



# RESOR - Renewable Energy Sources as a Chance for Development for the Rural Areas



## **Modul: Bioplyn**

**by ARID**

## Definice bioplynu

Bioplyn obvykle označuje směs různých plynů produkovaných z organických materiálů v bezkyslíkatém (anaerobním) prostředí. Získaný bioplyn se používá hlavně k výrobě obnovitelné elektřiny a tepla.

Bioplyn se skládá hlavně ze směsi metanu ( $\text{CH}_4$ ) (50-75%) a oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) (25-45%) a může obsahovat malé množství sirovodíku ( $\text{H}_2\text{S}$ ) (0,1-5,5%) , vlhkost / voda (2-7%) a siloxany. Plyn je výsledkem procesu anaerobní digesce: „proces, při kterém mikroorganismy získávají energii a rostou metabolizací organického materiálu v prostředí bez kyslíku, což vede k produkci metanu“.



Source: own picture

## Definice bioplynu

Pro dobrý proces anaerobního trávení by měly vstupy biomasy obsahovat sacharidy, bílkoviny, tuky, celulózu a hemicelulózy. Konečný výtěžek plynu závisí na obsahu sacharidů, bílkovin a tuků. (Economic and institutional aspects of biogas production, 2012).

Bioplyn je známý jako ekologický zdroj energie, protože současně zmírňuje dva hlavní problémy životního prostředí :

1. Celosvětová epidemie odpadu, která každý den uvolňuje nebezpečné úrovně metanového plynu,
2. Spoléhání se na energii z fosilních paliv k uspokojení celosvětové energetické poptávky.



Source: wikipedia



## Zdroje bioplynu

Biomasu lze převést na jiné užitečné formy energie, jako je bioplyn. Organické látky ze zemědělské i průmyslové výroby mohou být použity pro výrobu zemědělského bioplynu. Mezi hlavní substráty zemědělského původu používané při výrobě bioplynu patří zvířecí hnůj, energetické plodiny a odpad z chovu rostlin, zatímco průmyslové substráty zahrnují odpad z výroby potravin, mléčných výrobků, cukru a masa.

Bioplyn lze tedy získat ze všech zemědělských produktů ze živočišné i rostlinné výroby. Bioplyn lze vyrábět prakticky z jakéhokoli zemědělského materiálu a tento materiál (substrát) má různou energetickou hodnotu, což je potenciál k produkci daného množství metanu.



Source: own picture



## Anaerobní digesce, proces

Technika anaerobní digesce na výrobu bioplynu z organického materiálu se používá po celém světě. Například v mnoha rozvojových zemích mají lidé vlastní malou bioplynovou stanici na výkaly, moč a kuchyňský odpad. Získaný bioplyn se používá k vaření. V technologicky vyspělejších zemích se výroba bioplynu využívá ve větším měřítku. V těchto zemích je výroba a používání bioplynu považována za způsob, jak se stát méně závislými na fosilních palivech. Dalším důvodem je, že přímá výroba bioplynu může vést k menším emisím skleníkových plynů zachycením metanu (21krát škodlivějšího skleníkového plynu než oxidu uhličitého) pro využití bioplynu. Nepřímým účinkem je, že se zabrání jiným zdrojům energie, které jsou vůči životnímu prostředí nepřátelské (spojené s prvním důvodem).

Anaerobní digesce - mikrobiologický proces probíhající v nepřítomnosti kyslíku, při kterém se organické sloučeniny (sacharidy, bílkoviny, tuky) převádějí anaerobními mikroorganismy na metan a oxid uhličitý.

Název „fermentace metanu“ byl dán dříve, než byla známa podstata tohoto procesu, a může být zavádějící. Ve skutečnosti se jedná o soubor biochemických změn, ke kterým dochází v nepřítomnosti kyslíku, proto se také používá název „anaerobní digesce“.



## Anaerobní digesce, proces

Na přeměně organických sloučenin na fermentační plyn se podílejí tři skupiny mikroorganismů :

1. bakterie odpovědné za první dvě fáze procesu jsou bakterie, které hydrolyzují organické sloučeniny. Optimální podmínky pro tyto mikroorganismy jsou pH cca. 6 a přibližně 30 ° C.
2. acetátové bakterie - zodpovědné za produkci acetátů.
3. methanogenní bakterie - patří do skupiny absolutních anaerobů.

Pokud je v nich dokonce 0,01 mg / dm<sup>3</sup> kyslíku, jsou inhibovány, zvyšuje se koncentrace organických kyselin a klesá pH prostředí. Jsou velmi různorodé a specializované na použití konkrétních podkladů. Optimální teplota methanogeneze je 35-45 ° C a pH 7.



Source: powerpoint clipards



## Anaerobní digesce, proces

Proces výroby bioplynu lze rozdělit do několika kroků. V prvním kroku hydrolýzy se sloučeniny vstupního materiálu (např. Sacharidy, bílkoviny, tuky) rozloží na jednoduché organické sloučeniny (např. Aminokyseliny, cukr, mastné kyseliny). Bakterie účastníci se tohoto procesu uvolňují enzymy, které štěpí materiál biochemickými reakcemi. Poté se vzniklé meziprodukty rozkládají pomocí acidogenních bakterií v takzvané acidogenezi na mastné kyseliny (kyselina octová, kyselina propionová a kyselina máselná), oxid uhličitý a vodík. Kromě toho se také vytváří malé množství kyseliny mléčné a alkoholu. V další fázi, acetogenezi, se tyto produkty přemění bakteriemi na látky předcházející tvorbě bioplynu (kyselina octová, vodík a oxid uhličitý). Protože příliš vysoký obsah vodíku škodí bakteriím s kyselinou octovou, musí spolupracovat s methanogenními bakteriemi. Při výrobě metanu spotřebovávají vodík a zajišťují tak odpovídající životní podmínky pro bakterie kyseliny octové. V další fázi, methanogenezi, poslední fázi výroby bioplynu, se metan vyrábí z produktů acetogeneze.



Složité organické sloučeniny  
(bílkoviny, tuky, sacharidy)

hydrolýza

Jednoduché organické sloučeniny  
(aminokyseliny, mastné kyseliny, cukry)

Tvorba kyseliny

Nižší organické kyseliny  
(kyselina propionová, kyselina máselná)

Jiné organické kyseliny  
(kyselina mléčná, alkoholy atd.).

Tvorba kyseliny octové

Octová kyselina

Voda a oxid uhličitý

Tvorba metanu

**BIOPLYN**  
metan + oxid uhličitý



## Biologické digestory

Bioplyn lze použít k výrobě elektřiny, tepelné energie nebo obou současně. V praxi používají nejběžnější systémy bioplyn vyrobený k výrobě elektřiny a tepelné energie. Takový systém se nazývá systém kombinované výroby tepla a elektřiny. Pro výrobu elektřiny a tepelné energie je nutné nainstalovat zařízení zvané kogenerační jednotka. Jedná se o spalovací motor přizpůsobený pro spalování metanu s integrovaným generátorem v závislosti na velikosti bioplynové stanice. Teplo generované ve spalovacím motoru se používá jako zdroj tepelné energie. Méně častým způsobem využití bioplynu je jeho spalování pro účely vytápění. V takové bioplynové stanici je zařízením, které zpracovává bioplyn na tepelnou energii, plynová pec, která je vhodně upravena pro spalování metanu.

Každá zemědělská bioplynová stanice se skládá z několika základních prvků.

Další prvky instalované v zařízeních na výrobu bioplynu závisí na jejich využití a výkonu.



Source: own picture



## Biologické digestory

Základní prvky každé bioplynové stanice jsou:

1. Skladiště substrátů - každá bioplynová stanice musí být vybavena skladištěm. Úložiště je nezbytné k udržení stálého objemu výroby bioplynu. Kapacita úložiště by měla činit 0,5 - 2násobek objemu substrátu vyprodukovaného za den. Skladovací nádrž na tekuté podklady může být vyrobena z různých materiálů, jako je beton, ocel nebo plast. Materiál použitý k výrobě nádrže závisí na skladovaném materiálu.

K dispozici jsou pozemní a nadzemní nádrže. Skladovací nádrže na tekuté a polotekuté substráty by měly být hermetické a dostatečně velké ve vztahu k produkci substrátu. Skladovací nádrž rostlinného substrátu by měla být vybavena vhodným zařízením pro vypouštění výluhu, aby se zabránilo průniku výluhu do půdy. Tato nádrž by měla být pevně zakryta, aby se zabránilo zaschnutí substrátu nebo dešťové vodě uvnitř nádrže.

2. Zařízení přepravující substrát z nádrže do reaktoru - pro zajištění stálé a přiměřené úrovně produkce bioplynu je nutné zajistit nepřetržitý přísun substrátu odpovídající kvality do vyhnívacího zařízení. V závislosti na typu substrátu je možné použít čerpadla (tekutý substrát, např. Hnůj), šnekové dopravníky (polotekutý substrát) a násypky umístěné u digesterů s kapacitou umožňující naplnění dostatečným množstvím substrátu jednoho dne.



## Biologické digestory

3. Digestoř (fermentační komora, bioreaktor) - nejdůležitější prvek bioplynové stanice, ve které probíhá proces fermentace metanu. Efektivita celé investice závisí na správnosti konstrukce a správné konstrukci digestoře. Stěny digestoře musí být utěsněny, aby se zabránilo úniku kapalin a plynů. Je také nutná dobrá izolace zajišťující minimální tepelné ztráty. Čím lepší izolace, tím menší závislost na venkovní teplotě. Fermentační komora by měla mít poklop umožňující provedení kontroly vnitřku a případnou opravu. V závislosti na použité technologii může být bioplynová stanice vybavena jednou nebo více komorami. Fermentační komory mohou být vodorovné nebo svislé, vyrobené z oceli, betonu nebo plastu. Komora musí být vybavena zařízením pro míchání obsahu (mixér nebo jiný směšovací systém) a topným systémem, aby se dosáhlo požadované teploty kvašení a udržovalo se na konstantní úrovni. Fermentovaná hmota je odváděna z bioreaktoru obvykle v přepadové trubce.



## Biologické digestory

4. Míchací systémy - míchání kvašení buničiny v nádrži je důležitou součástí procesu výroby bioplynu. Existují 3 typy míchaček: pneumatické, hydraulické a mechanické. Mechanické míchačky se používají ve většině bioplynových stanic. Mechanické míchačky lze rozdělit do 3 skupin: diagonální, horizontální a vertikální. Nejběžnější je systém 2-3 diagonálních nebo horizontálních mixérů. Vertikální (centrální) směšovače lze použít pouze v případě nádrže s pevnou vyztuženou střechou. Neúplné promíchání může vést k poruchám fermentace a tvorbě spodin.

5. Držák plynu - samostatná skladovací nádrž na bioplyn pracující při požadovaném tlaku v plynové síti. Bioplyn akumulovaný v nádrži je skladován, dokud se neobjeví požadavek na energii. Držák bioplynu má formu pružného balónku, který se zvětšuje, protože je naplněn rostoucím množstvím produkovaného bioplynu. Nádrž může být umístěna přímo nad reaktorem, nebo v případě horizontálního reaktoru může být umístěna vedle reaktoru. V tomto případě musí být nádrž umístěna ve správné budově zajišťující bezpečnou práci nádrže. Každá nádrž je vybavena pojistným ventilem, který zabraňuje nadměrnému zvýšení tlaku v nádrži. Pokud je překročen přípustný tlak, ventil uvolní přebytečný bioplyn ven.



## Biologické digestory

6. Zařízení na čištění bioplynu - čištění bioplynu před jeho použitím je zásadní, protože zabraňuje korozi zařízení a zařízení a je vyžadováno předpisy na ochranu životního prostředí.

7. Skladovací nádrž na zbytky po kvašení - samostatná externí nádrž umožňující skladování fermentovaného substrátu, který je cenným hnojivem, a lze jej použít v kapalně formě nebo k výrobě kompostu podle potřeb trhu.



Source: phys.org

## Odpady produkující bioplyn

Většina N a všech ostatních minerálních prvků obsažených ve vstupních substrátech zůstává v bioplynových digestátech. Patří mezi ně hlavní rostlinné živiny, jako je fosfor, draslík a vápník. I když existují vhodné anorganické náhražky živin dusíku, draslíku a fosforu z organických hnojiv, neexistuje žádná umělá náhražka jiných látek, jako jsou bílkoviny, celulóza, lignin atd. Všechny přispívají ke zvýšení propustnosti a hygroskopičnosti půdy a zároveň zabraňují erozi a zlepšování zemědělských podmínek obecně. Organické látky také tvoří základ pro vývoj mikroorganismů odpovědných za přeměnu živin v půdě do formy, kterou mohou rostliny snadno začlenit.

Proto je běžnou praxí používat bioplynové digestáty jako organická hnojiva, což současně šetří náklady jak na minerální hnojiva, tak na potenciální likvidaci digestátů. Dobrá hnojivá hodnota bioplynových digestátů ve srovnání s minerálními hnojivy byla potvrzena v několika studiích. Zbývající uhlík vázaný v organické hmotě také pomáhá udržovat nebo dokonce zvyšovat půdní organickou hmotu, což je zvláště cenné v okrajových půdách.



## Odpady produkující bioplyn

Díky rozkladu a rozpadu částí svého organického obsahu poskytuje trávený kal rychle působící živiny, které snadno vstupují do půdního roztoku, a jsou tak okamžitě k dispozici rostlinám.

Huminová hmota a huminové kyseliny přítomné v kalu přispívají k rychlejšímu zvlhčování, což zase pomáhá snižovat rychlost eroze a zároveň zvyšuje přísun živin, hygroskopičnost atd.

Zvýšený obsah amonia v natráveném kalu pomáhá snížit rychlost vymývání dusíku ve srovnání s hnojivy obsahujícími podstatná množství dusičnanů a dusitanů rozpustných ve vodě (hnůj, kompost).



Source: wikimedia.org

## Odpady produkující bioplyn

Výnosy plodiny jsou obecně známy vyšší po oplodnění tráveným kalem. Zdá se, že většina zeleninových plodin, jako jsou brambory, ředkvičky, mrkev, zelí, cibule, česnek atd., A mnoho druhů ovoce (pomeranče, jablka, guavy, manga atd.), Cukrová třtina, rýže a juta příznivě reagují na kal oplodnění. Naproti tomu plodiny jako pšenice, olejnata semena, bavlna a baccra reagují méně příznivě. Kal je dobrým hnojivem pro pastviny a louky. Dostupné údaje se velmi liší, protože hnojivý účinek je nejen specifický pro rostliny, ale také závisí na podnebí a typu půdy. Stále chybí informace o míře vzájemnosti mezi úrodností půdy, typem půdy a účinkem hnojiv (zejména N-hnojiv) v suchém a polosuchém podnebí. K dnešnímu dni tedy nelze nabídnout žádné konečné informace. Ze stejného důvodu není možné nabídnout ekonomické srovnání nákladů na chemická hnojiva vs. kal z bioplynu. Jedinou nespornou skutečností, kterou lze konstatovat, je, že kal z bioplynu je z ekologického hlediska lepší.





## Energetický obsah bioplynu

Biomasa tvořící surovinu pro výrobu bioplynu se skládá ze tří základních skupin organických sloučenin: sacharidů, bílkovin a tuků. K růstu mikroorganismů odpovědných za fermentaci navíc dochází v přítomnosti rozpustných forem draslíku, sodíku, železa, hořčíku, vápníku a stopových prvků. Největší množství bioplynu lze získat rozkladem tuků.

| Podklad   | Výroba bioplynu $\text{m}^3/\text{kg}$ | Obsah metanu[%] | Obsah CO <sub>2</sub> [%] |
|-----------|--|-----------------|---------------------------|
| Sacharidy | 790                                    | 50              | 50                        |
| Tuky      | 1250                                   | 68              | 32                        |
| Proteiny  | 700                                    | 71              | 29                        |

## Energetický obsah bioplynu

Relevantní parametry při výrobě bioplynu jsou :

- Obsah suché hmoty (d.m.) [%]
- Obsah organické suché hmoty(o.d.m.) [% d.m.]
- Účinnost CH<sub>4</sub>[m<sup>3</sup>/kg o.d.m.]

| Podklad                    | Obsah suché hmoty(%) | Obsah organické suché hmoty(%) | Výtěžek bioplynu(m <sup>3</sup> /t s.m.o.) | Obsah metanuCH <sub>4</sub> (% vol.) |
|----------------------------|----------------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| <b>Přírodní hnojiva</b>    |                      |                                |  |                                      |
| <b>Kravský hnůj</b>        | 8-11                 | 75-82                          | 200-500                                    | <b>50-60</b>                         |
| <b>Telecí hnůj</b>         | 10-13                | 80-84                          | 220-560                                    | <b>50-57</b>                         |
| <b>Prasečí tekutý hnůj</b> | Cca. 7               | 75-86                          | 300-700                                    | <b>60-70</b>                         |
| <b>Ovčí tekutý hnůj</b>    | 12-16                | 80-85                          | 180-320                                    | <b>50-56</b>                         |
| <b>Dobytěk z hnoje</b>     | Cca. 25              | 68-76                          | 210-300                                    | <b>55-60</b>                         |
| <b>Prasečí hnůj</b>        | 20-25                | 75-80                          | 270-450                                    | <b>55-60</b>                         |
| <b>Kuřecí hnůj</b>         | 30-32                | 63-80                          | 250-450                                    | <b>57-70</b>                         |
| <b>Koňský hnůj</b>         | <b>20-40</b>         | <b>65-95</b>                   | <b>280-350</b>                             | <b>55-65</b>                         |

## Energetický obsah bioplynu

| Podklad  | Obsah suché hmoty(%) | Obsah organické suché hmoty(%) | Výtěžek bioplynu(m <sup>3</sup> /t s.m.o.) | Obsah metanu CH <sub>4</sub> (% vol.) |
|--|----------------------|--------------------------------|--|---------------------------------------|
| <b>Rostliny</b>                                |                      |                                |  |                                       |
| kukuřičná siláž                                | 20-35                | 85-95                          | 450-700                                    | <b>50-55</b>                          |
| žito   | 30-35                | 92-98                          | 550-680                                    | <b>ok. 55</b>                         |
| <b>Trávy</b>                                   |                      |                                |  |                                       |
| sekaná tráva                                   | approx.12            | 83-92                          | 550-680                                    | <b>55-65</b>                          |
| travní siláž                                   | 25-50                | 70-95                          | 550-620                                    | <b>54-55</b>                          |
| <b>Vedlejší produkty zemědělského průmyslu</b> |                      |                                |  |                                       |
| pivovarská zrna                                | 20-25                | 70-80                          | 580-750                                    | <b>59-60</b>                          |
| palírna zrna                                   | 6-8                  | 83-88                          | 430-700                                    | <b>58-65</b>                          |
| bramborová dřeň                                | 6-7                  | 85-95                          | 400-700                                    | <b>58-65</b>                          |
| ovocné výlisky                                 | 25-45                | 90-95                          | 590-660                                    | <b>65-70</b>                          |
| <b>Další substráty pro bioplynovou stanici</b> |                      |                                |  |                                       |
| odpad z obchodu s potravinami                  | 5-20                 | 80-90                          | 400-600                                    | <b>60-65</b>                          |
| žaludeční obsah                                | 12-15                | 75-86                          | 250-450                                    | <b>60-70</b>                          |

## Energetický obsah bioplynu

Kromě teploty procesu a doby, po kterou jsou substráty udržovány v reaktoru, určuje chemické složení fermentovaných organických sloučenin množství a složení bioplynu. Užitečnou součástí energie bioplynu je výhřevnost jeho obsahu  $\text{CH}_4$ . Ostatní složky mají přísně řečeno také energetický obsah, ale neúčastní se spalovacího procesu. Místo přispívání spíše absorbují energii ze spalování  $\text{CH}_4$ , protože obvykle opouštějí proces při vyšší teplotě (výfuk), než jakou měli před procesem (hlavně teplota okolí). Skutečná výhřevnost bioplynu je funkcí procenta  $\text{CH}_4$ , teploty a absolutního tlaku, které se liší případ od případu. Výhřevnost bioplynu je zásadním parametrem pro výkon motoru, hořáku nebo jiné aplikace využívající bioplyn jako palivo.



## Energetický obsah bioplynu

Typický běžný metr krychlový metanu má výhřevnost kolem 10 kWh, zatímco oxid uhličitý má nulovou hodnotu. Energetický obsah bioplynu proto přímo souvisí s koncentrací metanu. Jinými slovy, za předpokladu složení bioplynu se 60% metanu by pak obsah energie byl v tomto případě kolem 6,0 kWh na běžný metr kubický.

| Palivo vozidla                                   | Palivo vozidla |
|--|----------------|
| 1 nm <sup>3</sup> vylepšený bioplyn (97% metanu) | 9.67           |
| 1 nm <sup>3</sup> zemního plynu                  | 11.0           |
| 1 litr benzínu                                   | 9.06           |
| 1 litr nafty                                     | 9.8            |

To znamená, že energetický obsah v 1 nm<sup>3</sup> bioplynu odpovídá přibližně 1,1 litru benzínu.

Když však převedeme bioplyn na elektřinu, v elektrickém generátoru poháněném bioplynem získáme asi 2 kWh využitelné elektřiny, zbytek se změní na teplo, které lze také použít pro vytápění.

2 kWh je dostatečná energie k napájení 100 W žárovky po dobu 20 hodin nebo 2000 W fénu po dobu 1 hodiny.

## Základní konstrukce digestoře

Digestoř je srdcem bioplynové stanice. Kapacita digestoře na bioplyn se může značně lišit, od malých jednotek používaných v domácnostech po větší komunální a průmyslové digestoře. Suroviny přidávané do digestoře mohou zahrnovat mnoho druhů biomasy, jako je živočišný, potravinářský a zemědělský odpad, ale je třeba se vyvarovat materiálů, které jsou obtížně stravitelné bakteriemi (např. Dřevo). Množství vyrobeného bioplynu závisí na řadě faktorů, včetně typu a množství použité biomasy, velikosti a teploty digestoře.

V závislosti na použité technologii mohou být jedna nebo dvě komory. Mohou být betonové nebo ocelové. Jsou vybaveny topným a izolačním systémem zajišťujícím udržování vhodné teploty pro chemické reakce. Surovina může být ohřívána přímo zředěním horkou vodou nebo párou nebo nepřímo tepelnými výměníky zabudovanými ve stěnách nebo na dně fermentační komory. Obsah komory není jednotný. Důležitým prvkem komory je proto směšovací systém, jehož úkolem je zajistit rovnoměrné složení obsahu a odplynit fermentující surovinu. Existuje několik způsobů míchání: čerpadlo - systém externího čerpadla nutící cirkulaci v komoře; míchání čerpáním plynu uvnitř komory; šnekové míchačky - čerpací míchadlo umístěné ve středním dopravním potrubí; míchání s nízkorychlostními míchacími vrtulemi uspořádanými svisle nebo úhlopříčně.



## Konečné využití bioplynu

Bioplyn je palivo s průměrnou energetickou hodnotou. Může být použit v domácnostech, průmyslu, zemědělství - k výrobě tepla / chladu, elektřiny nebo jako biopalivo.

Bioplyn lze využít mnoha způsoby. Typické aplikace zahrnují:

Teplo - plyn se spaluje v kotli. Vytvořené teplo ohřívá vodu, kterou lze použít k ohřevu digestoře a okolních budov nebo k výměně v místní síti dálkového vytápění. Kotel Agas funguje jako kotel na tuhá a kapalná paliva, ale s tím rozdílem, že kotel je speciálně upraven na spalovací plyn.

Teplo / energie - bioplyn lze použít jako palivo ve stacionárních motorech, obvykle v Ottových nebo dieselových motorech nebo v plynových turbínách. Asi 30–40% energie v palivu se používá k výrobě elektřiny, zatímco zbývající energie se stává teplem.



## Konečné využití bioplynu

Palivo pro automobily - bioplyn lze použít jako palivo pro automobily, autobusy a nákladní automobily, pokud je upgradován odstraněním oxidu uhličitého, vody a sirovodíku. Aby bylo možné použít bioplyn jako pohonnou hmotu vozidla, musí být zpracován tak, aby bylo dosaženo kvality přijatelné pro automobilové motory. Obvykle to znamená úroveň kvality zemního plynu. Instalaci vozidla je rovněž nutné správně přizpůsobit přívodu plynu. Současně automobilové společnosti pracují na řešeních, která by umožnila motoru pracovat na dvou druzích paliv, např. nafta + bioplyn. Promývání vodou, chemické promývání a PSA jsou nejpoužívanějšími technikami pro úpravu bioplynu na kvalitu paliva vozidla. Plyn musí být také odorizován a natlakován na přibližně 200 barů, než může být použit jako palivo vozidla. Vylepšený bioplyn lze také zavést do národní plynárenské sítě, což bude stimulovat rozvoj nových trhů a aplikací.





## Konečné využití bioplynu

CHP (Combined Heat and Power) je označení kogeneračních motorů, které vyrábějí elektřinu i tepelnou energii v procesu spalování bioplynu. Bioplyn je spalován v místě jeho výroby. Toto řešení je velmi výhodné z ekonomických i ekologických důvodů. Energetická účinnost tradičních řešení, která vyrábějí buď tepelnou energii nebo elektřinu, je přibližně 40% ve srovnání s 90% účinností kogenerátoru.

Účinnost zisku elektřiny v nejnovějších velkých jednotkách se pohybuje od 30 do 40% a tepelná účinnost od 40 do 44%. V případě menších zařízení se elektrická účinnost pohybuje od 25 do 33%, zatímco tepelná účinnost je obvykle vyšší než 50%. Míra účinnosti se obvykle zvyšuje s nárůstem elektrického výkonu zařízení.



## Konečné využití bioplynu

Nejběžnějším řešením pro nízkoenergetické kogenerační systémy jsou pístové motory.

Vyznačují se:

- dostupnost v širokém rozsahu elektrického výkonu (5 kW až 50 MW)
- možnost optimálního přizpůsobení systému potřebám konkrétního zákazníka,
- možnost modulárního návrhu větších energetických systémů,
- možnost použití různých paliv, včetně bioplynu,
- nutnost chlazení i při absenci příjmu tepla,
- velké rozměry a indikátor nízké hmotnosti k hmotnosti,
- hlasitý hluk vyžadující použití akustických štítů,
- relativně vysoká úroveň vibrací vyžadujících použití tlumičů vibrací.



Source: wikimedia.org



## Konečné využití bioplynu

Minimální požadovaná hladina metanu v plynu určeném k použití jako palivo je výrobcem obvykle stanovena na více než 30% objemu, což odpovídá výhřevnosti plynu na úrovni ne nižší než 13 MJ / Nm<sup>3</sup>.

Kogenerační systémy s vratnými plynovými motory (spalovací motor) se používají většinou k výrobě elektřiny na sdruženém generátoru a odpadní teplo se používá k výrobě horké vody nebo v přídatném kotli nasycené páry. Teplo se získává ze stlačeného výměníku bioplynu, výměníku pláště motoru, výměníku oleje a výměníku výfukových plynů. Bioplynové motory mohou být integrovány do budovy nebo mohou být přítomny v mobilní (kontejnerové) verzi.

Další skupinou nejběžnějších zařízení používaných v kogeneračních systémech jsou plynové turbíny používané obecně v systémech s elektrickou energií vyšší než 1 MW.

Plynová turbína se ve srovnání s pístovým motorem vyznačuje podstatně menší velikostí a hmotností. Plynové turbíny mají nižší energetickou účinnost a nižší poměr elektrické energie k tepelné energii.



## Konečné využití bioplynu

Další fází vývoje technických řešení založených na plynových turbínách s regenerací tepla jsou mikroplynové turbíny. Jedná se o stacionární soustrojí s plynovou turbínou, které se vyznačují malou elektrickou energií cca. 25-500 kW. Skládají se z radiální turbíny, kompresoru a rekuperačního ohřívače vzduchu integrovaného do celého systému.

Mikroturbíny se používají hlavně v systémech kombinované výroby tepla a elektřiny, ve kterých se vyrábí horká voda. Nečistoty v bioplynu mohou poškodit mikroturbíny, proto je nutné bioplyn předem vyčistit a vysušit. Mikroturbíny spalují bioplyn s obsahem metanu od 35 do 100% a mají podstatně nižší emise výfukových plynů. To umožňuje vývoj nových způsobů využití výfukových plynů, např. v zemědělských sušičkách nebo k použití CO<sub>2</sub> ve sklenících. Obnovené teplo má relativně vysokou teplotu a je transportováno pouze výfukovými plyny. Dosahují tepelné účinnosti v rozmezí 40 až 60% a elektrické účinnosti v rozmezí 20 až 35%, celková účinnost kogeneračního systému je více než 80%.



## Dopady využívání energie z bioplynu na životní prostředí

Bioplyn může mnoha způsoby snížit dopad spotřeby energie na životní prostředí. Přejít na bioplyn může snížit emise CO<sub>2</sub> z používání energie i emise metanu (pokud je bioplyn vyráběn z odpadu). Může také mít pozitivní přínosy pro znečištění vnitřního ovzduší a degradaci půdy, když nahradí používání pevných biopaliv.

Skutečný přírůstek emisí skleníkových plynů při nahrazování fosilních paliv bioplynem závisí na použitém substrátu. Je možné snížit emise skleníkových plynů o více než 100%, například zahrnutím snížené potřeby hnojiv. Velký přínos pro bioplyn vyrobený z hnoje pro životní prostředí závisí na sníženém úniku metanu a oxidů dusíku ve srovnání s tradičními systémy skladování hnoje.



## Dopady využívání energie z bioplynu na životní prostředí

| Podklad                          | Snížení emisí skleníkových plynů ve srovnání s fosilními palivy[%] |
|----------------------------------|--|
| Tráva                            | 86   |
| Cukrová řepa (vč. vršků)         | 85   |
| Kukuřice                         | 75   |
| Hněj                             | 148  |
| Odpad z potravinářského průmyslu | 119  |
| Organický domácí odpad           | 103  |

Produkcí bioplynu (CH<sub>4</sub> a CO<sub>2</sub>) ve fermentačním procesu se významně (> 50%) snižuje množství uhlíku. V závislosti na operačním systému (včetně pH a teploty) bioplynové stanice může do jisté míry dojít také ke ztrátě N (jako NH<sub>3</sub>).

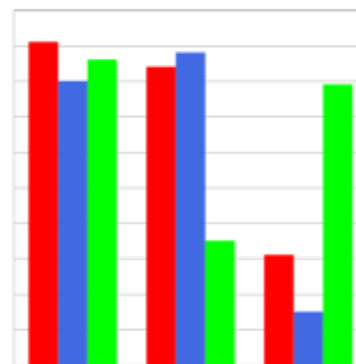
## Ekonomika energetických systémů pro bioplyn malého rozsahu

Když se potenciální provozovatel rozhoduje, zda postavit bioplynovou stanici, je klíčové zvážit: může být budoucí elektrárna provozována se ziskem? Je proto nutné posoudit ekonomickou ziskovost zařízení na výrobu bioplynu.

Zařízení na výrobu bioplynu může generovat příjmy následujícími způsoby :

- prodej elektřiny
- prodej tepla
- prodej plynu
- výnosy z likvidace trávicích substrátů
- prodej digestátu.

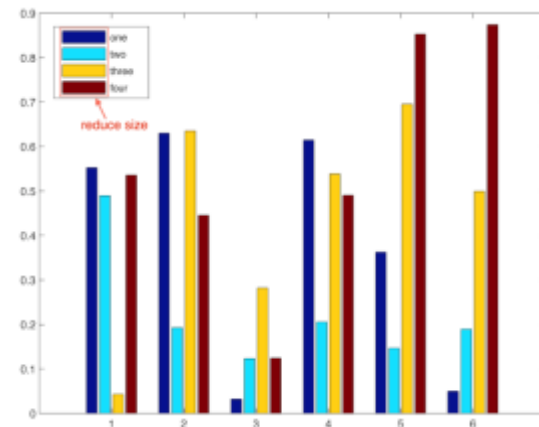
Hlavním zdrojem příjmů pro bioplynové stanice, kromě těch, které dodávají plyn do sítě, je prodej elektřiny.



## Ekonomika energetických systémů pro bioplyn malého rozsahu

Situace související s prodejem tepla je výrazně problematičtější než u elektřiny. Od samého počátku by proto při výběru místa závodu měli být brány v úvahu potenciální odběratelé tepla. V praxi nebude možné veškerou vznikající tepelnou energii smysluplně využít, jednak proto, že určité procento bude zapotřebí jako procesní teplo a taky proto, že většina odběratelů tepla bude mít velmi odlišné sezónní požadavky na teplo. Ve většině případů bude kvůli vlastní potřebě tepla z bioplynové stanice množství tepla, které může zařízení dodávat, v rozporu s potřebou tepla potenciálních odběratelů.

Snahou provozovatele elektrárny může být nepřeměňovat bioplyn na elektřinu procesem kombinované výroby tepla a elektřiny, ale upgradovat plyn a dodávat jej do sítě zemního plynu. Takové závody získávají většinu svých výnosů z plynu, který prodávají.





## Ekonomika energetických systémů pro bioplyn malého rozsahu

Nákladové položky lze v zásadě rozdělit podle následující struktury:

### Variabilní náklady

- Náklady na substráty mohou představovat až 50% celkových nákladů. To je obzvláště pravděpodobné v případě rostlin, které používají výhradně energetické plodiny a jiné související obnovitelné zdroje.
- spotřební materiál - zahrnuje především elektřinu, zapalovací olej, mazací olej a naftu, dále plastové fólie a pytle s pískem pro zakrytí siláže. Pro přívod plynu do sítě spotřební materiál zahrnuje také propan, který se přidává do bioplynu pro úpravu plynu.
- údržba a opravy se odhadují na 1–2% hlavních nákladů, v závislosti na komponentě.
- laboratorní analýzy - profesionální řízení procesu vyžaduje laboratorní analýzu obsahu digestoře.



## Ekonomika energetických systémů pro bioplyn malého rozsahu

### Fixní náklady

- náklady závislé na kapitálových výdajích se skládají z odpisů, úroků a pojištění. Odpisy jsou specifické pro jednotlivé komponenty.
- mzdové náklady - jelikož práci v bioplynové stanici obvykle vykonávají stálí zaměstnanci a protože zde nejsou žádné zvláštní pracovní špičky, lze mzdové náklady zahrnout do fixních nákladů. Čas potřebný k řízení, monitorování a údržbě se považuje za funkci instalovaného výkonu.
- náklady na pozemky - pokud je zařízení provozováno jako komunální závod nebo komerční závod, je třeba vzít v úvahu také další nákladové položky, jako je pronájem nebo nájem.



Source: pixabay.com



## Případová studie

Popis zemědělské bioplynové stanice s výkonem 500 kWe v experimentální jednotce Národního výzkumného ústavu živočišné výroby Odrzechowa Sp. z o.o.

Zemědělská bioplynová stanice s kapacitou 500 kWe umístěná v Odrzechowě, gmina Zarszyn, okres Sanok, Podkarpatské vojvodství.

Technická data:

Elektrický jmenovitý výkon :

500 kWe

Jmenovitý tepelný výkon :

518 kWt

Hrubá výroba elektřiny :

4 157 MWh/rok

Hrubá výroba tepla :

15 817 GJ/rok

Připojení k síti :

vedení 15 kV



Source: own picture

## Případová studie

Popis zařízení bioplynové stanice:

Fermentační komory

Jsou to kruhové, monolitické, železobetonové nádrže s vnitřním průměrem 23,0 ma 26 ma výšce 6 m, pokryté membránovou střechou tvořící držák plynu. Vnitřně jsou nádrže izolovány v plynové oblasti proti agresivním vlivům prostředí. Z vnějšku jsou nádrže tepelně izolovány a pokryty trapézovými plechy. Nádrže jsou vybaveny dvěma ponornými míchadly s nastavitelnou výškou a úhlem a instalací vytápění a potrubí.

Skladovací nádrž na zbytky po kvašení

Je to kruhová, monolitická, železobetonová nádrž s vnitřním průměrem 30,0 ma výškou 6 m. Funkci nádrže na skladování zbytků z fermentace bude na farmě plnit také stávající nádrž na hnůj. Nádrž je vybavena dvěma ponornými míchadly s nastavitelnou výškou a úhlem a instalací potrubí.

Sběrná nádrž

Je to kruhová, monolitická, železobetonová nádrž s vnitřním průměrem 6,40 ma výškou 3 m. Nádrž je vybavena ponorným směšovačem s vertikálním a horizontálním nastavením a instalací potrubí.



## Případová studie

### Silážní silo

Silážní silo je 3komorová, monolitická, železobetonová nádrž, výška 4,2 m, šířka 30 m a délka 50 m.

### Technická budova a technická místnost čerpací stanice

Technická budova byla postavena na základě tradiční technologie. V budově se nachází: kogenerační místnost, transformátor, velín, technická místnost

a sociální místnost. V technické místnosti čerpací stanice jsou tepelné a technologické síťové systémy a řídicí skříně.

Dalšími technologickými prvky (nonbuilding) bioplynové stanice jsou odpojená zařízení stojící na železobetonových deskách na zemi.



Source: own picture

## Případová studie

Technologie bioplynové staice:

Tato technologie zahrnuje zpracování substrátů rostlinného původu, jako je kukuřičná siláž, travní siláž a další rostlinný odpad, jakož i hnůj a tekutý hnoj v různých poměrech. Hnůj bude z farmy dodáván přímo do bioplynové stanice. Všechny pevné substráty budou dodávány do dávkovací násypky, ze které budou automaticky transportovány do fermentační komory. Tekuté substráty budou přepravovány potrubím přímo do sběrné nádrže. Dávkování substrátů ze sběrné nádrže do výrobního procesu bude prováděno automaticky. Pevné substráty budou transportovány do míchacího a dávkovacího zařízení, kde bude pevný substrát smíchán s kapalným substrátem do čerpatelné formy. Homogenní směs substrátů bude čerpána ve vhodných množstvích a poměrech do dvou hlavních fermentačních komor. Navrhovaný systém zajišťuje provedení technologického procesu ve dvou fázích: počáteční fermentace a sekundární fermentace.



## Případová studie

Fermentace probíhá ve dvou digestorech. Proces intenzivní výroby bioplynu probíhá v obou nádržích. Obě nádrže jsou vybaveny topným systémem odpovědným za udržování stabilní procesní teploty v rozmezí 37-40 ° C. Bioplyn vznikající při fermentaci podléhá odsíření: v plynném prostoru reaktorů dochází k procesu biologické odsíření, který spočívá v dávkování malého množství vzduchu, což přispívá k expanzi bakterií snižujících koncentraci sirovodíku v bioplynu . Odsířený bioplyn protéká přívody plynu z fermentačních komor do sítě bioplynu, ve které je transportován do zařízení pro kompresi a úpravu druhého stupně. Úprava druhého stupně zahrnuje dehydratační zpracování spočívající v kondenzaci vlhkosti v důsledku snížení teploty plynu. Kondenzát z bioplynu odtéká gravitací dolů do jímky kondenzátu, ze které je čerpán do nádrže na skladování zbytků z fermentace.



## Případová studie

Takto připravený bioplyn je směřován do kogenerační jednotky, kde se jeho chemická energie přeměňuje na elektřinu a teplo. Elektřina se používá k pokrytí potřeb zařízení a k napájení rozvodné sítě. Teplo z kombinované výroby tepla a elektřiny má formu horké vody a slouží k pokrytí potřeb zařízení s možností využití pro jiné energetické účely. V případě nevyužití veškerého tepla z kombinované výroby jako užitkové vody je jeho přebytek směřován do chladiče ventilátoru. Postfermentační kapalina je transportována do separátoru pevné frakce postfermentačního hnojiva. Pevná frakce bude přijímána do nádoby, do které tuhé hnojivo padá gravitací. Kapalná frakce hnojiva bude směřována do skladovací nádrže - skladovací nádrže na fermentační zbytky.

Typ podkladů :

- kukuřičná siláž v množství max. 2 500 Mg / rok,
- zelené zbytky ve výši cca. 600 Mg / rok (v období mezi V-VII)
- tráva v množství cca. 800 Mg / rok (v období mezi VIII-IX)
- řepné řízky v množství cca. 5 000 Mg / rok (omezení kukuřičné siláže)
- odpad z chovu zvířat: hnůj pro dobytek ve výši 8300 Mg / rok, nefermentovaný tekutý hnoj ve výši 900 m<sup>3</sup> / rok, kvašený tekutý hnoj ve výši 4500 m<sup>3</sup> / rok.





## Zdroje a odkazy

[http://www.cire.pl/pliki/2/Mikrogeneracja\\_Technika.pdf](http://www.cire.pl/pliki/2/Mikrogeneracja_Technika.pdf)

biogasportal.info - Guide to Biogas From production to use

([https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide\\_biogas\\_engl\\_2012.pdf](https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf))

International Renewable Energy Agency (IRENA) - Measuring small-scale biogas capacity and production

([https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA\\_Statistics\\_Measuring\\_small-scale\\_biogas\\_2016.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Statistics_Measuring_small-scale_biogas_2016.pdf))

Organic Fertilizer from Biogas Plants ([https://energypedia.info/wiki/Organic\\_Fertilizer\\_from\\_Biogas\\_Plants](https://energypedia.info/wiki/Organic_Fertilizer_from_Biogas_Plants))

Fertilizing Potential of Separated Biogas Digestates in Annual and Perennial Biomass Production Systems,

Andrea Ehmann, Ulrich Thumm and Iris Lewandowski

(<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2018.00012/full>)

Basic Data on Biogas (<http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/BasicDataonBiogas2012.pdf>)

Agrobiogazownia, a collective work edited by K. Węglarzy, W. Podkówka, Instytut Zootechniki PIB, Grodziec Śląski 2010

Biogazownie rolnicze. Opracowanie monograficzne, ed. J. Walczak, Instytut Zootechniki PIB, Kraków 2010

Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska, dr Alina Kowalczyk-Juśko, FDPA Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Warszawa

Mikrogeneracja ciepła i energii elektrycznej w lokalnych systemach zasilania, Radosław Szczerbowski, Politechnika Poznańska, in: „Energia Elektryczna” – January 2011

Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych, a collective work edited by A. Myczko, Wydawnictwo ITP, Warszawa-Poznań 2011

Wykorzystanie energii odnawialnych, ed. dr Małgorzata Bereza, Instytut Zootechniki PIB ZD Grodziec Śląski sp. z o.o., Kostkowice 2009

