



**Technika analýzy infra-
červenou spektroskopií
(NIRS) v reálném čase pro
bioplynové stanice**

Technika analýzy NIRS v reálném čase pro bioplynové stanice

S ohledem na předpokládané ubývání fosilních paliv a značně rostoucí potřebu energie jak ve vyspělých tak i v rozvojových zemích již není celosvětový nedostatek energie pouhou utopií. Dohledný vývoj cen za energii nyní mění dosavadní obnovitelné formy energie (zajímavé z ekologického pohledu) na ekonomicky lukrativní.

Kromě solární a větrné energie je zde právě velmi zajímavý bioplyn, protože pouze tato technologie může spolehlivě a nezávisle na počasí poskytovat různé formy energie, jako je elektrický proud, teplo a plyn. Bioplyn nezávisí na zatížení okolními podmínkami a jako jediná obnovitelná forma energie poskytuje energii trvale, nezávisle na slunečních a povětrnostních podmínkách.

Výroba bioplynu představuje část uzavřeného koloběhu látek v přírodě a tím je neutrální na obsah CO₂. Lze k ní využít řadu různých organických látek od odpadů z potravinářské výroby přes kejdu až po cíleně pěstovanou biomasu. Tímto účinně přispívá k ochraně životního prostředí a ke snižování emisí amoniaku a metanu při klasickém zpracování kejdy.

Německo je v technologii této formy energie na špičce a se 4.500 provozovaných bioplynových stanic (2009) a 1.600 MW instalovaného elektrického výkonu je doposud největším dodavatelem bioenergie. Německá technologie v oblasti bioplynu je proto již dnes populárním vývozním artiklem.

Technologie přesto skrývá značný potenciál, protože provoz v bioplynových stanicích není často optimální. Ačkoliv jsou citlivé mikrobiologické průběhy procesů všeobecně známy, stěží se doposud daří zjišťovat přesné informace o aktuálním stavu procesu. Proto se bioplynové stanice často provozují v nekritickém rozmezí, avšak rovněž i v rozmezí částečného vytížení s nedostatečnou výkonností.

K řízení bioplynové stanice s moderní technikou řízení a regulace procesu tak, aby běžela v horním pásmu výkonu, je zapotřebí průběžně zjišťovat stavy procesů ve stanici, aby bylo možné okamžitě identifikovat vliv řídicích zásahů. Toto nebylo dosud možné. Tato technologie je konečně k dispozici pomocí infračervené spektroskopie v reálném čase. Lze ji instalovat jak do stávajících systémů, tak s ní především uvažovat při koncepci nových zařízení.

m-u-t – Váš spolehlivý partner v optické měřicí technice

Společnost m-u-t vyvíjí a vyrábí od roku 1995 měřicí techniku pro náročné zákazníky v oblasti zdravotní techniky a techniky pro životní prostředí. Těžiště naší práce spočívá v analýze látek metrokopickou metodou s viditelným světlem a infračerveným zářením (NIR). Řešení, která dnes nabízíme v zemědělství, tak spočívají v know-how z 15leté zkušenosti vycházející z průmyslového použití této technologie.

Obsah



2 Proces tvorby bioplynu

3 Řízení procesu v bioplynové stanici

Důležité ukazatele k řízení procesu tvorby bioplynu

Parametry kontroly prováděné ke včasnému zjištění závad v procesu

Nedostatečné vytížení v „neprůhledném“ systému

Efektivně řízený proces tvorby bioplynu

5 Infračervená spektroskopie (NIRS) v analýze látek

Spektrální otisk prstu

Kalibrace a měření online

Referenční analýzy

Systémové přednosti analýzy NIRS

6 Analýza infračervenou spektroskopií (NIRS) v reálném čase

Měřicí hlava

Centrální jednotka

Referenční analýzy s nízkými náklady

Měření v reálném čase ve vteřinových impulsích

8 Ekonomické využití analýzy NIRS v reálném čase

Všeobecná ekonomická rezerva ve výkonnosti

Zvyšování výkonnosti pomocí analýzy v reálném čase

Vzorové příklady

10 Systém analýzy NIRS pro analýzy v reálném čase

Měřicí hlava se samočinným nastavováním referencí

Integrovaná centrální jednotka

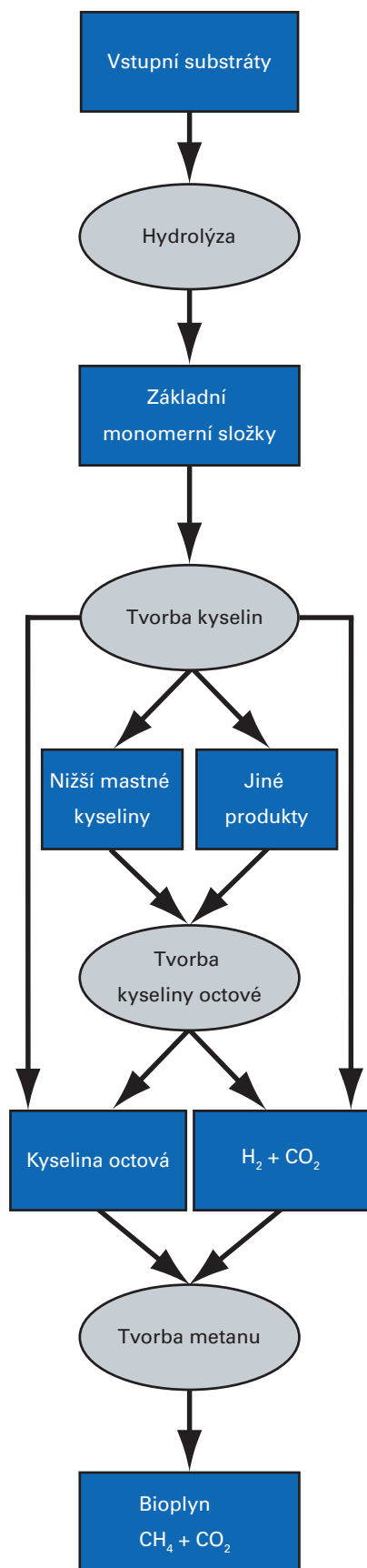
Referenční data a kalibrační modely

Systém TENferm v bioplynové stanici

12 Technická data k systému TENferm

13 Další literatura

Proces tvorby bioplynu



Bioplyn vzniká při anaerobním rozkladu (fermentaci) organických látek, k němuž dochází působením mikroorganismů, na metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2). Ekonomické zhodnocení bioplynu je buď místní, vyrábí se elektrická energie v blokových tepelných elektrárnách (kogenerace, BKHW), nebo se surový bioplyn upravuje na kvalitu zemního plynu a dodává do rozvodné plynové sítě.

Tvorba bioplynu je velmi složitý proces, který se skládá z několika fází. Tento proces určují nejrůznější mikrobiologické, chemické a fyzikální faktory. Důležitým faktorem je původní materiál. Typické vstupní substráty k získávání bioplynu jsou biologické odpady a zbytky ze zpracování potravin, tuhá a kapalná hospodářská hnojiva a také cíleně pěstované energetické rostliny (obnovitelné suroviny).

K procesu přeměny organických látek na bioplyn, který podle dnešního pojetí probíhá ve čtyřech fázích, dochází současně v prostoru a čase v jednom nebo několika procesních zásobnících (fermentorech) za přítomnosti společenství mikroorganismů.

- Prvním krokem je nejprve hydrolýza polymerních sloučenin jako jsou polysacharidy, bílkoviny a tuky na základní monomerní složky pomocí extracelulárních enzymů fakultativně anaerobních bakterií.
- Poté následuje fáze tvorby organických kyselin, při níž se monomery působením stejných bakterií mění na nižší mastné kyseliny (s krátkým řetězcem), alkoholy, vodík a oxid uhličitý.
- Z těchto meziproduktů však mohou mikroorganismy následujících fází přeměňovat přímo na metan pouze kyselinu octovou a také vodík a oxid uhličitý.
- Proto se ve třetí fázi provádí odbourávání zbývajících vyšších organických kyselin na kyselinu octovou.
- Při čtvrté a poslední fázi, tvorbě metanu, se z kyseliny octové vytváří působením obligátně anaerobních mikroorganismů metan a oxid uhličitý. Podobné mikrobiální kmeny pak pomocí molekulárního vodíku redukuje oxid uhličitý (vytvořený v předcházejících fázích) na metan.

Řízení procesu v bioplynové stanici

Mezi obnovitelnými energiemi získává po celém světě na významu výroba elektrického proudu a biometanu. Základem je anaerobní odbourávání organických materiálů a zbytkových látek. Tento několikafázový proces v citlivém biochemickém systému určují ve složitých závislostech četné mikrobiologické, chemické a fyzikální faktory.

Důležité ukazatele k řízení procesu tvorby bioplynu

Důležité kvalitativní parametry procesu tvorby bioplynu, které se využívají k bilancování toku látek a charakteristice stálosti procesu, lze v zásadě měřit pomocí NIRS:

Surové substráty

- sušina (TS)
- organická sušina (oTS)
- základní živiny (tuky, proteiny, polysacharidy, cukr, škrob)
- podíly vláknin (NDF, ADF, ADL)
- možnost získání metanu (odvozeno z obsahu základních živin)

Obsah fermentoru

- sušina, organická sušina
- kyselina octová, kyselina propionová, apod.
- ekvivalent kyseliny octové *
- FOS / TAC **
- hodnota pH
- amoniakální dusík

Zbytek po fermentaci (digestát)

- sušina, organická sušina
- hnojivé živiny (N, amonium-N, P, K)
- možný zbytkový plyn (analogicky ke vstupním substrátům)

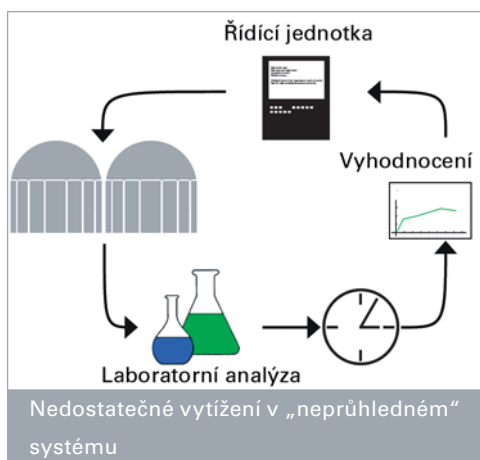
Parametry kontroly prováděné ke včasnému zjištění závad v procesu

Ke zjištění možných závad v procesu by se měly parametry ve fermentoru neustále kontrolovat. Toto mohou být jednak přímé meziprodukty látkové přeměny, jednak hodnota pH, FOS / TAC, redox potenciál nebo jiné veličiny.

Nedostatečné vyřízení v „neprůhledném“ systému

Převážná část bioplynových stanic je doposud pouze v malé míře vybavena měřicí, řídicí a automatizační technikou. Dosud se soustavně eviduje jenom málo procesních parametrů, jako je například průtok a kvalita plynu.

Provozovatel sice asi ví, co do reaktoru vchází a co z něho vychází, mikrobiologický proces mezitím je však ještě stále velmi neznámý a probíhá „ve tmě“. Posuzování stálosti procesu fermentace v takových „neprůhledných“ systémech se převážně provádí na základě namátkových kontrol a laboratorních analýz. Intervaly a reprezentativnost namátkových kontrol budou při prostorové a časové neregulovatelnosti komplexního procesu tvorby bioplynu sotva splněny.



* celková koncentrace organických kyselin normovaná na množství kyseliny octové

** podíl těkavých organických kyselin a celkového množství anorganických uhlíčanů (stanovení pomocí titrace)

Při této metodě navíc vznikají značná vydání na odběr vzorků a manipulaci s nimi a také vysoké náklady na jejich analýzu a výsledky jsou z důvodu časové prodlevy do jejich předání použitelné pouze omezeně. Proto se tyto parametry, jako je např. sušina / org. sušina, pH, redox potenciál, organické kyseliny, pufrační kapacita nebo amoniakální dusík, určují jen nepravdělně. Obdobné platí i pro analýzu kvality a složení vstupních materiálů.

V praxi tyto „neprůhledné“ systémy tedy probíhají bez kvalitativních informací a analýz aktuálního stavu vstupních materiálů a stálosti procesu. Modulace výkyvů, způsobených substrátem a procesem, je většinou možná jenom retrospektivně, a proto v době zásahu není již možné změnit narušující faktor. Toto vede k tomu, že se stanice provozují spíše s nedostatečným vytížením, aby se tak zamezilo „překrmení“ a tím pokračujícím závadám v procesu a nižší produkci plynu až celkovému výpadku. Podle tohoto má většina stanic ještě značné rezervy ve výkonnosti.

Efektivně řízený proces tvorby bioplynu

Potenciál ke zvýšení výkonnosti je při posuzování procesu výroby bioplynu jednoznačný. Nejprve se zajistí vstupní substrát, upraví se podle požadavků a založí se do fermentoru. Společná vlastnost typických vstupních substrátů k výrobě bioplynu, např. kejdy a siláže, je špatně definovaná neucelená základní hmota s velkými výkyvy v obsahu vody a ve složení živin.

Po vsázce probíhá ve fermentoru vlastní proces anaerobní digesce, vytváří se bioplyn, přičemž bakterie, způsobující hydrolýzu a tvorbu kyselin, žijí ve společenství s mikroorganismy archae, které vytvářejí metan. Při jejich působení se mikroorganismy vzájemně formují v citlivé rovnováze, a proto je k optimalizovanému řízení procesu zapotřebí nepřetržitý přísun živin. Toto není v praxi kvůli vlastnostem vstupních substrátů stále dostatečně dáno.

Možné důsledky na proces a výrobu bioplynu jsou uvedeny v následující tabulce na příkladech s měnícím se obsahem org. sušiny v kukuřičné siláži, která má vliv na objemové zatížení a výrobu bioplynu. Základem pro příklad je objem fermentoru 2.500 m³ a přidání 30 tun čerstvé hmoty za den.

	Objemové zatížení kg OTS/m ³ · d	Výroba bioplynu m ³ /d Výtěžek: 0,6 m ³ /kg org. sušiny
Kukuřičná siláž (25% OTS)	3,0	4500
Kukuřičná siláž (30% OTS)	3,6	5400
Kukuřičná siláž (35% OTS)	4,2	6300

Z tohoto je jasné, jak velmi závisí výtěžek plynu na org. sušině. Přesné měření org. sušiny je tedy pro efektivní vytížení bioplynové stanice nepostradatelné.

Infračervená spektroskopie (NIRS) v analýze látek

Spektrální otisk prstu

Jestliže elektromagnetické záření narazí na hmotu, může způsobovat přechody mezi specifickými hladinami energie molekuly. Záření se přitom absorbuje. Rozsah infračerveného záření 800 nm až 2500 nm se částečně absorbuje kmity svrchního tónu a kombinačními rušivými kmity většiny organických molekul. Jednotlivé odrazové pásy jsou široké a nejsou přesně lokalizovány. Rozdíl mezi vyzařovanou energií a energií absorbovanou vzorkem lze označovat jako difúzní odraz. Přitom u daného substrátu vznikají charakteristická spektra, takzvané otisky prstů.

Kalibrace a měření online

Analýza se provádí matematickou metodou (chemometrie), při níž se pomocí multivariátních statistických metod započítává velké množství datových záznamů se známými koncentracemi zkoumaných látek (referenční analýzy) se spektrálními daty vzorků.

Kalibrace:

data X (spektra) + data Y (reference) = model (ukazatel úspěšnosti a průběhu procesu)

Jestliže jsou takto vypracované ukazatele úspěšnosti (modely kalibrace) uloženy v software spektrometru, je možné příslušné vlastnosti a obsažené látky zjišťovat a vyvolávat přímo online ze samotných spekter.

Měření online: data X (spektra) + model (ukazatel úspěšnosti a průběhu procesu) = data Y (hodnoty měření)

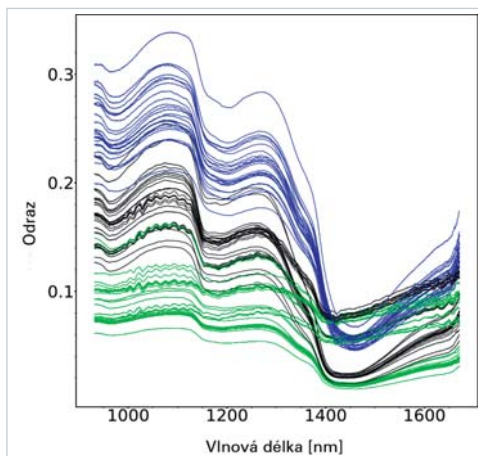
V zásadě je možné vyvíjet k jednomu spektrálnímu datovému záznamu několik ukazatelů úspěšnosti a průběhu procesu a tyto ukládat v systému měření, pokud k příslušným parametrům existují stále a reprodukovatelné souvislosti mezi spektrální informací a měřenou hodnotou. Ověření a trvalé zajištění spolehlivých ukazatelů úspěšnosti a průběhu procesu NIRS je jednou z hlavních úloh kalibrace systému měření NIRS.

Referenční analýzy

Na metodu měření NIRS musí dané parametry a situace měření být v zásadě připraveny a metoda může spolehlivě běžet pouze ve „známé“ oblasti. Proto rozsah měření a přesnost metody měření NIRS velmi závisí na objemu a přesnosti „známé“ oblasti založené v referenčních a kalibračních databázích a také na její pravidelné správě a rozšiřování. To znamená, že je nutno pravidelně kontrolovat důsledky modifikací v měřených substrátech a změn v prostředí měření a popř. kalibrační modely upravovat.

Systémové přednosti analýzy NIRS

Infračervená spektroskopie se používá z důvodu variabilního předkládání vzorků, velké rychlosti při měření a mnohonásobné možnosti kalibrace jak v laboratoři, tak i v četných oblastech kontroly a řízení průmyslových procesů. Bezdotykovým a nedestruktivním měřením lze provádět měření přímo při chodu procesu nebo zvláště v zemědělství, přímo v tekoucím substrátu bez narušení provozu. Přesné, rychlé výsledky bez ovlivnění procesu jsou ideálním předpokladem pro použití této technologie v systému kontroly a řízení stanice.



Spektrální otisk prstu



Referenční analýzy

Analýza infračervenou spektroskopií (NIRS) v reálném čase

Analýza substrátu pomocí NIRS je vyvinutá a vědecky uznávaná metoda, která může v rozsáhlé míře sledovat veškeré relevantní procesy a poskytuje nezbytné výsledky ke kontrole a řízení procesu v bioplynové stanici.

Analýza infračervenou spektroskopií (NIRS) v reálném čase

- nepřetržitá analýza v místě a v reálném čase
- neodebírají se vzorky při běžném provozu
- provoz s jednoduchou údržbou a bez opotřebení
- rozsáhlá kontrola toku látek místo namátkových vzorků

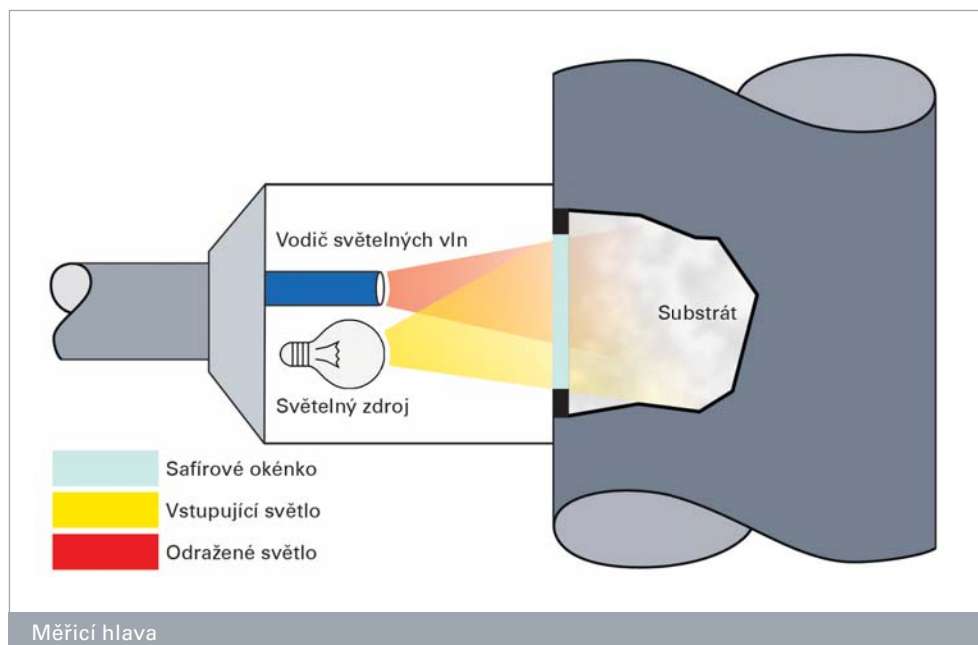
K zajištění spolehlivého a účinného provozu bioplynové stanice nelze akceptovat několikadenní dobu mezi odběrem vzorků a předložením výsledku analýzy. Požadavky na moderní techniku řízení procesu je možné splnit pouze soustavnou analýzou v reálném čase:

K tomu je zapotřebí zařízení k provádění analýzy, jako je analýza NIRS v reálném čase, nastalo integrované v bioplynové stanici. Zde poskytuje osvědčenou technologii NIRS do stanice přímo laboratoř tím, že se plně funkční laboratoř nadále automatizuje a zmenšuje, aby bylo možné ji integrovat do bioplynové stanice a obsluhovat bez zvláštních znalostí chemie a fyziky. K tomuto jsou zapotřebí tři součásti: měřicí hlava, centrální jednotka a referenční databáze.

Měřicí hlava

Měřicí hlava zahrnuje celkovou technologii, která je nezbytná ke snímání spektrálních křivek podle metody reflexní spektroskopie. Měřicí hlava je na čelní straně opatřena safírovým okénkem s odolností proti tlaku a zamontuje se do stěny přírodního potrubí na zařízení. Tam je možné měřit přímo bez zábran a změn tok látky.

Infračervený světelný zdroj v měřicí hlavě osvětluje safírovým okénkem substrát. Substrát část tohoto světla absorbuje a zbývající světlo odráží. Odrážené světlo se váže na vodič světelných vln a jeho pomocí se přenáší ke spektrometru v centrální jednotce.



Centrální jednotka

Celkové řízení měření v reálném čase a analýzu NIRS a dále pak zobrazování výsledků, popř. přenos dat na různá pracoviště provádí centrální jednotka.

Zde je umístěn infračervený spektrometr, nezbytný počítač pro matematické vyhodnocování a také zobrazovací a ovládací prvky. Integrovaný počítač provádí analýzy nezpracovaných dat ze spektrometru a může být kdykoliv aktualizován novými kalibračními modely.

Referenční analýzy s nízkými náklady

U analýzy v reálném čase se vzorky odebírají a analyzují v laboratoři pouze pro potřebu referenční analýzy. Sestavení kompletního kalibračního modelu provádí společnost m•u•t. Na rozdíl od metody laboratorní analýzy jsou takové ruční odběry vzorků nutné pouze při spouštění měřicího systému po dobu několika týdnů a poté se případně doplňují jednotlivými kontrolními měřeními.

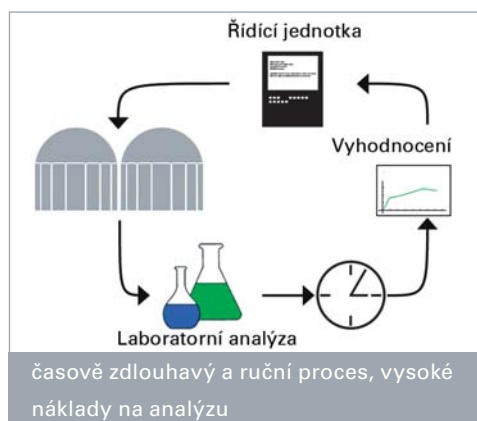
Takto se při běžícím provozu zvětšuje datová základna a přenáší se průběžně do aktualizovaných kalibračních modelů. Společnost m•u•t tato data přenáší na centrální jednotku. S minimálními náklady pro provozovatele je tak trvale zajištěno, že se místní měření zakládají na aktualizovaných databázích stejné kvality, v jaké jsou k dispozici k laboratorní analýze NIRS.

Měření v reálném čase ve vteřinových impulsech

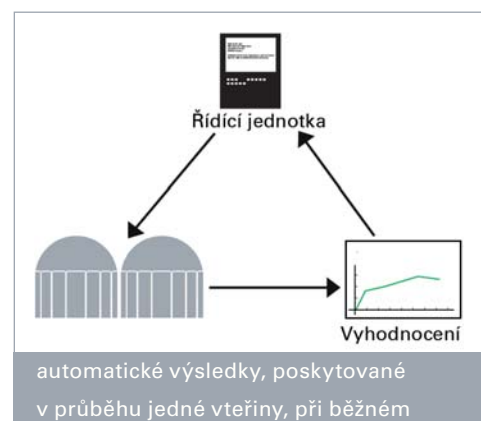
Při běžném provozu probíhá měření automaticky bez ruční obsluhy, čímž se zvyšuje spolehlivost měření a snižuje se počet zaměstnanců nutných k provozu zařízení.

Výsledky měření v reálném čase jsou k dispozici za vteřinu po měření, hodnoty se zaznamenávají přímo v zařízení, analyzují se a jsou ihned přístupné k zobrazení, regulaci nebo dokumentaci. Touto rychlostí měření je poprvé umožněn rozsáhlý a průběžný záznam kontrolovaných parametrů. Technika měření NIRS v reálném čase tímto vytváří předpoklady pro přesnou a efektivní techniku řízení procesu a tím maximální ekonomické využití bioplynových stanic.

Laboratorní analýza NIRS:



Analýza NIRS v reálném čase:



Ekonomické využití analýzy NIRS v reálném čase

Všeobecná ekonomická rezerva ve výkonnosti

- Analýza vstupních substrátů
- Analýza stavů fermentorů
- Analýza digestátu

Všeobecná ekonomická rezerva ve výkonnosti

Obvyklý provoz bioplynových stanic v „neprůhledném“ systému umožňuje často bezpečný provoz jenom v rozmezí částečného vytížení. Podle nových šetření programu měření bioplynu II (Oborová agentura pro obnovitelné suroviny, 2010) pouze 41% stanic dosahuje při vytížení jejich BHKW 8.000 a více hodin plného zatížení ročně. S přesnou znalostí jednotlivých parametrů zařízení lze výkonnost zvýšit, při nižších nákladech a s více vyhodnocovanými parametry je možné provozovat zařízení v blízkosti teoretického maximálního výkonu.

Enormní potenciál ke zvyšování výkonnosti stávajících bioplynových stanic při dodatečném zavedení analýzy NIRS v reálném čase vyplývá z následující tabulky. Již při výkonu zařízení 500kW a pouze nepatrném zvýšení výkonnosti o 5% se systém k provádění analýzy v reálném čase (se dvěma místy měření) bude refinancovat pouze během jednoho roku.

Zvyšování výkonnosti pomocí analýzy v reálném čase

Výkon zařízení	Platba c€/kWh	Výtěžek při % výkonnosti *			
		80%	90%	95%	99%
0,5 MW	19	627.456 €	+78.432 €	+117.648 €	+149.021 €
1 MW	15	990.720 €	+123.840 €	+185.760 €	+235.296 €
2 MW	15	1.987.440 €	+247.680 €	+371.520 €	+470.592 €

* Za předpokladu průměrné roční doby provozu 344 dní (8256 hodin plného vytížení)

Měření pomocí NIRS v reálném čase průběžně poskytuje veškeré relevantní parametry k řízení procesu v bioplynové stanici.

Umožňuje optimální řízení vkládání vsázek, signalizuje kritické stavy fermentoru a umožňuje kompletní dálkovou kontrolu zařízení.

Lepšího celkového provozního a ekonomického výkonu bioplynové stanice lze dosahovat pomocí četných opatření. Každé z těchto opatření může rozhodnout o úspěchu nebo neúspěchu zařízení, a proto si ze strany provozovatele stanice zaslouží velkou pozornost. Každé opatření se řídí zásadou zvyšování výkonnosti: vyšší výstup při stejném vstupu nebo stejný výstup při sníženém vstupu. Opatření je možné rozdělit podle tří strategických přístupů:

Zvyšování efektivnosti zařízení

Efektivnost v podstatě závisí na třech faktorech: kvalita dodávaných surovin, výroby plynu a maximálního využití substrátů. Pomocí příslušných analýz NIRS lze tyto faktory měřit a jednak oznamovat, ale především využívat k automatickému řízení procesu:

- Vkládání vsázek do zařízení podle hmoty org. sušiny (dosud podle hmoty čerstvého materiálu) k vyrovnávání výkyvů při tvorbě plynu, způsobených substrátem.
- Úprava zakládané směsi tak, aby byla dosažena výroba plynu podle dimenzování stanice.
- Kontrola možného zbytkového plynu v digestátu.

Zvyšování provozní bezpečnosti

Priváděný substrát může způsobovat, nebo daný proces může při změně výtěžku plynu podmiňovat produkci, která vede i k odstávce bioplynové stanice. Podle příčiny je nutno provádět různá nápravná opatření. Průběžná znalost relevantních veličin o stavu fermentace a charakteru meziproductů v procesu zamezuje nesprávným provozním zásahům.

Lepší řízení toku látek

Ke všeobecnému ekonomickému posuzování bioplynové stanice náleží kromě výtěžku elektrické energie i tržby z prodeje digestátu a náklady na vstupní substráty. Právě v těchto oblastech se nacházejí možnosti optimalizace, které je možné pomocí zásahů do procesu zařízení využívat bez vysokých výdajů:

- Finanční ocenění vstupních substrátů podle měřitelných kritérií kvality.
- Lepší zhodnocení digestátu přesným stanovením hodnoty hnojiva na základě analýz kvality org. sušiny, N, NH₄-N, P, K, apod.

Vzorové příklady

Tři typické příklady z provozu bioplynové stanice o výkonu 500kW ukazují podstatné ekonomické přednosti, vyplývající z výkonnějšího provozu stanice:



Obsah sušiny v siláži

Typické výkyvy obsahu sušiny v silu činí až 10%. Tyto výkyvy značně ovlivňují denní výtěžek plynu, při konvenční laboratorní analýze je však nelze zaznamenat. Pomocí infračervené spektroskopie v reálném čase je možné obsah sušiny v siláži průběžně měřit a využívat k řízení zařízení tak, aby byl dosahován stejnoměrný výtěžek plynu a stálý stupeň fermentace. Ekonomický užitek z této optimalizace se ročně pohybuje kolem cca 30.000,- €.



Možný zbytkový plyn

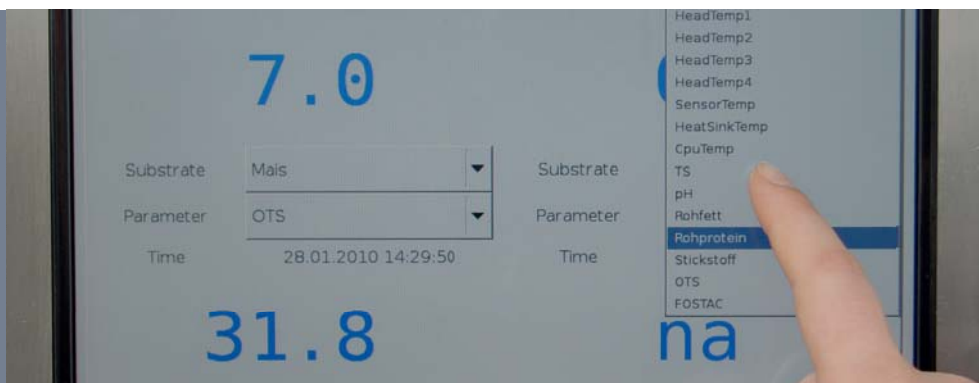
Zařízení provozované běžným způsobem dosahuje při podílu zbytkového plynu 5-10% již velmi dobré hodnoty. K dosažení technicky proveditelného podílu zbytkového plynu 3% je zapotřebí neustálá kontrola a řízení stanice. Infračervená spektroskopie v reálném čase měří obsah sušiny ve fermentoru nebo v dokvašovací nádrži, které přímo souvisí se stupněm vyhnívání. Snížení podílu zbytkového plynu již o 1% znamená úsporu cca 15.000,- € ročně. Touto kontrolou se také minimalizuje riziko kolapsu procesu.



Odstávka zařízení

Jednotlivé produkty látkové přeměny v procesu tvorby bioplynu mohou při vyšších koncentracích proces brzdít a v extrémním případě mohou výrobu plynu přerušit. Odstávka zařízení, která je tímto způsobena, představuje několikátýdenní výpadek výroby a ztrátu na tržbě v zařízení o výkonu 500kW cca 70.000,- €. Infračervená spektroskopie v reálném čase poskytuje kontrolou koncentrací jednotlivých organických kyselin nezbytnou měřitelnou veličinu k zamezení tohoto rizika.

TENferm



System analýzy NIRS pro analýzy v reálném čase

TENferm je infračervený systém s procesním spektrometrem určený ke kvalitativní a kvantitativní online analýze toků látek v zemědělských zařízeních, zejména v bioplynových stanicích. Systém se skládá z centrální řídicí jednotky se spektrometrem, optickým multiplexerem a počítačovým vyhodnocováním dat. Snímání dat provádí měřicí hlavice s integrovaným světelným zdrojem.

Tyto součásti jsou propojeny hybridním kabelem, který přenáší jednak optické signály na centrální jednotku, jednak přivádí do měřicí hlavy elektrický proud a řídící povely. Tímto uspořádáním je zajištěno, aby v místě měření nebyly zastaveny citlivé optické součásti. Systém je takto spolehlivý a lze jej využívat i v drsném průmyslovém prostředí.

Software a databáze, které k němu náleží, umožňují měření všech relevantních veličin v bioplynové stanici. Analýza aktuálních měření se podle zde uložených kalibračních modelů přenáší přímo do centrální jednotky. Referenční analýzy se provádějí v laboratoři a ve společnosti m•u•t se zpracovávají na nové kalibrační modely, které jsou následně dálkově aktualizovány v centrální jednotce. K tomuto účelu je centrální jednotka vybavena dálkovým přenosem dat.

Měřicí hlava se samočinným nastavováním referencí

Jak kapalné, tak i pevné látky, které například protékají trubkou, se analyzují pomocí zvláště vyvinuté měřicí hlavy. Montáž se provádí na běžný trubkový závit whitworth (G2"). Jedna centrální jednotka může současně řídit a snímat až 4 měřicí hlavy. Měření probíhá přes safírové okénko, které je odolné vůči tlaku do 60 bar.

Hlava zahrnuje kromě infračerveného světelného zdroje a nezbytné optiky i etalon bílé barvy a systém k předávání odraženého světla na vodič světelných vln (optický kabel). Tento je možné k provedení referenčního měření motoricky vychylovat do průchodu paprsků. Tímto způsobem lze u měřicí hlavy kdykoliv automatizovaně nastavovat reference bez uzavírání systému. Měřicí hlava má dále snímače ke kontrole teploty. Veškeré mechanické a elektronické součásti v měřicí hlavě jsou chráněny před prachem a vodou.



Měřicí hlava se samočinným nastavováním referencí



Integrovaná centrální jednotka

Integrovaná centrální jednotka tvoří rozhraní k měřicí hlavě a obsahuje infračervený spektrometr a dále v provedení pro několik měřicích hlav i multiplexer, kterým se řídí přívod různých optických signálů ke spektrometru.

Centrální jednotka je vybavena výkonným průmyslovým počítačem, který ze zde uložených kalibračních dat a hodnot naměřených infračerveným spektrometrem v reálném čase počítá požadované údaje o procesu.

Naměřené výsledky zobrazuje systém TENferm na dotykovém displeji a systém tak lze snadno ovládat. Systém může udávat aktuální hodnoty, jakož i reprodukovat řadu měření za časové období.

Při běžném provozu je systém v automatickém chodu a může poskytovat jednak výsledky měření přes ethernet nebo internet k dálkovému náhledu nebo řízení stanice, jednak jej lze dálkově ovládat a zasílat aktualizované početní modely.

Celá centrální jednotka je uložena ve skříňovém rozvaděči s třídou ochrany IP65 a je tak chráněna před vnějšími vlivy, jako je prach a voda.

Referenční data a kalibrační modely

K účinnému měření parametrů se musí systém kalibrovat podle substrátů, které se mají v zařízení měřit. Společnost m•u•t provádí tyto výpočty z referenčních měření, provedených na zařízení a převádí je do velmi přesných početních modelů. Tyto použije vyhodnocovací software v centrální jednotce ke zjišťování parametrů podle aktuálních výsledků měření při spektroskopické analýze v reálném čase. Ke každému kontrolovanému parametru je zapotřebí zvláštní kalibrace. Podle dostupnosti a způsobilosti je možné k tomuto využívat buď stávající početní modely nebo budou z dostupných referenčních dat sestaveny nové kalibrace. Jestliže nejsou k dispozici žádná data, je nutno odebrat nové referenční vzorky a z nich vyvinout nové modely. K zajištění maximální ochrany dat spravuje veškeré jednou zjištěné referenční údaje a kalibrační modely centrálně společnost m•u•t.

Systém TENferm v bioplynové stanici

Systém TENferm má modulární konstrukci tak, aby se mohl optimálně přizpůsobovat podmínkám v jednotlivých stanicích. Měřicí hlava je univerzálně vhodná pro všechny substráty a lze ji instalovat do každého potrubí nebo na stěnu jímky. Centrální jednotka může řídit až čtyři hlavy. Ke společně řízenému kontrolnímu systému je možné připojit jakýkoliv počet centrálních jednotek. Tím se může systém TENferm používat na zařízeních s různou koncepcí.

Technická data k systému TENferm

Technické specifikace

Rozsah vlnových délek	900 nm – 1700 nm, při zvláštním příslušenství 1000 nm – 2200 nm
Výkon měření	20 naměřených hodnot / minuta
Počet míst měření	Max. 4

Centrální jednotka

Rozměry	400 mm x 500 mm x 250 mm (Š x V x H)
Hmotnost	25 kg
Třída ochrany	IP65

Měřicí hlava

Rozměry	Průměr 100 mm, délka 200 mm
Hmotnost	3 kg
Třída ochrany	IP65

Přípojky

Závit na měřicí hlavě	Trubkový závit whitworth G2"
Přenos dat	Sériový, z optických vláken

Displej

Velikost	10"
Rozlišení	1024 x 768
Ostrost barev	True color (24 bit)

Další literatura

Andree, H. (2009): [Online-Prozessanalyse mit NIRS](#), BIOGAS 2009 Energieträger der Zukunft, VDI-Gesellschaft Energietechnik, VDI-Berichte Band 2057, VDI-Verlag Düsseldorf, S. 209-221

Jacobi, H. F.; Moschner, C. E.; Hartung, E. (2009): [Use of near infrared spectroscopy in monitoring of volatile fatty acids in anaerobic digestion](#), Water Science & Technology 60(2), S. 339-346

Andree, H. (2008): [Online-NIRS-Messung an Biogasanlagen](#), Gülzower Fachgespräche Band 27, Messen, Steuern, Regeln bei der Biogaserzeugung, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)(Hrsg.), S. 84-100

Andree, H. (2008): [Qualitätsbewertung der Einsatzstoffe und des Vergärungsprozesses mittels NIRS-Analytik](#), 17. Symposium „Bioenergie“ Festbrennstoffe, Biokraftstoffe, Biogas, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI)

Holm-Nielsen, J. B.; Lomborg, C. J.; Oleskowitz-Popiel, P.; Esbensen, K. H. (2008): [On-Line Near Infrared Monitoring of Glycerol-Boosted Anaerobic Digestion Processes](#), Evaluation of Process Analytical Technologies. Biotechnology and bioengineering, 99(2), S. 302-313

Thiessen, E.; Andree, H.; Hartung, E. (2007): [Nahinfrarotspektroskopie zur Prozessüberwachung in Biogasanlagen](#), 8. Tagung, Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, KTBL Darmstadt, S. 401-406

Holm-Nielsen, J. B.; Andree, H.; Lindorfer, H.; Esbensen, K. H. (2007): [Transflexive embedded near infrared monitoring for key process intermediates in anaerobic digestion/biogas production](#), Journal of Near Infrared Spectroscopy, 15 (2), S. 123-135

Spanjers, H.; Bouvier, J. C.; Steenweg, P.; Bisschops, I.; van Gils, W.; Versprille, B. (2006): [Implementation of in-line infrared monitor in full-scale anaerobic digestion process](#), Water Science & Technology 53(4-5), S. 55–61

Thiessen, E.; Andree, H.; Hartung, E. (2006): [Optimized Biogas Production by means of Near Infrared Spectroscopy](#), Proc. CIGR EurAgEng VDI-MEG FAO World Congr. 2006 - „Agricultural Engineering for a Better World“, VDI-Berichte Nr. 1958

Andree, H.; Dolud, M.; Hügle, T. (2005): [TENIRS – NIR analysis of heterogeneous bioslurries](#), Baltic Biorefinery Symposium, Aalborg University Esbjerg, Ed. by ACABS, S. 141–148

Dr. Helga Andree pracuje ve funkci Business Development Engineer v pracovním úseku pro zemědělství ve společnosti m-u-t AG.



Váš autorizovaný dodavatel v České a Slovenské republice:

NovaEnergo s.r.o.

nám. 14. října 1307/2

CZ-15000 Praha, Česká republika

Tel.: +420 257 325 117

Fax: +420 226 013 088

info@novaenergo.cz

Autorské právo m-u-t AG. Měřicí přístroje pro zdravotní techniku a techniku pro životní prostředí. Logo společnosti m-u-t je registrovaná obchodní značka společnosti m-u-t AG. Veškerá práva vyhrazena. Všechny názvy firem a výrobků jsou obchodní značky a/nebo registrované obchodní značky příslušných vlastníků. Zvláštní funkce, ceny, dostupnost a technické specifikace se mohou měnit.