

POUŽITIE KONSKÉHO HNOJA K PRODUKCII BIOPLYNU

Doc. Ing. Ján Gaduš, PhD. – Ladislav Košík
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Technická fakulta

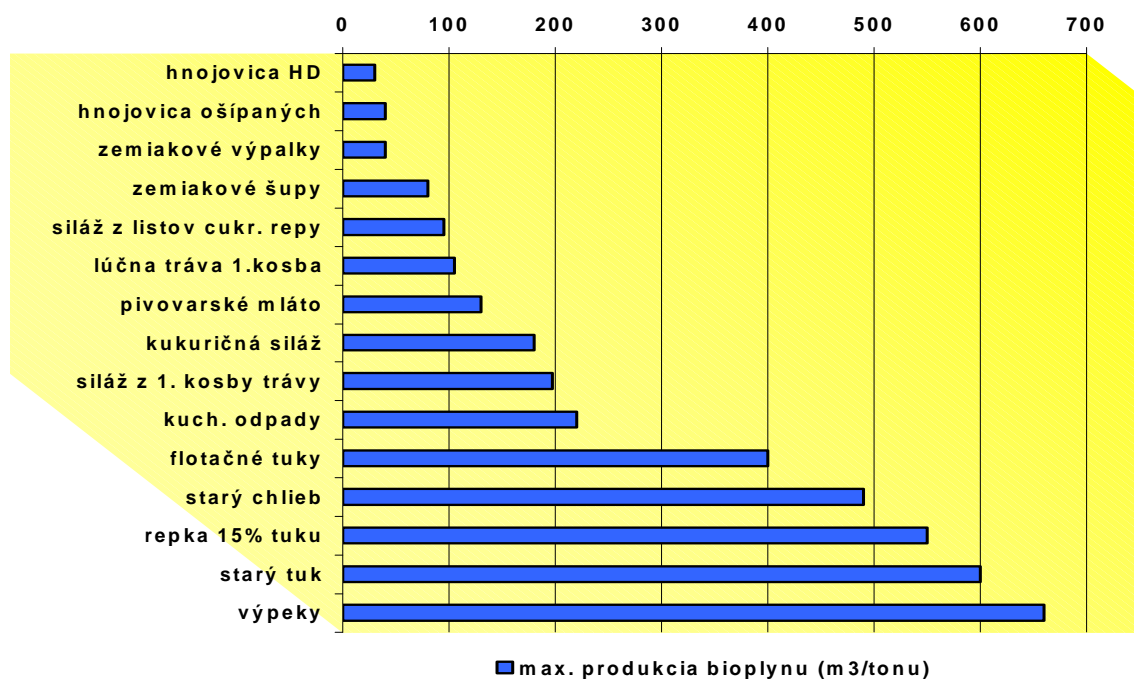
Bioplyn a bioplynové zariadenia je možné považovať za energetické zdroje so stabilnou produkciou a s vysoko pozitívnymi prínosmi pre ochranu a tvorbu životného prostredia.

Aj keď bioplynom nie možné zabezpečiť úplnú náhradu za fosílnu palivá, bioplyn na rozdiel od nich je perspektívou pre budúcnosť. Bioplynové systémy vo všetkých konfiguráciách fungujú ako plne obnoviteľné energetické zdroje transformujúce a spoluvyužívajúce solárnu energiu.

Produkcia bioplynu anaeróbnym rozkladom organických látok je nielen efektívnym spôsobom získavania energie zo živočíšnej alebo rastlinnej biomasy ale aj ekologickým riešením zneškodňovania biologického odpadu z poľnohospodárskej, priemyselnej či potravinárskej sféry. Aby bola zabezpečená potrebná úroveň rentability a návratnosti bioplynovej stanice, prechádza sa ku fermentácii viacerých druhov biomasy súčasne, tzv. kofermentácie. Hnojovica v sebe obsahuje už len zostatkovú energiu zo zažívacieho traktu zvierat, avšak je veľmi vhodná ako stabilizátor procesu fermentácie. Táto jej vlastnosť je dostatočne zohľadnená v nových technológiách výroby bioplynu pomocou kofermentácie. V článku je uvedené hodnotenie experimentov s fermentáciou čistej hnojovice z chovu hovädzieho dobytku a kofermentácie hnojovice s konským hnojom a kukuričnou silážou.

Prehľad o riešenej problematike

Pre výrobu bioplynu procesom kofermentácie sú vhodné rastliny dužinaté, zle vysychajúce, s vyšším obsahom dusíka. Je to hlavne nadbytočná tráva, viacročné krmoviny, kukurica, repka alebo slnečnica. Rastlinnú biomasu možno výhodne biosplyňovať so zvieracími fekáliami a s ďalšími biologicky rozložiteľnými odpadmi (odpady z jedální, separovaný domový odpad, tukové odpady a pod.) (Váňa, 2003). Pre kofermentáciu má zaujímavý potenciál aj konský hnoj, ktorého vhodnosť pre produkciu bioplynu a výťažnosť bola sledovaná aj počas experimentov v prevádzkových podmienkach. Kofermentácia by mala však zabezpečovať najmä optimálny pomer uhlíka a dusíka v substráte, stabilizovaný proces produkcie bioplynu vplyvom „pufračnej“ schopnosti hnojovice v substráte a obmedzenie disfunkcií spôsobených vyššími koncentraciami čpavku.



Obr.1 Prehľad najčastejšie používaných biologických materiálov na produkciu bioplynu

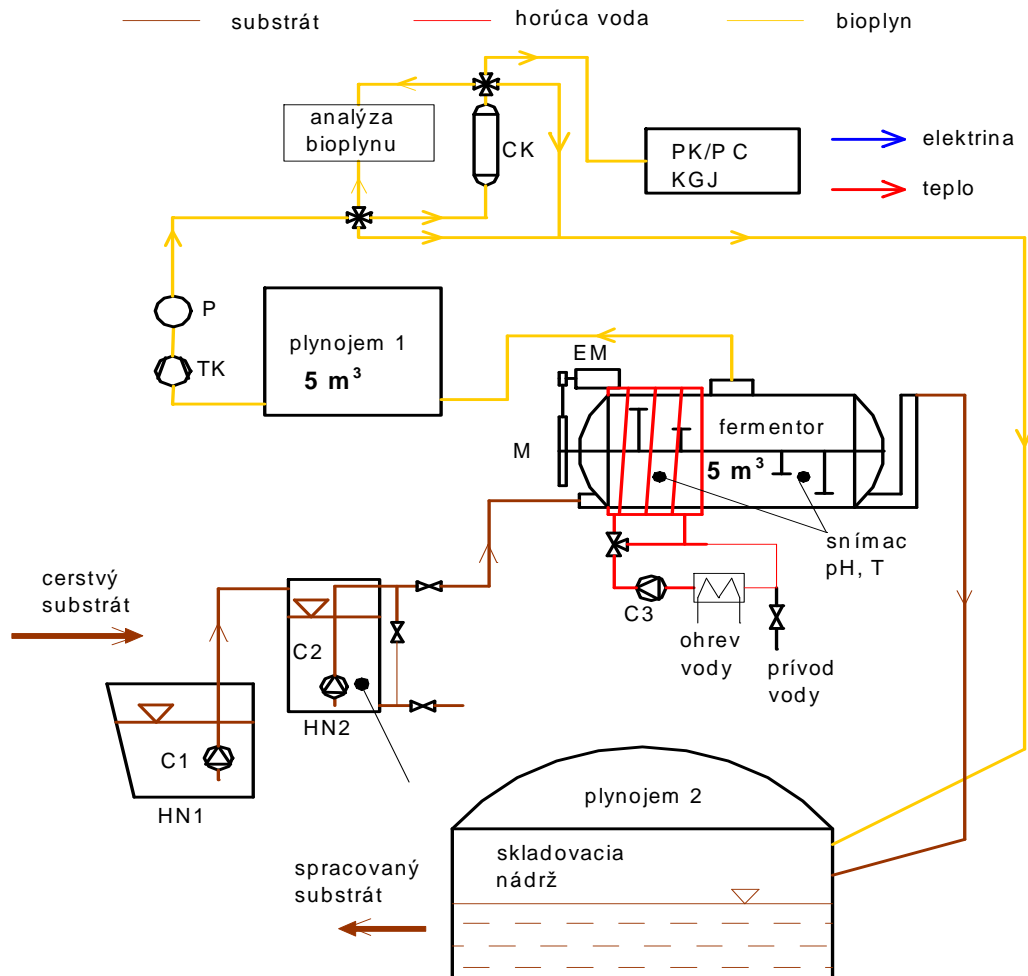
Biologický materiál obsahujúci uhlík je rozkladaný mikroorganizmami, pričom sa uvoľňuje bioplyn skladajúci sa hlavne z metánu a oxidu uhličitého. Bioplyn je energeticky bohatý a vyhnitý substrát z bioprocesu môže byť použitý ako kvalitné organické hnojivo, ktoré zlepšuje vlastnosti a zloženie pôdy. Pri anaeróbnej fermentácii aj živiny obsiahnuté v substráte sú transformované do elementárnejšej formy lepšie absorbovateľnej rastlinami. Na obr. 1 sú uvedené najčastejšie používané materiály na produkciu bioplynu s ich špecifickou výťažnosťou na tonu substrátu. Dôležitým faktorom pri voľbe jednotlivých materiálov pre proces anaeróbnej fermentácie je ich schopnosť a rýchlosť biologickej rozložiteľnosti.

Procesy anaeróbnej fermentácie odbúravajú základné biologicky rozložiteľnú biomasu simultánne, pričom cukry, tuky a bielkoviny patria medzi najlepšie rozložiteľné zložky. V procese anaeróbnej fermentácie môže byť úplne rozložených 40-60 % hm. (alebo aj viac) z celej organickej hmoty substrátu, podľa doby zdržania (hydraulického retenčného času) a aktivity metanogénnych baktérií. Zvyšovanie organického zaťaženia podporuje väčšiu akumuláciu nenasýtených mastných kyselín a pokles v stabilite produkcie metánu. To signalizuje potrebu znížiť organické zaťaženie fermentora, aby sa zmenšila akumulácia mastných kyselín a predĺžiť čas na kompletnú transformáciu týchto kyselín na metán.

Materiál a metódy

Všetky experimenty s kofermentáciou konského hnoja boli realizované v prevádzkových podmienkach na bioplynovej stanici Vysokoškolského poľnohospodárskeho podniku SPU, s.r.o. (VPP SPU) v Kolíňanoch. Chemické analýzy jednotlivých substrátov sa vykonávali laboratóriou chemických analýz taktiež v Kolíňanoch.

Ako základný materiál pre kofermentáciu bol použitý maštalný hnoj od hovädzieho dobytku, ktorý sa v homogenizačnej nádrži (HN1) riedil vodou alebo močovkou na požadovanú hodnotu sušiny (cca. 6-8 %). Po hrubej homogenizácii substrátu v tejto nádrži bola denná dávka prečerpávaná do malej homogenizačnej nádrže (mixovacej nádrže) kde bol



Obr. 2 Schéma experimentálneho zariadenia

Aby boli zachované optimálne hodnoty hlavných parametrov procesu (t.j. sušina < 10% a neutrálna hodnota pH), bolo v laboratóriu prevedené prvotné testovanie pre zistenie vhodného percentuálneho podielu prímiesí k hnojovici. V prvotnom testovaní prímiesí boli merané hodnoty sušiny TS (tab. 1).

Tab. 1 Prvotne zistené parametre materiálov pre kofermentáciu hnojovice (HN) a prímiesí

| Materiál | HN | Konský hnoj | Kukuričná siláž |
|----------|------|-------------|-----------------|
| obj. % | 100 | 100 | 100 |
| pH | 8,21 | - | - |
| TS (%) | 3,41 | 39,66 | 36,93 |

Na základe týchto meraní bola stanovená maximálna dávka konského hnoja (KH) 10 kg a kukuričnej siláže (KS) 5 kg. Pre lepší nábeh procesu kofermentácie bol použitý približne polovičný podiel prímiesí, čo pri dennej dávke 250 l čerstvého substrátu do fermentora predstavovalo spolu 30 l. Celé obdobie testovania trvalo 4 týždne, pričom maximálna odporúčaná dávka prímiesí sa pridávala viac ako 2 týždne.

Fermentor je základným technologickým zariadením pre proces výroby bioplynu. Pre potreby testovania bol použitý experimentálny horizontálny fermentor o objeme 5 m³, pracujúci v mezofilných podmienkach 36-40°C (obr. 2). Priemerná denná dávka čerstvého materiálu do fermentora bola 0,25 m³.d⁻¹, teda doba zdržania materiálu vo fermentore predstavuje 20 dní. Objem nádrže sa v pravidelných intervaloch premiešaval pozdĺžnym rotorom. Tvorený surový bioplyn z fermentora sa akumuloval v malom plynojeme, odkiaľ bol prečerpávaný cez merač plynu do veľkého plynojemu, umiestneného nad dohnívacou nádržou.

Hlavnými zisťovanými parametrami bolo množstvo vyprodukovaného bioplynu (BP) vo vyjadrení jeho špecifickej produkcie (m³/m³.d) na jednotku objemu fermentora, obsah metánu (CH₄) a ostatné zložky bioplynu (CO₂, O₂ a H₂S). Pravidelne bola vykonávaná chemická analýza substrátov, pričom sa zisťovali hodnoty chemickej spotreby kyslíka, obsah dusíka, sulfátov, sušina, strata žíhaním, obsah nenasýtených mastných kyselín, amoniaku a železa. Pre potreby procesu fermentácie boli sledované aj hodnoty pH, organické zaťaženie fermentora a teploty substrátu vo fermentore a homogenizačnej nádrži.

V správe sú uvedené aj prepočty, ktoré ukazujú aký zisk elektrickej energie možno očakávať na základe množstva a kvality bioplynu so súčasným zohľadnením podmienok okolia. Pre tento účel bola použitá norma ISO 6976 Zemný plyn – výpočet výhrevnosti, hustoty, relatívnej hustoty a Wobbovho indexu zmesi, platnej od roku 1995. Hodnoty produkcie elektrickej energie boli prepočítavané s dolnou výhrevnosťou za podmienky merania a spaľovania pri 0°C (t.j. 0/0°C). Podiel jednotlivých zložiek (CH₄, CO₂, O₂ a H₂S) v surovom bioplyne bol zisťovaný analyzátorom plynu SSM 6000 firmy Schmack. Meranie prebiehalo samočinne, dvakrát denne.

Výsledky

Za účelom bezpečného prechodu medzi substrátom, ktorý predstavovala čistá hnojovica od hovädzieho dobytky a kofermentáty: konský hnoj (obr. 3) a kukuričná siláž bola prvé dva týždne znížená dávka prímiesí (objemovo) prímiesí na 30 l a 250 l hnojovice Pri nami zvolenej a testovanej dávke konského hnoja a kukuričnej siláže v množstve 10 kg a 5 kg (75 l

objemovo) a 150 l hnojovice, experiment v prevádzkových podmienkach bioplynovej stanice



Obr. 3 Mechanicky upraveny konsky hnoj



Obr. 4 Úprava substrátu v malej homogenizačnej nádrži (HN 2)

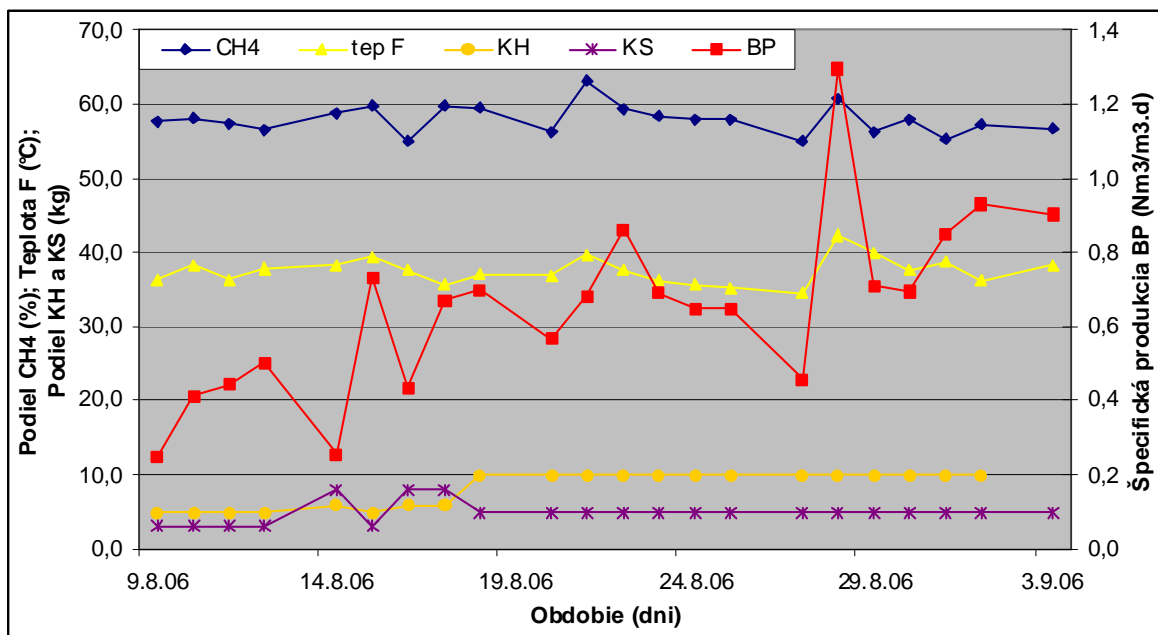
prebiehal ďalšie dva týždne. Priemerné hodnoty pH a ďalších parametrov chemickej analýzy sú uvedené v tab. 2.

Tab. 2 Priemerné hodnoty sledovaných parametrov a chemického zloženia substrátov

| Parameter | Jednotka | Vzorky substrátov | |
|-------------------------------|----------|-------------------|-----------|
| | | MHN | Fermentor |
| pH | - | 6,67 | 7,55 |
| teplota | °C | 21,5 | 37,6 |
| TS | % | 8,03 | 7,33 |
| VSS | % | | 3,38 |
| VSS | %TS | | 48,94 |
| COD | mg/l | 78250 | |
| VFA | mg/l | | 933 |
| Ekv.kys.octovej | mg/l | | 1400 |
| Ntot | mg/l | 119 | |
| NH ₄ ⁺ | mg/l | | 529 |
| SO ₄ ²⁻ | mg/l | 32 | |
| Fe | mg/l | | 4,7 |

Legenda: TS – obsah sušiny; VSS – strata žíhaním; COD – chemická spotreba kyslíka; VFA – nenasýtené mastné kyseliny (koncentrácia kyseliny octovej je ekvivalent koncentrácie nenasýtených mastných kyselín s vodnou parou); Ntot – celkový dusík; NH₄⁺ - amóniové ióny; SO₄²⁻ - síranové anióny; Fe – obsah železa; MHN – malá homogenizačná nádrž.

Z obr. 5 je viditeľný nárast produkcie BP so zvyšovaním podielu prímiesí v hnojovici. Produkované množstvo BP v určitých dňoch pravidelne a výrazne kolísalo. Bolo to spôsobené najmä v období víkendov, kedy dávkovanie a prečerpanie nového substrátu sa realizovalo buď len v sobotu alebo v nedeľu. Tým bola počas víkendu pridaná akoby len polovičná denná dávka. Ako vidieť z tab. 2, chemická spotreba kyslíka zhomogenizovaného substrátu bola viac ako 78 g/l avšak bola zaznamenaná pomerne nízka hodnota mastných kyselín. Pravdepodobne to bolo spôsobené tým, že testovaný substrát obsahoval väčší podiel slamy, ktorá sa nachádzala aj v čistej hnojovici, aj v obidvoch použitých prímiesiach. Tento stav odrážal aj stupeň anaeróbnej rozložiteľnosti, ktorého hodnota pre daný substrát bola 29,97%. Obyčajne sa táto hodnota pohybuje v rozsahu 40-60%. Riešením by mohlo byť predĺženie doby zdržania materiálu vo fermentore.



Obr. 5 Závislosť produkcie bioplynu na zvyšovaní dávky kofermentátu
(Legenda: CH₄ – metán; F – fermentor; KH – konský hnoj; KS – kukuričná siláž; BP – bioplyn.)

Počas celého testovacieho obdobia bolo analyzátorom plynu sledované aj zloženie bioplynu. Prehľad dosahovaných priemerných hodnôt je uvedený v nasledujúcej tabuľke 3. Na základe špecifickej produkcie BP, jeho zloženia a zohľadnení okolitých podmienok, je v tabuľke uvedená aj teoreticky možná produkcia elektrickej energie. Podiel sírovodíka klesol oproti čistej hnojovici pod 200 ppm, čo je priaznivý faktor najmä pre spoľahlivosť spaľovacieho motora kogeneračnej jednotky (KJ). Taktiež odpadá potreba použitia filtra pre odstraňovanie sírovodíka z bioplynu.

Tab. 3 Porovnanie priemerných dosahovaných hodnôt sledovaných parametrov

| | CH ₄ obj. % | H ₂ S ppm | CO ₂ obj. % | Prod.BP Nm ³ /h | Šp.prod.BP Nm ³ /m _F ³ .d | El.en. kWh/d | OLR kg COD/m _F ³ .d |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|-----------------|--|
| Hnojovica (100%) | 58,1 | 253 | 41,1 | 0,101 | 0,487 | 4,253 | 3,190 |
| Hnojovica:KH:KS (94:4:2) hm. % | 57,9 | 164 | 39,2 | 0,159 | 0,764 | 6,634 | 3,913 |

Legenda: OLR – organické zaťaženie fermentora; Nm³ – normálový meter kubický (prepočítaný pre 0°C a atmosferický tlak)

V porovnaní sledovaných parametrov s dosiahnutými hodnotami z čistej hnojovice, je evidentný kvantitatívny i kvalitatívny nárast bioplynu (tab. 3). Je prekvapujúce, že už pri 4%-

nom podiele KH a 2%-nom podiele KS vzrástla produkcia bioplynu o viac ako 36%. Je treba mať na pamäti, že pre spoľahlivý proces anaeróbnej fermentácie je vhodný podiel sušiny maximálne 10-12%. Nami dosiahnutá hodnota sušiny zhomogenizovaného substrátu bola približne 8%. Takže ešte existuje určitá malá rezerva na zvýšenie podielu prímiesí v hnojovici.

Záver

Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že konský hnoj sa javí ako perspektívny materiál pre proces anaeróbnej fermentácie. Bol zaznamenaný evidentný nárast produkcie bioplynu pri zvyšovaní dávky kofermentátu. Dosiahnuté výsledky v produkcii a kvalite bioplynu pri 6%-nom podiele prímiesí boli sľubné a presvedčivé. Na základe testovania však možno povedať, že tento podiel konského hnoja a kukuričnej siláže nemusí byť konečný a v podmienkach BPS v Kolíňanoch by bolo možné bezpečne používať aj vyšší podiel. Bol pozorovaný výrazný vplyv produkcie a kvality bioplynu na teplote, najmä pri teplotách blízkych 40°C. Bezproblémovosť prevádzky bioplynových staníc s minimálnym podielom hnojovice a majoritným podielom fytomasy potvrdzujú aj experimenty zahraničných laboratórií, ako aj bioplynové stanice v Nemecku či Rakúsku.

Použitá literatúra

2. Dohányos, M. *et al.*: Anaerobní čistírenské technologie. Brno: NOEL 2000, 1998.
3. Košík, L. – Gaduš, J.: Konštrukčné riešenie homogenizačnej nádrže na predspracovanie substrátov. In: *Nové trendy v konštruovaní a v tvorbe technickej dokumentácie*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2005, s. 64-69. ISBN 80-8069-517-2
4. URL:<http://www.bvv.cz/i2000/Akce/b-agro.nsf/WWWAllPDocsID/VVEA-6M9D8J?OpenDocument&NAV=1>, 22.2.2006.
5. Váňa, J.: Biomasa pro energii a technické využití. Biom.cz, 25.3.2003. In: <http://biom.cz/index.shtml?x=129197>.
6. Straka, F. a kol.: Bioplyn, GAS s.r.o. Říčany 2003, ISBN 80-7328-029-9.