme rozlišovat mezi:

- rychle běžícími a intenzivně působícími míchadly,
- středně-rychle běžícími míchadly,
- pomalu běžícími míchadly.

Míchadla jsou poháněná kontinuálně nebo intervalovým provozem. V praxi se ukázalo, že míchací intervaly musejí být empiricky optimalizovány podle specifických vlastností každé bioplynové stanice, jako jsou vlastnosti substrátu, velikosti nádrží, sklon ke tvoření plovoucích vrstev atd. Poté, co byla bioplynová stanice uvedena do provozu, je promíchávání z důvodů bezpečnosti delší a častější. Získané zkušenosti jsou pak použity k optimalizování trvání a četnosti intervalů, tak jakož i k nastavení míchadel. Používány mohou být různé typy míchacích systémů.

Ve stojacích, podle principu míchacího kotle, pracujících fermentorech, se častěji používají vrtulová míchadla s ponorným motorem (TMR). TMR jsou poháněna elektromotory, jejichž pouzdra jsou opouzdřena vodotěsně a antikorozně a jsou chlazeny okolním médiem. Jsou většinou vnořeny do substrátu a vlastní většinou geometricky optimalizované dvou- nebo trojkřídlé vrtule. Systémem vedení potrubí, sestávajícím z plynových komor, lanových zvedáků a svodných profilů, se míchadla dají přestavět většinou zvenku do různé výše, bočně k jejich sklonu.



Obrázek 3–33: Ponorný motor, vrtulové míchadlo (vlevo) a systém vedení potrubí (vpravo), foto: Zemědělská technika Lothar Becker

Tabulka 3–27: Charakteristické znaky a parametry použití ponorných motorů – vrtulových míchadel.

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – rychloběžná míchadla v intervalovém provozu (300–1500 otáček/min) – potřebný výkon: kolem 10 kW pro 1000 m³ obsahu fermentoru u opravdu tekutých substrátů; je závislý na tuhosti substrátu a geometrii fermentoru – poskytovatelné rozsahy výkonu: 0,25–35 kW – intervaly míchání jsou závislé na substrátu, musí být vyšetřeno v zajižďecí fázi – ve velkých fermentorech ječasto instalována míchadel – materiál: korozi odolný, většinou nerezocel
Vhodnost	<ul style="list-style-type: none"> – všechny substráty v mokré fermentaci, většinou ve stojících fermentorech – mezofilní fermentace
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – při každém spuštění je potřeba velkého množství energie k uvedení fermentoru do pohybu – je také požadován vysoký výkon agregátu – mnoho pohyblivých dílů ve fermentorech skrze naváděcí lišty – na základě intervalového promíchávání je možné usazování a naplavování – údržba vyžaduje otevření fermentoru
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – vedení potrubí stropem fermentoru musí být provedeno plynotěsně – řízení intervalů např pomocí spínacích hodin – pouzdra motorů musejí být naprosto odolná vůči tekutinám
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – obtížná, neboť motor musí být vyňat s fermentoru – ve fermentoru musí být integrovány otvory pro údržbu a vyjmutí motorů – při práci ve fermentoru musí být dodržovány bezpečnostní předpisy

Alternativně sedí motor na konci míchacího hřídele, který je do fermentoru vestavěn šikmo. Motor je uspořádán vně, přičemž provedení hřídele je vedeno skrze strop fermentoru nebo u fóliových střech je provedeno v horní části stěny a to plynotěsně. Hřídele mohou být uloženy u dna fermentoru a jsou vybaveny jedním nebo více velkoplošnými lopatkovými a míchacími náradími. Tabulka 3–28 uvádí charakteristické znaky dlouhoosých míšidel, obrázek 3–37 ukazuje příklady.

Tabulka 3–28: Charakteristické znaky a parametry použití dlouhoosých mísel

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – středně rychle (100–300 otáček/min) nebo pomalu (10–50 otáček/min) běžící míchadla v intervalovém provozu nebo plynule běžící – potřebný výkon: kolem 10 kW na 1000 m³ objemu fermentoru u velmi tekutých substrátů a při intervalovém pohonu; je závislý na tuhosti substrátu a geometrii fermentoru; v plynulém provozu je nepatrná spotřeba energie – poskytovatelné rozsahy výkonu: 2–30 kW – trvání použití a počet otáček jsou závislé na substrátu, musí být zjištěny v zajišťovací fázi – materiál: odolný proti korozi, ušlechtilá ocel
Vhodnost	– všechny substráty v mokré fermentaci
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – je dosažitelné velmi dobré promísění ve fermentoru – málo pohyblivých dílů ve fermentoru – lehce udržovatelný náhon mimo fermentor – při plynulém provozu se můžeme vyhnout usazovacím a naplavovacím procesům
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – na základě pevné instalace může dojít k neúplnému promísění – možná tvorba sedimentu nebo plovoucích vrstev – při každém náběhu v intervalovém provozu je vysoká spotřeba energie na to, aby se obsah fermentoru uvedl do pohybu; proto jsou také požadovány vysoké výkony agregátů
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – provedení osy míchadla musí být plynotěsné – regulace počtu otáček: je možná měničem kmitočtu
Technické provedení	<ul style="list-style-type: none"> – vně ležící elektromotory s pohonem, uvnitř ležící osa míchadla s jednou nebo dvěma vrtulemi a v daném případě s drticími nářadími – zčásti ve dně fixovaný konec osy, provedeno plavebně nebo otočně (sklopitelně) – je možná přípojka vývodového hřídele

Další možnost mechanického promísění fermentoru skýtají **axiální míchadla**. Jsou často plynule poháněna a umístěna na stropě centricky namontovaném hřídeli. Rychlost pohonného motoru, který se nachází vně biofermentoru, je převody snížena. Ty mají uvnitř biofermentoru vyrábět stálé proudění, které je směřováno uvnitř dolů a u stěn nahoru. Charakteristické znaky axiálních míchadel jsou shrnuty v tabulce 3–29.

Tabulka 3–29: Charakteristické znaky a parametry použití axiálních míchadel pro bioplynové stanice

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – pomalu běžící míchadla v plynulém provozu – poskytovatelné rozsahy výkonu: až do 25 kW a 22 m průměru v nabídce – počet otáček je závislý na substrátu, musí být zjištěn v zajížděcí fázi – materiál: odolný proti korozi, většinou ušlechtilá ocel – potřebný výkon: např. 5,5 kW při 3000 m³; většinou nad to
Vhodnost	– všechny substráty v mokřém zkvašení, jen ve stojících větších biofermentorech
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – je dosažitelné dobré promíšení v biofermentoru – ve fermentoru sotva pohyblivé díly – mimo fermentoru lze náhon dobře udržovat – nepartné plovoucí pokrývky mohou být odsáty dolů – je dalekosáhle zamezováno dějům plynulého usazování a naplavování sedimentů
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – je možné neúplné promíšení na základě stálé (pevné) instalace – tímto je možné tvoření oblastí s kleslými a plovoucími vrstvami, obzvláště k tomu mají sklon oblasti u okraje biofermentoru
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – provedení osy míchadla musí být plynotěsné – regulace počtu otáček je možná měničem kmitočtu
Technické provedení	<ul style="list-style-type: none"> – vně ležící elektromotory s hnacím mechanismem, uvnitř ležící osa míchadla s jednou vrtulí nebo více vrtulemi, popříp. lopatkami, jakožto stojící nebo visící míchadla – montáž vrtulí může probíhat ve vodící trubce pro rozvoj proudění – je možné excentrické rozmístění
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – údržba je na základě montáže vně biofermentoru jednoduchá a je možná bez přerušení procesu – oprava lopatek (vrtule) a osy je obtížná, neboť ty musejí být vyjmuty z fermentoru nebo fermentor musí být vypuštěn – v biofermentoru musejí být integrovány ošetřovací otvory – při pracích ve fermentoru musí být dbáno bezpečnostních předpisů



Obrázek 3–34: Dlouhoosá mísidla se dvěma míchacími nářadími s uloženíím u dna fermentoru nebo bez, foto: WELtec BioPower GmbH

Lopatková míchadla nebo hřidelová míchadla s navijákem jsou pomalu běžící míchadla, která jsou podmíněna umístěním ve fermentorech, které pracují podle principu pístového toku. Na horizontální míchací ose jsou připevněny lopatky, které realizují promísení. V hřidelích a také v ramenech míchadel jsou často integrována topná zařízení, která ohřívají zkvašený substrát. Jsou uváděna do provozu vícekrát denně na krátký časový úsek s nízkým počtem otáček.

Lopatková (pádlová) míchadla mohou být instalována ve stojících biofermentorech.



Obrázek 3–35: Lopatkové míchadlo, foto: PlanET Energietechnik

Tabulka 3–30: Charakteristické znaky a parametry použití lopatkových míchadel

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – pomalu běžící míchadla v intervalovém provozu – potřebný výkon: je silně závislý na individuálním místě nasazení a na substrátu, v suché fermentaci je na základě substrátového odporu vyžadován násobně vyšší výkon – počet otoček je závislý na substrátu, musí být zjištěn v zajížděcí fázi – materiál: odolný proti korozi, většinou ušlechtilá ocel
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – je dosažitelné dobré promísení – náhon je vně biofermentoru lehce udržovatelný, je možné také napojení zátkového hřídele – je zamezeno dějům plynulého usazování a naplavování
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – pro údržbu lopatek musí být biofermentor vyprázdněn, při haváriích v suché fermentaci je potřebné ruční vyprázdnění celého biofermentoru
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – provedení osy míchadla musí být plynotěsné – je možné regulování počtu otáček frekvenčním měničem
Technické provedení	<ul style="list-style-type: none"> – vně ležící elektromotory s hnacím mechanismem, uvnitř ležící osa míchadla s více lopatkami
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – údržba motoru je snadná na základě montáže vně biofermentoru a je možná bez přerušení procesu – oprava lopatek a osy je obtížná, neboť biofermentro musí být vypuštěn – ve fermentoru musí být integrovány ošetřovací otvory – při pracích ve fermentoru musí být dodržovány bezpečnostní předpisy

Pneumatické promísení

Pneumatické promísení fermentačního substrátu je sice nabízeno jen od několika výrobců, každopádně však hraje u zemědělských bioplynových stanic podřadnou roli.

Při pneumatickém promísení je bioplyn foukán ke dnu fermentoru. Tímto dochází pomocí vzhůru stoupajících plynových bublin k vertikálnímu pohybu a promísení substrátu.

Systémy mají tu přednost, že mechanické díly, potřebné pro promísení (pumpy a kompresory), jsou umístěny vně biofermentoru a tak podléha-

Tabulka 3–31: Charakteristické znaky a parametry použití lopatkových (pádlových míchadel)

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – pomalu běžící míchadla v intervalovém provozu – potřebný výkon: je silně závislý na individuálním místě použití a na substrátu – počet otáček je závislý na substrátu, musí být zjištěn v zajižďecí fázi – materiál: odolný proti korozi, většinou ušlechtilá ocel
Vhodnost	– pro substráty na bázi travní senáže
Přednosti	– náhon vně biofermentoru je možno dobře udržovat
Nevýhody	– pro údržby lopatek musí být biofermentor vyprázdněn
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – provedení osy míchadla musí být plynotěsné – regulování počtu otáček je možné pomocí frekvenčního měniče
Technické provedení	– vně ležící elektromotory s hnacím mechanismem, uvnitř ležící osa míchadla s vícero lopatkami (pádly)
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – údržba motoru je ná základě montáže vně fermentoru snadná a je možná bez přerušení procesu – oprava lopatek (pádel) a osy je obtížná, neboť biofermentor musí být vyprázdněn – v biofermentoru musejí být integrovány montážní otvory – při pracích ve fermentoru je třeba dodržovat bezpečnostní předpisy

jí jen nepartnému opotřebení. K rozmíchávání plovoucích vrstev se tyto techniky nehodí, kvůli čemuž mohou být používány jen pro řídké tekuté (nizkovizkozni) substráty s malým sklonem ke tvoření plovoucích vrstev. Charakteristické znaky systémů k pneumatickému promísení obsahuje tabulka 3–32.

Hydraulické míchání

Při hydraulickém míchání je proud substrátu „stříkán“ dovnitř fermentoru vodorovně nebo svisle. Obvykle jsou ke zvýšení účinku využity otočné (výkyvné) trysky.

Hydraulické míchání má tu přednost, že jsou mechanické části umístěny mimo biofermentor a mohou být snadno udržovány

Tabulka 3–32: Charakteristické znaky a parametry použití pneumatického promísání biofermentorů

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – potřebný výkon: např. 15 kW kompresor pro biofermentor objemu 1400 m³, zdánlivě plynulý provoz – od 0,5 kW
Vhodnost	– pro velmi řídké substráty s nepatrnou tvorbou plovoucích vrstev
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – je dosažitelné dobré promísání v biofermentorů – stanoviště plynových kompresorů mimo biofermentor se dá dobře udržovat
Nevýhody	– - pro údržbu zařízení bioplynové stanice musí být biofermentor vyprázdňen
Zvláštnosti	– kompresor musí být vhodný pro bioplyn

Tento způsob míchání může být používán jen pro řídké substráty, které nemají sklon vytvářet plovoucí vrstvy.

Odstraňování sedimentu z fermentorů

Sedimenty se tvoří usazováním těžkých látek, jako např. písku, při mokré fermentaci. K odlučování těžkých materiálů by mělo docházet především v předjímkách zaopatřených odlučovací těžkých látek, ovšem písek může (např. u drůbežích výkalů) být velmi silně spojen s organickou substancí, takže v předjímkách mohou být většinou odloučeny jen kameny a ostatní hrubé, těžké materiály. Velká část písku je uvolněna teprve během biologického rozkladného procesu ve fermentorů.

Tabulka 3–33: Technika systémů odstraňování sedimentů

Provedení	<ul style="list-style-type: none"> – shrnovače (škrabáky) dna (jen ve stojících biofermentorech s kulatou nebo rovnou plochou dna) – vynášecí šneky stojících horizontálních i vertikálních biofermentorech – kónická dna fermentorů u vertikálních fermentorů biofermentorech
-----------	---

Některé substráty, jako např. prasečí kejda nebo drůbeží výkaly, mohou tvoření takových vrstev podporovat. Sedimenty mohou během času velmi zmožutnět, čímž je potřebný objem biofermentoru zmenšován. V praxi se vyskytly fermentory až do půlky naplněné pískem. Kromě toho mohou sedimenty velmi silně ztvrdnout, takže jsou odstranitelné jen rýčem nebo bagry. Vyvážka sedimentů z fermentoru je možná přes dnový (podlažní) shrnovač nebo jiné zařízením k vyklizení dna. Příklady techniky odstraňování sedimentů jsou uvedeny v tabulce 3–33. U velmi vysokých fermentorů nad 10 m výšky – může statický tlak kapaliny vystačit k tomu, aby vytlačil písek a bahno ven z fermentoru.

Pěna ve fermentoru

V řadě případů se můžeme setkat se vznikem pěny ve fermentoru. Pěna může v nejhorším případě zacpat plynovod, a proto by měl být odvod plynu uložen pokud možno co nejvýš nad hladinou fermentoru. V plynovém fermentoru může být umístěn plynový senzor, který spustí poplach při přílišném vzniku pěny. Při déletrvajících obtížích je možné do fermentoru stříkat látky brzdící tvorbu pěny. Tyto látky jsou však často na bázi křemičitých sloučenin, a do bioplynu se pak mohou dostávat látky, které poškozují kogenerační jednotku (siloxany).

Odvádění zfermentovaného substrátu

U ležících biofermentorů je zfermentovaný materiál přes přepad (přeliv) nebo pod hladinou substrátu položenou vyvážkovou trubku. Stojící biofermentory mají normálně přepad (přeliv), který pracuje podle principu sífónu, aby zabránil vývěru plynu. Zkvašený substrát může být abdukován také prostřednictvím čerpadel.

Zfermentovaný substrát je z fermentoru v nejjednodušších případech odváděn pomocí přepadu na hladině nebo pod hladinou substrátu zabezpečenou sifonem proti úniku plynu. Nebo může být substrát odčerpáván čerpadly či samospádem do níže položených skladovacích nádrží.

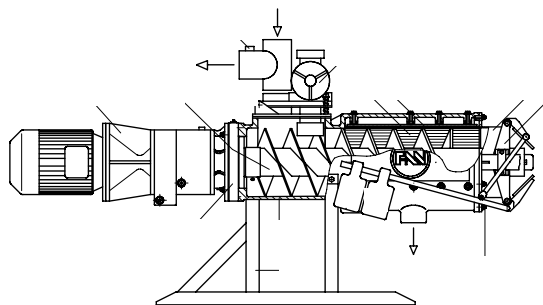
Separace pevné a tekuté složky

Se zvyšováním podílu hromadivých substrátů v získávání bioplynumu si být více pozornosti věnováno původu nakarbované kapaliny a kapacitě skladu fermentačního zbytku. Sklad je plánován často pro plísní napadenou kejdou, ale nemůže už pojmout dodatečné substráty po zfermentování. Pro tento příklad může být technologicky a ekonomicky smysluplné použití oddělování pevného a tekutého. Vylisovaná voda může být znovu použita jakožto karbovací voda nebo také jako tekuté hnojivo a tu pevnou frakci lze skladovat v menším objemu nebo může být kompostována.

Zejména v případě využívání tuhých substrátů k fermentaci je možné fermentační zbytek pomocí různých kalosisů či odstředivek rozdělit na tuhou a kapalnou fázi. Tímto postupem může být zabráněno tvorbě sedimentů ve skladovacích jímkách. Tekutá část může být použita znovu v procesu bioplynové stanice např. k ředění popř. očkování čerstvých surovin. Pevnou frakci (odvodněný digestát) můžeme skladovat např. na zabezpečených hnojištích popř. použít např. na výrobu kompostů.

K oddělení pevného a tekuté části mohou být používány sítopásové lisy, centrifugy nebo šnekové separátory.

Při opakovaném využívání procesní vody je nutné dávat pozor, aby se v procesu nezkoncentrovaly soli nebo např. anomiak, což by mohlo ohrozit fermentační proces.



Obrázek 3–36: Šnekový separátor; kresba: FAN Separator GmbH,
foto: PlanET Energietechnik

Tabulka 3–38: Technika šnekových separátorů

Technické výkony	<ul style="list-style-type: none">– substráty od 1 % sušiny až do 20 % sušiny– výstup může dosahovat až 40 % sušiny– výkon: např. 5,5kW na cca 35 m³/h vstupního materiálu separované z 5 na 25 % sušiny
Vhodnost	– pro takuté substráty, s vyšším obsahem vlákniny
Údržba	– dobře přístupný agregát, údržba je možná bez přerušení celkového procesu BPS

3.2.3. Skladování digestátu

Zkvašený substrát (fermentační zbytek, digestát) dospěje z fermentoru do skladu fermentačního zbytku. Zde je skladován až do uplatnění např. v zemědělství. Jako sklad fermentačního zbytku mohou být používány staré jímky na kejdu, popříp. nádrže nebo jsou častěji vystavěny nádrže nové. Skladovací kapacita by měla být dimenzována tak, aby periody, v nichž není možné vynášení fermentačních zbytků, byly dostatečně pokryty. Dimenzování je tedy závislé na používání fermentačního zbytku a při nejčastějším způsobu využití na orné půdě především agrotechnickými termíny.

Ke skladování digestátu jsou většinou používány stojící kulaté nádrže. Základní provedení je dost podobné fermentorům. Ovšem často jsou vnechány některé technické prvky jako míchadla, vyklízení písku, vyhřívání a tepelné izolace. Jímky jsou obvykle nezastřešené.

Organická hmota obsažená v substrátu není ve fermentoru rozložena na 100 %, fermentační procesy probíhají také při skladování fermentačních zbytků. Je-li sklad fermentačních zbytků plynotěsně zastřešen, může být vznikající bioplyn jímán.

3.2.4. Skladování a vyrovnávání produkce bioplynu

Bioplyn nevzniká úplně pravidelně, z tohoto důvodu jsou bioplynové stanice vybaveny plynojemy. Plynové zásobníky musejí být plynotěs-

né, odolné vůči tlaku, médiím, ultrafialovému záření, teplotám a povětrnostním změnám. Před uvedením do provozu je třeba provést zkoušku těsnosti. Z bezpečnostních důvodů musejí být vybaveny přetlakovými a podtlakovými pojistkami, aby se zabránilo nepřipustně vysoké změně vnitřního tlaku v zásobníku. Plynojemy by měly být projektovány tak, aby mohla být uložena do zásoby asi $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{8}$ denní produkce bioplynu. Můžeme rozlišovat mezi nízkotlakými, střednětlakými a vysokotlakými plynojemy.

Nízkotlaké zásobní nádrže

Nejpoužívanějšími jsou nízkotlaké zásobníky s přetlakovým rozsahem od 0,05 až do 0,5 milibarů. Nízkotlaké zásobníky se skládají z fólií, které musejí být přizpůsobené bezpečnostním požadavkům. Fóliové zásobníky jsou obvykle instalovány na fermentoru.

Vnější nízkotlaké zásobníky mohou být provedeny ve tvaru fóliových polštářků. Fóliové polštářky jsou umístěny pro ochranu před povětrnostními vlivy, ve vhodných budovách nebo jsou opatřeny druhou fólií. Specifikace externích plynových zásobníků jsou uvedeny v tabulce 3–39.

Pokud je používán sám fermentor, popříp. je-li používána dokvašovací nádrž, dochází k využití fólií. Fólie je plynotěsně umístěna na horní hraně nádrže, ve které je vestavěn nosný stojan, na němž se fólie, při prázdném plynovém zásobníku, může navěsit. Rozpíná se vždy podle stavu naplnění plynového zásobníku. Charakteristické znaky jsou uvedeny v tabulce 3–40.

Střednětlaké a vysokotlaké zásobníky

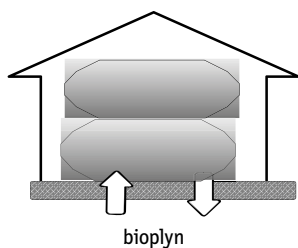
Střednětlaké a vysokotlaké zásobníky uskladňují do zásoby bioplyn při provozním tlaku mezi 5 a 250 barů v nádržích z odolné oceli. Ty jsou velmi provozně nákladné. U tlakových zásobníků provozovaných při tlaku 20 barů musí být počítáno se spotřebou energie $0,22 \text{ kWh/m}^3$ a u vysokotlakých zásobníků s 200–300 bary s cirkou $0,31 \text{ kWh/m}^3$. Proto k jejich používání u zemědělských bioplynových stanic prakticky nedochází.

Tabulka 3–40: Charakteristické znaky a parametry použití folií

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none">– vyráběný doo objemu 4000 m³– přetlak: 5–100 mbar
Vhodnost	<ul style="list-style-type: none">– pro všechny bioplynové stanice se stojícím biofermentorem a pro dohnivací nádrže s velkým průměrem
Přednosti	<ul style="list-style-type: none">– není potřebná žádná dodatečná budova– není potřeba žádného dodatečného místa
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none">– nízká tepelná izolace – bez dodatečné střechy je choulostivý na vítr a sníh
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none">– tepelná izolace je možná pomocí dvojité fólie s vefouknutím vzduchu (nosnou pneumatickou střechou)– míchadla nemohou být montována na stropu fermentoru
Údržba	<ul style="list-style-type: none">– bez údržby

Havarijní hořák

Pro případ, že plynojem už nemůže pojmout produkováný bioplyn nebo nemůže být využit např. kvůli údržbě na kogenerační jednotce nebo pro extrémně špatnou kvalitu, musí být část bioplynu neškodně spálena.



*Obrázek 3–37: Foliový zásobník;
kresba: B. Linke: Institutu pro agrární techniku Bornim*

Charakteristické znaky havarijních hořáků, které jsou používány v bioplynovém sektoru, ukazuje tabulka 3–41.

Tabulka 3–41: Charakteristické znaky použití havarijních hořáků

Charakteristické znaky	– jsou možné objemové proudy až do 1000m ³ – spalovací teplota 800–1000 °C – materiál: ocel nebo nerezocel
Vhodnost	– pro všechny bioplynové stanice
Zvláštnosti	– je možný s otevřeným nebo zakrytým spalováním – je °preveden s přirozeným tahem nebo s dmýchadlem – je třeba dbát bezpečnostních pokynů, zejména odstupových vzdáleností od další budovy
Technické provedení	– agregát na vlastním betonovém základu

3.2.5. Monitorování a řízení procesu

Vedle odborného plánování bioplynové stanice by měl být pravidlem servis a kontrola provozu od výrobce nebo specializované firmy. Sledováním analytických hodnot je možno optimalizovat fermentační proces. Tak může být zaručena optimální produkce bioplynu bez rizika poruch bioplynové stanice i zhroucení bioplynového procesu.

Abychom mohli provádět efektivní vedení a kontrolu procesu, je zapotřebí hlídat

určité parametry zfermentovávajícího procesu.

K posouzení a řízení fermentačního procesu lze doporučit monitorování následujících hodnot, přičemž přinejmenším určování těch prvních třech hodnot denně:

- druh a množství přivezených substrátů
- procesní teplota
- hodnota pH
- množství plynu a jeho složení
- mastné kyseliny
- stav zaplnění fermentoru.

Standartizace a optimalizace fermentačního procesu a tím produktivity bioplynové stanice jsou možné jen pravidelným kontrolováním a doku-

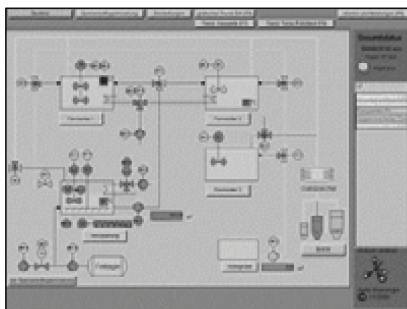
mentací (např. v provozních denících). Jen tak existuje možnost včasného zásahu a s tím spojenou opravou fermentačního procesu. Je-li použito počítači podpořené řízení bioplynové stanice, mohou být měřené hodnoty přijímány a vizualizovány. Vedle automatického řízení jsou realizovatelné také dálkové přenosy údajů.



Obrázek 3–38: Spodní konstrukce nosné pneumatické střechy (vlevo); bioplynová stanice s nosnými pneumatickými střechami (vpravo), foto: MT- Energie GmbH



Obrázek 3–39: Nouzový hořák jedné bioplynové stanice, foto: Haase Umwelttechnik AG



*Obrázek 3–40: Vizualizace procesu a centrální zachycení měřených údajů,
foto: Avite Bioenergie GbR*



*Obrázek 3–41: Řízení bioplynové stanice pomocí PC,
foto: Agrartechnik Lothar Becker*

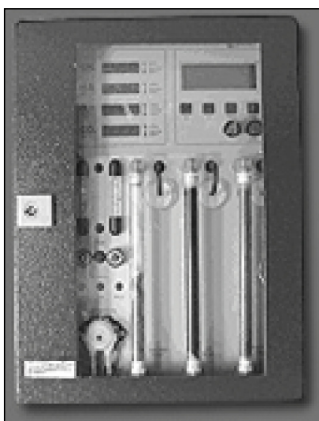
Automatizace bioplynových stanic přibývá. Automaticky může být ovládána většina agregátů bioplynové stanice. Známa jsou řízení následujících komponentů:

- naplňování substrátem
- hygienizace
- vytápění fermentoru
- chod míchadel
- vynášení sedimentů
- separace fermentačního zbytku
- odsiřování
- řízení provozu kogenerační jednotky

3.2.6. Měření základních parametrů bioplynové stanice

Množství plynu

Měření vzniklého množství bioplynu je potřebné z důvodů kontroly procesu. Nepravidelnosti v produkci plynu mohou poukazovat na poruchy v procesu. Plynoměry jsou instalovány v plynovodu přímo v přípojce na fermentor.



Obrázek 3–40: Příklad přístroje na analyzování plynu, foto:Schmack Biogas AG

Složení plynu

Analýzami plynu může být plynule kontrolováno složení plynu. Výsledky mohou být použity k řízení fermentačního procesu nebo následujících procesů, jako např. k čištění plynu. K určování složení plynu mohou být používány senzory na základě vedení tepla, absorpce infračerveného záření, chemoabsorpce nebo elektrochemického určování. Při výběru metod by měly být zohledňovány: přesnost měření, rozlišitelnost, linearita, oblast měření a choulostivost čidel. K určování metanu a oxidu uhličitého se osvědčily infračervené senzory, k určování vodíku, kyslíku a sulfanu elektrochemické senzory.

Měření na bioplynových stanicích se koná ručními nebo stacionárními měřicími přístroji. Stacionární přístroje jsou obvykle přesnější a častěji umožňují zaznamenávání dat. Do měřících přístrojů by se neměl dostat vlhký bioplyn, který by mohl uvnitř přístroje zkondenzovat a poškodit funkci přístroje.

3.3 Pravidla bezpečnosti

Bioplyn je směs plynů a v podstatě sestává z metanu (50–80 objem. %), oxidu uhličitého (20–50 objem. %), sulfanu (0,01– 0,4 objem. %), a dalších stopových plynů. Vlastnosti bioplynu jsou porovnávány s ostatními plyny v tabulce 3–41. Tabulka 3–42 shrnuje vlastnosti jednotlivých složek bioplynu. Ve spojení se vzdušným kyslíkem je směsice bioplynu v určitých mezích schopna explodovat, kvůli čemuž při zřizování a provozu bioplynové stanice musejí být dodržovány zvláštní bezpečnostní předpisy.

Dále existují nebezpečí udušení nebo otravy a rovněž nebezpečí mechanické povahy.

V České republice existuje řada norem, které určují pravidla, nezbytná pro bezpečný provoz BPS, např.:

- BPS jsou z hlediska vývinu metanu oblast s možným nebezpečím výbuchu SNV a platí pro ně norma ČSN 75 6415 – Plynové hospodářství čistíren odpadních vod.
- ČSN ISO – 96 132 Akustika – útlum při šíření zvuku ve venkovním prostoru.
- K preventivním opatřením eliminace závadných látek z jímek a rozvodů musí být jímky, nádrže, fermentor atd. pravidelně kontrolovány a min. jednou za 5 let bude provedena zkouška jejich těsnosti v souladu s normou ČSN 75 0905.
- Pro stanovení zápachu platí např.:
- ČSN EN 13725 Kvalita ovzduší – Stanovení koncentrace pachových látek dynamickou olfaktometrií
- ČSN 83 5030 Účinky a posuzování pachů – Stanovení parametrů obtěžování dotazováním panelového vzorku obyvatel.

Tato kapitola má čtenáři zprostředkovat přehled potenciálních nebezpečí během provozu bioplynové stanice. V žádném případě tento text nenahrazuje technické normy a bezpečnou interpretaci zkušeným odborníkem.

3.3.1. Nebezpečí otravy a udušení

Uvolňování bioplynu je známý přírodní proces, a proto není omezen výlučně na bioplynové stanice. Obzvláště v zemědělství, kde je chován dobytek, v minulosti docházelo v souvislosti s bioplynem ke smrtelným úrazům (např. ve sklepicích s kejdou, v krmných silech a podobně).

Je-li bioplyn v dostatečně vysoké koncentraci, může to při jeho nadechnutí vést k projevům otravy nebo k udušením a dokonce až k smrti. Obzvláště podíl sulfanu (H_2S) v neodsířeném bioplynu působí už v nepartných koncentracích silně toxicky.

Přesto může obzvláště v uzavřených nebo hluboko uložených prostorech dojít k udušení, neboť bioplyn (především oxid uhličitý) je těžší než vzduch a hromadí se v níže položených uzavřených místech.

Tabulka 3–42: Vlastnosti plynů

		bioplyn*	zemní plyn	propan	metan	vodík
Výhřevnost	kWh/m ³	6	10	26	10	3
Hustota	kg/m ³	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Zážehová teplota	°C	700	650	470	600	585
Meze výbušnosti	objem. %	6–12	4,4–15	1,7–10,9	4,4–16,5	4–77

* příklad metan 60 objem. %, oxid uhličitý 38 objem. % a zbytkové plyny 2 objem. %

Z těchto důvodů musí být v uzavřených prostorech, např. v plynojemech, dbáno neustále o dostatečné provětrávání. Při provádění pracovní činnosti v místech potencionálního nebezpečí (ve fermentorech, údržbářských šachtách, plynojemech apod.), musí být použity osobní ochranné vybavení (např. varovné přístroje hlásící výskyt plynu, dýchací přístroje atd.)

Tabulka 3–43: Vlastnosti složek bioplynu

		metan	oxid uhličitý	sulfan	oxid uhelnatý	vodík
Hustota	kg/m ³	0,72	1,85	1,44	1,57	0,08
Poměr hustoty ke vzduchu		0,55	1,53	1,19	0,97	0,07
Zážehová teplota	°C	600	–	270	605	585
Meze výbušnosti	objem. %	4,4–16,5	–	4,3–45,5	10,9–75,6	4–77

Tabulka 3–44: působení sulfanu na lidský organismus

Koncentrace (ve vzduchu)	Působení
0,03–0,15 ppm*	práh čichového vjemu (zápach zkažených vajec)
15–75 ppm	dráždění očí a dýchacích cest, nevolnost, pocit na zvracení, bolesti hlavy, bezvědomí
150–300 ppm (0,015–0,03%)	ochrnutí čichových nervů
> 375 ppm (0,038%)	smrt otravou (po více hodinách)
> 750 ppm (0,075%)	bezvědomí a smrt zástavou dechu během 30–60 minut
Od 1000 ppm (0,1%)	rychlá smrt ochrnutím dýchacích cest během několika málo minut

* ppm – Parts Per Milion (1ppm = 0,0001 %)

3.3.2. Nebezpečí exploze a požáru

Bioplyn ve směsi se vzduchem může vytvořit výbušnou směsici. Mimo hranice výbušnosti není sice žádné nebezpečí exploze, ale otevřeným ohněm a jiskřením elektrických přístrojů může být vyvolán požár.

Z tohoto důvodu jsou pro stavby, kde je manipulováno s bioplymem, požadovány odstupové zóny. Např. umístění hořáku je minimálně 15 metrů od nadzemních objektů s ohledem na ochranné pásmo stanovené normou ČSN 75 6415.

3.3.3. Další nebezpečí úrazu

Vedle doposud popsaných zdrojů nebezpečí existují další zdroje nebezpečí, např. nebezpečí pádu při pohybu na žebřících nebo pádu do nezakrytých jímek. Další nebezpečí skýtají pohyblivé části strojů (hřídele míchadel a motorů), popř. horké části kogenerační jednotky.

V blízkosti elektrických kabelů, spotřebičů a také kogenerační jednotky může dojít k smrtelným úrazům elektrickým proudem a to z důvodů poruchy nebo neodbornou obsluhou.

Abychom se vyhnuli nehodám tohoto typu, musí být u těch odpovídajících částí zařízení umístěna dobře viditelná varovná upozornění a provozní personál musí být odpovědně zaškolen.

4 POPIS VYBRANÝCH SUBSTRÁTŮ

V této kapitole mají být blíže pozorovány vybrané substráty. Budeme se zabývat původem substrátů stejně tak jako i jejich nejdůležitějšími vlastnostmi, jako sušinou (TS), organickou sušinou (oTS), živinami (dusíkem – N, fosforem – P, draslíkem – K).

Neboť není možné popsat celkovou šíři nabídky možných substrátů, nemá tato kapitola žádný nárok na úplnost. Níže uvedené substráty vykazují výkyvy kvality, proto v této kapitole uváděné materiální údaje nepředstavují žádné absolutní hodnoty, ale spíše střední hodnoty, od kterých se materiál v praxi může odchýlovat.

4.1 Substráty ze zemědělství

4.1.1. Statková hnojiva

V poslední době stavy hospodářských zvířat v České republice klesají, ale i přesto tvoří statková hnojiva významný potenciál substrátů pro bioplyn.

Hovězí i prasečí kejda se dají díky relativně nízkému obsahu sušiny dobře kombinovat s ostatními substráty. Obtížnější je situace u slamnatého hnoje, neboť ten musí, kvůli svému vysokému podílu sušiny, být zpravidla naředěn, aby byl pumpovatelný. Kejda je obvykle přiváděna k bioplynové stanici přímo nebo přes předjímku.

Tabulka 4–2: Výtěžek plynu a obsah metanu ze statkových hnojiv

substrát	výnos plynu		obsah metanu
	[m ³ /t substrátu]	[m ³ /t org. sušiny]	[objem. %]
kejda skotu	20–30	200–500	60
kejda prasat	20–35	300–700	60–70
hnůj skotu	40–50	210–300	60
hnůj prasat	55–65	270–450	60
hnůj kuřat a slepic	70–90	250–450	60

4.1.2. Cílepe pěstované plodiny

Kukuřice

Kukuřice se pro výrobu bioplynu hodí svým vysokým výnosem energie na hektar. V podnicích, zaměřených na chov dobytka, však může znamenat využití kukuřičné siláže zatížení osevních postupů. Další směrná data kukuřičné siláže, tak jako i výnos bioplynu a obsah metanu jsou shrnuty v tabulce 4–3.

Některé bioplynové stanice umí zpracovat kukuřičnou siláž a podobné materiály bez dalších substrátů, přesto se doporučuje fermentovat kukuřičnou siláž jako přidavný substrát s kejdou, neboť je tu přitom průběh procesu stabilnější a při kofermentaci nastávají synergické efekty, které mohou zvýšit rozložitelnost, popříp. mohou zvýšit výnos metanu.

Žitná siláž z celých rostlin (GPS)

Dalším zdrojem substrátu může být siláž triticales nebo žitná siláž z celých rostlin. Toto obilí má nízké nároky na kvalitu půdy a na podnebí, a proto může být pěstováno v chladnějších oblastech, popřípadě také na lehkých půdách. Výnos zrna žita činí přibližně 5–6 tun z hektaru, poměr zrna ku slámě cca 1:1,6. Z tohoto vyplývá celkový výnos od 13 do 15 tun čerstvé hmoty na hektar.

Tabulka 4–1: Obsahy živin zemědělských hnojiv (podle)

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dušík [% sušiny]	amonium [% sušiny]	oxid fosforečný [% sušiny]	oxid draselný [% sušiny]	hořčík [% sušiny]
kejda skotu	8–11	75–82	2,6–6,7	1–4	0,5–3,3	5,5–10	0,3–0,7
kejda prasat	cca 7	75–86	6–18	3,17	2–10	3–7,5	0,6–1,5
hnůj skotu	cca 25	68–76	1,1–3,4	0,22–2	1–1,5	2–5	1,3
hnůj prasat	20–25	75–80	2,6–5,2	0,9–1,8	2,3–2,8	2,5–3	n.a.
hnůj kuřat a slepic	cca 32	63–80	5,4	0,39	n.a.	n.a.	n.a.

Tabulka 4–3: Vlastnosti kukuřičné siláže

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dušík	amonný dusík [% sušiny]	fosfor	výťažnost bioplynu		obsah metanu [objem. %]
						[m ³ /t čerstvé hmoty]	[m ³ /t sušiny]	
kukuřičná siláž	20–35	85–95	1,1–2	0,15–0,3	0,2–0,3	170–200	450–700	50–55
žito-siláž z celých rostlin	30–35	92–98	4,0	0,57	0,71	170–220	550–680	cca 55

Řepa

Řepa se pro výrobu bioplynu hodí zejména díky vysokým výnosům hmoty (krmná nebo cukrová řepa) Řepa však vyžaduje vysoké nároky na půdu a podnebí, potřebuje spíše mírné podnebí a hlubokou ornou humózní půdu.

Výnosy jsou rozdílné vždy podle půdních předpokladů a pohybují se u cukrové řepy kolem 50–60 t/ha.

Problémy ovšem nastanou při suchém čistění řep. Ulpívající zemina musí být pokud možno úplně odstraněna, neboť se jinak usadí a nahromadí na dně fermentoru, Také kameny musí být odstraněny ještě před rozdrolením. Neboť řepa i řepný list jsou sklizeny jen sezónně, je potřebné uskladnění, abychom měli substrát po celý rok k dispozici, což se zpravidla děje silážováním drcených rostlin.

Travní siláž

Pěstování a sklizeň trávy, popříp. využití travní siláže je dobře mechanizovatelné a zemědělci mají s obděláváním trvalých travních porostů dostatečné zkušenosti. Vždy podle počasí a klimatických podmínek můžeme uvažovat se dvěma až čtyřmi sklizněmi v roce.

4.2 Substráty z dále zpracovávajícího zemědělského průmyslu

4.2.1. Výroba piva

Při výrobě piva vznikají různé vedlejší produkty, z nichž nejvýznamnější je mláto. Na každý hektolitr piva vznikne cirká 19,2 kg mláta a dalších cca 4 kg odpadních materiálů. V této kapitole je blíže přiblíženo jen mláto, neboť to představuje – co do množství – největší složku.

Tabulka 4–4: Materiální vlastnosti řepy a řepného listu

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dusík	amonium [% sušiny]	fosfor	výnos bioplynu		obsah metanu [objem. %]
						m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]	
cukrová řepa	23	90–95	2,6	0,2	0,4	170–180	800–860	53–54
krmná řepa	12	75–85	1,9	0,3–0,4	0,4	75–100	620–850	53–54
travní siláž	25–50	70–95	3,5–6,9	6,9–19,8	0,4–0,8	170–200	550–620	54–55
řepný list	16	75–80	0,2–0,4	n.a.	0,7–0,9	cca 70	550–600	54–55

Tabulka 4–5: Materiální vlastnosti pivovarského mláta

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dusík	oxid fosforečný [% sušiny]	výnos bioplynu		obsah metanu [objem. %]
					m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]	
pivovarské mláto	20–25	70–80	4–5	1,5	105–130	580–750	59–60

Tabulka 4–6: Obsahy těžkých kovů pivovarského mláta

substrát	kadmium	chrom	měď	nikl	olovo	zinek
	[mg/kg sušiny]					
pivovarské mláto	0,1–0,2	0,5	15	0,5	0,3	76

4.2.2. Výroba alkoholu

Výpalky vznikají jako vedlejší produkt při výrobě alkoholu z obilí, brambor nebo ovoce. Při výrobě alkoholu obvykle vzniká na každý litr alkoholu asi 12–ti násobné množství výpalků, které jsou v současnosti používány hlavně jako krmivo pro dobytek nebo jako hnojivo.

Obsahy škodlivých látek mláta uvádí tabulka 4–6. Uskladnění je relativně jednoduché. Při delším skladování se vyskytnou ztráty energie a napadení plísněmi a houbami, kvůli čemuž lze v takovém případě doporučit silážování.

V tabulce 4–7 jsou uvedeny materiální údaje jednotlivých výpalků i výtěžků plynu a obsahů metanu.

Zvláštní požadavky na hygienická opatření nejsou stanoveny, výpalky vykazují obvykle nízké koncentrace škodlivin nebo těžkých kovů.

4.2.3. Výroba škrobu

Při výrobě škrobu z brambor vznikají vedle organicky zatížených odpadních vod také tzv. bramborové zdrtky (dřeň). Ta sestává hlavně ze slupek, buňčných stěn a nerozpuštěných škrobových buňek, které zbývají po získání škrobu. Z každé tuny zpracovaných brambor vzniká přibližně 240 kg drti. Obvykle jsou zbytky dováženy zemědělcům jako krmivo pro dobytek.

Tabulka 4–7: Materiální vlastnosti lihových výpalků

Substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dusík	oxid fosforečný	výnos bioplynu		obsah metanu [objem. %]
					m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]	
obilné výpalky	6–8	83–88	6–10	3,6–6	30–50	430–700	58–65
bramborové výpalky	6–7	85–95	5–13	0,9	36–42	400–700	58–65
ovocné výpalky	2–3	cca 95	n.a.	0,73	10–20	300–650	58–65

Tabulka 4–8: Materiální vlastnosti vedlejších produktů z výroby škrobu

Substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	N	NH ⁴⁺	P ₂ O ₅	výnos bioplynu		obsah metanu [objem. %]
						m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]	
čerstvé zdrtky	cca 13	cca 90	0,5–1	0,04	0,1–0,2	80–90	650–750	52–65
voda z hlíz	3,7	70–75	4–5	0,8–1	2,5–3	50–56	1500–2000	50–60
procesní voda	1,6	65–90	7–8	0,6–0,8	2–2,5	55–65	3000–4500	50–60

4.2.4. Získávání cukru

Při zpracovávání cukrové řepy pro výrobu cukru vznikají různé vedlejší produkty, které jsou používány jako krmivo pro dobytek. Jsou to jednak tzv. vyslazené řízky, které odpadávají po extrakcích cukru, a za další je to melasa, která je získávána oddělováním cukerných krystalů od zahuštěného cukerného sirupu.

Jednou možností je zhodnocení v bioplynových stanicích, neboť se tu jedná o dobře zfermentovatelné substráty.

V tabulce 4–10 jsou udány koncentrace prvků v substrátu. Je třeba povšimnout si relativně vysokých obsahů draslíku a chlóru, které mohou za jistých okolností vést k inhibici (brzdění) fermentačního procesu.

Cizí látky a mechanické příměsi se tu neočekávají, neboť už byly odděleny před nebo během získávání škrobu.

Zvláštní požadavky na hygienická opatření nebo na skladování neexistují. Melasa je používána jako krmivo pro zvířata či jako surovina v továrnách na výrobu droždí nebo v lihovarech. Tím jsou její zdroje na výrobu bioplynu omezeny, ovšem řepné řízky a melasa představují dobrý přídatný substrát pro produkci bioplynu.

Tabulka 4–10: Minerální látky a stopové prvky

substrát	K ₂ O	Ca	Cl	Na	Mg	NO ₃ -N
	[mg/kg čerstvé hmoty]					
čerstvá bramborová drť	1814	19,3	4,8	262,5	154,1	0,56
voda z hlíz	5557,8	34,2	1320	39,9	222,1	85,93
procesní voda	2196	18	235,5	60,1	66,1	14,48

Tabulka 4–12: Obsahy těžkých kovů

substrát	Cd	Cr	Hg	Mn	Zn	Sn	Ni	Cu	Fe
lisované řízky	0,35	4,40	0,01	25,6	22,4	0,16	2,0	4,31	194
melasa	0,12	0,20	<0,01	29,6	32,0	0,18	2,99	2,69	32,3

Tabulka 4–9: Materiální vlastnosti vedlejších produktů z výroby škrobu

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	N	NH ⁴⁺ [% sušiny]	P ₂ O ₅	výnos bioplynu		obsah metanu [objem. %]
						m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]	
čerstvá dř	cca 13	cca 90	0,5–1	0,04	0,1–0,2	80–90	650–750	52–65
voda z hlíz	3,7	70–75	4–5	0,8–1	2,5–3	50–56	1500–2000	50–60
procesní voda	1,6	65–90	7–8	0,6–0,8	2–2,5	55–65	3000–4500	50–60

Tabulka 4–11: Materiální vlastnosti lisovaných řízků a melasy

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	N	P ₂ O ₅	výnos bioplynu		obsah metanu [objem. %]	
					m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]		
lisované řízky	22–26	ca. 95	n.a.	–	n.a.	60–75	250–350	70–75
melasa	80–90	85–90	1,5	–	0,3	290–340	360–490	70–75

Jak je patrné, produkty cukrovarnictví jsou jako substrát pro bioplynové stanice vhodné. Tyto substráty se ovšem na základě vysokého obsahu sušiny nehodí k monofermentování. Ve spojení např. s kejdou představují ale dobrý přídatný substrát. Tabulka 4–12 ukazuje obsahy těžkých kovů vedlejších produktů. Lisované řízky jsou silážovány, aby se docílilo delší trvanlivosti, melasa je uskladňována do odpovídajících předjímek. Skladování melasy a řepkých řízku je nutné s ohledem na sezónnost produkce.

4.2.5. Vedlejší produkty ze zpracování ovoce

Při zpracovávání vinné révy a ovoce na víno a ovocnou šťávu z plodů vznikají také výlisky, které jsou pro svůj stále vysoký obsah cukrů přednostně využívány jako surovina pro výrobu alkoholu. Své použití však nacházejí také jako krmivo pro dobytek nebo jako základní materiál k výrobě pektinu. Na hektolitr vína, popříp. ovocné šťávy z plodů odpadá cca 25 kg a na hektolitr nektaru z plodů kolem 10 kg výlisků.

Tabulka 4–14: Obsahy těžkých kovů ve výliscích

substrát	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	[mg/kg sušiny]					
jablečné výlisky	0,3	1,6	7,8	n.a.	3,4	6,7
ovocné výlisky	n.a.	0,06	7,8	3	0,7	25
révové výlisky	0,5	5	150	2,5	n.a.	75

Výskyt cizích nebo rušivých látek na základě předchozího produkčního procesu není očekáván a také není potřebná žádná hygienizace, při delším skladování je též vhodné silážování.

Tabulka 4–13: Materiální vlastnosti výtlačků

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	N	[% sušiny]	P	výnos bioplynu		obsah metanu [objem. %]
						m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]	
jablečné výlisky	25–45	85–90	1,1		0,3	145–150	660–680	65–70
ovocné výlisky	25–45	90–95	1–1,2		0,5–0,6	250–280	590–660	65–70
révové výlisky	40–50	80–90	1,5–3		0,8–1,7	250–270	640–690	65–70

4.3 Biologicky rozložitelné komunální odpady

V této kapitole je uvedena řada látek, které jsou obecně vnímány jako problém kam s nimi. Jedná se o biologicky rozložitelné odpady, které lze za určitých podmínek také využít k výrobě bioplynu. Jedná se například o separované odpady z domácností (zbytky z kuchyní, údržba zahrad), z údržby obce (např. travní seč, prořezy stromů apod.) a z činnosti živnostníků, restaurací a jídelen. Případně můžeme hovořit také o využití odpadů z jatek.

Kejda, hnůj a podestýlky nejsou obvykle považovány za odpady, ale za statková hnojiva.

Tyto materiály se zpracovávají v tzv. komunálních bioplynových stanicích.

Za komunální bioplynovou stanicí tedy lze považovat zařízení zpracovávající převážně komunální bioodpady. Souhrnně nazývané zkratkou BRKO (biologicky rozložitelný komunální odpad), v zařízení tohoto typu je možné zpracovat také některé další průmyslové bioodpady, např. vybrané jateční odpady, odpady z potravinářské výroby a zpracování apod. Z hlediska legislativy pak spadají zařízení do kategorie AF2.

4.3.1. Co je to BRKO:

Dle POH ČR (Plán odpadového hospodářství) jsou jako BRKO specifikovány odpady uvedené v tabulce 4–15.

V BPS lze běžně zpracovat bioodpady označené šedě, některé ovšem vyžadují další úpravu. Podrobnější informace o těchto vybraných bioodpadech včetně jejich dalšího rozdělení jsou uvedeny v následujícím přehledu (tabulka 4–16).

Největší podíl BRKO v současnosti tvoří materiál z údržby zeleně, kterého je zejména ve větších a středních městech značné množství v řádu stovek tun za rok.

Tabulka 4–15: Biologický rozložitelný komunální odpad

Kat. číslo odpadu	Název druhu	Podíl biologicky rozložitelné složky (% hm.)
20 01 01	Papír a/nebo lepenka	100
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	100
20 01 10	Oděvy	75
20 01 11	Textilní materiály	75
20 01 25	Jedlý olej a tuk	100
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37	100
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad	100
20 03 01	Směsný komunální odpad	48
20 03 02	Odpad z tržišť	75
20 03 07	Objemný odpad	30

V rámci posuzování a přípravy systémů sběru bioodpadů je obvykle uvažováno s měrnou produkcí bioodpadu cca 100 kg/os/rok v zástavbě RD a cca 25 kg/os/rok v sídlištní zástavbě, což je ve shodě s prováděnými dlouhodobými projekty separovaného sběru v ČR (např. Bílina, Dolní Chabry, Jindřichův Hradec). V Rakousku je uváděn průměr cca 60 kg/os/rok.

Tabulka 4–19: Obsahy rizikových prvků (těžkých kovů)

substrát	kadmium	chrom	měď	nikl	olovo	zinek
	[mg/kg sušiny]					
separovaný bioodpad	0,3–0,6	7–25	14–21	5,5–10	n.a.	88–105
zbytky pokrmů + prošlé potraviny	n.a.	n.a.	7	n.a.	n.a.	67
odpady z tržišť	0,8	8,5	12,2	8,5	4,6	94
obsah bacherů	2	33	5–99	20	20	71–321

Při zpracování se provoz a technické vybavení bioplynových stanic musí řídit zákonem o odpadech a především vyhláškou 341/2008 a v případě zpracování vedlejších živočišných produktů je nutné respektovat také na-

Tabulka 4–16: Popis vybraných bioodpadů

Katalogové číslo odpadu	Název druhu odpadu	Vlastnosti a požadavky s ohledem na zpracování v BPS
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	– Materiál kapalné až polotuhé konzistence, vyžaduje provedení hygienizace dle Nařízení EP 1774/2002, nadrcení na max. 12 mm, zahřívání 70 °C po dobu min. 1 hodiny s provedením záznamu, drcení je snadné, velmi vhodný a energeticky bohatý materiál pro mokrou anaerobní fermentaci, ve větším svozu se často vyskytují např. přístroje či jiné kuchyňské pomůcky (záchyt kovů), obsahuje mírně vyšší množství dusíku
20 01 25	Jedlý olej a tuk	– Vhodný materiál pro zpracování v BPS (mokrý fermentace), vysoce energeticky bohatý materiál, rizika malá, není vhodné dávkovat skokově velké množství s ohledem na přetížení reaktorů, pokud je živočišného původu vyžaduje hygienizaci s v souladu s nařízením EP č. 1774/2002
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad (BRO)	– Pod tímto číslem veden materiál jak např. z údržby zeleně ve městech, tak z odděleného sběru od občanů. – Odpad z údržby zeleně: zpracovatelná je pouze travní část (dřevní hmota není možné využít, zpracování listů je málo efektivní), jedná se o relativně homogenní materiál, nevýhodou je silně sezónní a diskontinuální produkce materiálu v závislosti na času seči, travní hmota je pro lepší výtěžnost bioplynu doporučeno konzervovat (výroba senáže), což je v podmínkách měst a obcí problematické, dále může při strojní seči dojít ke sběru kamenů a zeminy, vyžaduje drcení v závislosti na využití technice při seči, max. akceptovatelná délka stébel cca 10 cm. – Odpad ze separovaného sběru u občanů: Silně heterogenní materiál, kvalita přítomnosti nežádoucích příměsí silně závisí na kázní občanů. Může obsahovat plasty, dřevo včetně velkých kusů (větvě, kořeny), drn, travní hmota, ovoce apod. Vyžaduje dle typu technologie většinou dotřídění a drcení, což je technologicky náročné.
20 03 02	Odpad z tržišť	– Nutno separovat již u producentů v rámci tržnic, vyžaduje drcení, možná rizika jako u BRO

Tabulka 4–17: Materiální vlastnosti biologicky rozložitelných odpadů.

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dusík	amoni-akální dusík	oxid fosforečný	výtěžnost bioplynu		obsah metanu [objem. %]
						m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t org. sušiny]	
separovaný bioodpad	40–75	50–70	0,5–2,7	0,05–0,2	0,2–0,8	80–120	150–600	58–65
zbytky pokrmů a prošlé potraviny	9–37	80–98	0,6–5	0,01–1,1	0,3–1,5	50–480	200–500	45–65
tržní odpadky	15–20	80–90	3–5	n.a.	0,8	45–110	400–600	60–65
odkrojky tuků	2–70	75–93	0,1–3,6	0,02–1,5	0,1–0,6	11–450	ca. 700	60–72

Tabulka 4–18: Materiální vlastnosti jatečných odpadů

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dusík	amoni-akální dusík	P ₂ O ₅	výtěžnost bioplynu		obsah metanu [objem. %]
						m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]	
obsah žaludků (prasat)	12–15	75–86	2,5–2,7	n.a.	1,05	20–60	250–450	60–70
obsah bachorů	11–19	80–90	1,3–2,2	0,4–0,7	1,1–1,6	20–60	200–400	58–62
kaly ze zpracování masa	5–24	80–95	3,2–8,9	0,01–0,06	0,9–3	35–280	900–1200	60–72

Tabulka 4–20: Materiální vlastnosti odpadů z údržby zeleně

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dusík	Fosfor	výnos bioplynu		obsah metanu [objem. %]
					m ³ /t čerstvé hmoty	[m ³ /t sušiny]	
odpady z údržby zeleně	cca 12	83–92	2–3	1,5–2	150–200	550–680	55–65

řízení 1774/2002. Od roku 2011 bude platit nové nařízení 1069/2009, které však přejímá podmínky stanovené v původním nařízení.

Kvalita odpadů obvykle výrazně kolísá, což znesnadňuje jejich zpracování a klade zvýšené požadavky na kvalifikaci obsluhy. Obvyklé vlastnosti některých odpadů jsou uvedeny v tabulkách 4–20 až 4–22.

Kromě nečistot „chemických“ např. rizikových prvků (těžkých kovů) nebo vysokého obsahu dusíky je nutné pamatovat také na obsah mechanických nečistot a příměsí. Tyto nečistoty se strojně nebo manuálně dotřídí, aby neohrožily bezpečný chod bioplynové stanice.

Tabulka 4–21: Obsahy těžkých kovů z řezané zeleně

substrát	kadmium	chrom	Měď	Nikl	olovo	zinek
	[mg/kg sušiny]					
odpady z údržby zeleně	0,7–2,1	4–9	10–21	1–9	70	8

4.4 Odpady z údržby zeleně, trávníků apod.

Díky obecní péči o parkové plochy a zazeleněné okraje silnic vzniká množství odpadů, které musí být při použití na bioplynový substrát silážovány, neboť jsou sezónního charakteru.

Jedná se o dobře zfermentovatelný přídatný substrát, na základě vysokého obsahu sušiny ho ale nelze doporučovat coby monosubstrát. Několik důležitých údajů jako výtěžek bioplynu a obsah metanu ukazují tabulky 4–23 a 4–24.

Před zpracováním musí být materiál zbaven větví a kamenů a homogenizován. Hygienizace zpravidla není požadována.

4.5 Dodatek

Viz tabulka 4–22 na následující straně.

Tabulka 4–22: Shrnutí substrátu

substrát	sušina [%]	org. sušina [% sušiny]	dušík	amonium [% sušiny]	fosfor	výnos bioplynu m ³ /t čerstvé hmoty	obsah metanu [objem. %]	
								[m ³ /t org. sušiny]
hospodářská hnojiva								
keřda skotu	8–11	75–82	2,6–6,7	1–4	0,5–3,3	20–30	200–500	60
keřda prasat	ca.7	75–86	6–18	3–17	2–10	20–35	300–700	60–70
hnůj skotu	ca.25	68–76	1,1–3,4	0,22–2	1–1,5	40–50	210–300	60
hnůj prasat	20–25	75–80	2,6–5,2	0,9–1,8	2,3–2,8	55–65	270–450	60
hnůj slepic a kuřat	cca 32	63–80	5,4	0,39	n.a.	70–90	250–450	60
cíle pěstovaná biomasa								
kukuřičná siláž	20–35	85–95	1,1–2	0,15–0,3	0,2–0,3	170–200	450–700	50–55
žitná siláž z celých rostlin	30–35	92–98	4,0	0,57	0,71	170–220	550–680	ca. 55
cukrová řepa	23	90–95	2,6	0,2	0,4	170–180	800–860	53–54
krmná řepa	12	75–85	1,9	0,3–0,4	0,3	75–100	620–850	53–54
řepný list	16	75–80	0,2–0,4	n.a.	0,7–0,9	ca. 70	550–600	54–55
travní siláž	25–50	70–95	3,5–6,9	6,9–19,8	0,4–0,8	170–200	550–620	54–55
substráty dále zpracovávajícího agrárního průmyslu								
pivovarské mláto	20–25	70–80	4–5	n.a.	1,5	105–130	580–750	59–60
obilná kaše	6–8	83–88	6–10		3,6–6	30–50	430–700	58–65

bramborové výpalky	6–7	85–95	5–13		0,9	36–42	400–700	58–65	
ovocné výpalky	2–3	ca.95	n.a.		0,73	10–20	300–650	58–65	
čerstvá dřít (bramborová „kaše“)	ca.13	ca.90	0,5–1	0,04	0,1–0,2	80–90	650–750	52–65	
voda z hlíz	3,7	70–75	4–5	0,8–1	2,5–3	50–56	1500–2000	50–60	
procesní voda	1,6	65–90	7–8	0,6–0,8	2–2,5	55–65	3000–4500	50–60	
lisované řízky	22–26	ca.95	n.a.		n.a.	60–75	250–350	70–75	
melasa	80–90	85–90	1,5		0,3	290–340	360–490	70–75	
jablečné výlisky	25–45	85–90	1,1		0,3	145–150	660–680	65–70	
ovocné výlisky	25–45	90–95	1–1,2		0,5–0,6	250–280	590–660	65–70	
révové výlisky	40–50	80–90	1,5–3		0,8–1,7	250–270	640–690	65–70	
biologicky rozložitelné odpady/jateční odpady									
separovaný bioodpad	40–75	50–70	0,5–2,7	0,05–0,2	0,2–0,8	80–120	150–600	58–65	
zbytky pokrmů a prošlé potraviny	9–37	80–98	0,6–5	0,01–1,1	0,3–1,5	50–480	200–500	45–61	
odpady z tržišť	5–20	80–90	3–5	n.a.	0,8	45–110	400–600	60–65	
tuk a odřezky tuků	2–70	75–93	0,1–3,6	0,02–1,5	0,1–0,6	11–450	cca700	60–72	
obsahy žaludků prasat	12–15	75–86	2,5–2,7	n.a.	1,05	20–60	250–450	60–70	
obsahy bachorů	11–19	80–90	1,3–2,2	0,4–0,7	1,1–1,6	20–60	200–400	58–62	
vypravené bahno	5–24	80–95	3,2–8,9	0,01–0,06	0,9–3	35–280	900–1200	60–72	
odpady z údržby zeleně a řezanka z travníků									
odpady z údržby zeleně	cca 12	83–92	2–3		1,5–2	150–220	550–680	55–65	

5 ÚPRAVA PLYNU A MOŽNOSTI ZHODNOCENÍ

Bioplyn je používán hlavně ve spalovacích motorech, které pohánějí generátor k produkci proudu. Bioplyn lze také využívat v mikro turbinách, v palivových člancích a ve Stirlingových motorech. Také tyto techniky slouží v první řadě k tomu, aby přeměnily získaný bioplyn v elektrickou energii. Také použití bioplynu jakožto pohonné hmoty aut nebo k vtláčení do sítě zemního plynu je možné. Díky řadě překážek jsou rozdílné možnosti užití do dnešní doby jen zčásti realizovatelné. Těžiště této kapitoly je tedy kladeno na využití bioplynu v kogeneračních jednotkách.

Přímé užívání získaného surového plynu je kvůli různým pro bioplyn specifickým látkám, jako např. sulfan, zpravidla nevhodné. Z tohoto důvodu je čištěn.

5.1 Úprava plynu

Bioplyn je nasycený vodní parou a obsahuje vedle metanu a oxidu uhličitého a ostatních plynů také stopy sulfanu.

Sulfan je jedovatý a nepříjemně páchnoucí plyn. Ve spojení s vodní parou obsaženou v bioplynu dochází k vytvoření kyseliny sírové, která koroduje nejen motory, ale také plynovody, vedení odpadních plynů atd.

Z těchto důvodů je normálně u zemědělských bioplynových stanic prováděno odsířování a sušení získaného bioplynu. V závislosti na složení bioplynu a na použité technologii užívání (např. v palivových člancích) ovšem rozsáhlé úpravy plynů nemusí být nutné. Výrobci kogeneračních jednotek kladou minimální požadavky na vlastnosti používaného bioply-

nu. Požadované vlastnosti bioplynu by měly být dodržovány, díky tomu je možné vyvarovat se zkráceným intervalům údržby nebo poškození motorů.

5.1.1. Odsiřování

Při odsiřování se používají různé postupy, jsou rozlišovány biologické, chemické a fyzikální.

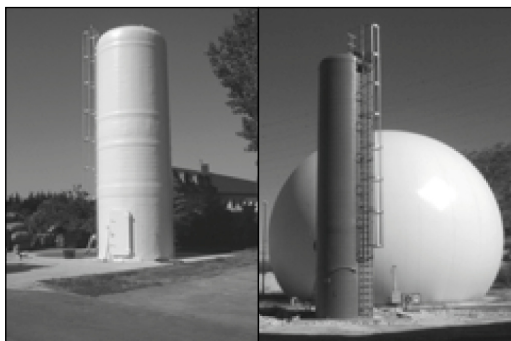
Vedle složení plynu hraje podstatnou roli rychlost bioplynu skrze odsiřovací zařízení. Průtoková rychlost může v závislosti na vedení procesu značně kolísat. Rozdílná produkce bioplynu a s tím spojené výkyvy rychlosti mohou být pozorovány po dávkování čerstvého substrátu a během provozu míchadel. Aby bylo možné zaručit spolehlivé odsiřování, je potřeba použít v porovnání k průměru zatížení naddimenzovaná odsiřovací zařízení.

Biologické odsiřování v biofermentoru

Biologické odsiřování je často prováděno v plynojemu za přítomnosti kyslíku a bakterie *Sulfobacter oxydans*, která přemění sulfan za spoluúčasti kyslíku na elementární síru. Bakterie jsou běžně přítomné, ale nemusí být dodatečně aktivní. Potřebný kyslík je vnášen do plynojemu vefukováním vzduchu, příkladně prostřednictvím malého kompresoru. Vlastnosti biologického odsiřování v biofermentoru ukazuje tabulka 5–2, příklad je představen na obrázku 5–1.



Obrázek 5–1: Regulace plynu pro vefukování vzduchu do prostoru biofermentorů. Foto: Institut pro energetiku a životní prostředí GmbH



Obrázek 5–2: Venkovní biologické odsiřovací věže, vpravo vedle plynového zásobníku. Fota: S&H GmbH & Co. Umweltenergieing KG

Tabulka 5–1: Minimální požadované vlastnosti na spalné plyny, vztažený obsah O_2 5%

Vlastnost	Označení	Hodnota
Výhřevnost	H_u	$\geq 4 \text{ kWh/m}^3$
Síra, celkový obsah	S	$\leq 2,2 \text{ g/m}^3 \text{ CH}_4$
nebo obsah sirovodíku	H_2S	$\leq 0,15 \text{ \% objem.}$
Chlor, celkový obsah	Cl	$\leq 100,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
Fluor, celkový obsah	F	$\leq 50,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
Chlor + fluor spolu	(Cl+F)	$\leq 100,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
Prach (3 ... 10 μ m)		$\leq 10,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
Relativní vlhkost (při nejnižší teplotě nasávané směsi v sacím potrubí nesmí docházet ke kondenzaci)	φ	$< 90 \text{ \%}$
Dynamický tlak na vstupu do regulované části potrubí	P_{Gas}	20 ... 100 mbar
Výkyvy tlaku plynu		$< \pm 10 \text{ \%}$ nastavené hodnoty
Teplota plynu	T	10 ... 50 °C
Uhlodíky (> C5)		$< \text{mg/m}^3 \text{ CH}_4$
Křemík (při Si > 5 mg/m ³ CH ₄ analýza oleje v KGJ na obsah kovu, při < 15 mg/kg sledovat olej		$< 10,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
Metanové číslo (bioplyn MZ cca. 135)	MZ	> 135

Tabulka 5–2: Hodnoty a provozní parametry biologického odsiřování ve fermentoru

Charakteristické znaky	– Přívod vzduchu cca 3–5 % generovaného bioplynu
Vhodnost	– Pro všechny fermentory, které mají nahoře prostor pro jímání bioplynu nejlépe, pokud mají nad sebou vlastní plynojem
Přednosti	– Velmi výhodné nákladově – Hlášení poruch a potřeby údržby
Nedostatky	– Nepřesnost při stanovení (odhadu) množství vznikajícího sirovodíku – Nemožnost stanovit optimální hodnoty pro odsiřování – Možnost ovlivnění fermentace přebytkem kyslíku ze vzduchu – Silná koroze všech stavebních dílců plynojemu – Kolísání teplot v plynojemu během dne, noci a ročních dob může mít nepříznivý vliv na proces odsiřování – Nezbytná protiexplosní ochrana v důsledku vzniku tršakavé směsi plynu se vzduchem – Na výkvy v tvorbě bioplynu se nedá operativně reagovat
Zvláštnosti	– „Pěstební plochy“ pro „kultivaci“ síru zpracovávajících bakterií je nutno zpravidla rozšířit, protože povrch substrátu ve fermentoru nestačí. Doplňuje se pomocnými dřevěnými konstrukcemi. – Je možná určitá optimalizace přidavku O ₂ do fermentoru a plynulé měření vzniku sirovodíku – Nezbytná protiexplosní ochrana v důsledku vzniku tršakavé směsi plynu se vzduchem
Konstrukční formy	– Malý kompresor, nebo akvarijní čerpadlo s připojeným regulačním ventilem a uváděním hodnot pro ruční regulace toku plynu

Biologické odsiřování mimo plynojem

Abychom se vyvarovali výše uvedeným nevýhodám, může být odsiřování prováděno mimo plynojem. Některé firmy zde proto nabízejí biologické odsiřovací věže (kolony). Díky tomu je možné přesněji dodržovat okrajové podmínky, potřebné pro odsiřování, jako přívod vzduchu a přívod kyslíku. Abychom zvýšili hnojivý účinek zfermentovaného substrátu, může být odpadající síra znovu přiváděna ke zkvašenému substrátu. Charakteristické

Tabulka 5–3: Hodnoty a provozní parametry externího biologického odsiřování

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Je možno dosáhnout až 99 % účinku, (např. z 6000 ppm na < 50 ppm) – Potřebná technika je na trhu – Výkonová řada: Od 10 do 1200 Nm³/h
Vhodnost	– Všechny typy BPS
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Možnost nastavení odsiřování podle tvorby bioplynu – Cílená automatická regulace odsiřování podle množství generovaného plynu úpravou skladby vkládaného substrátu, přívodu vzduchu a regulace teploty – Nedochozí k ovlivňování výrobního procesu nekontrolovatelným vhněním vzduchu (O₂). – Snížení možnosti koroze v plynojemu i fermentoru – Není zapotřebí používat nějaké chemikálie – Malé výchylky v účinku odsiřování jsou možné, ale nevedí na kvalitě plynu, protože zařízení je dostatečně dimenzováno
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Nezbytné „venkovní“ odsiřovací zařízení představuje investici „navíc“ – Odsiřovací agregát je třeba ošetřovat
Zvláštnosti	– Nezbytná protiexplosní ochrana s ohledem na směs plynu a vzduchu
Konstrukční formy	– Samostatně v blízkosti fermentoru umístěná odsiřovací zařízení bývají válcová, kotlové nebo kontejnerové „nádržky“ zhotovená z oceli nebo plastu.
Údržba	– Údržba spočívá v občasně „obnově“ osádky mikroorganismů a výměně struktury jejich nosičů v kontejneru

hodnoty a parametry použití externích biologických odsiřovacích zařízení jsou shrnuty v tabulce 5–3. Příklady jsou představeny na obrázku 5–2.

Chemické odsiřování v biofermentoru

Při chemickém odsiřování je k fermentačnímu substrátu přiváděna látka, která chemicky váže síru a tím znemožňuje uvolňování sulfanu, obvykle je používán FeCl₃ nebo FeCl₂. Charakteristické znaky k chemickému odsiřování jsou obsaženy v tabulce 5–4.

Tabulka 5–4: Hodnoty a provozní parametry interního chemického odsiřování

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Chemické látky vhodné pro odsiřování BP mohou být např. železité soli (železo-III-chlorid, železo-II- chlorid), hodí se také železná ruda („bahenní“) – Spotřeba je např. 0,023 litru Eisen-III-chloridu na m³ bioplynu
Vhodnost	– Všechny systémy „mokrě“ fermentace
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Velmi dobré hodnoty oddělení síry – Není zapotřebí přídavné zařízení – Není zapotřebí vykonávat zvláštní údržbu – Přípravek lze aplikovat už do substrátu před fermentorem – Nedochází k nežádoucímu vnikání O₂ do fermentoru – Nedochází k vnitřní korozi konstrukce na rozdíl od biologického odsiřování – Případné kolísání v produkci bioplynu nemá vliv na jeho kvalitu
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Obtížné stanovení dávky přípravku vzhledem k obsahu síry v substrátu – Zvýšení výrobních nákladů s ohledem na nákup chemikálie
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – Chemické odsiřování se používá, když biologické ve fermentoru nestačí – Vznikající síran železnatý zvyšuje koncentraci železa v sedimentech
Konstrukční formy	<ul style="list-style-type: none"> – Manuální nebo automatické dávkování chemikálie malým aplikátorem – Aplikace přípravku buď v roztoku nebo formou pelet
Údržba	– Není zapotřebí

Chemické odsiřování mimo biofermentor

Při externím chemickém odsiřování je prováděno promývání plynu mimo fermentor pomocí louhu (většinou hydroxidem sodným). Podrobnosti jsou uvedeny v tabulce 5–5.

Tabulka 5–5. Charakteristické vlastnosti a parametry použití venkovních chemických odsiřovacích zařízení.

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Jako chemikálie se používá louh sodný nebo hydroxid železa – V závislosti na přesnosti stanovení dávky se dosahuje až 95 % účinku
Vhodnost	– Pro všechny systémy BPS
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Možnost určení přesné dávky chemikálií podle skutečného obsahu H₂S – v bioplynu – Možnost automatické optimalizace odlučování síry kombinací dávky louhu a regulace teploty – Výrobní proces bioplynu není ovlivňován případným vnikáním O₂ – Odstranění silné koroze konstrukce v plynojemu (ve srovnání s vnitřním biologickým odsiřováním) – Kolísání v množství produkovaného bioplynu nemá vliv na jeho kvalitu v souvislosti s případným předimenzováním dávky chemikálie
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Přídavný agregát a s ním spojené náklady – Potřeba chemikálií – Potřeba čerstvé vody k rozpuštění louhu (železitý přípravek jí nepotřebuje) – Přídavná údržba zařízení nutná
Zvláštnosti	– Nutnost odstraňovat zareagovaný louh ze zařízení (není problém)
Konstrukční formy	– Odsiřovací zařízení je tvořeno válcovou, stojatou nádobou, nebo kotlem z plastu, která je opatřena reagenční mřížkou a zařízením pro oběh louhu
Údržba	<ul style="list-style-type: none"> – Dávka chemikálie se doplňuje za delší dobu – Hydroxid železa se může několikrát regenerovat vzduchem, ale vzniká při tom hodně tepla, které může vést až ke vznícení

5.1.2. Odstraňování vodní páry – sušení bioplynu

Abychom chránili agregáty zhodnocující plyny před vysokým opotřebením a zničením, musí být z bioplynu odstraněna vodní pára. Množství

vody, popřípadě vodní páry, které bioplyn může pojmout, je závislé na teplotě plynu. Relativní vlhkost bioplynu činí ve fermentoru 100 %, bioplyn je tedy nasycen vodní parou. Ochlazením plynu vypadne část vodní páry jakožto kondenzát.

Chlazení bioplynu je často prováděno v plynovodu. Patříčným sklonem (spádem) při pokládání plynovodu je kondenzát sbírán odlučovačem kondenzátu, který je vestavěn v jeho nejhlubším bodu. Je-li plynovod veden pod zemí, je chladicí efekt vyšší, předpokladem pro chlazení bioplynu v plynovodu je ovšem jeho dostatečná délka. Při podzemním vedením plynovodu musí být nutně dbáno na to, aby se například poklesem potrubí nevytvořil sifon, který by bránil průchodu bioplynu. Předpokladem je proto dostatečné zhutnění výkopu plynového vedení. Vedle vodní páry je kondenzátorem z bioplynu odstraňována dále část nežádoucích látek, jako ve vodě rozpustné plyny a aerosoly. Odlučovače kondenzátu musí být pravidelně vyprazdňovány, protože musí být dobře přístupné. Bezpodmínečně musí být zabráněno zamrznutí odlučovačů kondenzátů pomocí nezamrzající vestavby.

U některých BPS je sušení bioplynu provedeno chlazením v elektricky poháněných plynových chladičích. K minimalizování relativní vlhkosti, avšak ne absolutní vlhkosti, může být plyn po zchlazení opět ohřátý, čímž může být zabráněno tvoření kondenzátu v dalším průběhu plynovodu.

5.2 Kogenerace

5.2.1. Využití kogenerace

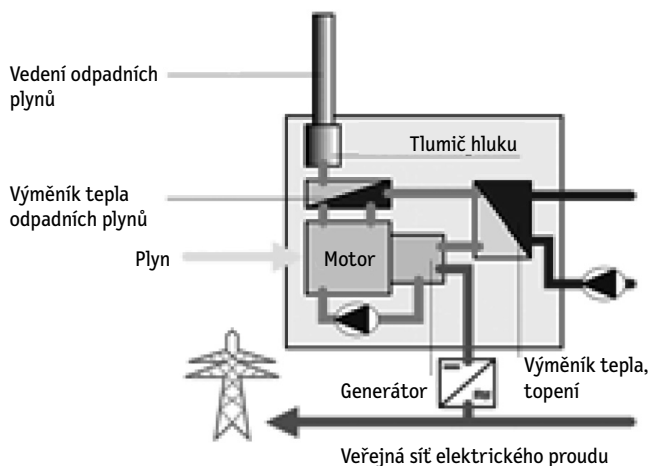
Kogenerací se rozumí současná výroba síly (mechanické energie, dále většinou převáděná na elektrickou energii) a tepla. Nejčastěji jsou k tomu účelu využívány kogenerační jednotky (KJ) s pístovými spalovacími motory, které jsou spojeny s generátorem. Tyto motory běží s konstantními otáčkami (obvykle u větších jednotek cca 1500 otáček/min). K pohonu generátoru, popříp. k produkci elektrického proudu, mohou být alternativ-

ně použity i spalovací plynové turbíny, Stirlingovy motory nebo palivové články. Jejich rozšíření je ovšem minimální. Vzhledem k tomu, že nejčastěji jsou využívány kogenerační jednotky s pístovými motory, je jim věnován největší prostor.

5.2.2. Kogenerační jednotky s pístovými spalovacími motory

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

Jako spalovací motory jsou používány plynové Ottovy motory, upravené dieselové motory nebo vznětové motory se zápalným paprskem (dvoupalivové motory). Plynové dieselové motory (plynové motory na bázi modifikace na trhu obvyklého motorového bloku) a plynové Ottovy motory jsou poháněny podle Ottova principu bez dodatečného vznětového paliva, rozdíl spočívá pouze v kompresi (ve stlačování).



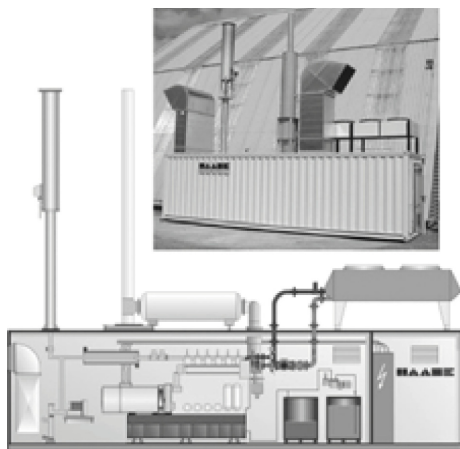
Obr. 5–3: Schématická výstavba kogenerační jednotky; schéma: ASUE

Plynové Ottovy motory

Plynové Ottovy motory jsou vyvinuty speciálně pro plynový pohon a pracují podle Ottova principu. Motory jsou provozovány s ohledem na minimalizování emisí oxidů dusíku jakožto motory s nízkým obsahem paliva s vysokým přebytkem vzduchu (spalování chudé směsi). Motory jsou vybaveny turbodmychadlem pro zvýšení plnicího tlaku vzduchu. Plynové Ottovy motory jsou určeny na minimální obsah metanu v bioplynu od cca 45 %. Je-li obsah metanu nižší, může docházet k problémům s chodem. Pokud by bioplyn nebyl k dispozici, mohou být poháněny jinými druhy plynu, jako např. zemním plynem (5–11). Toto může být potřebné např. při spouštění provozu bioplynové stanice.

Tyto motory jsou dodávány největšími výrobci KJ např. spol. Jenbacher, Deutz a dalšími.

Podstatné charakteristické údaje plynových Ottových motorů, které jsou relevantní pro použití při využití bioplynu, jsou představeny v tabulce 5–6.



Obrázek 5–4: Bioplynová kogenerační jednotka, kompletní modul, v kontejneru s nouzovým hořákem; zobr. Haase Energietechnik AG

Tabulka 5–6: Charakteristické znaky a parametry použití plynových Ottových motorů

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – Elektrický výkon až > 1MW, (do 100 kW méně často) – Elektrická účinnost 34–40 % (při jmenovitém výkonu > 300 kW) – Životnost: 60.000 provozních hodin – Použitelnost: Bioplyn s min. obsahem 45 % CH₄
Vhodnost	– Všechny typy aplikací při spalování bioplynu, hospodárné využití jen u větších kapacit
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – Kogenerační jednotky jsou většinou speciálně konstruované na využívání bioplynu – Emisní limity jsou zaručeně dodržovány – Celková účinnost je vyšší než u přestavěných vznětových motorů
Nedostatky	<ul style="list-style-type: none"> – Lehce vyšší náklady než u vznětových motorů – Vyšší pořizovací náklady vzhledem k malé výrobní sérii – U nízkovýkonných agregátů nižší elektrická účinnost než u vznětových motorů
Zvláštnosti	<ul style="list-style-type: none"> – V případě přehřátí (menší odběr technologického tepla) je nutný přídavný chladič – Regulace výkonu v závislosti na kvalitě plynu je možná
Konstrukční formy	– Zástavba v budově, nebo v kontejneru
Údržba	– Podle návodu k obsluze agregátu (KGJ)

Vznětové motory se zápalným paprskem – dvoupalivové motory

Vznětové dvoupalivové motory pracují dle Dieselova principu. Bioplyn je přimícháván přes plynový míšič ke spalovanému vzduchu a je zapalován vznětovým palivem (např. běžnou naftou), přiváděným do spalovacího prostoru. Motory jsou opět provozovány s vysokým přebytkem vzduchu. Regulace zátěže je realizována regulací přiváděného množství zápalného oleje nebo množství plynu.

Při vypadávání zásobení bioplynem mohou být motory tohoto typu poháněny čistým olejem nebo naftou. Přestavění na náhradní paliva je bezproblémové a může být potřebné při rozjždění bioplynové stanice k právě procesního tepla.

Jako vznětové palivo bývá zpravidla používána motorová nafta nebo topný olej (mazut), alternativou v oblasti využití energie z OZE může být také bionafta (MEĚO) nebo čistý rostlinný olej. Z hlediska motorové techniky se musí počítat s vyšším opotřebením filtrů, se zpřyskyřičněním trysek a menší viskozitou při využití rostlinného oleje.

Charakteristické znaky a parametry použití vznětových dvoupalivových motorů jsou uvedeny v tabulce 5–7.

Tyto motory jsou dodávány např. spol Schnell Motor.

Tabulka 5–7: Charakteristické znaky a parametry použití vznětových dvoupalivových motorů

Charakteristické znaky	<ul style="list-style-type: none"> – až k 10 % podílu kapalného paliva (nafta, řepkový olej) ke spalování – elektrický výkon až cca 350 kW – životnosti: cca. 35.000 hodin – elektrická účinnost 30– < 40 % (účinnost kolem 30% jen u malých zařízeních)
Vhodnost	– všechny bioplynové aplikace
Přednosti	<ul style="list-style-type: none"> – cenově výhodné používání standardních motorů – ve spodním výkonostním rozsahu zvýšená elektrická účinnost v porovnání s plynovými Ottovými motory
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> – zanesení vstřikovacích trysek spalinami (karbonizace) – vede ke zvýšenému zatížení odpadními plyny (NO_x) a k častějším údržbářským pracím – musí být použito dodatečného paliva (nafta, řepkový olej) – horší emise v některých parametrech (např. TZL)
Zvláštnosti	– je možné a lze doporučit regulaci výkonu- v závislosti na kvalitě plynu
Technické provedení	– zástavba v budově nebo v kontejneru

Generátory

Ve spojení s KJ jsou využívány jak asynchronní, tak synchronní generátory. Asynchronní generátory bývají používány jen u menších zařízeních s elektrickým výkonem do cca 100 kWel (5–9). V bioplynových stanicích běžných velikostí jsou používány výhradně synchronní generátory.

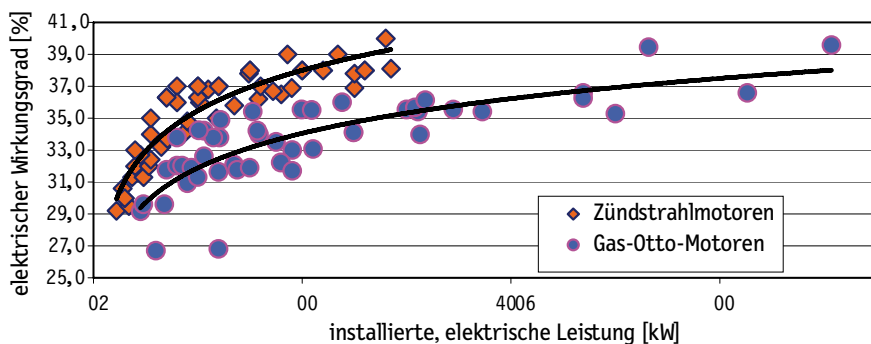
Elektrické účinnosti a výkon

Účinnost jedné kogenerační jednotky je mírou toho, jak efektivně je využívána energie, která je do ní přiváděna ve formě paliva. Celková účinnost sestává ze součtu elektrické a tepelné účinnosti a bývá obvykle v rozmezí 80 a 90 %, přičemž elektrická účinnost je obvykle cca 30–50 % celkové účinnosti.

Elektrická účinnost se skládá z násobku mechanické účinnosti motoru a generátoru. Elektrické účinnosti kogeneračních jednotek jsou mezi cca 30 a 40 %. S přibývajícím elektrickým výkonem se zvyšuje elektrická účinnost. Účinnosti jsou výrobci kogeneračních jednotek prezentovány za stavu zkušebních podmínek (trvalý běh, 100% výkon) a jsou v praktickém nasazení většinou menší. Obzvláště je třeba dávat pozor na to, že v praxi se může jet průběžně na plné vytížení jen v těch nejzazších případech a účinnost v částečném provozu je mnohem menší, nežli při plném vytížení.

Odběr tepla

V kogenerační jednotce poháněné spalovacím motorem je produkováno teplo na různých teplotních úrovních a v různých částech soustrojí.



Obrázek 5–5: Elektrická účinnost bioplynové kogenerační jednotky podle údajů výrobce.

Největší množství tepla může být získáno pomocí systému vodního chlazení spalovacího motoru. K vyvedení tepla z uzavřeného oběhu chladné vody se většinou používají deskové výměníky tepla (voda-voda). Vyrobené teplo je následně rozdělováno rozdělovačem k využití.

Teplota výfukových plynů je přibližně 450 až 550 °C. K získání tepla z výfukových plynů se používají trubkové výměníky z nerez oceli (vzduch-voda) nasazené na výfukové potrubí.

Ve vlastním provozu BPS je potřeba tepla s rezervou pokryta z odpadního tepla kogenerační teploty a to jak v zimě, tak v létě. V letním období je velká část tepla mařena na nouzovém chladiči. Vlastní spotřeba tepla pro ohřev fermentorů je na běžné zemědělské BPS od 15 do 30% z objemu výroby.



Obrázek 5–6: Rozdělovač tepla, foto: MT-Energie GmbH

Při prodeji tepla externím odběratelům je třeba dbát na plynulost dodávky tepla, takže často musí být řešeny provozní odstávky KJ. Potenciální odběratelé tepla musí být v relativně malé vzdálenosti (do cca 1 km, jinak se investice do vedení stává nerentabilní). Zvláštní potenciál pro využívání tepla skýtají zušlechťovací a sušící procesy s vysokým nasazením tepelné energie.

Chlazení motorů kogenerační jednotky musí být zajištěno i při chybějícím odběru tepla. Do topného okruhu jsou vždy zařazeny nouzové chladiče motoru, přes které může být nepotřebné teplo mařeno do okolí.

Plynové hospodářství

Abychom mohli bioplyn využít efektivně, kladou plynové motory požadavky na relevantní fyzikální vlastnosti plynu. Hlavním parametrem je tlak, jímž je bioplyn přiváděn k plynovému motoru (většinou 100 mbar) a definovaný objemový proud. Pokud tyto parametry kolísají, případně pokud v reaktoru není produkován dostatek bioplynu, dojde nejprve ke snížení výkonu motoru a následně k jeho odstávce. Plynové hospodářství musí především zajišťovat konstantní průtok a tlak plynu.



*Obrázek 5–7: Kogenerační jednotka s plynovým hospodářstvím,
foto: MT-Energie GmbH*

Zvláštní význam má pak odvodnění plynového potrubí, které musí být vybaveno místy pro shromažďování a odtok kondenzátu.

Provoz, údržba a obsluha, servis a instalační prostory

Využívání bioplynu v kogenerační jednotce předpokládá určité rámcové podmínky, které musí být dodržovány. Vedle vlastního provozu je tu přítom třeba dbát také na předem stanovené intervaly pro údržbu a na požadavky na instalační prostor kogenerační jednotky.

Provoz

Zařízení kogeneračních jednotek pracují na základě různých regulačních, kontrolních a řídicích opatření zpravidla téměř automaticky. Evidence provozu by měla obsahovat následující údaje:

- dosažené provozní hodiny,
- počet startů,
- elektrický výkon,
- teplota chladicí vody,
- tlak chladicí vody
- tlak oleje,
- teplota výfukových plynů,
- tlak výfukových plynů,
- spotřeba paliva,
- vyrobený výkon (tepelný a elektrický).

Tyto údaje jsou zpravidla zaznamenávány automaticky zařízením kogenerační jednotky. Často může být také realizováno propojení mezi řízením kogenerační jednotky se systémem MaR bioplynové stanice, popřípadě přenos údajů přes modem, které také umožňuje dálkové řízení. Denní obchůzka zařízení a vizuální kontrola by ovšem měly být prováděny i přes veškeré elektronické monitorování. U dvoupalivových motorů musí být prováděna evidence obou druhů spotřebovaných paliv.

Pro to, aby motory byly dostatečně zásobeny plynem, musí být zajištěn odpovídající provozní přetlak před vstupem do vlastního plynového systému motoru. To je zajišťováno plynovým kompresorem. Velkou roli pro bezpečný provoz motorů hraje mazací olej, kterým jsou neutralizovány kyseliny, vznikající v motoru. Jeho výměnu, kvůli následkům stárnutí, zašpinění a nitrace, popřípadě kvůli poklesu neutralizační schopnosti, je třeba provádět v pravidelných intervalech v závislosti na druhu motoru, kvalitě spalovaného bioplynu, kvalitě oleje a na počtu provozních hodin. Před výměnou oleje by měl být proveden rozbor oleje ve specializované laboratoři. Podle laboratorních výsledků může být udělána předpověď délky intervalu výměny oleje i o opotřebení motorů. Za účelem prodlouže-

ní intervalu výměny oleje, je často zvyšováno množství používaného oleje zvětšením olejových nádrží.

Údržba

Provoz kogenerační jednotky s bioplynem jako palivem předpokládá dodržování pravidelných servisních cyklů. Dále je nutná preventivní údržba, jako např. výměna oleje a opotřebovaných částí. Nedostatečná údržba může vést k poškození kogenerační jednotky a tím také ke zvýšení provozních nákladů.

Každý výrobce kogenerační jednotky dává k dispozici inspekční plán a plán obsluhy a údržby. Časový odstup doporučených opatření je závislý na faktorech, jako je typ motoru apod. Díky školením, která jsou nabízena výrobcem, je tu možnost provádět některé práce ve vlastní režii.

Vedle plánu obsluhy a údržby jsou nabízeny také servisní smlouvy. Před koupí kogenerační jednotky by měly být vyjasněny podrobnosti servisních smluv, přičemž by mělo být obzvláště dbáno následujících bodů:

- jaká forma smlouvy o servisu je sjednána,
- kdo dodá náhradní díly,
- rychlost reakce na opravy,
- zda smlouva zahrnuje i větší opravy,
- jak budou vyřešeny neplánované problémy.

Doba využití vznětových dvoupalivových motorů činí průměrně 35 000 provozních hodin, což při 8 000 provozních hodinách ročně odpovídá cca 4,5 roků. Pak je potřebná generální oprava motoru, přičemž je většinou vyměněn celý motor, neboť generální oprava se z důvodů nízkých cen motorů nevyplatí. U plynových Ottových motorů lze vycházet ze 60 000 provozních hodin, popřípadě cca 7,5 roku. Zde jsou vyměňovány téměř všechny díly, až na motorový blok a klikový hřídel. Po generální opravě lze očekávat čas chodu ve stejné výši. Odolnost je krom jiného velice závislá na kvalitě paliva, obsluze a údržbě motorů.

Instalační prostory

Kogenerační jednotky by měly být umístěny jen k tomu vhodných objektech, které by měly být opatřeny protihlukovým izolačním materiálem nebo moduly kogeneračních jednotek by měly mít protizvukový kryt. Vedle dostatku místa k provádění údržbářských prací musí být dbáno o dostatečné zásobování vzduchem pro chod motoru. Prostředí, kde je umístěna KJ by mělo být bezprašné a i vzduch nasávaný vzduchotechnikou by měl vykazovat minimální obsah prachových částic. Zvláštní požadavky jsou kladené na skladování olejů pro KJ.

Pro instalaci ve venkovním prostředí jsou nabízeny moduly kogeneračních jednotek, které jsou vestavěny do zvukově izolovaných kontejnerů. Výhodou je přesné uzpůsobení kontejneru pro KJ výrobcem a snížení stavebních nákladů. Další předností může být kompletní montáž zařízení u výrobce kogenerační jednotky s navazujícím testem. Příklady instalace kogenerační jednotky ukazuje obrázek 5–8.



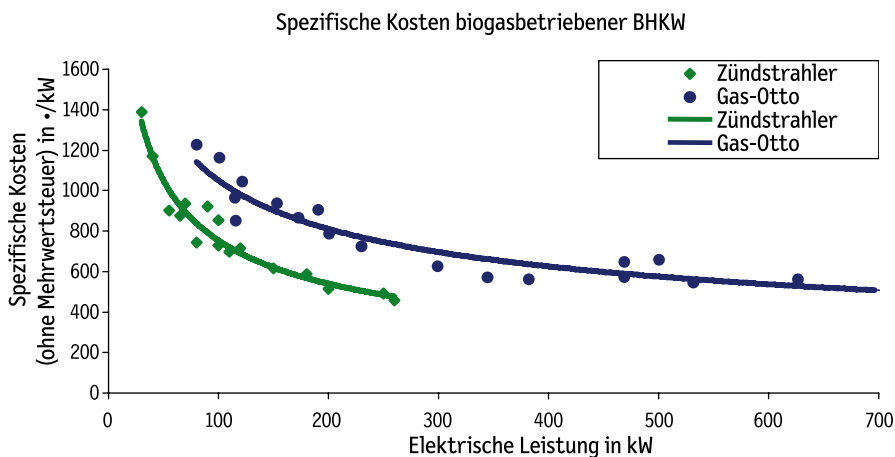
Obrázek 5–8: Kogenerační jednotka- kontejner popřípadě výstavba jedné kogenerační jednotky v budově; foto: Seva Energie AG

Náklady

Náklady na kogenerační jednotky jsou silně závislé na typech motorů. U vznětových dvoupalivových motorů jsou využívány motory, které jsou vyráběny i pro jiné účely, nežli plynové Ottovy motory, díky čemuž jsou

z hlediska pořizovacích nákladů mírně výhodnější. Specifické náklady ubývají s narůstajícím elektrickým výkonem kogenerační jednotky. Při posuzování musí být dbáno na účinnost zařízení. Kogenerační jednotky s vyšší účinností vykazují vyšší náklady, které ale opět mohou být vyrovnány zvýšenou tržbou z prodeje el. proudu.

U vznětových dvoupalivových motorů připadají dodatečně náklady na kapalné palivo, potřebné k provozu.

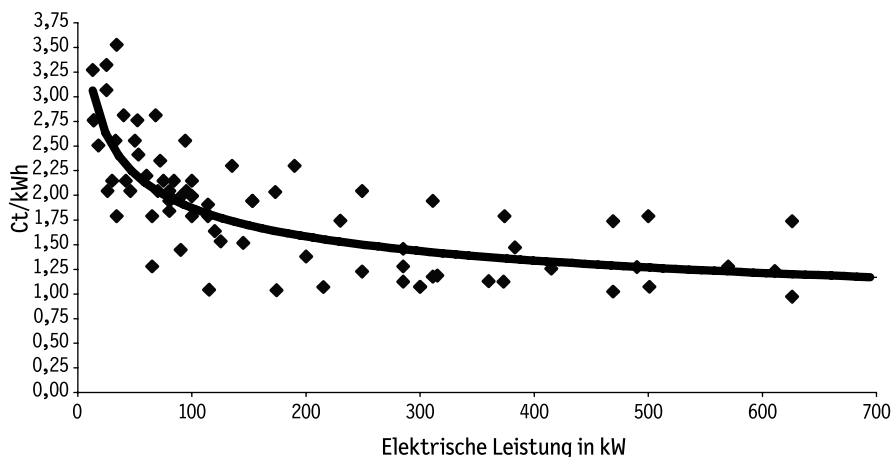


Obrázek 5–9: Specifické náklady bioplynové kogenerační jednotky

Cenová porovnávání mezi jednotlivými kogeneračními jednotkami nejsou příliš relevantní, neboť je obtížné získat podstatná data. Pro porovnání lze doporučit vyžádání si nabídek s velmi detailní poptávkou. Výsledné srovnání se obvykle při detailnějším průzkumu pro jednotlivé typy motorů příliš neliší. Rozhodující tak může být především např. dostupnost servisu, integrace s ostatním zařízením, splnění specifických požadavků apod.

Vedle pořizovacích nákladů by měly být zohledněny též náklady za obsluhu a údržbu a průběžnou údržbu. Tyto náklady jsou silně závislé na nabízených výkonech, popřípadě na obsahu smluv. Jako hrubá doporučená cena může být odhadováno 1 – 1,8 centů za vyrobenou kWh_{el} za smlouvy

o úplné údržbě. Obrázek 5–10 ukazuje přehled cen za smlouvy o kompletní údržbě v závislosti na instalovaném výkonu motoru. Kogenerační jednotky neběží vždy na plnou zátěž, což vede ke zredukování napájených kWh, proto mnozí výrobci určují paušály nákladů podle provozních hodin.



Obrázek. 5–10: Doporučené ceny pro smlouvy za průběžnou údržbu

5.2.3. Využívání Stirlingových motorů

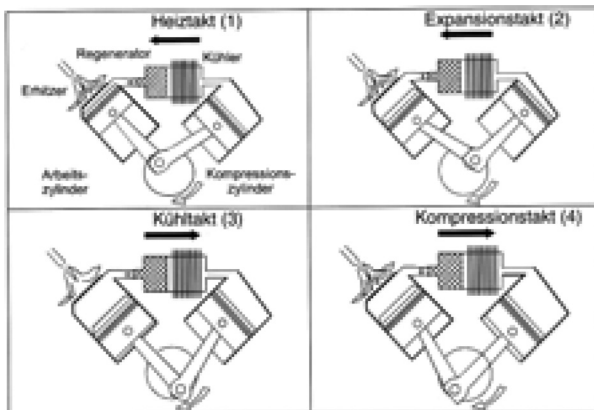
Stirlingův motor je druhem tepelného motoru. Zde píst není (jako u spalovacích motorů) přiváděn do pohybu expanzí topných plynů, nýbrž roztahováním uzavřeného plynu, který se následkem přivodu energie, příp. přivodu tepla z vnějšího zdroje energie, roztahuje.

Hlavní výhodou je skutečnost, že tento motor může pracovat s nejrůznějšími zdroji vnější tepelné energie. Termická účinnost se u motorů s výkonem 1 až 50 kW pohybuje v rozmezí 25 až 33%. Energetická účinnost je v rozmezí 18 až 22%. Dalšími výhodami jsou tichý chod, vysoká životnost či minimální možnost poruchy.

Základní princip Stirlingova motoru spočívá v tom, že plyn při změně teploty vykonává jistou práci spojenou se změnou objemu. Jestliže je pra-

covním plynem pohybováno sem a tam mezi prostorem s konstantně vysokou teplotou a prostorem s konstantně nižší teplotou, je možný plynulý provoz motoru. Tímto je pracovní plyn veden v koloběhu. Pracovní princip je představen na obrázku 5–11.

Nevýhodou je špatná regulovatelnost a malá pohotovost k provozu. Motor vyžaduje také poměrně velký chladič s výkonným ventilátorem a pro dosažení vyšší účinnosti musí pracovat s vysokými tlaky plynu.



Obrázek 5–11: Způsob práce Stirlingova motoru

Výkon Stirlingových motorů je obvykle pod 50 kWel. Teploty odpadního plynu jsou mezi 250 a 300 °C.

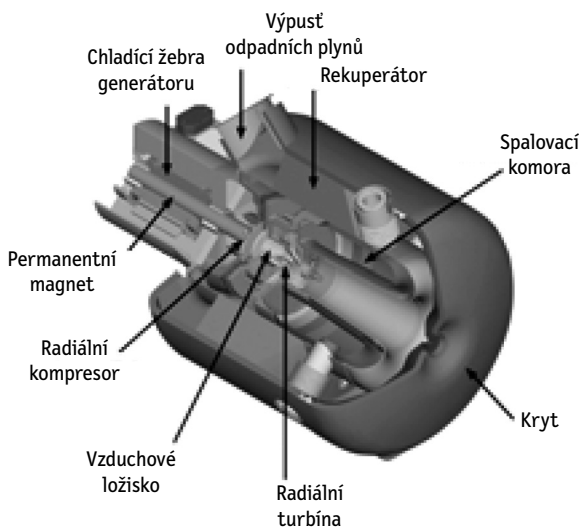
Vzhledem k tomu, že bioplyn není spalován ve vnitřním prostředí motoru (ve válcích) vykazuje malé nároky na kvalitu bioplynu a mohou být používány také plyny s malým množstvím metanu.

Stirlingovy motory poháněné zemním plynem jsou na trhu k dispozici ve velmi malých výkonostních třídách. Aby bylo možno nasadit Stirlingovy motory do bioplynové technologie a byly konkurenceschopné klasické kogeneraci je zapotřebí ještě dalšího vývoje.

5.2.4. Využití v mikroplynových turbinách

Spalovací turbína je tepelný stroj, jehož pracovní látkou jsou spaliny vzniklé spalováním paliva ve spalovací komoře. Palivo je spalováno za pomoci stlačeného vzduchu, ten je před tím stlačen v kompresoru. Většinou se jedná o turbokompresor umístěný na společné hřídeli se spalovací turbínou. Spaliny při průchodu turbínou jejím lopatkám odevzdávají svou kinetickou energii. Energií, nespotřebovanou pro pohon kompresoru, je poháněn generátor za účelem výroby elektrického proudu.

Mikroplynovými turbinami jsou označovány malé, rychle běžící plynové turbíny s nízkými teplotami spalovacích komor a nízkými tlaky. Výkon je obvykle do 200kW. Schéma plynové turbíny je uvedeno na obrázku 5–12.



Obrázek 5–12: Struktura jedné mikroplynové turbíny;
obrázek: G.A.S. Energietechnologie GmbH

Nežádoucí doprovodné látky v bioplynu mohou mikroplynové turbíny poškozovat, proto musí být prováděno čištění a sušení plynu. Mikroplynové

turbíny mohou zpracovávat bioplyn s obsahem metanu od 35 až do 100 %. Odpadní teplo je produkováno pouze ve formě výfukových plynů.

Intervaly provádění údržby jsou přinejmenším u zemním plynem poháněných mikroplynových turbin výrazně delší, nežli u motorů. Někteří výrobci, u bioplynem poháněných mikroplynových turbin, vycházejí z intervalů údržby 4 000 provozních hodin. Praktické hodnoty pro provoz turbin s bioplynem momentálně zatím nejsou k dispozici v dostatečném počtu, takže na stanovené intervaly údržby můžeme pohlížet jen jako na odhad.

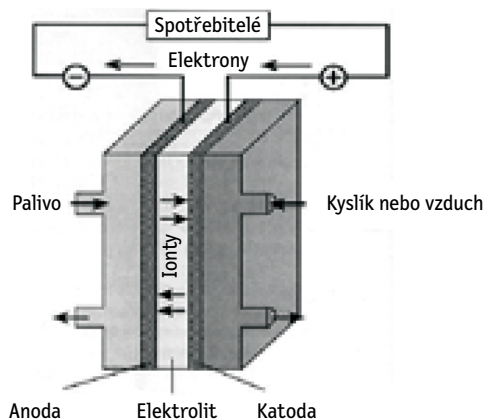
Nevýhodou mikroplynových turbin je relativně nízká účinnost cca 28 %. Také celková účinnost s cca 82 % je často o něco nižší, než u plynových Ottových a vznětových dvoupalivových motorů. Investiční náklady jsou v porovnání s ekvivalenty výkonu, na motorech se základajících využitích bioplynu o 15 až 20% vyšší. Lze očekávat určitý pokles nákladů v návaznosti na potenciální větší rozšíření technologie.

5.2.5. Využití bioplynu v palivových článcích

Způsob využití palivového článku se zásadně liší od obvyklých způsobů přeměny energie. Přeměna chemické energie bioplynu v elektrický proud se koná přímo. Palivový článek garantuje vysokou elektrickou účinnost až k 50 %. Další výhodou jsou minimalizované emise.

Funkční princip palivového článku je porovnatelný s návratností elektrolýzy vody. Při elektrolýze je za přívodu elektrické energie rozštěpena molekula vody na vodík (H_2) a kyslík (O_2). Naproti tomu v palivovém článku reagují vodík (H_2) a kyslík (O_2) za odevzdávání elektrické energie na vodu (H_2O), tímto upotřebí jako „palivo“ vodík a kyslík pro tu elektrochemickou reakci (5–18). Funkční příklad ukazuje obrázek 5–13.

Bioplyn musí být pro použití v palivových článcích upraven. Sulfan (H_2S) je odstraňován biologickým odsiřováním, nebo katalytickým štěpením případně je odstraněn na aktivním uhlí. Následovně probíhá obohacování metanu promýváním plynu s vodní adsorpcí nebo adsorpcí změnou tlaku molekulovým sítem, pokud to využitý typ palivových článků vyžaduje. Současně je prováděno jemné čištění plynu k úplnému odstranění sulfanu a ostatních stopových látek obsažených v bioplynu. S pomocí katalytické



Obrázek 5–13: Funkční princip palivového článku;
kresba: Výzkumný ústav Braunschweig

parní hydrolýzy je metan převáděn na vodík, přičemž tento procesní krok může probíhat uvnitř několika palivových článků. Typy palivových článků jsou pojmenovány podle typů použitých elektrolytů a lze je rozdělovat na nízkoteplotní (AFC, PEM), středněteplotní (PAFC) a vysokoteplotní palivové články (MCFC, SOFC). Který článek se nejlépe hodí pro použití, závisí na způsobu tepelného zhodnocení a na dostupných výkonostních třídách.

5.3 Typy palivových článků

5.3.1. Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC)

Jako elektrolyt slouží iontoměničová polymerní membrána (většinou na bázi kyselých fluorovaných polymerů), která je výborným protonovým vodičem. Vzhledem k tomu, že jedinou kapalinou v tomto typu FC je voda, jsou minimalizovány problémy s korozí. Operační teplota je limitována po-

užitým polymerem, většinou je nižší než 120 °C (ačkoliv v současné době se provádí testy s novými materiály až k 200 °C). Palivem je v tomto případě čistý vodík nebo methanol (DMFC – Direct Methanol FC, používaný většinou v přenosných aplikacích). Jako katalyzátor se využívá především platina, což je příčinou vysoké ceny článků.

5.3.2. Alkaline Fuel Cell (AFC)

Elektrolytem je 35–50% roztok KOH pro teploty <120 °C. Elektrolyt je udržován v porézním materiálu, kterým je ve většině případů azbest. Výhodou tohoto typu FC je možnost využití širokého spektra (levných) katalyzátorů – Ni, Ag, MeO, korund a vzácné kovy. Největším problémem je čistota paliva a oxidačního činidla, kdy i malé množství CO₂ způsobuje znehodnocování elektrolytu (reakcí CO₂ s KOH za vzniku K₂CO₃).

5.3.3. Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)

Tento druh FC pracuje při 150–220 °C, přičemž jako elektrolyt používá 100% kyselinu fosforečnou. Při nižších teplotách má H₃PO₄ horší protonovou vodivost a problém CO jako katalytického jedu pro Pt se stává významnějším. Kyselina fosforečná je stabilnější než ostatní běžné kyseliny, proto je schopná pracovat v širokém rozsahu teplot. Navíc použití 100% kyseliny minimalizuje parciální tlak vodních par, takže udržet správný vodní režim není složité. Matrixem pro zadržení elektrolytu je většinou SiC.

5.3.4. Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)

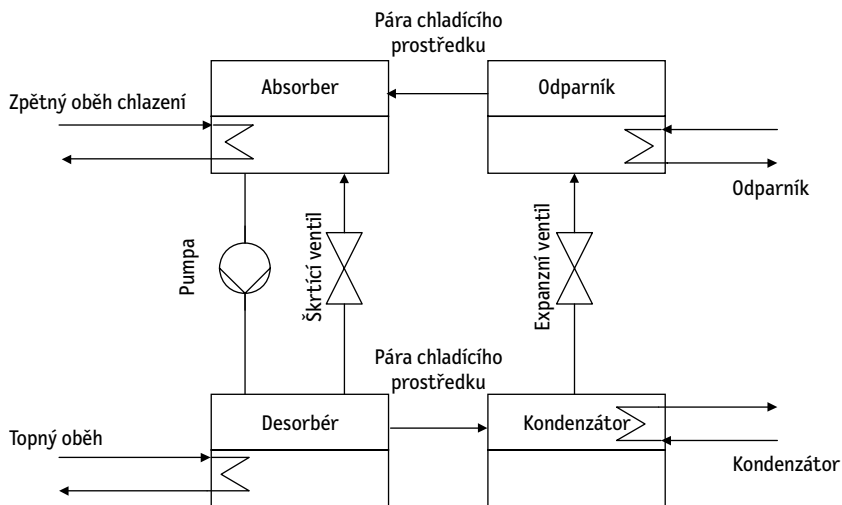
Elektrolytem je většinou směs alkalických uhličitánů, které jsou zadržovány v matrixu LiAlO₂. Provozní teplota je od 500 °C do 700 °C; v tomto rozmezí tvoří směs uhličitánů vysoce vodivou roztavenou sůl, ve které zprostředkovávají vodivost uhličitánové ionty. Díky vysokým teplotám

není nutné používat vzácné kovy pro katalyzátory, využívá se Ni pro anodu a NiO pro katodu.

5.3.5. Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

Tento typ FC je výjimečný tím, že jeho elektrolyt je pevný, neporézní kovový oxid, používá se Y_2O_3 stabilizovaný ZrO_2 . Pracovní teplota je 600–1000 °C, přičemž vodivost zprostředkovávají kyslíkové anionty. Materiálem pro anodu je $Co-ZrO_2$ nebo $Ni-ZrO_2$, pro katodu se používá $LaMnO_3$ dopovaný stronciem. Skutečnost, že elektrolyt je pevný, má velký význam pro zjednodušení systému, vyskytují se zde na rozdíl od všech ostatních typů FC pouze dvě fáze, pevná a plynná.

Pro všechny typy palivových článků jsou společné velmi vysoké investiční náklady od 12 000 €/kW (5–19). Vycházíme-li z aktuálního vývojového stavu, nelze v příštích letech počítat s ekonomicky funkčními systémy výroby energie založenými na palivových článcích.



Obrázek 5–14: Schéma funkce absorpčního chladicího stroje



Obrázek 5–15: příklad absorpčního chladicího stroje na jedné bioplynové stanici, foto: Institut pro energetiku a životní prostředí GmbH

5.3.6. Využití současné výroby tepla a chladu – trigenerace

Plynulý odběr tepla při využívání bioplynu v kogeneračních jednotkách je možný jen ve výjimečných případech. Využívání odpadního tepla však může být rozhodujícím faktorem pro ekonomiku bioplynové stanice.

Při společné výrobě tepla a chladu je chlad získáván z odpadního tepla. Přeměna tepla v chlad se děje tzv. sorpčním postupem, jaký je známý např. z chladniček.

Příklad realizace na bioplynové stanici je k vidění v obr. 5–15.

Většímu rozšíření trigenerace brání především vysoká cena zařízení a nemožnost uplatnit vyrobený chlad v našich zeměpisných šířkách po celý rok.

5.3.7. Další možnosti využití bioplynu bez kogenerace

Tepelné využití bioplynu

Přímé spalování bioplynu k přípravě tepla je možné bez problémů a je dlouhodobě využíváno např. na menších ČOV. U hořáků a kotlů, které ob-

sahují části z barevných kovů či běžné oceli, je nutno počítat kvůli sulfanu obsaženému v bioplynu se zvýšenou korozí částí kotle.

Pro spalování bioplynu se používají jednak atmosférické hořáky a dmychadlové hořáky. Atmosférické přístroje odebírají spalovací vzduch z okolí samonasáváním, potřebný přetlak hořáku je cca 8 mbar. U dmychadlových hořáků je spalovací vzduch přiváděn dmychadlem. Potřebný přetlak hořáku je minimálně 15 mbar. K přípravě potřebného přetlaku plynu je nutné využití plynových kompresorů (5–3).

Bioplyn může u odpovídajících hořáků být také přidán k ostatním palivům. Potřeba bioplynu čistě k výrobě tepla, není ovšem především v zemích, kde je podporována výroba elektrické energie z OZE tak dalece rozšířena.

Napájení do sítě zemního plynu

Napájení sítě zemního plynu upraveným bioplynem by do budoucna mohlo představovat další efektivní možnost využití bioplynu. Bioplyn by už nebyl používán v místě výroby, ale např. v lokalitě, kde je zajištěn efektivní odběr tepla či vyšší zhodnocení elektrické energie.

Abychom mohli bioplyn napájet do sítě zemního plynu, je potřebné čišťení, popřípadě úprava bioplynu na kvalitu zemního plynu dle příslušné legislativy. Abychom dosáhli požadovaných charakteristických hodnot, musí být bioplyn sušen, zbaven CO₂ a dalších nežádoucích příměsí (především sulfanu). Vedle vlastní úpravy je třeba zajistit zvýšení tlaku plynu na příslušný tlak ve vedení zemního plynu. Kromě toho musí být zajištěn transport upraveného bioplynu vedením k vlastnímu místu napájení.

Zařízení pro úpravu bioplynu jsou zatím poměrně drahá a dále vykazují relativně vysokou spotřebu energie.

V praxi existují napájecí zařízení bioplynu ve Švédsku, v Nizozemí a nové aplikace v Německu.

Pohonné hmoty pro automobily

Ve Švédsku a ve Švýcarsku je upravený bioplyn už delší dobu používán jako pohonná hmota pro autobusy a nákladní vozy. Také v Německu bylo

realizováno několik projektů, ovšem větší rozšíření technologie zatím ne-
našla i kvůli vysoké ceně vozidel.

Má-li být bioplyn používán jakožto pohonná hmota pro automobily, musí být upraven pro použití v nyní obvyklých automobilových motorech, na akceptovatelnou kvalitu. Vedle odstranění na motor korozivně působících látek – jako např. sulfanu, musí být z bioplynu odstraněn také podíl oxidu uhličitého (CO₂) a rovněž tak i vodní pára. Zařízení na úpravu kvality bioplynu je tak shodné jako v případě jeho využití v síti zemního plynu.

Základním problémem využití bioplynu v dopravě je kromě čištění i nutnost významného stlačení pro jeho využití v nádržích vozidel.

6 KVALITA A ZHODNOCOVÁNÍ FERMENTAČNÍHO ZBYTKU

6.1 Změny vlastností substrátu fermentačního procesu

Složení zkvašené biomasy (obsah dusíku a další živiny a škodliviny) je závislé na délce skladování, původu a složení výchozího substrátu a na parametrech určujících průběh kvašení (např. na teplotě, prostorovém zatížení).

Obsah organické sušiny výchozího substrátu je fermentací zmenšen o přibližně 24–80 %, neboť velká část sloučenin uhlíku organické sušiny (TS) je rozložena na metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2) a je energeticky využita jako technicky zhodnotitelný plyn (bioplyn).

Stupeň rozložení organické substance *statkových hnojiv* závisí na různých parametrech. Přitom hraje rozhodující roli druh zvířat. U kejdy skotu lze vycházet ze stupně rozkladu průměrně od 30 % (u dobytka chovaného k produkci mléka) až do 40 % (u dobytka chovaného pro výkrm), u prasečí kejdy od 40 do 50 % a u drůbeží kejdy od slepic a kuřat jsou dokonce naměřeny stupně rozložitelnosti od 45 % až do 65 %.

Prasečí a drůbeží kejda vykazují vyšší obsah tuků a uhlohydrátů, proto mají v porovnání s tekutým hnojem skotu vyšší obsah odbouratelné energie.

Při použití cíleně pěstovaných plodin se počítá s vyšší mírou odbouratelnosti a vyšším stupněm rozložitelnosti organické hmoty.

Vedle specifických parametrů (druh a chov zvířat) ovšem mají rozhodující vliv na míru odbouratelnosti a stupeň rozložitelnosti organické hmoty také procesně podmíněné parametry průběhu fermentace. V této souvis-

losti je třeba jmenovat obzvláště parametry jako teplotu a prostorové zatížení fermentovaného materiálu ve fermentoru.

Tabulka 6–1 dává přehled o charakteristických znacích látek z fermentovaných statkových hnojiv, popřípadě směsí kejdy a substrátu, které byly získány laboratorními a praktickými výzkumy.

Fermentování snižuje také viskozitu kejdy, obzvláště té hovězí. K tomu přispívá zmenšování obsahu sušiny rozhodujícím způsobem, ale také rozklad slizových látek.

Dále je určována viskozita kejdy – podle „plynových bublinek“ (oxid uhličitý a metan), nacházejících se uvnitř. Fermentací jsou tyto plyny uvolňovány a tím je viskozita snižována.

Eliminuje se též typický zápach kejdy. T Redukce organických kyselin přispívá jak k úbytku zápachu, tak ke snížení agresivního působení.

Rozkladem organické hmoty se uvolňuje dusík. Většina uvolněného dusíku se v substrátu nachází v substrátu ve formě amonných iontů (NH_4^+). Z toho vyplývá zvýšení podílu amonných iontů ve fermentačním zbytku – cca 5–10 % u kejdy. Je-li zfermentován hnůj, může se podíl amonných iontů zdvojnásobit.

Hodnota pH nezfermentované kejdy se pohybuje v neutrální, popř. ve slabě alkalické oblasti.

Po fermentaci metanu je zaznamenáváno zvýšení hodnoty pH ve fermentačním zbytku na 8 nebo na 8,5. To má vliv na uvolňování amoniaku z fermentovaného substrátu.

Při hodnotě pH 7,1 bývá organický podíl dusíku v kejdě k dispozici téměř výlučně coby amoniový dusík, který nemůže unikat ve formě plynu. Se stoupající hodnotou pH jsou amonné ionty přeměňovány v amoniak. Podíl amoniaku v kejdě tímto narůstá, oproti čemuž podíl amonných iontů proporcionálně ubývá. Při hodnotě pH 8,0 činí podíl amonných iontů asi 20%. Vysoký obsah volného amoniaku může vést během skladování a především při vyvážení fermentačního zbytku k výrazným ztrátám.

Celkové obsahy dusíku nejsou fermentačním procesem snižovány. Další látky, jako **fosfor, vápník, draslík a hořčík**, nejsou biologickým procesem změněny. Část fosforu bude jako v případě dusíku převedena do anorganické formy (lépe přístupné rostlinám). Draslík a hořčík bývají ve statko-

Tabulka 6–1. Charakteristické znaky látek fermentačního zbytku různých výchozích substrátů

Substrát	Rozklad org. substance (%)	Rozklad org. kyselin (%)	Podíl amoniaku na celkovém dusíku	Hodnota pH
Hospodářská hnojiva				
Prasečí kejda	54	83	70	7,7
Prasečí kejda	40	76	72	
Separovaná prasečí kejda			73	7,9
Separovaná kejda dobytka chovaného k produkci mléka	24	68	50	7,9
Hovězí kejda	30		47	
Separovaná hovězí kejda			63	8,3
Býčí a volská kejda	52		74	8
Drůbeží kejda slepic a kuřat	67		85	8,2
Hnůj hovězího dobytka a prasat (bioprovoz)	48		71	7,5
Hospodářská hnojiva				
Směs ze silážní kukuřice, slunečnicové siláže, siláže luční trávy a tekutého býčího a volského hnoje	80		58–64	7,8

vých hnojivech rozpuštěné a jsou snadno přístupné rostlinám, takže žádné změny, stojící za zmínku, nelze skrze fermentační proces očekávat.

Výše **koncentrací škodlivých látek** ve fermentačním zbytku jsou v podstatě určovány používanými substráty

O rozkladu **organických škodlivin** (jako jsou dioxiny, furany, polychlorované bifenylly atp.) v bioplynových stanicích je toho málo známo. Zkoumání v anaerobních čistírnách odpadních vod nám potvrzuje, že rozklad těchto látek v bioplynových stanicích není významně urychlen. Důležitý je ale hygienizační účinek fermentace, který snižuje přítomnost patogenních mikroorganismů.

K eliminaci patogenů rostlin popř. zvířat a zejména lidí je třeba pamatovat na hygienizační (70 °C) nebo dokonce na sterilizační jednotu (133 °C) pro substráty zvířecího původu, podle práva EU.

Zárodky patogenních organismů jsou usmrcovány nejen v hygienizační jednotce, ale také ve fermentoru, především při termofilním režimu. Je to závislé na době pobytu substrátu, na provozní teplotě a na fyzikálně-chemických podmínkách ve fermentoru.

Epidemicko-hygienicky podezřelé bakterie (např. salmonely) jsou za mezofilních podmínek zničeny a potlačeny zpravidla během několika málo dní na 90 %. Za termofilních podmínek je to možné i během několika málo hodin. Ovšem za mezofilních provozních podmínek (35 °C) můžeme v biofermentoru ještě i po dvaceti dnech doby prodlevy znovu najít kolem 10% těch bakterií. Jsou-li zařazeny dva biofermentory za sebou, stoupne tato redukce zárodků až na 99%.

V termofilních zařízeních a za hydrolytických podmínek ve dvoustupňovém procesu nastává zánik semen plevelů rychleji, ale k výraznému omezení klíčivosti semen dochází i v mezofilních podmínkách.

6.2 Skladování fermentačního zbytku

Při skladování hospodářských hnojiv může docházet k emisím plynů zvyšující skleníkový efekt, jako metanu (CH_4) nebo oxid dusný (N_2O) a rovněž tak k emisím amoniaku (NH_3) a zapáchajících látek.

6.2.1. Emise amoniaku

Důsledkem fermentace stoupá podíl amoniaku ve fermentačním zbytku a vede ke zvýšení hodnoty pH. Díky tomu stoupá potenciál emisí amoniaku z fermentačního zbytku. Emise amoniaku se ovšem vyskytují převážně během vynášení substrátu a mohou být volbou aplikační techniky a agromických lhůt výrazně ovlivněny.

Tabulka 6–2: Amoniak, metan, oxid dusný a klimaticky významné emise během skladování a podle vynášení kejdy dobytka chovaného pro mléko a prasečí kejdy.

	ošetření	amoniak (g/m ³)		metan (g/m ³)		oxid dusný (g/m ³)		GHG* (% CO ₂ ekv.)
Kejda mléčného skotu	neošetřena	227	100	4047	100	24	100	100
	zfermentována	230	101	1345	33	31	130	41
Prasečí kejda	neošetřena	211	100	866	100	56	100	100
	zfermentována	263	125	217	25	77	138	80

* Emise skleníkových plynů

6.2.2. Emise skleníkových plynů (GHG)

Ohledně vlivu různých postupů zpracování tekutého hnoje na rozsah plynových emisí byl proveden výzkum, jehož výsledky jsou uvedeny v tabulce 6–3 a 6–4.

Výsledky potvrzují, že zpracování v bioplynové stanici produkci skleníkových plynů výrazně omezuje.

Jak lze vyčíst z tabulek 6–2, 6–3 a 6–4, výroba bioplynu snižuje celkově emise skleníkových plynů z kejdy o 60–75 %. Ke snížení emisí dochází především u metanu.

Uvolňování metanu do volné atmosféry ze zkvašené kejdy je značně zmenšováno anaerobním procesem, neboť právě tvorbou bioplynu v biofermentoru byla metabolizována část organické hmoty. Stupeň snížení emisí metanu závisí na **stupni rozložení** organické hmoty a tedy na mnoha faktorech souvisejících s intenzitou fermentačního procesu (doba zdržení, teplota apod).

Na základě víceletých výzkumů platí tímto všeobecné doporučení pro provozovatele zařízení:

- dobra zdržení u kejdy skotu by neměla být kratší než 35 dnů a u kejdy prasat a většiny biologicky rozložitelných odpadů by měla být alespoň 25 dnů

Tabulka 6–3: Emise amoniaku, metanu, oxidu dusného a přepočtený ekvivalent skleníkových plynů během skladování a po aplikace kejdy mléčného skotu

ošetření	amoniak (g/m3)		metan (g/m3)		oxid dusný (g/m3)		GHG1 (% CO ₂ ekv.)
neošetřen	227	100	4047	100	24	100	100
separován	403	178	2363	58	29	120	63
zfermentován	230	101	1345	33	31	130	41
slaměné rohože	320	141	4926	122	53	220	130
provětrání	423	186	1739	43	54	227	58

¹ Emise skleníkových plynů

Tabulka 6–4: Emise amoniaku, metanu, oxidu dusného a přepočtený ekvivalent skleníkových plynů během skladování a po aplikace kejdy prasat

ošetření	amoniak (g/m3)		metan (g/m3)		oxid dusný (g/m3)		GHG* (% CO ₂ ekv.)
neošetřen	211	100	866	100	56	100	100
separován	314	149	249	29	41	74	51
zfermentován	263	125	217	25	77	138	80
slaměné rohože	254	121	906	105	168	298	199
provětrání	728	345	1328	153	559	995	28

* Emise skleníkových plynů

- kofermentace energoplovin je pro kukuřici doporučována doba zdržení alespoň 44 dnů a u travní hmoty alespoň 50 dnů.

Zastřešení (zakrytí) skladovacích jímek může znamenat snížení emisí. „Plynotěsné“ zastřešení skladovací jímky navíc umožňují dodatečně zhodnotit a zachycovat bioplyn, který se tvoří ve skladovací jímce, toho může být až 5 %.

Závěrem lze říci, že anaerobní digesce značně snižuje emise metanu. Při skladování fermentačního zbytku bychom však měli dbát následujících bodů:

- dimenzování fermentoru – s ohledem na dostatečně dlouhou dobu zdržení se zohledněním složení substrátu
- zvyšovat rozklad substrátu pomocí vhodných opatření
- zvážit plynotěsné zastřešení skladovací jímky.

Ohledně emisí **oxidu dusného** ukazují různé výzkumy velmi rozdílné výsledky, nelze tedy udělat jednoznačný závěr, jak anaerobní fermentace ovlivňuje emise tohoto plynu.

6.3 Hnojivé účinky fermentačního zbytku

Při používání fermentačních zbytků, stejně tak jako při používání neošetřených statkových hnojiv, je třeba dbát následujících zásad:

- aplikaci provádíme vhodnou technikou, abychom se vyvarovali ztrátám živin, především dusíku
- po aplikaci hnojiva je v co nejkratší možné době zapravíme do půdy
 - nepoužívat, když je půda není schopna pojmout (je-li pokryta sněhem, do hloubky promrzlá, nasycená vodou).

Výši dávek hnojiva je vhodné stanovit dle potřeby živin jednotlivých plodin.

6.4 Hnojení dusíkem a jeho dostupnost rostlinám

Rozkladem pevných organických látek se zmenšuje obsah sušiny, zvyšuje se homogenita a snižuje se velikost jednotlivých částic substrátu.

Pro využití digestátu jako hnojiva mají velký význam následující změny fermentačního zbytku:

- zlepšená tekutost,
- snížení agresivity vůči rostlinám (popálení) rozkladem organických kyselin,
- zmenšení poměru uhlíku k dusíku a rychlejší působení především dusíku.

Dobrá tekutost způsobuje méně problémů při přečerpávání, homogenizaci a vyvážení digestátu. Toto má využití obzvláště při náročné aplikační technice kejdy (vlečné hadice), potřebné ke snižování emisí amoniaku. Fermentační zbytek, popříp. kejda, obzvláště kejda s obsahem sušiny pod 4 až 5%, odtéká lépe z porostu do půdy. Anaerobní digesce snižuje riziko popálení rostlin, které se projevuje většinou tehdy, když je aplikována čerstvá kejda, neboť obsahuje velké množství organických kyselin.

Poměr uhlíku a dusíku ve fermentačním zbytku se ztenčí následkem metanového kvašení – odpovídající stupni vyhnití od asi 9 : 1 na cca 5–6 : 1 u kejdy, popříp. z 15 : 1 na 7 : 1 u pevného hnoje. Toto způsobí menší (snížené) vázání dusíku v organické hmotě, ale také v půdě a následně o něco lepší okamžitou dostupnost dusíku rostlinám, při použití fermentačního zbytku v pěstování rostlin.

6.4.1. Výsledky pokusů hnojení dusíkem

Na přijatelnost dusíku rostlinám nemá hlavní vliv to, zda byla kejda fermentována či nikoli, ale jakým způsobem je kejda či vzniklý digestát aplikován na půdu, neboť tím můžeme výrazně ovlivnit ztráty dusíku. Většina dusíku je ve hnoji vázána na organickou hmotu, a tak je přijatelného dusíku v prvním roce aplikace relativně málo. Fermentační proces způsobí znatelný vzestup obsahů amoniakálního dusíku (zhruba z 10 na 30 % z celkového dusíku). Přístupnost dusíku se tak zvýší v prvním roce aplikace asi o 50 %.

6.5 Působení ostatních živin digestátu na rostliny (např. P, Ca, K)

Při používání kejdy, ať neošetřené nebo fermentované v bioplynové stanici, můžeme vycházet z toho, že fosfor a draslík mají obdobnou přístupnost jako minerální hnojiva. Ačkoliv u vyhnílé kejdy byla prokázána vyšší rozpustnost fosforu v 0,1 N HCl, nebyly v nádobových pokusech zjištěny žádné rozdíly v působení mezi neošetřenou a ošetřenou kejdou.

Tvorba bioplynu je spojena s rozkladem organické hmoty. Jedná se především o lehce přeměnitelnou část, makromolekulární látky jako je celulósa a lignin zůstávají nerozloženy a po aplikaci do půdy mohou být využity pro tvorbu humusu. V modelových pokusech s fermentačními zbytky z prasečí kejdy byla zjištěna stejná tvorba jako s neošetřenou kejdou

6.6 Techniky aplikace fermentačního zbytku

Správná aplikace fermentačního zbytku vyžaduje vhodný termín, rovnoměrnou dávku a v případě aplikace do porostu co možno nejmenší zasažení rostlin. Technický vývoj posledních let vedl k vývoji širokého spektra přesných aplikátorů. Základní rozdělení aplikátorů je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 6–6: Přehled aplikátorů

Zařízení k aplikaci	Aplikace substrátu
Širokoúhlý rozptylovač	Tekutý hnůj, popř. fermentační zbytky po celé ploše
Vlečná hadice	Tekutý hnůj, popř. fermentační zbytky v pruzích na ploše půdy
Disky	Tekutý hnůj, popř. fermentační zbytky v horní oblasti ornice
Injekčně	Tekutý hnůj, popř. fermentační ve střední vrstvě ornice

Tabulka 6–7: Pracovní rozměry různých aplikátorů

	Pracovní šířka (m)	Pracovní hloubka (cm)	Doplnkové náklady oproti širokoúhlému rozptylovači	Použití např. na				
				Sklizené pole	Strniště	Stojící obilí	Stojící kukuřičí	Louky a pastviny
Širokoúhlý rozptylovač	6–12	0		+	+	+	0	+
Vlečná hadice	9–24	0	0,77	+	+	+	+	+/0
Injekční aplikace	3–6	5–15	3,07	+	+	–	–	–

+ = vhodné; 0 = podmíněně vhodné; – = nevhodné

Pro aplikaci zfermentované kejdy je třeba obzvláště vyzdvihnout vhodnost distributoru s vlečnou hadicí. Ten se hodí obzvláště pro ornou půdu a může být používán jak na neosetém poli, tak v mladém porostu. Přednost techniky vlečných hadic spočívá v v přímé aplikaci kejdy na povrch zeminy aniž by se dostaly do kontaktu s částmi rostlin nebo aniž by částice substrátu letěly vzduchem, tím je výrazně sníženo riziko ztrát dusíky a uvolňování nežádoucích emisí. Obzvláště u řídce tekutých hospodářských hnojiv lze počítat se zřetelným efektem na snížení emisí amoniaku (ztrát dusíku). U močůvky, prasečí kejdy a také u anaerobně zkvašené kejdy skotu můžeme na polích, kde už jsou rostliny ve stavu růstu, počítat se snižováním emisí amoniaku od 30 až do 50 % dusíku.

7 DOSLOV

Mezi lety 2006 až 2009 bylo podáno 450 žádostí o připojení bioplynových stanic do veřejné el. sítě a do provozu bylo uvedeno okolo 90 nových BPS, jejichž celkový elektrický výkon činil cca 70 MW. Většina těchto stanic využívá cíleně pěstovanou biomasu a zemědělské přebytky.

Provoz a budování BPS přináší řadu výhod. V současnosti prochází evropské zemědělství transformací, dochází k využívání i nepotravinářských výrobků a čím dál častěji se hovoří o nutnosti udržitelné podoby zemědělství. Budoucí postavení venkova a zemědělství mohou posílit právě zemědělci, kteří se rozhodli podnikat s výrobou bioplynu. Zkušenosti z posledních let z Rakouska, Německa, ale i z České republiky, naznačují, že BPS mají významný pozitivní přínos pro venkov a zemědělství, jsou stabilním a novým zdrojem příjmů pro zemědělce, využívají zbytky ze zemědělství, produkují „čistou“ energii, kvalitní hnojivo, vytvářejí či stabilizují pracovní místa. Přispívají také k ochraně životního prostředí a k energetické nezávislosti země.

Tato příručka měla za cíl seznámit potenciální zájemce o tento obor podnikání s nezákladnějšími informacemi, dala si však za cíl též seznámit již stávající podnikatele s poznatky, které jim pomohou v dalším provozu.

Průvodce výrobou a využitím bioplynu

Vydal:

CZ Biom – České sdružení pro biomasu

Drnovská 507, 161 06 Praha 6

Korespondenční adresa: U Čtyř domů 1201/3, 140 00 Praha 4

email: sekretariat@biom.cz

www.biom.cz

2009

CZ Biom je nevládní nezisková a profesní organizace podporující rozvoj využívání biomasy jako obnovitelné suroviny, rozvoj fytoenergetiky, kompostárenství, využití bioplynu a dalších biopaliv v České republice. Sdružuje významnou část odborníků, podnikatelů, firem a dalších subjektů činných v oblasti využívání biomasy. Svou činností navazuje na evropskou asociaci pro biomasu AEBiom, je členem Evropské kompostářenské sítě ECN a Německého bioplynového svazu.

Hlavní činnosti CZ Biom:

- poskytování informací
- správa informačního systému www.biom.cz a časopisu BIOM
- vedení členské sekce
 - informační a rozvojová základna pro členy sdružení
 - pomoc při získávání a tvorbě národních či evropských projektů a grantů
 - strategický lobbying
 - možnost vlastní inzerce a publikační činnost v médiích
- příprava a tvorba národních a mezinárodních projektů
 - odborné studie, posudky a konzultace
 - koncepce, strategie, analýzy
 - projekty vědy a výzkumu
 - pořádání seminářů a konferencí
- podpora environmentální státní energetiky
 - sledování trhu s biomasou
 - komunikace se státní správou
 - podpora tvorby legislativy
 - podpora výzkumu a vývoje



Udržitelné hospodaření s biomasou

Biomasa je obnovitelný přírodní zdroj s mnohostranným použitím. Cílem CZ Biom je v maximální míře podpořit udržitelné nakládání s tímto zdrojem. V blízké budoucnosti budeme moci v tzv. biorafinériích vyrábět téměř vše, co potřebujeme k životu od rozložitelných plastů po kapalná a plynná biopaliva tzv. druhé generace. Ať již využíváme biomasu jakýmkoli způsobem, vždy je nutné uvažovat v uzavřeném cyklu: Biomasu je možné využívat pouze do té míry, v jaké se dokáže obnovovat. Důležitý je také koloběh živin a uhlíku.