

# VYUŽITÍ A EKONOMIKA BIOPLYNOVÝCH STANIC V ZEMĚDĚLSKÉM PODNIKU

## UTILIZATION AND ECONOMY OF BIOGAS PLANTS IN AGRIBUSINESS

Oldřich MUŽÍK, Zdeněk ABRHAM

Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha

### Abstract:

The contribution deals with effect of the biogas plant operation on economy of model agricultural enterprises. It presents calculation of produced electric and heat energy quantity in type co-generation unit based on data on specific excrements production per 1 animal, biogas production from slurry determined by the experimental measurement in laboratory fermentor and in accordance with biogas combustion properties specified on basis of measured amount of contained methane. The result is a variant evaluation of economy of the biogas plant operation for agricultural enterprise according to number of bred animals and possibility of electric and heat energy utilization.

**Key words:** agriculture, slurry, biogas, biogas plant, anaerobic digestion, economics.

### Souhrn:

Příspěvek se zabývá vlivem provozu bioplynové stanice na ekonomiku modelových zemědělských podniků. Uvádí výpočet množství vyprodukované elektrické a tepelné energie v typové kogenerační jednotce na základě údajů o měrné produkci exkrementů na jeden kus chovaného zvířete, produkci bioplynu z kejdy stanovené pokusným měřením v laboratorních fermentorech a podle spalovacích vlastností bioplynu určených na základě naměřeného množství obsaženého metanu. Výsledkem je variantní hodnocení ekonomiky provozu bioplynové stanice pro zemědělský podnik podle počtu chovaných zvířat a možnosti využití elektrické i tepelné energie.

**Klíčová slova:** zemědělství, kejda, bioplyn, bioplynová stanice, anaerobní digesce, ekonomika.

---

## Úvod

Anaerobní fermentace biomasy je dynamicky se rozvíjející technologie, při které dochází k přeměně surové organické hmoty (biomasy) na biologicky stabilizovaný substrát a bioplyn. Bioplyn je tedy obnovitelným zdrojem energie (OZE) vyrobeným z biomasy. OZE v posledním období začínají tvořit v mnoha zemích poměrně významnou část primárních energetických zdrojů. Cílem Evropské unie (EU) je do roku 2010 pokrýt z obnovitelných zdrojů 12 % primární energetické bilance a 22% produkce elektrické energie. V přístupovém protokolu z Atén se Česká republika (ČR) zavázala do roku 2010 zajistit podíl OZE na energetické bilanci 6 % a podíl OZE na výrobě elektrické energie 8%. Biomasa tvoří v celkové bilanci OZE okolo 65%. Vzhledem k zdrojům biomasy, možností uplatnění produkce i zahraničním zkušenostem se jeví jako ideální spojení energetického i materiálového využívání zbytkové biomasy se zemědělstvím.

## Produkce a vlastnosti prasečí kejdy

Kejda prasat je směs tuhých a kapalných výkalů s různým podílem technologické vody. Změnou technologie krmení prasat, systému jejich napájení a snížením objemu technologické vody pod 25% se za posledních 5 let zvýšil obsah sušiny z průměrné hodnoty 3,5 – 4,5% na 6 – 8%. V sušině kejdy prasat činí podíl částic pod 3mm 69%, částic nad 5mm 11%. Objemová hmotnost kejdy se pohybuje v rozmezí 980 – 1020kg.m<sup>-3</sup>. Hodnota pH je 7 – 8,1. Podíl organických látek je 72 – 78% v sušině a poměr uhlíkatých a dusíkatých látek C:N je přibližně 10:1.

Produkce exkrementů prasat se stanovuje podle počtu chovaných zvířat a tabulkových hodnot měrné produkce exkrementů na jeden kus uvedených v tabulce 1.

## Anaerobní digesce

Řízená anaerobní digesce je perspektivní způsob ekologického zpracování zbytkové biomasy. Jedná se o bioenergetickou transformaci organických látek, při které nedochází ke snížení jejich hnojivé hodnoty. Tato technologie využívaná v bioplynových stanicích je souborem procesů, ve kterých směsná kultura mikroorganismů rozkládá biologicky odbouratelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Výslednými produkty jsou biologicky stabilizovaný substrát s vysokým hnojivým účinkem a bioplyn (BP) s obsahem 55–70% metanu a výhřevností cca 18–26MJ.m<sup>-3</sup>. Měrná produkce bioplynu, obsah metanu a výhřevnost bioplynu z různých látek je uvedena v tabulce 2.

Pro měření produkce bioplynu z různých substrátů bylo ve VÚZT upraveno laboratorní pracoviště. V laboratorních pokusech jsou využívány malé fermentory o objemu 3 l, které jsou umístěny ve vyhřívané vodní lázni, aby bylo možné simulovat různé režimy anaerobního vyhnívání (mezofilní a termofilní proces). Tato malá zařízení slouží k hrubému odhadu produkce BP z různých substrátů. Současně je k dispozici dvojice větších reaktorů o objemu 100 l, sloužících k provádění srovnávacích měření metanogeneze. Každý fermentor má svůj plynovod pro odečet produkce bioplynu. Pro analýzu vznikajícího bioplynu se používá analyzátor AIR LF se kterým je možné měřit obsah CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub>, příp. i O<sub>2</sub>. U všech pokusů byly nastaveny stejné podmínky. Malé fermentory produkovaly bioplyn při teplotě 42°C (mezofilní oblast), velké fermentory byly pro porovnání provozovány také při 42°C a zároveň při 55°C (termofilní oblast).

### **Technologie na výrobu bioplynu z tekutých materiálů**

Velké množství různých řešení výroby bioplynu z tekutých materiálů je možné zúžit na několik základních technologických postupů:

- kontinuální (spojité plnění)
  - průtokový způsob
  - průtokový způsob začínající zásobníkem
  - průtokový způsob končící zásobníkem
- diskontinuální (nespojité plnění)
  - dávkový způsob
  - metoda střídání zásobníků
  - zásobníkový způsob

Schéma obvyklého uspořádání bioplynové stanice na zpracování tekutých materiálů s vyznačením jednotlivých částí i materiálových a energetických toků je znázorněno na obrázku 1.

### **Energetické využití biooplynu**

Bioplyn je možné využívat podobně jako jiná plynná paliva. Mezi nejčastější způsoby využití bioplynu patří:

- přímé spalování (topení, sušení, chlazení, ohřev užitkové vody apod.),
- výroba elektrické energie a ohřev teplotně nosného média (kogenerace),
- výroba elektrické energie, ohřev teplotně nosného média a výroba chladu (trigenerace),
- pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie,
- využití bioplynu v palivových člancích.

V praxi se nejvíce setkáváme s využitím bioplynu v kogeneračních jednotkách. Tato metoda dosahuje vysoké účinnosti přeměny energie z bioplynu na elektrickou a tepelnou energii (80-90%). Zhruba lze počítat, že cca 30% energie bioplynu se transformuje na elektrickou energii, 60% na energii tepelnou a zbytek jsou tepelné ztráty. Na výrobu 1kWh elektrické energie (kWh<sub>e</sub>) je potřeba spálit v kogenerační jednotce cca 0,6-0,7m<sup>3</sup> bioplynu s obsahem kolem 60% CH<sub>4</sub>. Na výrobu 1kWh<sub>e</sub> a 1,27kWh<sub>t</sub>, tedy bude potřeba cca 5-7kg odpadní biomasy, 5-15kg komunálních odpadů nebo 4-7 m<sup>3</sup> tekutých komunálních odpadů.

### **Ekonomika bioplynových stanic**

Investiční náklady jsou závislé na celé řadě faktorů. Odvíjí se nejen od velikosti zařízení a instalované technologie, ale také podle toho zda je stavba realizována svépomocí nebo dodavatelsky a na podílu svépomocných prací. Podle údajů z Německa se specifické investiční náklady na svépomocné stavby v závislosti na velikosti pohybují kolem 350-600€/VDJ<sup>-1</sup> a 550-1500€/VDJ<sup>-1</sup> u dodávaných zařízení. Investice na vybudování bioplynové stanice na zpracování tekutých materiálů je rozdělena přibližně takto:

- stavební část (fermentor s izolací a ostatní stavby) 43%,
- kogenerace (kogenerační jednotka, plynovod a plynovod, náklady na připojení k síti) 23%,
- technologický ohřev (skladování odpadního tepla, vytápění fermentoru a napojení ostatních spotřebičů teplé vody) 17%,
- kejdové hospodářství (čerpací a míchací technika, potrubní vedení a vyvážecí technika) 13%,

- plánování a externí mzdové náklady 4% investičních nákladů.

Roční náklady bioplynové stanice se vypočítají z ročních odpisů investičních nákladů při zohlednění zúročení, děle z nákladů na opravy a údržbu, z běžných provozních nákladů a osobních nákladů na obsluhu bioplynové stanice, přičemž potřeba lidské práce se odhaduje na cca 30min. denně. Ke stanovení ročních nákladů je nutné odpisy a údržbu rozepsat do dvou částí – technika a stavba, protože patří do jiných odpisových skupin a mají i odlišná nároky na údržbu. Pro zjednodušený výpočet se počítá s 60% investice na techniku a 40% na stavbu. Na opravu techniky tedy počítáme se 4% z 60% celkové investice a na údržbu stavebních těles s 0,5% z 40% celkové investice. Na pojištění bioplynové stanice se počítá s 0,5% celkového objemu investic. Výsledky z praxe ukazují, že roční náklady bioplynové stanice se pohybují někde mezi 12-20% celkových investic.

Výnosy z výroby bioplynu jsou tvořeny zejména příjmy z prodeje elektrické energie. Garantovaná cena elektrické energie z bioplynu dodávané do sítě je podle Cenového rozhodnutí ERÚ č. 10/2005 ze dne 18.12. 2005 stanovena na 2980 Kč.MWh<sup>-1</sup>. Dalším zdrojem příjmů může být využití odpadního tepla a poplatky za likvidaci bioodpadů při kofermentaci.

Pro hodnocení ekonomické efektivity investice do bioplynové stanice můžeme využít výpočet doby návratnosti vložené investice. Doba návratnosti investice (D) se vypočítá podle vzorce 1.

$$D = \frac{I}{P_r - N_{pr}} \quad (\text{roky}) \quad [1]$$

kde

I – náklady na pořízení investice (Kč),

P<sub>r</sub> – průměrné roční přínosy (Kč),

N<sub>pr</sub> – roční provozní náklady (Kč).

Obecně pro bioplynové stanice platí, že doba návratnosti investice do 5 let je velmi dobrá a do 10 let přijatelná. Po 15 letech provozu dosáhne většina hlavních prvků bioplynové stanice své životnosti a je potřeba počítat s vyššími náklady na opravy a údržbu.

Tento výpočet však udává pouze statický pohled na investici. Neuvažuje se v něm ani s faktorem času, ani s časovou hodnotou peněz. Pro přesnější výpočet budoucích přínosů z provozu bioplynové stanice proto použijeme vztah, který vyjadřuje tzv. čistou současnou hodnotu hotovostních toků (net present value) NPV. Hotovostní, peněžní tok (cash flow) CF<sub>t</sub> je v každém t-tém roce dán rozdílem očekávaných přínosů a výdajů na realizaci a provoz viz vzorec 2.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN \quad (\text{Kč}) \quad [2]$$

kde

IN – celkové investiční náklady (Kč),

T<sub>z</sub> – doba životnosti zařízení (roky),

(1+r)<sup>-1</sup> – odúročitel.

Hodnota odúročitele pro každý rok udává budoucí částku příjmů z provozu bioplynové stanice přepočtenou (diskontovanou) k prvnímu roku, tj. k okamžiku našeho rozhodování.

### Modelový příklad ekonomiky konkrétní bioplynové stanice

Pro konkrétní příklad výpočtu ekonomiky zamýšlené bioplynové stanice nám poslouží údaje z chovu prasat v Bukové na Olomoucku. Základní o chovu prasat v Bukové jsou uvedeny v tabulce 3.

Pro dimenzování bioplynové stanice je nejdůležitější, jaké množství materiálu má být zpracováno. Odhad množství vyprodukované kejdy Q<sub>K</sub> učiníme podle vzorce 3, do kterého dosadíme údaje z tabulek 1 a 3.

$$Q_K = \sum N_i \cdot q_i \quad (\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}) \quad [3]$$

kde

N<sub>i</sub> – počet chovaných zvířat stejného druhu (ks),

q<sub>i</sub> – měrná produkce výkalů jednotlivých druhů zvířat (kg.den<sup>-1</sup>).

Po dosazení do vzorce 3 dostáváme měrnou produkci kejdy 14 530 kg.den<sup>-1</sup>.

Potřebný objem fermentoru  $V_R$  spočítáme z denní produkce kejdy a střední doby zdržení ve fermentoru podle vzorců 4 a 5. Střední doba zdržení materiálu ve fermentoru se u průtokových zařízení pohybuje mezi 20-30 dny.

$$V_R = Q_o \cdot \tau_z \quad (\text{m}^3) \quad [4]$$

kde

$Q_o$  – denní dávka surového materiálu ( $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ ),

$\tau_z$  – střední doba zdržení materiálu ve fermentoru (dny).

$$Q_o = \frac{Q_K}{\rho_K} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}) \quad [5]$$

kde

$\rho_K$  – objemová hmotnost kejdy ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

Potřebný objem fermentoru tedy bude cca  $360\text{m}^3$ .

Množství vyprodukovaného bioplynu  $Q_{BP}$  určíme z množství zpracovávaného materiálu a měrné produkce bioplynu pro tento materiál podle vzorce 6.

$$Q_{BP} = \sum_i M_i \cdot q_i \quad (\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}) \quad [6]$$

kde

$M_i$  – množství zpracovávaného materiálu ( $\text{kg} \cdot \text{den}^{-1}$ ),

$q_i$  – měrná produkce bioplynu pro jednotlivé materiály ( $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Jelikož zamýšlená bioplynová stanice bude zpracovávat pouze prasečí kejdu můžeme počítat, že  $M = Q_K$ . Po dosazení hodnoty  $q_k$  z tabulky 2 zjistíme denní produkci bioplynu cca  $360 \text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ , resp.  $15 \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Podle denní produkce bioplynu můžeme dimenzovat i objem plynojemu. Jelikož se ale dá výkon kogenerační jednotky sladit s množstvím produkovaného bioplynu, má plynojem pouze význam meziskladu. Jako mezisklady se obvykle používají plastové vaky o objemu  $50\text{-}150\text{m}^3$ .

Při výběru odpovídající kogenerační jednotky je velmi důležité sladit její výkon s produkcí bioplynu, aby motor mohl pracovat na optimální výkon. Obvykle se agregát sladí s výrobou bioplynu tak, aby pracoval plynule téměř 24 hodin denně. Elektrický výkon kogenerační jednotky  $P_{el}$  se stanoví podle hodinové produkce bioplynu a činitele využití bioplynu k výrobě elektrické energie viz vzorec 7.

$$P_{el} = Q_{BP} \cdot \eta_{el} \quad (\text{kW}) \quad [7]$$

kde

$Q_{BP}$  – hodinová produkce bioplynu ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ),

$\eta_{el}$  – činitel využití bioplynu k výrobě elektrické energie ( $\text{kWh}_{el} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

Činitel využití bioplynu k výrobě elektrické energie  $\eta_{el} = 2,0 \text{kWh}_{el} \cdot \text{m}^{-3}$ . Po dosazení vypočtených hodnot do vzorce 7 dostáváme potřebný elektrický výkon kogenerační jednotky  $P_{el} = 30 \text{kW}$ . Podle stanovených hodnot denní produkce bioplynu a potřebného výkonu kogenerační jednotky můžeme vybrat konkrétní kogenerační jednotku. Naším požadavkům – po započítání dostatečné rezervy – dobře vyhovuje např. kogenerační jednotka D&B BF4M 1012E, jejíž parametry jsou uvedeny v tabulce 4.

Z elektrického a tepelného výkonu konkrétní kogenerační jednotky snadno určíme množství vyrobené elektrické a tepelné energie. Z důvodu započítání určité rezervy výkonu kogenerační jednotky budeme počítat s 23 hodinovým provozem denně. K roční produkci je také nutné započítat výpadek výroby způsobený nutnou každoroční odstávkou bioplynové stanice. Denní resp. roční produkce elektrické energie je  $851 \text{kWh}_{el} \cdot \text{den}^{-1}$ , resp.  $297,85 \text{MWh}_{el} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Podobně produkce tepelné energie je  $1311 \text{kWh}_t \cdot \text{den}^{-1}$ , resp.  $458,85 \text{MWh}_t \cdot \text{rok}^{-1}$ . Pro stanovení množství využitelné tepelné energie je potřeba odečíst teplo potřebné pro ohřev čerstvé kejdy na vstupu do fermentoru  $Q_2$  a na vyrovnání tepelných ztrát ve fermentoru  $Q_1$ .

$$Q_1 = V_R \cdot \varphi_O \quad (\text{kWh}_t \cdot \text{den}^{-1}) \quad [8]$$

$$Q_2 = M_K \cdot \varphi_P \quad (\text{kWh}_t \cdot \text{den}^{-1}) \quad [9]$$

$$Q_p = Q_1 + Q_2 \quad (\text{kWh}_t \cdot \text{den}^{-1}) \quad [10]$$

kde

$\varphi_o$  – specifický otopný výkon ( $\text{kWh}_t \cdot \text{m}^{-3}$ ),

$\varphi_p$  – specifická potřeba energie pro proces ( $\text{kWh}_t \cdot \text{kg}_{\text{suš.}}^{-1}$ ),

$M_k$  – množství vyprodukované kejdy ( $\text{kg}_{\text{suš.}} \cdot \text{den}^{-1}$ ),

$Q_p$  – celková potřeba energie pro proces ( $\text{kWh}_t \cdot \text{den}^{-1}$ ).

Po dosazení tabulkových ( $\varphi_o$ ,  $\varphi_p$ ) a vypočtených hodnot do vzorců 8-10 dostaneme celkovou potřebu tepelné energie pro proces  $Q_p = 651 \text{ kWh}_t \cdot \text{den}^{-1}$ , tedy přibližně 50% celkové produkce tepelné energie. Celkové množství využitelné tepelné energie tedy je  $660 \text{ kWh}_t \cdot \text{den}^{-1}$ , resp.  $231 \text{ MWh}_t \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Za elektrickou energii dodávanou do sítě za garantovanou cenu  $2\,980 \text{ Kč} \cdot \text{MWh}^{-1}$  a odečtu množství energie pro vlastní spotřebu můžeme získat cca  $880\,000 \text{ Kč}$  za rok.

Určit přínosy z uspořené tepelné energie bude podstatně obtížnější. Záleží na každém konkrétním podniku, jakou má vlastní spotřebu tepla a jestli dokáže nalézt smysluplné využití přebytečného tepla z kogenerace i v letních měsících, když odpadá potřeba topit. Navíc u cen tepla jsou vysoké rozdíly dané způsobem jeho výroby i regionálními odlišnostmi. Pro porovnání můžeme použít ceny tepla z centrálních zdrojů. Průměrná cena tepla dodávaného konečným spotřebitelům byla v roce 2005 v ČR  $350 \text{ Kč} \cdot \text{GJ}^{-1}$ . Po zdražení plynu na podzim 2005 a v lednu 2006 se v tomto roce průměrná cena zvýší na odhadovanou hodnotu  $420 \text{ Kč} \cdot \text{GJ}^{-1}$ , resp.  $1512 \text{ Kč} \cdot \text{MWh}^{-1}$ . Do naší zjednodušené kalkulace tedy zahrneme 2 varianty – předpoklad plného celoročního využití tepla a možnost částečného využití tepla, např. pouze v topné sezóně a na ohřev teplé užitkové vody, tedy přibližně 50% celkové produkce. Úspory za tuto energii pořizovanou před vybudováním bioplynové stanice z jiných zdrojů zahrneme opět ve dvou variantách – náhrada vlastního zdroje tepla z hnědého uhlí a náhrada dodávaného tepla z centrálního zdroje (CZT). Cena tepla z hnědého uhlí je přibližně  $100 \text{ Kč} \cdot \text{GJ}^{-1}$ , resp.  $360 \text{ Kč} \cdot \text{MWh}^{-1}$ . Celkové roční úspory za tepelnou energii jsou variantně uvedeny v tabulce 5.

Náklady na vybudování bioplynové stanice odhadneme na základě údajů o specifických investičních nákladech vztažených na velkou dobytčí jednotku (VDJ), vyrobenou kWh elektrické energie či objem fermentoru. Specifické investiční náklady i odhadnuté náklady na vybudování zamýšlené bioplynové stanice jsou uvedeny v tabulce 6.

Tyto údaje ještě nezahnují náklady na využití bioplynu a náklady na zpracování projektu, čili přibližně 30% celkových investičních nákladů, které je nutné přičíst. Investiční náklady jsou ovlivněny mnoha faktory. Závisí na velikosti zařízení, jestli je stavba prováděna dodavatelsky nebo svépomocně, vybavení podniku před realizací stavby (např. kejdivé hospodářství) apod. Proto se odhadnuté investiční náklady na vybudování bioplynové stanice s příslušenstvím pohybují v určitém rozsahu, v našem případě 4 až 7 milionů Kč. Abychom zohlednili rozdílné podmínky různých zemědělských podniků bude tato kalkulace provedena opět variantně.

Roční náklady bioplynové stanice odhadneme z investičních nákladů, jak bylo popsáno v předchozí kapitole. Roční náklady bioplynové stanice jsou shrnuty v tabulce 7.

Výsledky z praxe ukazují, že roční náklady bioplynové stanice se pohybují někde mezi 12-20% celkových investic.

Po dosazení vypočtených příjmů a nákladů do vzorce 1 zjistíme dobu návratnosti vložené investice. Velmi dobrých výsledků návratnosti investice u všech variant využití tepla dosáhneme pouze při nízkých investičních nákladech. Snížit investičních náklady můžeme několika způsoby. Jedná se zejména o možnost přestavby stávající stavby (např. nádrže na kejdu), svépomocným provedením stavby nebo získáním investiční dotace. S vyššími investičními náklady přichází nutnost vhodného využívání přebytečného tepla nebo možnosti získání dalších příjmů za likvidaci odpadů při kofermentaci. Ale i při realistickém odhadu investice okolo 6 milionů Kč můžeme dosáhnout uspokojivé návratnosti pod 10 let. Ekonomiku bioplynové stanice vždy pozitivně ovlivňuje možnost vlastního financování investice.

## Závěr

I přes zlepšující se podmínky ČR stále výrazně zaostává ve využívání anaerobní digesce zbytkové biomasy za většinou států EU. I za současné situace v ČR však může být investice do bioplynové stanice přínosná. Při vhodném materiálovém složení vsázky, odpovídající skladbě technického vybavení bioplynové stanice a především při možnosti vyžití obou produktů procesu může být anaerobní digestce ekonomicky efektivním způsobem zpracování zbytkové biomasy s pozitivními dopady pro životní prostředí. Obzvláště přínosné může být spojení této technologie se zemědělstvím, kde vzniká velké množství vedlejší produkce biologického původu a zároveň poskytuje možnosti využití tuhého zbytku po fermentaci jako organického hnojiva.

Příspěvek vychází z výsledků řešení výzkumného záměru MZE 0002703101 „Výzkum nových poznatků vědního oboru zemědělské technologie a technika a aplikace inovací oboru do zemědělství České republiky a byl

publikován ve sborníku z mezinárodní vědecké konference In Aktuální problémy využívání zemědělské techniky v Českém Krumlově v roce 2006.

#### **Použitá literatura**

Schulz H., Eder B.: Bioplyn v praxi. HEL. Ostrava 2004. ISBN 80-86167-21-6

Pastorek Z., Kára J., Jevič P.: Biomasa – obnovitelný zdroj energie. FCC Public. Praha 2004. ISBN 80-86534-06-5

Vašíček J.: Zásady ekonomického hodnocení energetických projektů. TZB-info 2005. <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2565&h=219&pl=39>

Kovaříček P., Abrham Z., Hůla J., Vlášková M.: Strojní linky pro hnojení. VÚZT. Praha 2005. ISBN 80-86884-10-4

Brož K.: Vývoj cen paliv, elektrické energie a tepla. TZB-info 2006. <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3208>

Jiríček I., Rábl V.: Energie z biomasy. VŠCHT AZE 04/2005. Praha 2005.

Váňa J.: Výroba a využití kompostů v zemědělství. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR. Praha 1997. ISBN 80-7105-144-6

Banout J.: Optimalizace surovinové skladby, výrobní plochy a kalkulace provozních nákladů při výrobě kompostu. Doktorská disertační práce. ČZU. Praha 2005.

Mužík, O., Kára, J.: Biomasa – produkce a možnosti energetického využití v ČR. Nitra, AGRION a SKTC. Produkcia a možnosti využitia poľnohospodárskej biomasy. Zborník prednášok z medzinárodného odborného seminára, 2004, s. 26-35.

Mužík, O., Slejška, A.: Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy. Lednice, MZLU. Zemědělská a zahradnická technika z hlediska environmentální politiky státu. Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference, 2003, s. 160-164. ISBN 80-7157-661-1

---

Kontaktní adresa: Ing. Oldřich Mužík  
Ing. Zdeněk Abrham, CSc.  
Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha  
Drnovská 507, Praha 6 – Ruzyně  
161 01

**Příloha:****Měrná produkce exkrementů prasat****Tab. 1**

KATEGORIE ZVÍŘAT	Sušina výkalů, včetně moče (kg.den <sup>-1</sup> )	Výkaly celkem průměrně (kg.den <sup>-1</sup> )
Výkrm (70 kg)	0,5	8,5
Prasnice (170 kg)	1,0	14,0
Prasnice se selaty (90 kg)	0,55	9,0
Selata (10 kg)	0,15	3,0
Selata (23 kg)	0,25	4,0
Kanci (250 kg)	1,3	18,5

**Produkce bioplynu, obsah methanu a výhřevnost bioplynu****Tab. 2**

Látka	Specifická produkce bioplynu (m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup> org.suš.)	Obsah CH <sub>4</sub> (%)	Výhřevnost bioplynu (MJ.m <sup>3</sup> )
Tuky	1,125 - 1,515	62,0 – 67,0	23,45
Sacharidy	0,79 - 0,875	50,0	17,75
Bílkoviny	0,56 - 0,75	71,0 – 84,0	24,85
Prasečí exkrementy	1,05	64,0 – 70,0	24,0

**Chov prasat Buková****Tab. 3**

Kategorie zvířat	Ustajovací místa	Průměrný stav v kusech
Prasnice	196	184
Kanci	3	3
Odchov selat	640	552
Výkrm prasat	1280	1140

**Základní parametry kogenerační jednotky****Tab. 4**

Kogenerační jednotka - typ	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Spotřeba BP 65% CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	Elektrická účinnost (%)	Celková účinnost (%)
D&B BF4M 1012E	37	57	16	31,3	79,5

**Roční úspory za tepelnou energii****Tab. 5**

Úspory za ušetřené teplo (Kč.rok <sup>-1</sup> )		
Využití tepla z kogenerace	Náhrada vlastního tepla z uhlí	Náhrada tepla z CZT
plné – 100%	83 160	349 272
částečné – 50%	41 580	174 636

**Investiční náklady na zemědělské bioplynové stanice****Tab. 6**

	Specifická investice (Kč)	Celková investice (Kč)
Investice na VDJ	14 500 – 26 000	2 958 000 – 5 304 000
Investice na m <sup>3</sup> objemu fermentoru	7 250 – 11 600	2 610 000 – 4 176 000
Investice na vyrobenou kWh <sub>el</sub>	11 - 17	3 276 350 – 5 063 450

**Roční náklady bioplynové stanice****Tab. 7**

Roční náklady (tis. Kč.rok <sup>-1</sup> )				
Investiční náklady	4 000	5 000	6 000	7 000
Odpisy stavby	80	100	120	140
Odpisy techniky	480	600	720	840
Úročení 8%.0,5	160	200	240	280
Opravy a údržba stavby	8	10	12	14
Opravy a údržba techniky	96	120	144	168
Pojištění	20	25	30	35
Osobní náklady	25	25	25	25
<b>Roční náklady celkem</b>	<b>869</b>	<b>1080</b>	<b>1291</b>	<b>1 502</b>

Schéma bioplynové stanice na zpracování tekutých materiálů

Obr. 1

