



**Agromická  
fakulta**

3.6.2015

Připravil: doc. Ing. Tomáš Vítěz,  
Ph.D.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

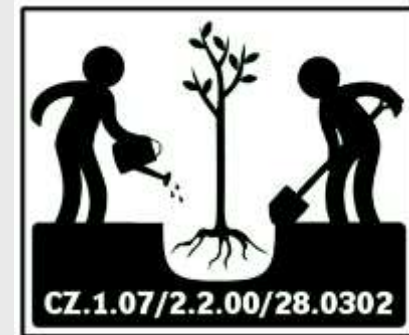
# TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ (11)

Technika pro bioplynové transformace

Mendelova  
univerzita  
v Brně



- Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU
- směřující k vytvoření mezioborové integrace
- CZ.1.07/2.2.00/28.0302



## Úvod a cíl

- Prezentace je zaměřena na problematiku techniky pro bioplynové transformace. Cílem je získání základních informací v oblasti anaerobních bioplynových transformací a jejich využití při zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Prezentace je členěna do dílčích celků, které se zabývají např. historií a současností bioplynových transformací, zpracovávanými surovinami, vlastním procesem tvorby bioplynu, úpravou a využitím bioplynu atd.

## Klíčová slova

- Bioplyn, anaerobní fermentace, bioplynová stanice, fermentační zbytek, biologicky rozložitelné odpady.

## Historie

**10. století př.  
n. l.** první  
záznamy o  
bioplynu,  
Asýrie

**1776** – L. Pasteur  
student, provedl  
experiment s  
chlévkou mrvou  
a vodou při 35 °C,  
vyrobil 100 litrů  
bioplynu z 1m<sup>3</sup>  
mrvy

**1808** – H.  
Davy  
experimenty  
se  
slamnatým  
hnojem a  
jeho  
jímáním

**1630** – Jan  
Baptista van  
Helmot,  
**1667** –  
Shirley,  
první zmínky  
o bioplynu při  
rozkladu  
organické  
hmoty

**1776** – A.  
Volta  
pozoroval  
závislost  
mezi  
množstvím  
organické  
hmoty a  
produkcí  
bioplynu

**1859** –  
Indie, první  
bioplynová  
stanice,  
Bombaj

## Historie

**1895** – Anglie,  
anaerobní  
zpracování  
čistírenských  
kalů, bioplyn  
využit pro  
osvětlení ulic  
Exeter

**1970** –  
energetická krize  
zapříčinila  
zvýšený zájem o  
bioplyn

???????

**1930**  
identifikace  
anaerobních  
mikroorganismů

**2013** – cílená  
výstavba  
bioplynových  
stanic



## Současná situace

**555 bioplynových stanic v provozu (v roce 2007, 23 )**

**392 MW celkový instalovaný elektrický výkon**

**22,1 % podíl bioplynu na OZE**

### Počet bioplynových stanic

**316 zemědělských**

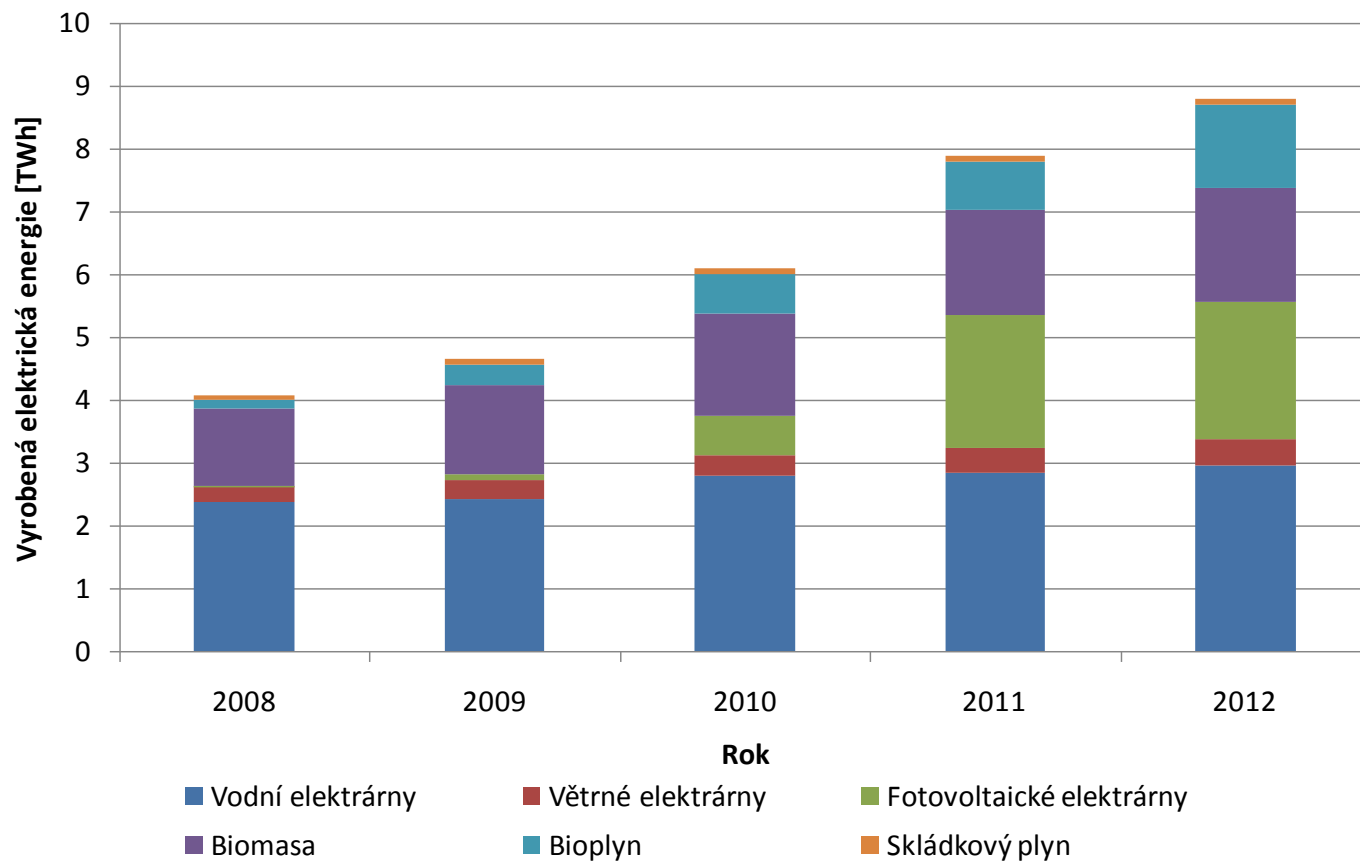
**97 čistírenských**

**55 skládkových**

**11 průmyslových**

**8 komunálních**

## Výroba elektrické energie z bioplynu

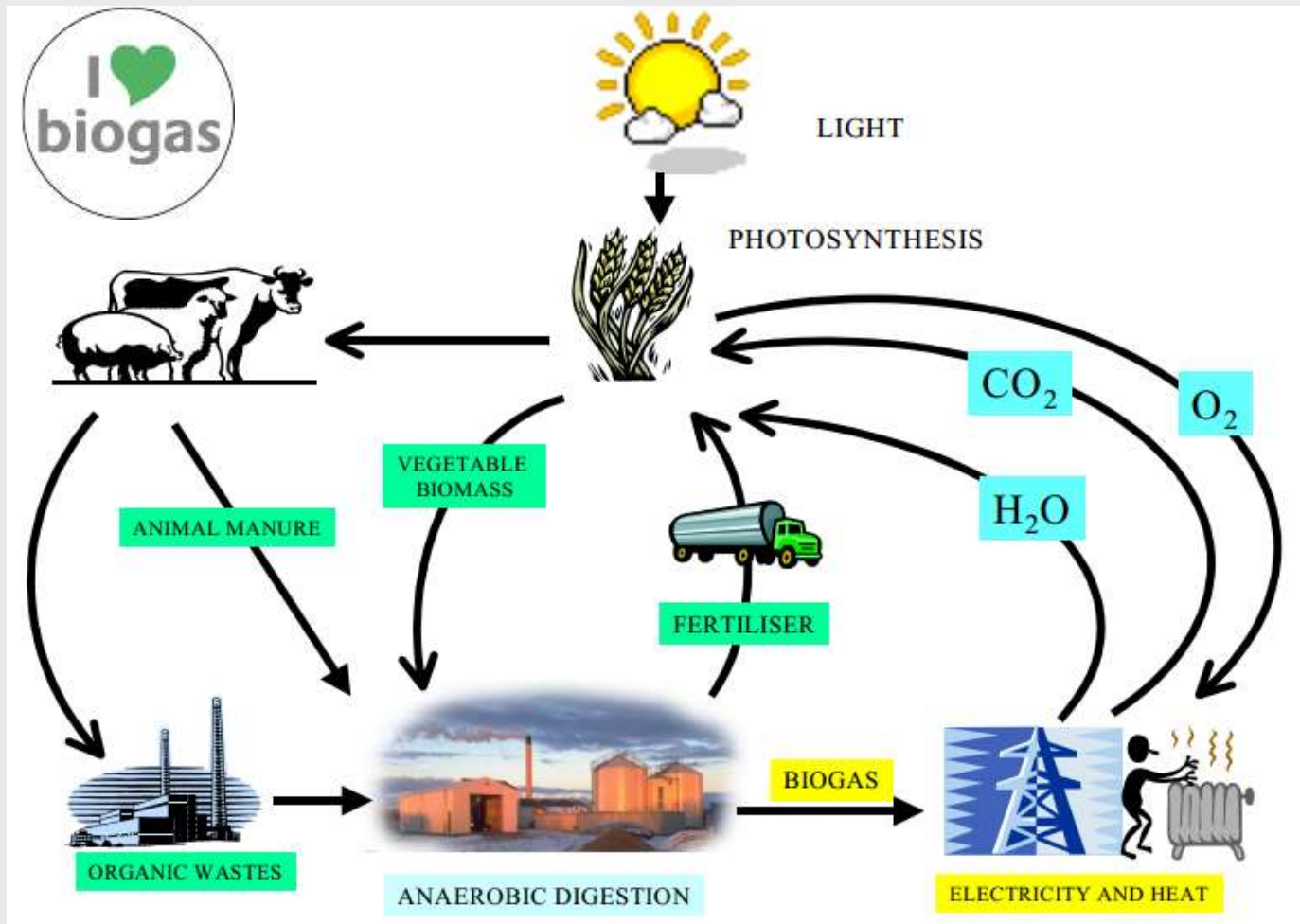


## Srovnání s vybranými zeměmi EU

	Celkový počet	Z toho zemědělských
Česká republika	481	360
Dánsko	187	86
Finsko	73	32
Francie	440	57
Holandsko	180	69
Německo	7800	6300
Norsko	185	76
Rakousko	586	350
Švédsko	229	32
Švýcarsko	119	73
Velká Británie	219	65



# Cyklus bioplynu



## Vstupní suroviny bioplynových stanic

### Zemědělské odpady

Živočišná výroba

Rostlinná výroba

Statková hnojiva

Řepný chrást

Skot

Sláma

Prasata

Drůbež

### Zemědělská produkce

Kukuřičná siláž

GPS

Čirok

Travní senáž

Řepa

### Nezemědělské odpady

Průmyslové

Komunální

Služby

## Vstupní suroviny





## Vstupní suroviny



**Energetické sil. kukuřice**  
**30 tun suš./ha**  
**= až 12 000 m<sup>3</sup> bioplynu/ha**

**Dnešní odrůdy sil. kukuřice**  
**15 – 18 tun suš./ha**  
**= až 6 000 m<sup>3</sup> bioplynu/ha**

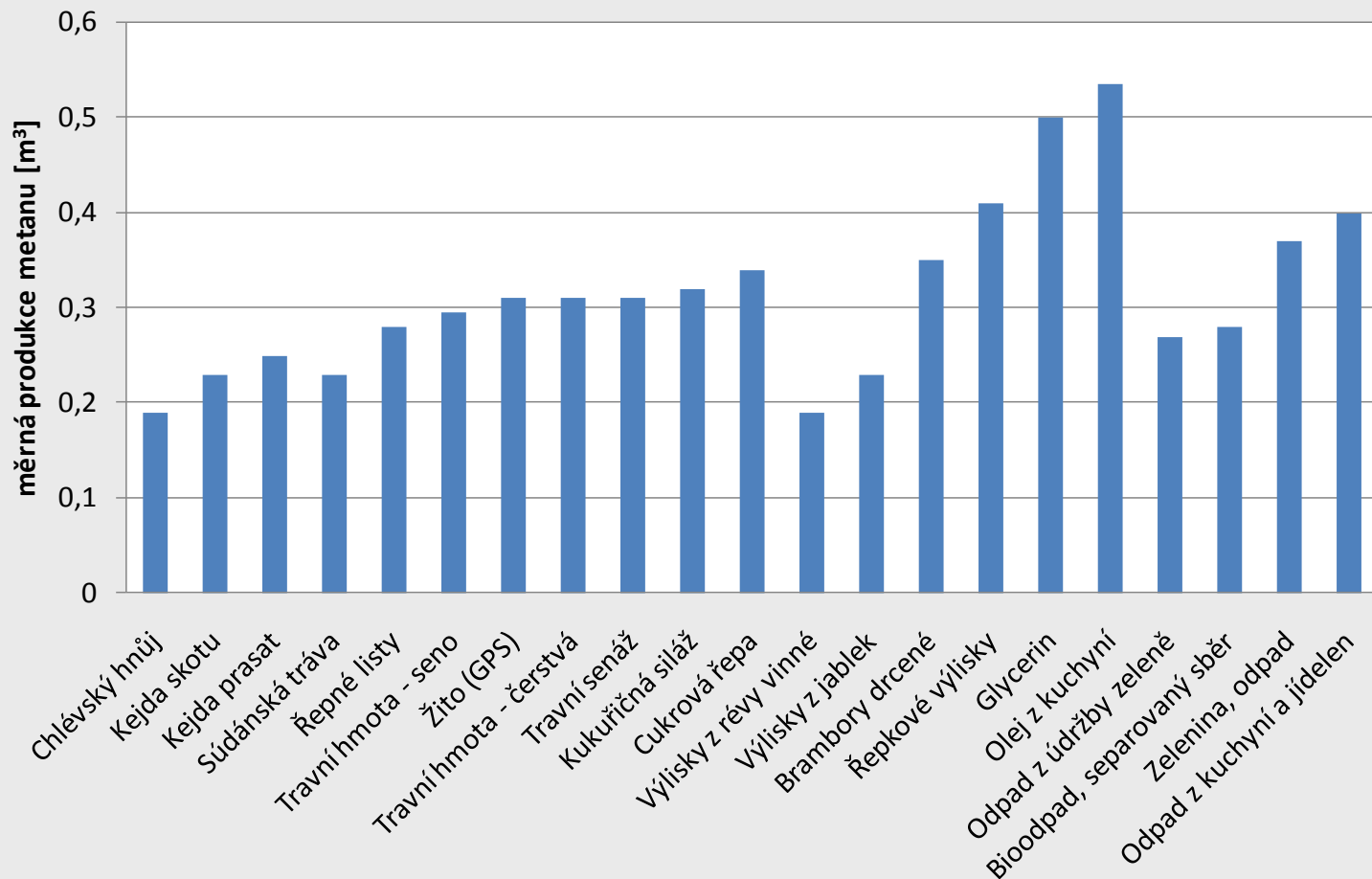
## Vstupní suroviny



## Teoretická produkce a složení bioplynu

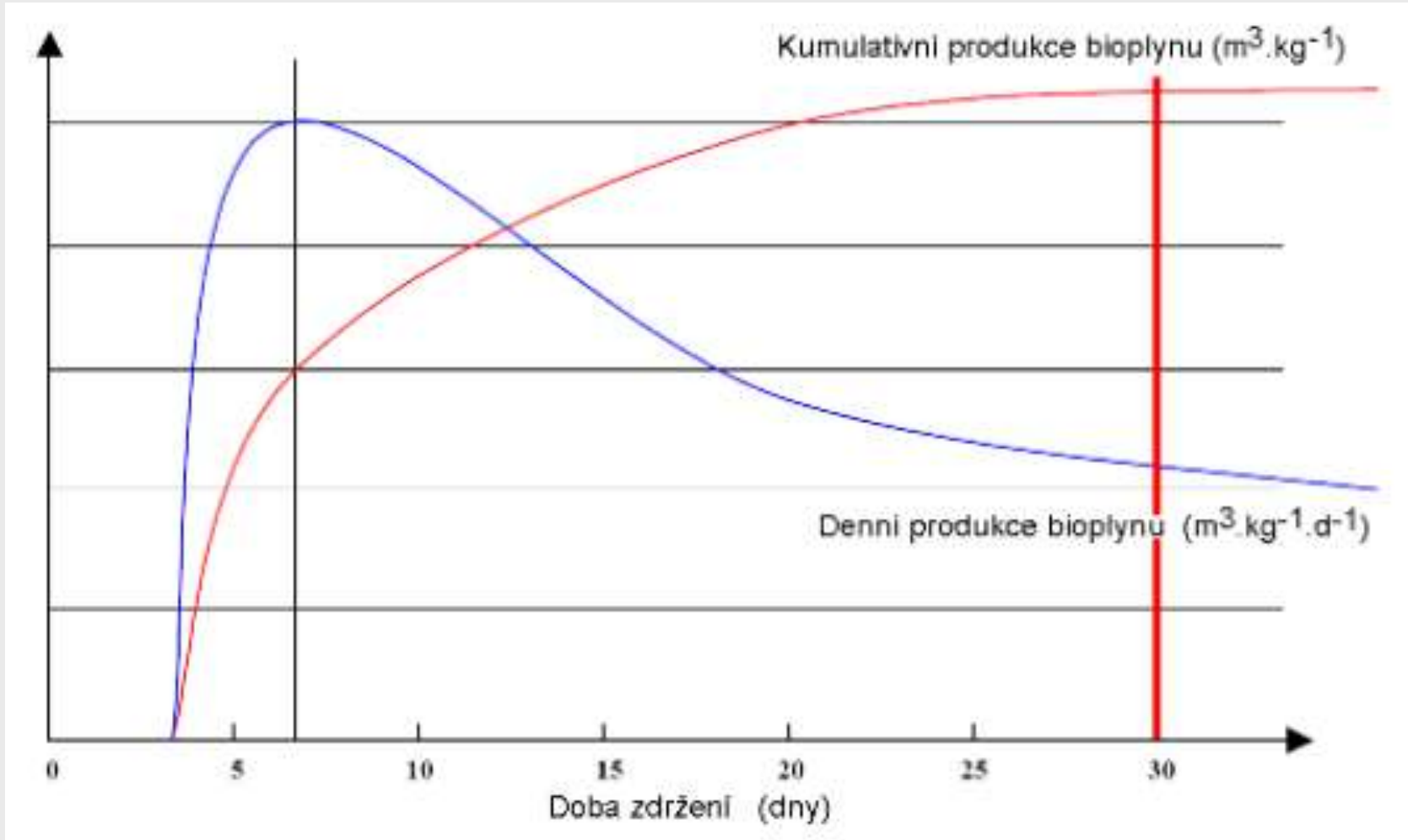
Materiál	Produkce bioplynu	Složení bioplynu	
	[dm <sup>3</sup> /kg] sušiny	CH <sub>4</sub> [% <sub>obj.</sub> ]	CO <sub>2</sub> [% <sub>obj.</sub> ]
Lignin	0	-	-
Škrob	830	50-55	45-50
Proteiny	890	55-60	40-45
Celulóza	960	50	50
Tuky	1420	65-75	25-35

## Produkce metanu





## Produkce bioplynu





## Produkce bioplynu

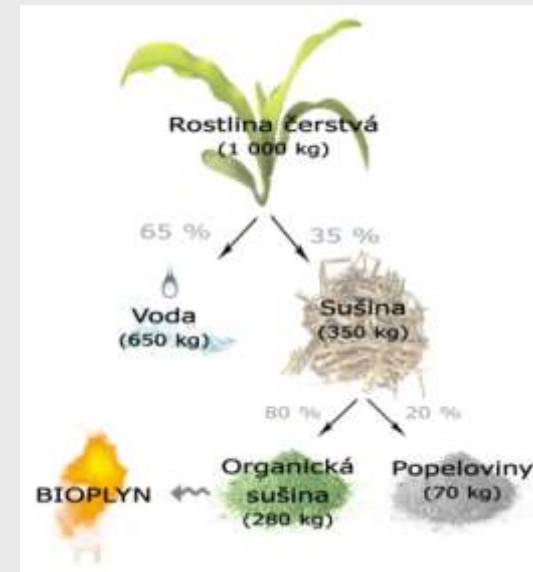
### Předpoklad

Přítomnost organické hmoty:  
30 – 95 % rozložitelných látek

Z 1 kg rozložitelných látek získáme:  
0,6 – 1 m<sup>3</sup> bioplynu

Příklad:

organická sušina 4000 kg za den = produkce bioplynu 3000 m<sup>3</sup> za den



## Produkce bioplynu

### 1. Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

### 2. Buswellova rovnice

- prvkové složení substrátu (C,H,O,N,S)
- teoretická spotřeba kyslíku (TSK)

### 3. Spalné teplo

- kalorimetrie

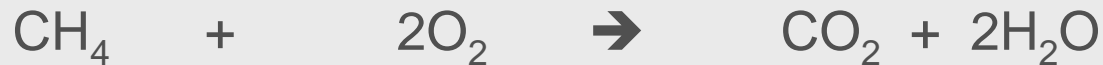
### 4. Chemické analýzy

- tuk, škrob, bílkoviny, acidodetergentní vláknina, neutrodetergentní vláknina

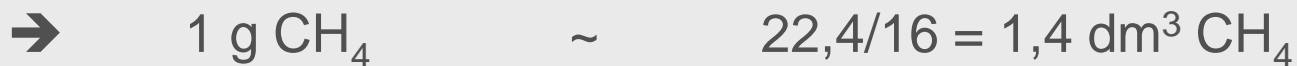
### 5. Fermentační testy

## Produkce bioplynu

### 1. Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)



### Předpoklad ideální plyn, normální podmínky



## Produkce bioplynu

### 1. Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

→ 1 g CH<sub>4</sub> ~ 4 g COD ~ 1,4 dm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

→ 4 g CHSK ~ 1,4 dm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

→ 1 g CHSK ~ 1,4/4 = 0,35 dm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

tedy 1 kg CHSK ~ 0,35 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

***Rozklad 1 kg CHSK produkuje 0,35 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>.***

## Dělení bioplynových stanic

Podle druhu zpracovávaného materiálu (v souladu s MŽP)

### Zemědělské bioplynové stanice

- zpracovávají produkty rostlinné, živočišné výroby a cíleně pěstovanou biomasu,

### Čistírenské bioplynové stanice

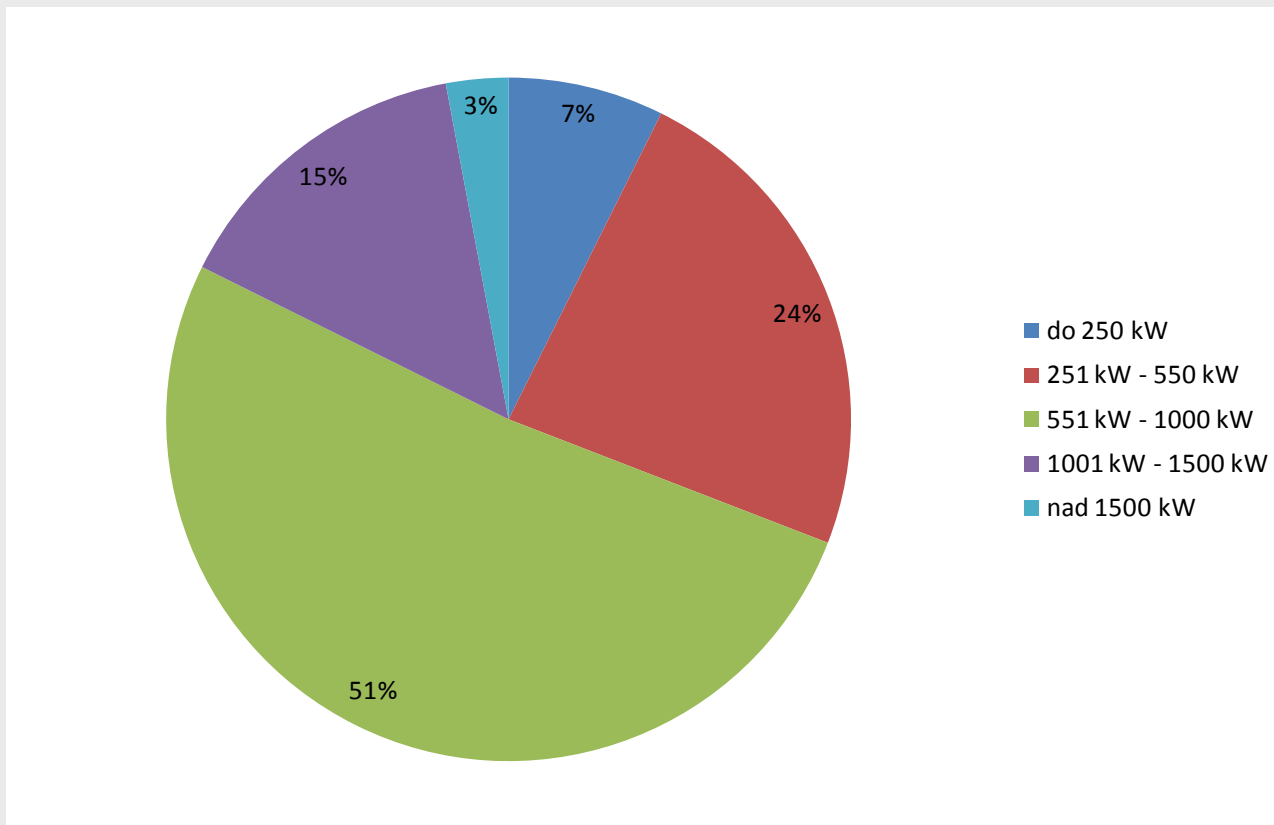
- zpracovávají pouze kaly z čistíren odpadních vod,

### Ostatní bioplynové stanice

- zpracovávají produkty definované legislativou, biologicky rozložitelný odpad, vedlejší živočišné produkty, odpady z potravinářského průmyslu apod.

## Dělení bioplynových stanic

Podle instalovaného elektrického výkonu



## Dělení bioplynových stanic

### Podle obsahu sušiny zpracovávaného materiálu

- zpracovávající tekuté substráty (do 15 % sušiny)
- zpracovávající netekuté substráty (30 - 45 % sušiny)

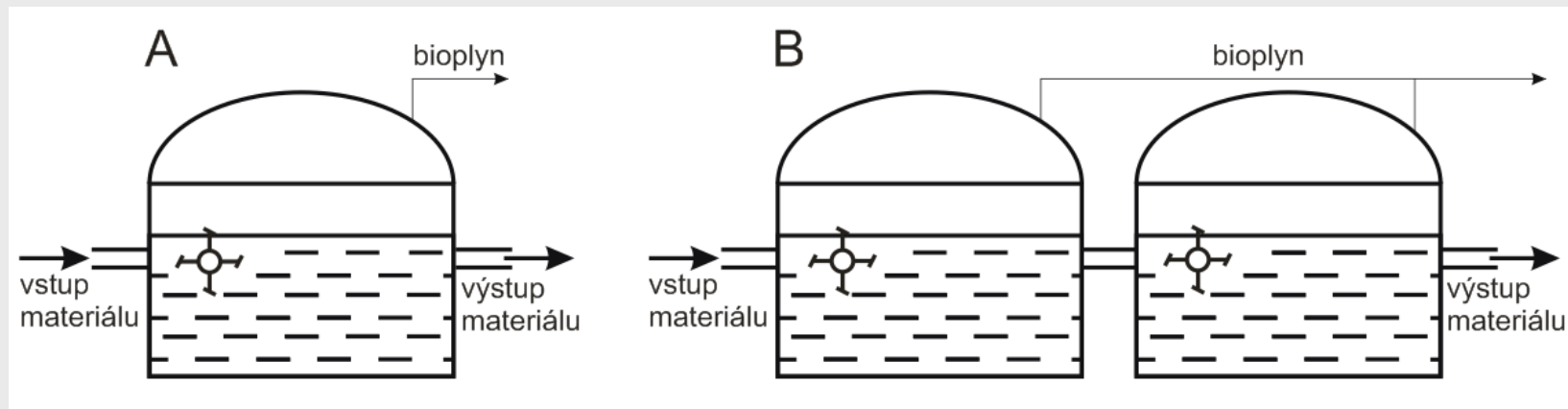
### Podle provozní teploty ve fermentoru

- bioplynové stanice pracující v mezofilním teplotním režimu
- bioplynové stanice pracující v termofilním teplotním režimu

## Dělení bioplynových stanic

Podle počtu fermentorů zařazených v sérii

- jednostupňové bioplynové stanice (A),
- dvoustupňové bioplynové stanice (B),

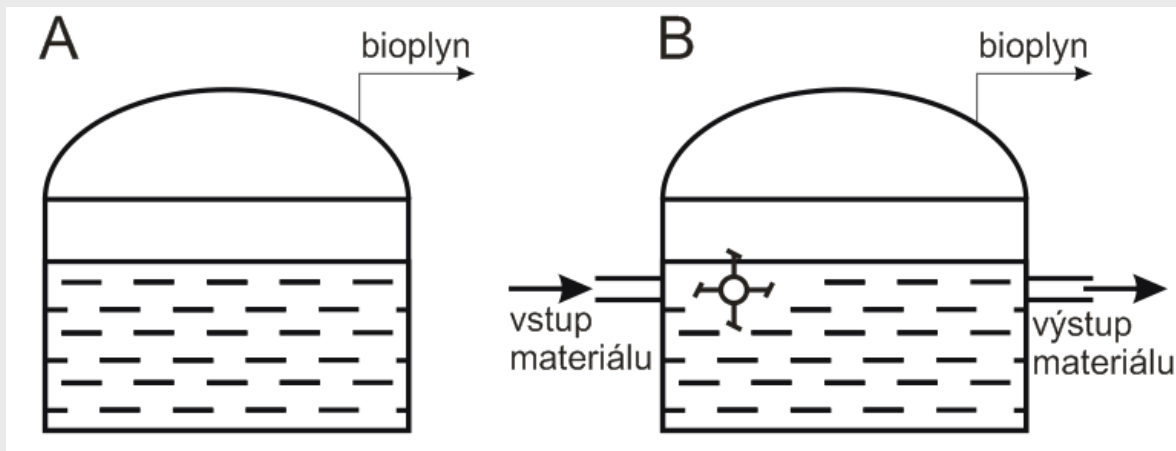




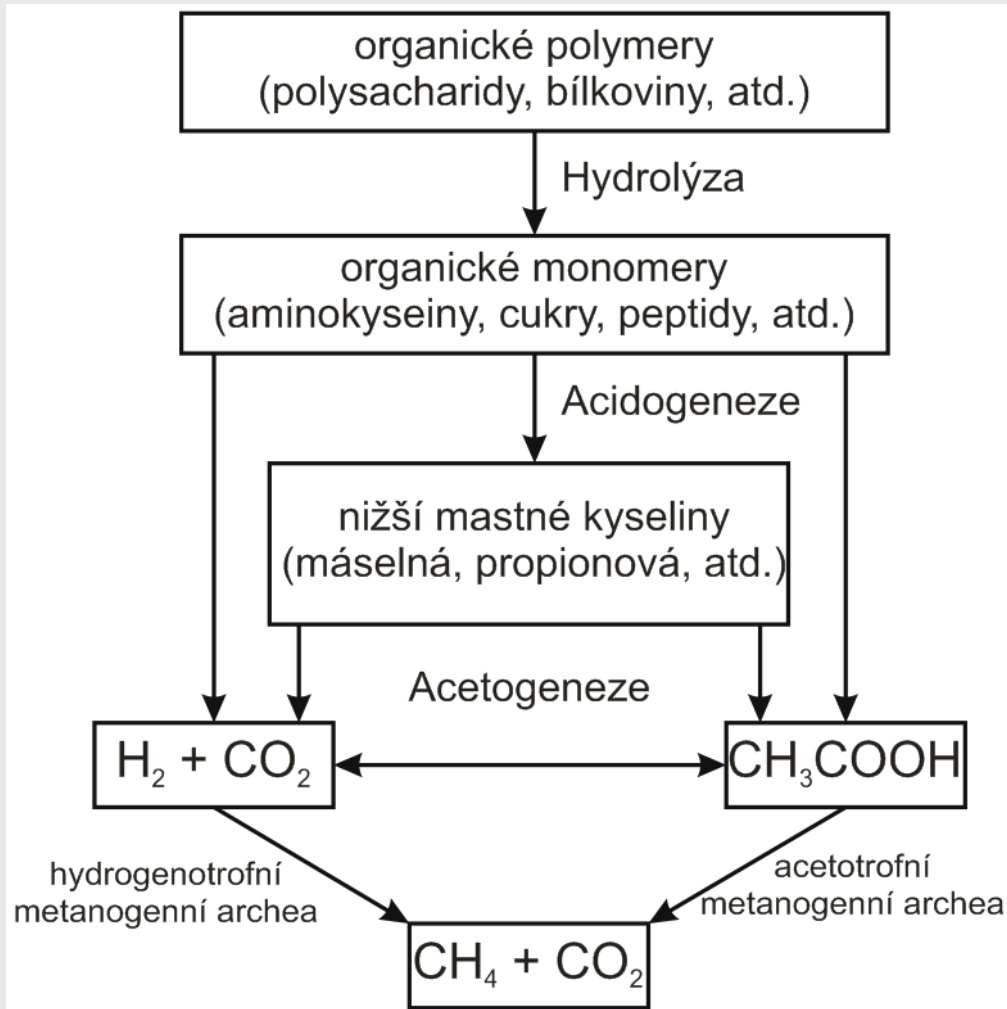
## Dělení bioplynových stanic

Podle způsobu dávkování vstupního materiálu do fermentoru

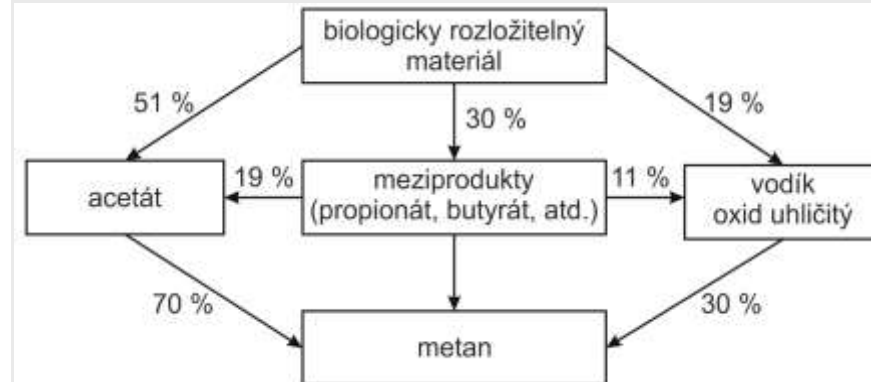
- diskontinuální dávkování (A),
- kontinuální dávkování (B),



## Anaerobní proces - průběh



## Koloběh uhlíku



## Rozdělení mikroorganismů podle látkové výměny

Typ látkové výměny	Zdroje energie	Donor elektronů/vodíku	Zdroje uhlíku	Organizmy
Chemoorganoheterotrofní	organické sloučeniny	organické sloučeniny, např. $C_6H_{12}O_6$ , $C_2H_5OH$ , $CH_3OH$	organické sloučeniny	živočiškové, houby, většina bakterií
Chemoorganoautotrofní		organické sloučeniny, např. $CH_3COOH$ , $CH_3OH$ , $HCOOH$	$CO_2$	metanogenní archea
Chemolithoheterotrofní	anorganické sloučeniny	anorganické sloučeniny a molekuly, např. $H_2$	organické sloučeniny	$H_2$ oxidující bakterie, metanogenní archea
Chemolithoautotrofní		anorganické sloučeniny a molekuly, např. $NH_4^+$ , $NO_2^-$ , $S^{2-}$ , $H_2S$ , $H_2$	$CO_2$	nitrifikační a sulfurikační bakterie, $H_2$ oxidující bakterie, metanogenní archea
Fotoorganoheterotrofní	světelné záření	organické sloučeniny	organické sloučeniny	zelené a purpurové bakterie
Fotoorganoautotrofní		organické sloučeniny	$CO_2$	zelené a purpurové bakterie
Fotolithoheterotrofní	světelné záření	anorganické sloučeniny a molekuly, např. $H_2S$ , $S$	organické sloučeniny	bakterie (purpurové, sírné), některé řasy
Fotolithoautotrofní		anorganické sloučeniny a molekuly, např. $H_2O$ , $H_2S$ , $H_2S$	$CO_2$	rostliny, řasy, sinice, některé bakterie

## Metanogenní archea

Striktně anaerobní

Dlouhý generační interval 5-16 dnů

Sensitivní na pH, optimum 6,8 – 7,5

Zpracovávají pouze:

Kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík

70 % metanu vzniká z kyseliny octové



## Parametry ovlivňující průběh fermentace

Parametr	hydrolýza/acidogeneze	acetogeneze/metanogeneze
Teplota [°C]	25 – 35	Mezofilní 30 – 45 Termofilní 50 – 60
pH [-]	5,2 – 6,3	6,7 – 7,5
C:N [-]	10 – 45	20 – 30
Redox potenciál [mV]	+400 až -300	< -250
Požadovaný C:N:P:S [-]	500:15:5:3	600:15:5:3
Stopové prvky	nevyžadovány	Ni, Co, Mo, Se

## Parametry ovlivňující průběh fermentace

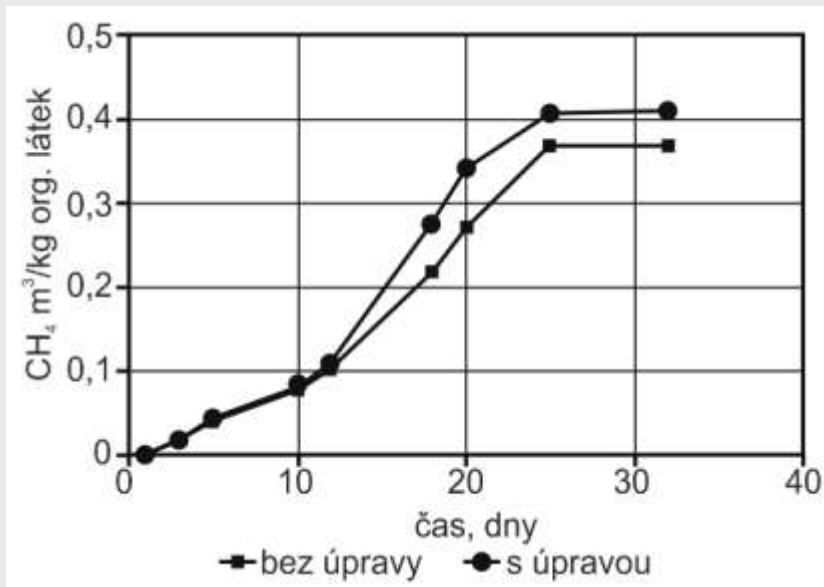
### Koncentrace mikroorganismů

Anaerobní mikroorganismus	Generační doba
Acidogenní bakterie	
<i>Bacteroides</i>	< 24 hodin
<i>Clostridia</i>	24 – 36 hodin
Acetogenní bakterie	80 – 90 hodin
Metanogenní archea	
<i>Methanosarcina barkeri</i>	5 – 16 dnů
<i>Methanococcus</i>	10 dnů

## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Velikost částic

- částice > 20 mm hůře zpracovatelné, nižší povrch,
- částice menší než 8 mm,



## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Obsah sušiny

tekutá fermentace (5 % – 15 %)

netekutá fermentace (25 % – 35 %)



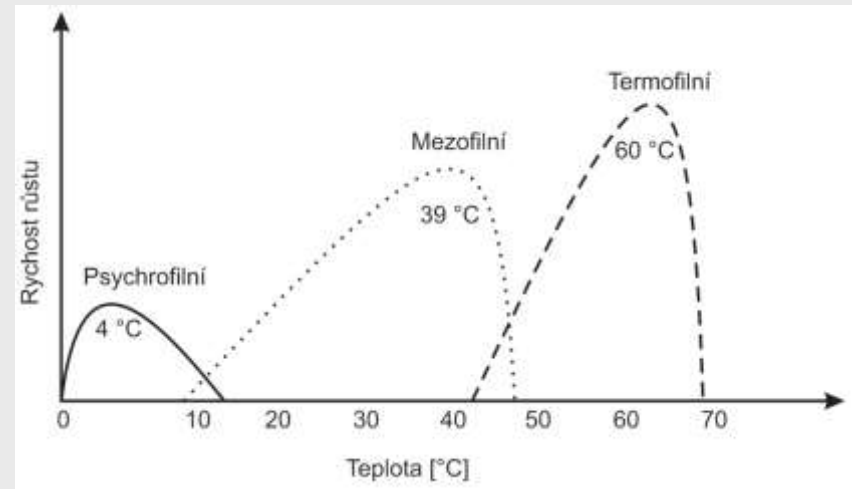
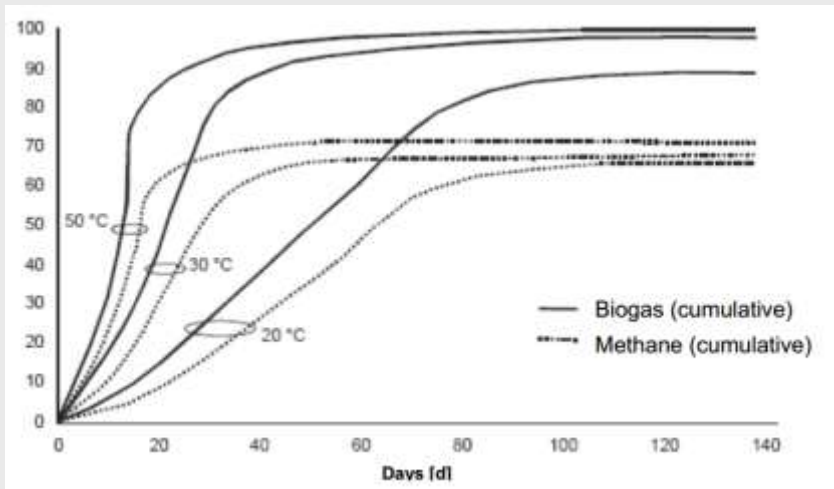
## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Teplota ve fermentoru

psychrofilní, v rozpětí teplot od 5 °C do 25 °C,

mezofilní, v rozpětí teplot od 30 °C do 45 °C,

termofilní, v rozpětí teplot od 50 °C do 60 °C.



## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Hodnota pH

nejlepší indikátor stability procesu,

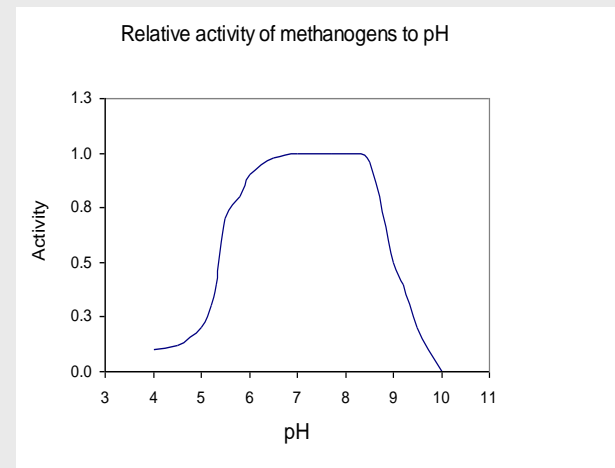
různé fáze procesu = různé pH,

citlivé zejména metanogenní archea, snížení pod pH 5 = kolaps,

pH je funkcí koncentrace těkavých mastných kyselin,

hydrogenuhličitánů a alkality systému,

**Optimum pH = 6,5 – 7,5**



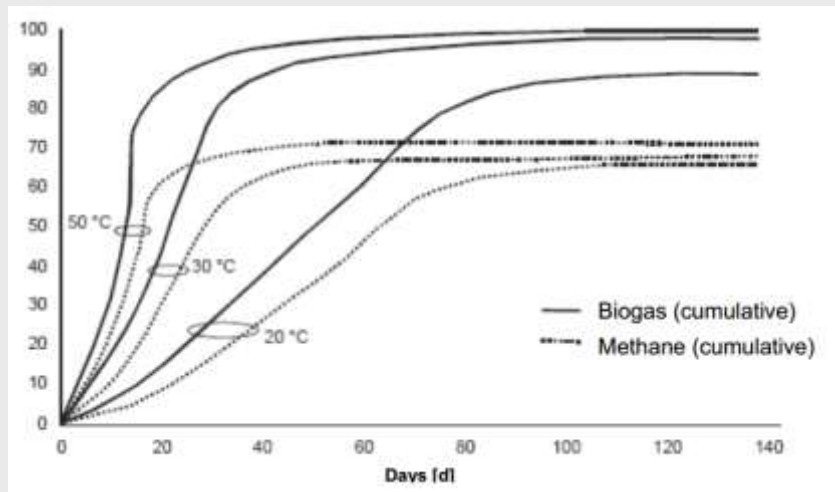
## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Zatížení fermentoru organickými látkami

0,5 – 3 kg organické sušiny na 1 m<sup>3</sup> objemu fermentoru

### Doba zdržení

vliv na rozklad organické hmoty a produkci bioplynu,



$$\tau = \frac{V}{Q} [s]$$

- $\tau$  - doba zdržení [s]
- $V$  - objem reaktoru [m<sup>3</sup>]
- $Q$  - průtok fermentorem [m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>]

## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Míchání

- eliminace tvorby sedimentu ve fermentoru,
- eliminace teplotní stratifikace ve fermentoru,
- udržování chemické a fyzikální jednotnosti ve fermentoru,
- rychlé rozptýlení metabolických meziproduktů vznikajících během rozkladu vstupních materiálů,
- rychlé rozptýlení všech toxických látek ve fermentoru (minimalizace toxicity)



## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Obsah živin

Energeticky bohaté materiály – sacharidy, tuky, bílkoviny,

Málo živin = malá produkce  $\text{CH}_4$

Mnoho živin = zhroucení systému

$\text{C} : \text{N} : \text{P} : \text{S} = 600 : 15 : 5 : 3$

## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Obsah stopových prvků

- identifikátor koncentrace NMK 3 – 5 g·m<sup>-3</sup>,
- potřebné zejména pro metanogenní archea,
- Fe, Ni, Co, Cu, Mo, Se a W,
- absence relevantních dat,
  
- železo 1 mg·m<sup>-3</sup> a den, pro kobalt 100 mg·m<sup>-3</sup> a den, pro nikel 200 mg·m<sup>-3</sup> a den

Málo živin = malá produkce CH<sub>4</sub>

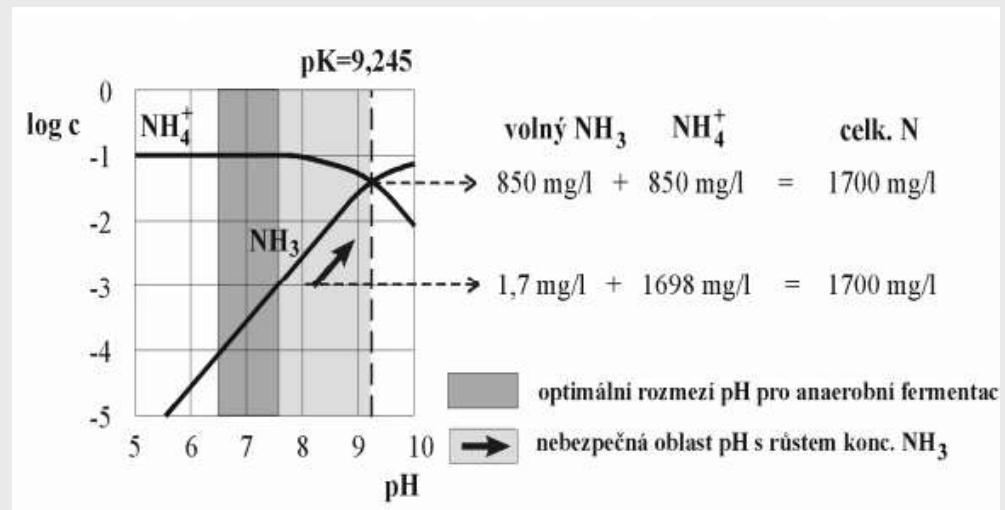
Mnoho živin = zhroucení systému

## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Obsah dusíku

- přítomen zejména v proteinech,
- vzniká amoniakální dusík,

V závislosti na pH může dojít k tvorbě nedisociované formy



## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Inhibitory fermentace

- mastné kyseliny,
- sulfidy, ionty alkalických kovů (Na, K, Mg, Ca a Al),
- těžké kovy, organické látky,
- desinfekční přípravky, antibiotika,
- insekticidy a herbicidy.

Anaerobní proces je adaptabilní a velmi rezistentní vůči inhibičním látkám, a to i ke koncentracím, které jsou toxické v jiných procesech



## Parametry ovlivňující průběh fermentace

### Chyby při dávkování substrátu

- dávkování anorganických materiálů,
- fyzikálně chemické vlastnosti,
- adaptace,



## Monitorované parametry procesu anaerobní fermentace

### Kontinuálně

pH

teplota v reaktoru

tlak v reaktoru

kvantita bioplynu

kvalita bioplynu ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ )

doba činnosti míchadel, kogenerační jednotky

množství vstupních a výstupních surovin

## Monitorované parametry procesu anaerobní fermentace

### Diskontinuálně

	Jednotka	Zelená	Žlutá	Červená
pH	[-]	7,5 – 8,1	7,1 – 7,5	< 7,1; > 8,1
Sušina	[%]	3 – 9	< 3	> 9
Org. sušina	[%]	2,4 – 5,5	< 2,4; 5,5 – 6,5	> 6,5
TKN	[g/l]	< 6	> 6	-
NH4-N	[g/l]	< 5	> 5	-
UAN *	[mg/l]	< 600	600 – 800	> 800
Kys. octová	[mg/l]	0 – 1.000	1.000 – 3.000	> 3.000
Kys. propionová	[mg/l]	0 – 250	250 – 1.000	> 1.000
VFA suma	[g/l]	0 – 1.500	1.500 – 4.500	> 4.500
UFA suma **	[mg <sub>HAc</sub> /l]	0 – 2,5	2,5 – 20	> 20

FOS/TAC ratios	Background	Measure
>0.6	Highly excessive biomass input	Stop adding biomass
0.5–0.6	Excessive biomass input	Add less biomass
0.4–0.5	Plant is heavily loaded	Monitor the plant more closely
0.3–0.4	Biogas production at a maximum	Keep biomass input constant
0.2–0.3	Biomass input is too low	Slowly increase the biomass input
<0.2	Biomass input is far too low	Rapidly increase the biomass input

VFA – Volatile Fatty Acids

UFA - undissociated Volatile Fatty Acids

TKN - Total Kjeldahl Nitrogen

UAN - undissociated Anorganic Nitrogen

FOS - těkavé organické kyseliny

TAC - celkový anorganický dusík

## Monitorované parametry procesu anaerobní fermentace

### FOS/TAC

**Hodnota FOS** (prchavé organické kyseliny)

- celkové množství všech kyselin obsažených ve vzorku,

**Hodnota TAC** (celkový anorganický uhlík),

- nazývaná pufrační kapacita,

- zahrnuje všechny pufrační látky (uhličitany, fosfáty a sloučeniny amoniaku)

## Monitorované parametry procesu anaerobní fermentace

### FOS/TAC

**Hodnota FOS** (prchavé organické kyseliny)

- celkové množství všech kyselin obsažených ve vzorku,

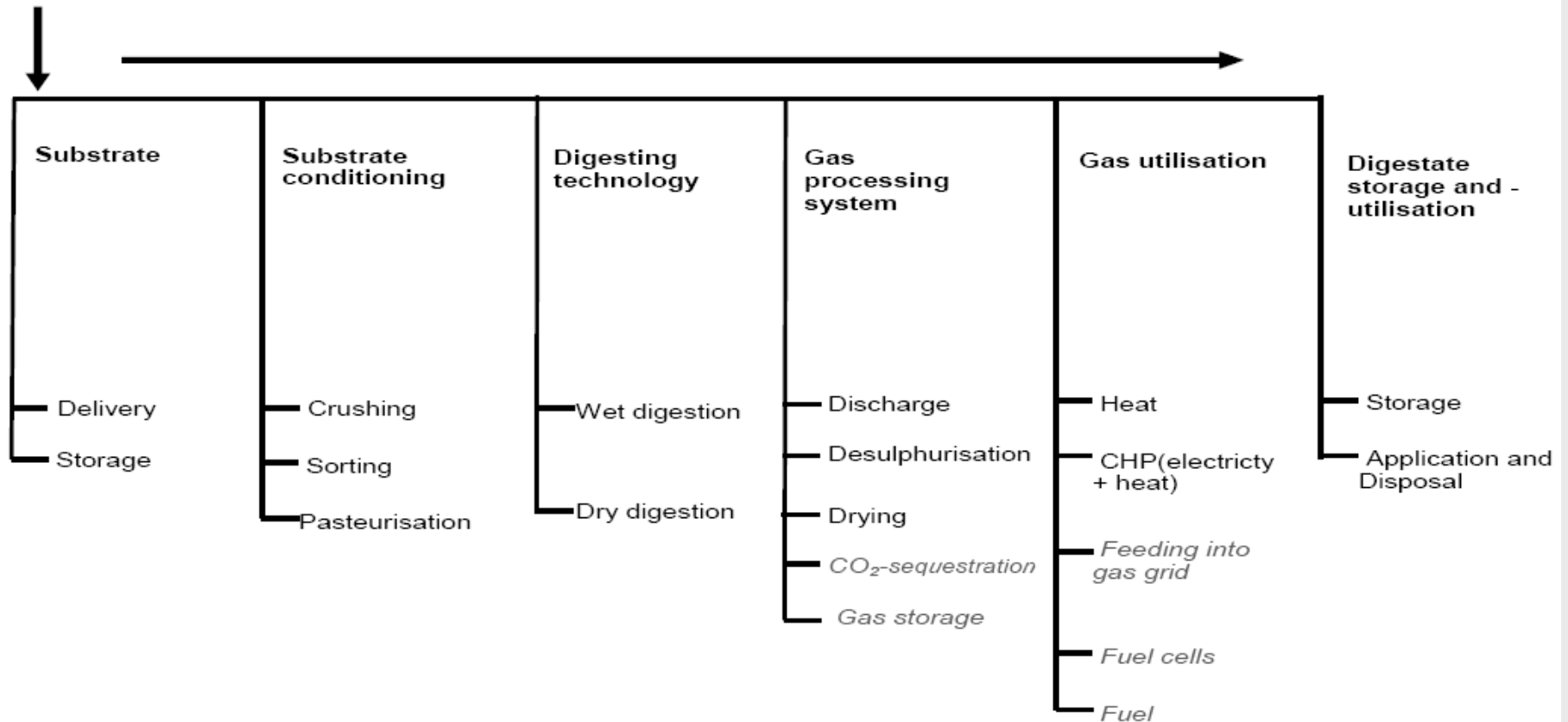
**Hodnota TAC** (celkový anorganický uhlík),

- nazývaná pufrační kapacita,

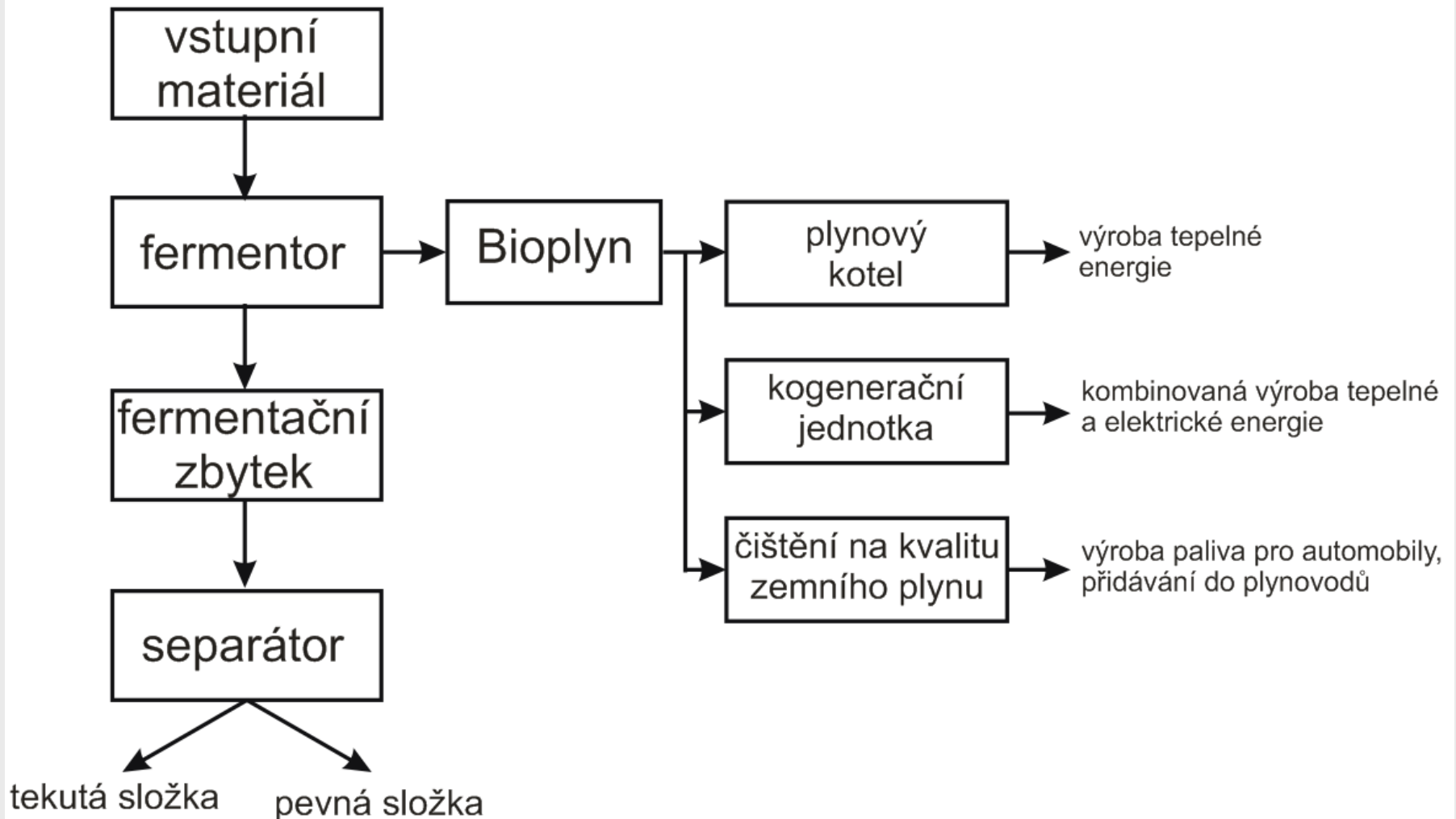
- zahrnuje všechny pufrační látky (uhličitany, fosfáty a sloučeniny amoniaku)

# Procesní kroky bioplynová stanice

Feedstock substrates



## Blokové schéma bioplynové stanice



## Sklizeň cíleně pěstovaných plodin





## Skladování vstupních surovin – silážní žlaby

Dovoz čerstvé hmoty, rozvrstvování



## Skladování vstupních surovin – silážní žlaby

### Plnění a hutnění



## Skladování vstupních surovin – silážní žlaby

### Hutnění



Shrnovač siláže

Výška vrstvy při hutnění: 25 až 30 cm

Doporučená udusání:

při 28 % sušiny 230 kg/m<sup>3</sup>

při 33 % sušiny 250 kg/m<sup>3</sup>

### Pěchovací válce

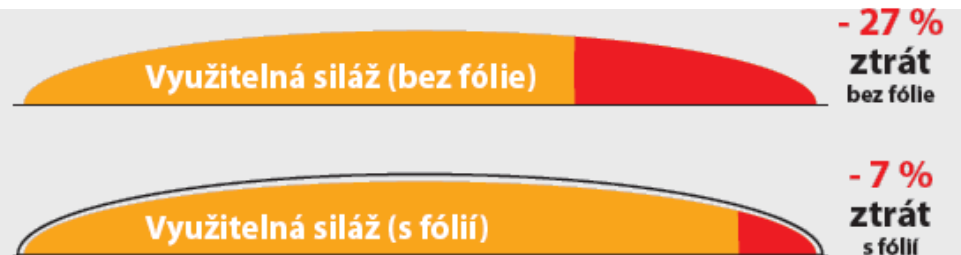




## Skladování vstupních surovin – silážní žlaby

### Zakrytí žlabu

- poetylenová fólie
- šířka, 6-18 m
- délka, 20 - 300 m



## Skladování vstupních surovin – silážní žlaby

### Odběr siláže



## Skladování vstupních surovin – silážní vaky

**Vícevrstvý polyetylen**

**Průměry vaků**

1,2 - 2,0m - pro uskladnění drceného zrna

2,4 - 3,0m - většinou pro travní senáže, kukuřičné siláže

3,6 m - převážně pro kukuřičnou siláž



## Skladování vstupních surovin – silážní vaky

### Tloušťky vaků:

180 a 200  $\mu\text{m}$  - pro malé průměry

225  $\mu\text{m}$  - travní senáže

240 a 250  $\mu\text{m}$  - kukuřičné siláže, mláta, cukrovarské řízky



### Délky vaků

45 – 100 metrů

## Skladování vstupních surovin – silážní vaky

### Plnění





## Skladování vstupních surovin – silážní vaky

### Uzavírání



## Skladování vstupních surovin – silážní vaky

### Odběr



## Skladování vstupních surovin – tekuté vstupy

### Nádrže



## Příjem vstupních surovin – odpady

### Třídění a separace rizikových materiálů



Pasterace, 70 °C, 60 min (gastroodpady)

Hygienizace, 133 °C, 0,3 MPa, 30 min, (VŽP)



## Příprava vstupních surovin

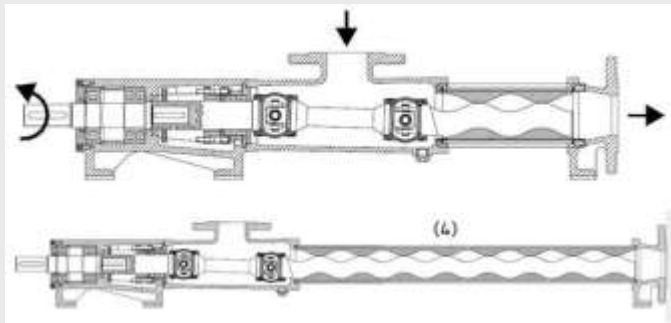
### Homogenizace



## Dávkování vstupních surovin

### Čerpatelné substráty

- odstředivá čerpadla,
- čerpadla jiných principů,



[www.cerpadlo-čerpadla.cz](http://www.cerpadlo-čerpadla.cz)

## Dávkování vstupních surovin

### Čerpatelné substráty

- často spojeno se změnou velikosti materiálu.





## Dávkování vstupních surovin

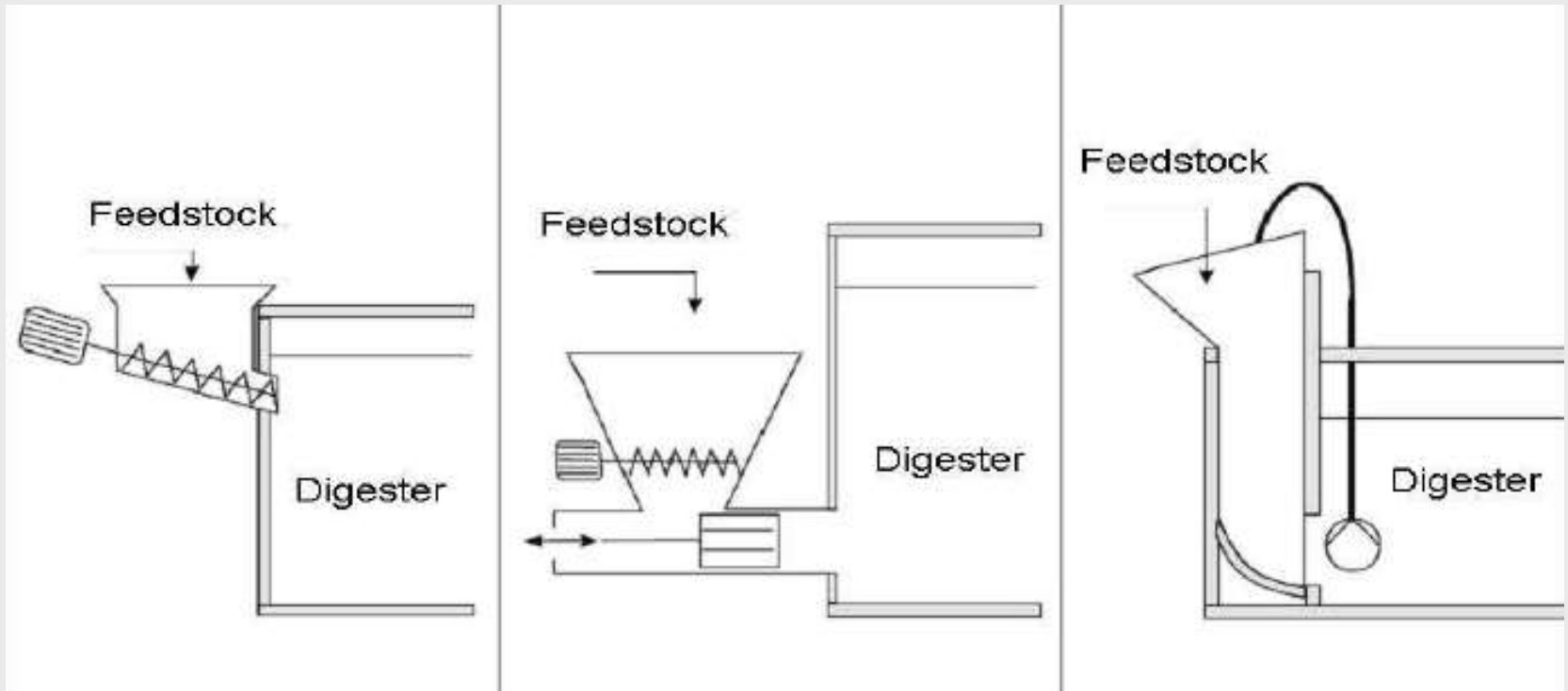
### Nečerpatelné substráty





## Dávkování vstupních surovin

### Způsoby dávkování tekutá fermentace



## Dávkování vstupních surovin

### Způsoby dávkování netekutá fermentace



## Fermentory – tekutá fermentace



## Fermentory – tekutá fermentace

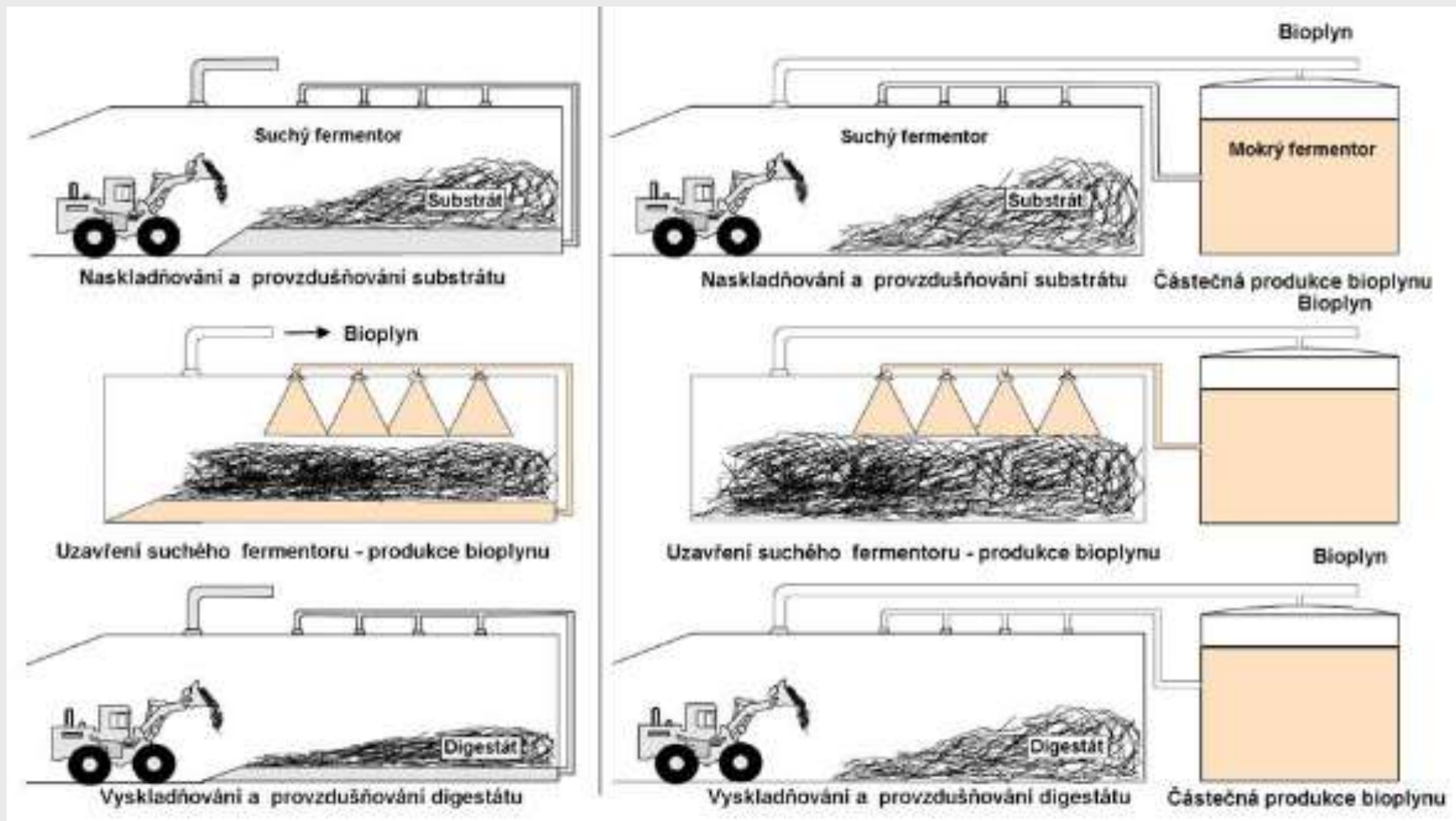




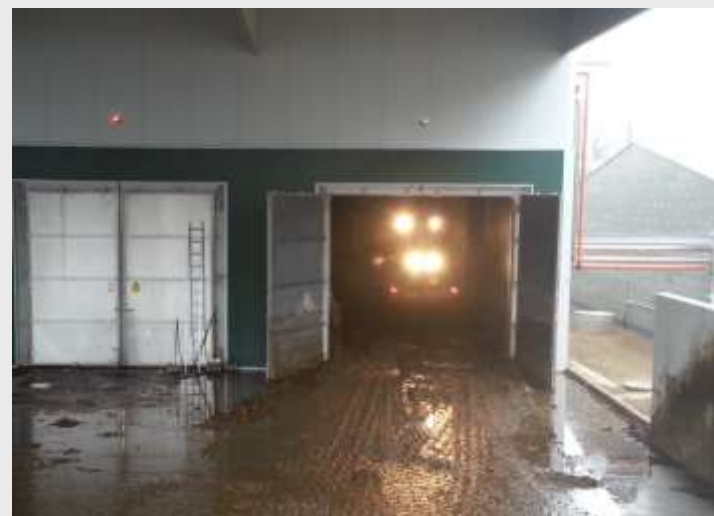
## Fermentory – tekutá fermentace



## Fermentory – netekutá fermentace



## Fermentory – netekutá fermentace



## Ohřev substrátu ve fermentoru





## Míchání fermentoru

**Mechanicky**, pneumaticky, hydraulicky

Ovlivňuje použitou sušinu ve fermentoru

Různé intervaly (3 x 3,5min za hodinu)

Sledování příkonu míchadel

Podle typu míchadel možnost zpracovat materiály s vysokou sušinou nebo dlouhými vlákny (senáž, GPS)



## Míchání fermentoru

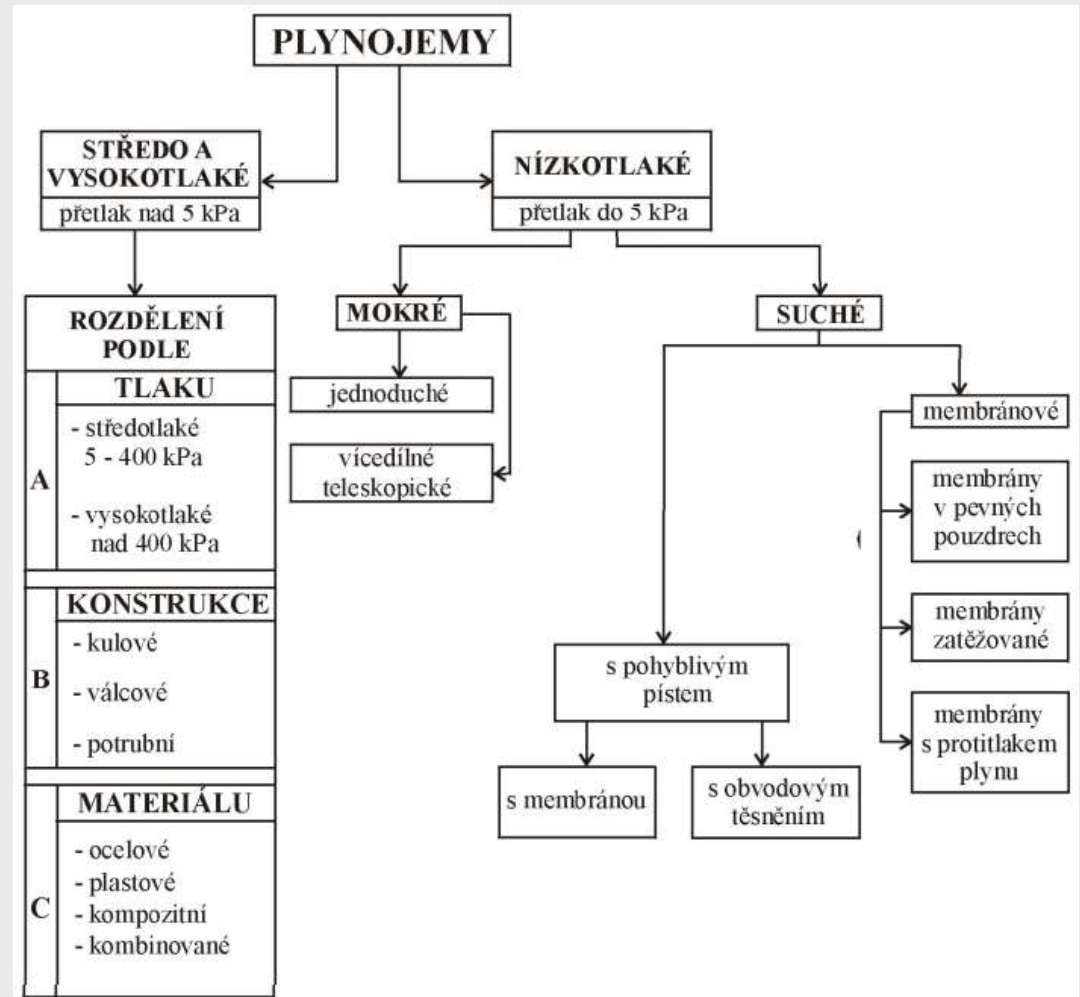


## Míchání fermentoru

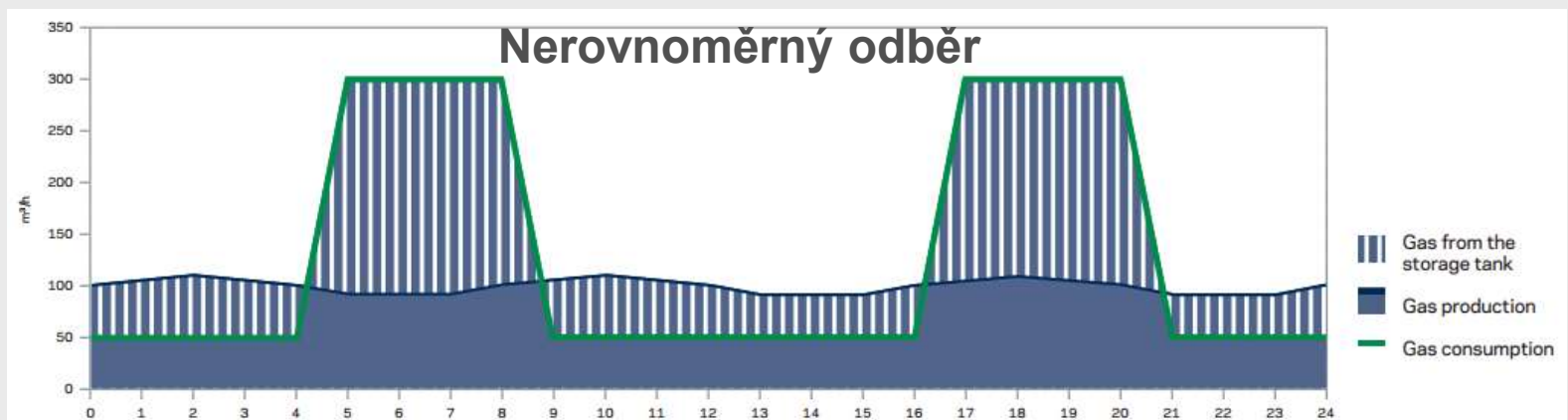
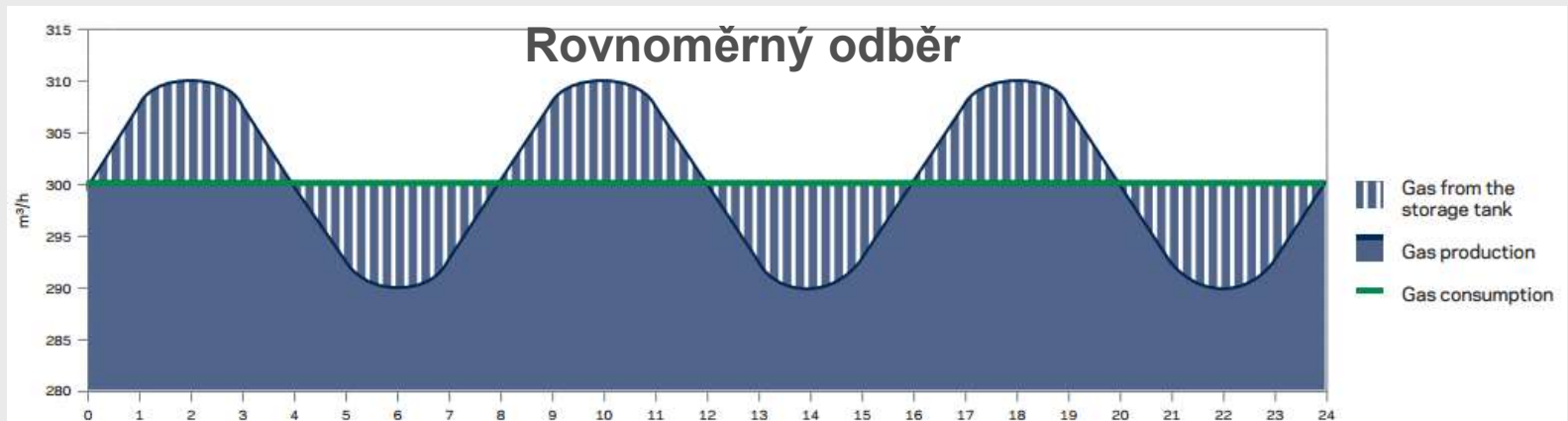


## Plynojemy

Integrované  
Samostatné

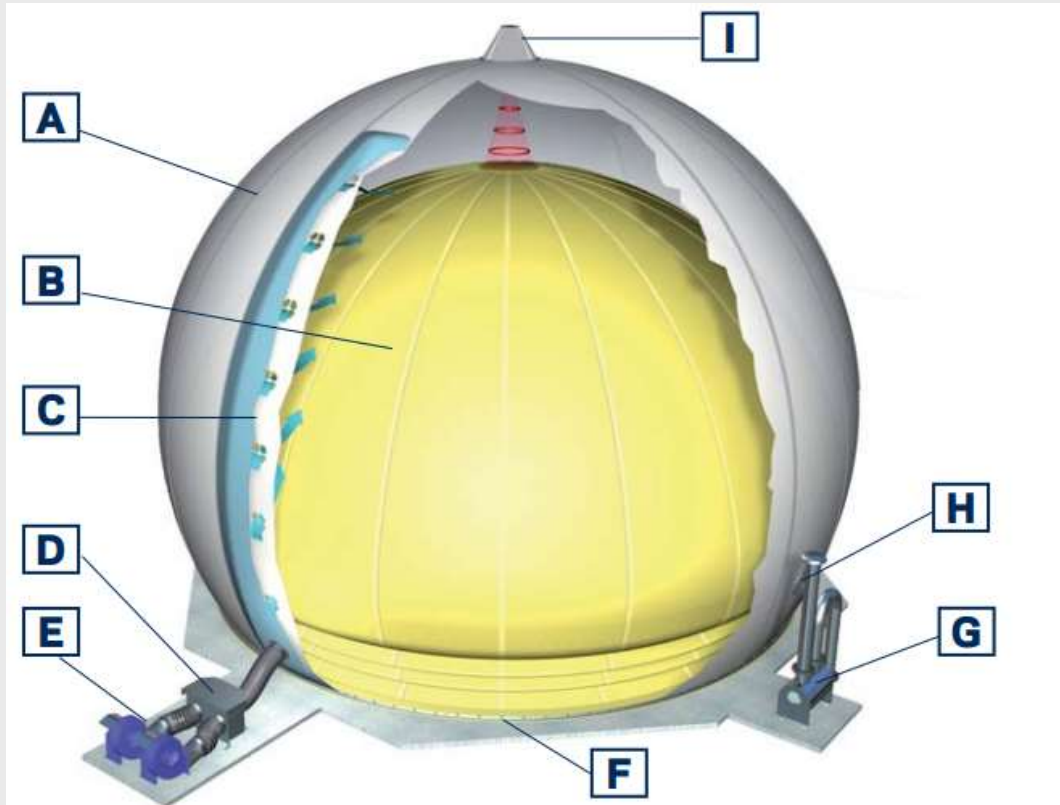


## Plynojemy





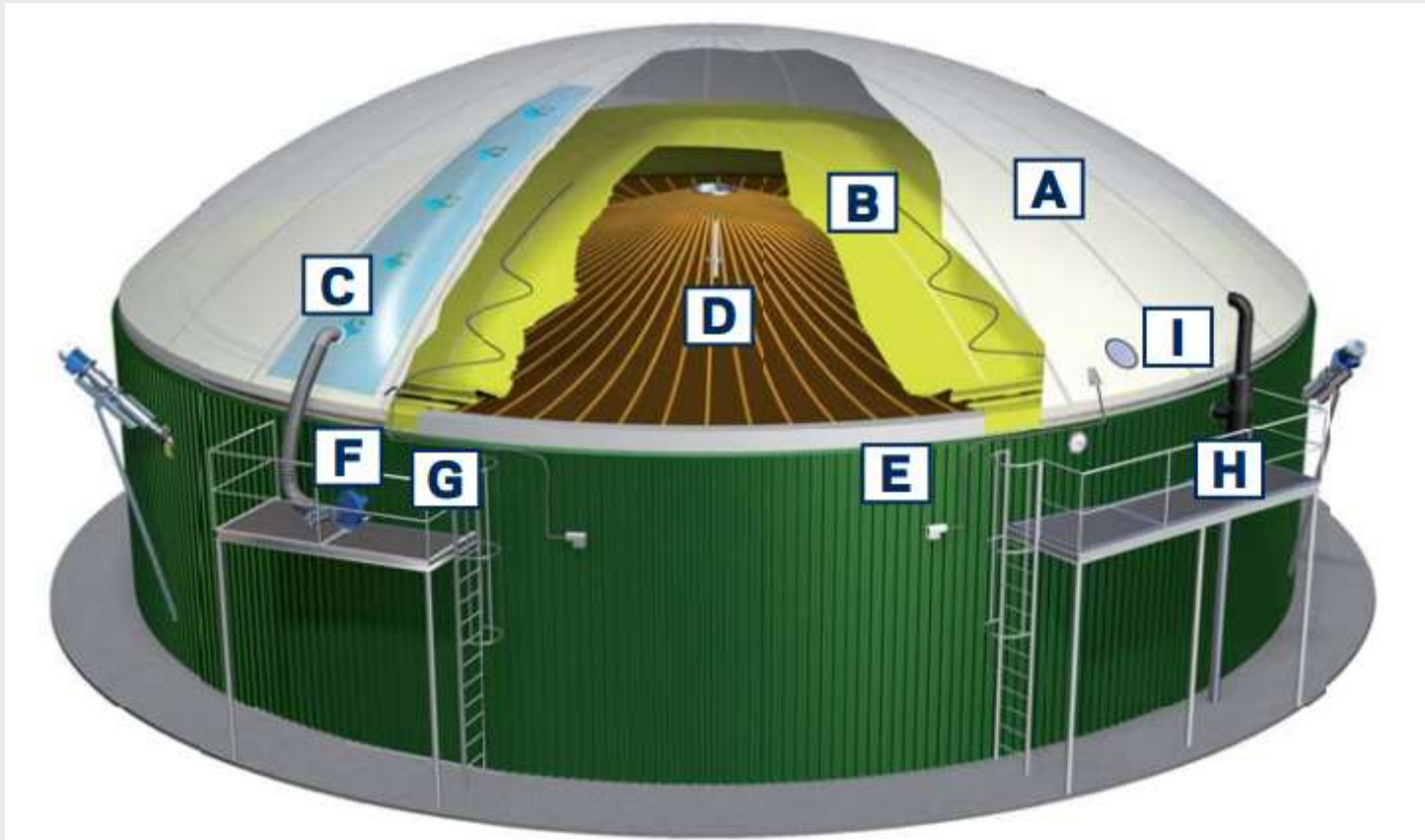
## Plynojem - samostatný



- A** Outer membrane **B** Inner membrane **C** Air Flow System **D** Air maintenance valve  
**E** Support air blower **F** Anchor ring **G** Safety valve **H** Inspection window  
**I** Level meter



## Plynojem - integrovaný



**A** Outer membrane **B** Inner membrane **C** Air Flow System **D** Brace system **E** Anchor ring  
**F** Air maintenance valve **G** Support air blower **H** Safety valve **I** Inspection window

## Plynojemy





## Hořák zbytkového bioplynu

slouží ke spalování odpadových plynů, nebo plynů přebytečných při odstávce kogeneračních jednotek.

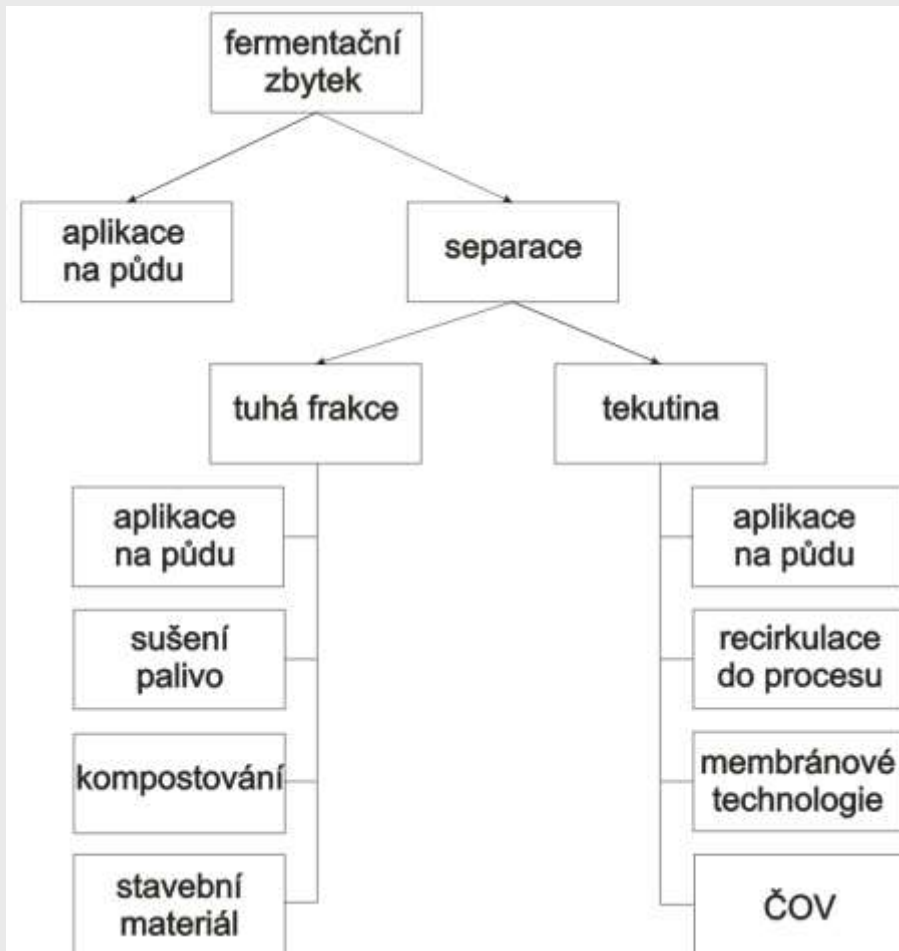


## Výstupní produkty bioplynové stanice

- bioplyn,
- fermentační zbytek,



## Fermentační zbytek



## Fermentační zbytek

### Základní vlastnosti

pH	sušina	Těkavé látky	Vodivost	BSK	CHSK
[-]	[%]	[%]	[ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	[ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ]	[ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ]
7,6–8,8	2,7–9,3	68,3–73,2	5477– 82040	1880–23600	34000–170000

### Sušina a obsah NPK

Metoda separace	Tuhá část fermentačního zbytku				Tekutá část fermentačního zbytku			
	Sušina	Celkový dusík v sušině	Celkový fosfor v sušině	Celkový draslík v sušině	Sušina	Celkový dusík v sušině	Celkový fosfor v sušině	Celkový draslík v sušině
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Pásový lis	9,5	9,6	0,4	1,6	3,0	7,7	1,3	2,0
Šnekový lis	14,0	9,9	0,4	0,9	3,3	6,3	1,1	0,7
Odstředivka	24,3	19,1	1,1	0,7	2,6	3,4	0,5	0,7

## Fermentační zbytek

Požadavky na fermentační zbytek podle přílohy č. 3 vyhlášky 474/2000 Sb.

Typ	Označení typu	Minimální obsah živin	Součásti označující typ formy a rozpustnost živin	Hodnocené součásti a další požadavky	Složení, způsob výroby	Zvláštní ustanovení
18.1	organické hnojivo	25 % spalitelných látek	spalitelné látky	spalitelné látky v sušině hodnocené jako ztráta žiháním	Výhradně zestatkových krmiv a objemných krmiv anaerobní Fermentací	digestát (organické hnojivo vzniklé anaerobní fermentací při výrobě bioplynu)
		0,6 % N	celkový dusík	Dusík hodnocený jako celkový dusík v sušině		

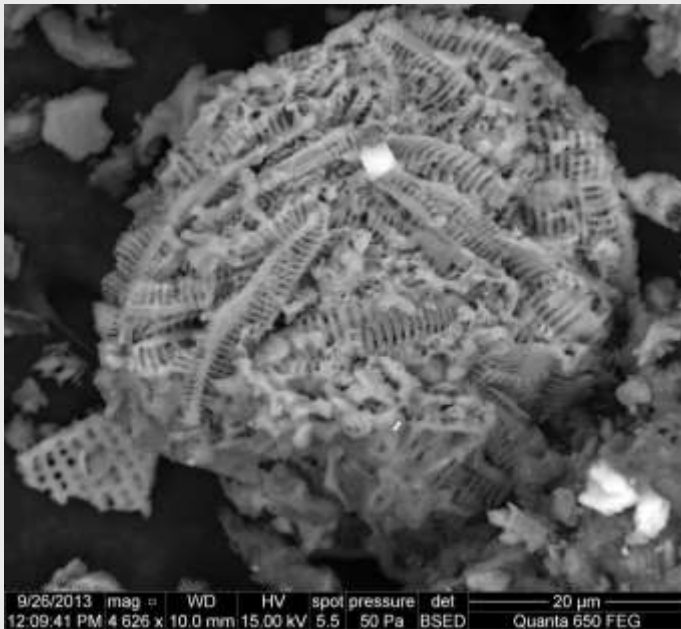
## Fermentační zbytek

Limitní obsahy rizikových prvků ve fermentačním zbytku podle přílohy č. 1 vyhlášky 474/2000 Sb.

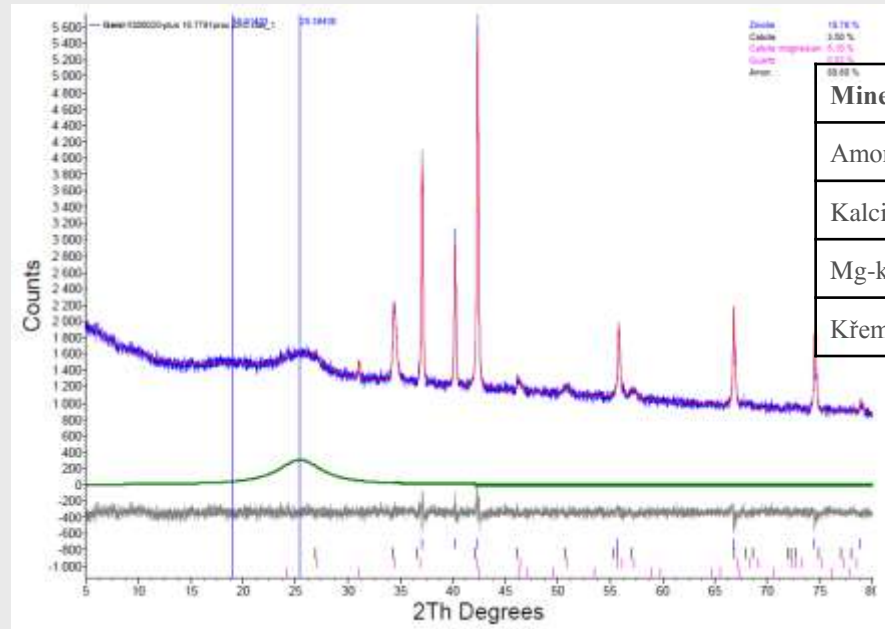
	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Hg</b>	<b>As</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>
sušina > 13 %	2	100	1	20	100	150	20	50	600
sušina < 13 %	2	100	1	20	100	250	20	50	1200

Poznámka: Maximální aplikační dávka 2 kg sušiny na 1 m<sup>2</sup> v průběhu 3 let.

## Fermentační zbytek



Akumulace rozsivek ( $\text{SiO}_2$ ) ve fermentačním zbytku

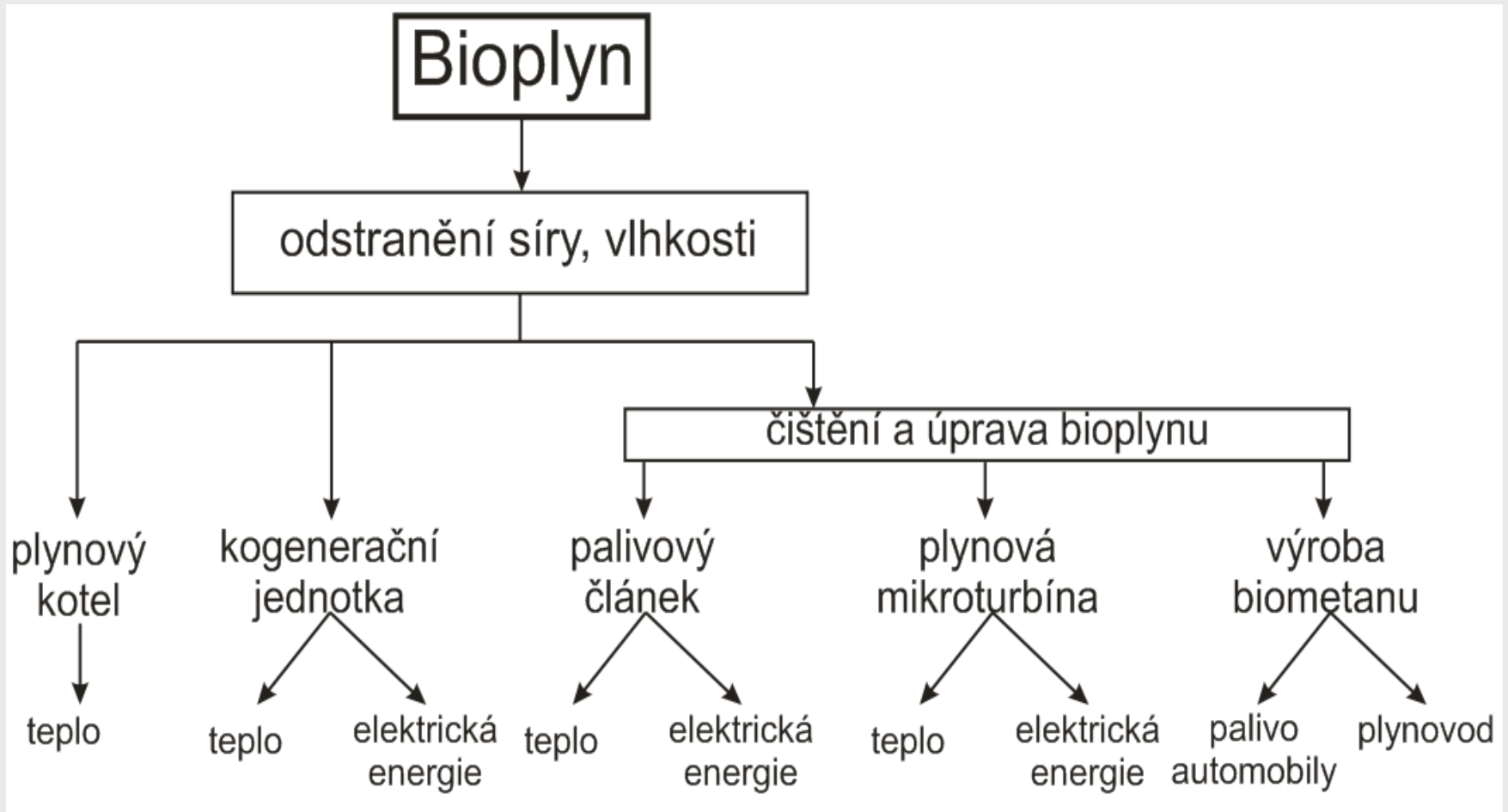


Minerál	Obsah
Amorfni podíl	90,34 %
Kalcit	3,92 %
Mg-kalcit	5,72 %
Křemen	0,02 %

rtgdifraktogram fermentačního zbytku



## Bioplyn



## Složení bioplynu

Hodnota	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
Objemový podíl [%]	55-70	30-45	0-7	0-2	0-1	0-1	0-1	0-1
Výhřevnost [MJ/m <sup>3</sup> ]	35,8	-	-	-	10,8	22,8	18,5	-
Hranice zápalnosti [%]	5-15	-	-	-	4-80	4-45	-	-
Zápalná teplota [°C]	650-750	-	-	-	585	-	630	-
Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	0,72	1,98	1,23	1,41	0,09	1,54	0,75	-

## Vlastnosti bioplynu

**Výhřevnost** 1 Nm<sup>3</sup> bioplynu 65 % CH<sub>4</sub>

23,5 MJ/ Nm<sup>3</sup>

6,528 kWh/ Nm<sup>3</sup>

Z 1 Nm<sup>3</sup> bioplynu vyrobíme:

**2,2 kWh** elektrické energie

**3,54 kWh** tepelné energie

## Využití bioplynu

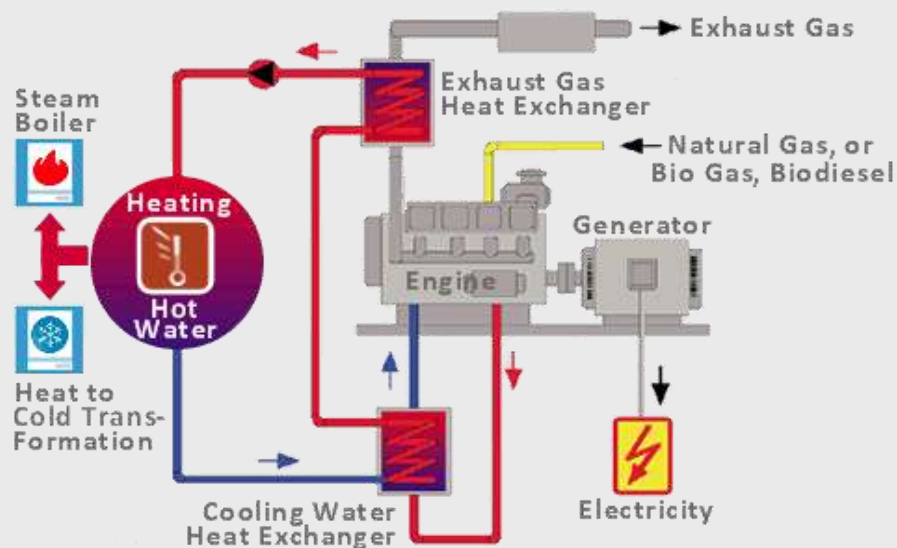
**Kogenerace / trigenerace**

**Palivo pro motorová vozidla**

**Plynovody, rozvodná síť**

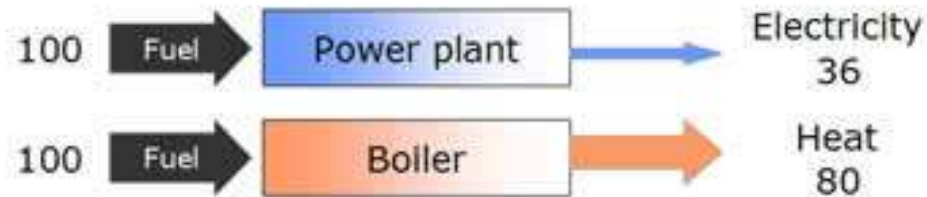
## Kogenerační jednotky

- spalovací motory, zážehové i vznětové
- životnost 48 000 – 60 000 motohodin
- výměna oleje 2 000 motohodin



## Kogenerační jednotky

### Separate production of electricity and heat



Efficiency:  $(36+80)/200=0,58$  or **58%**

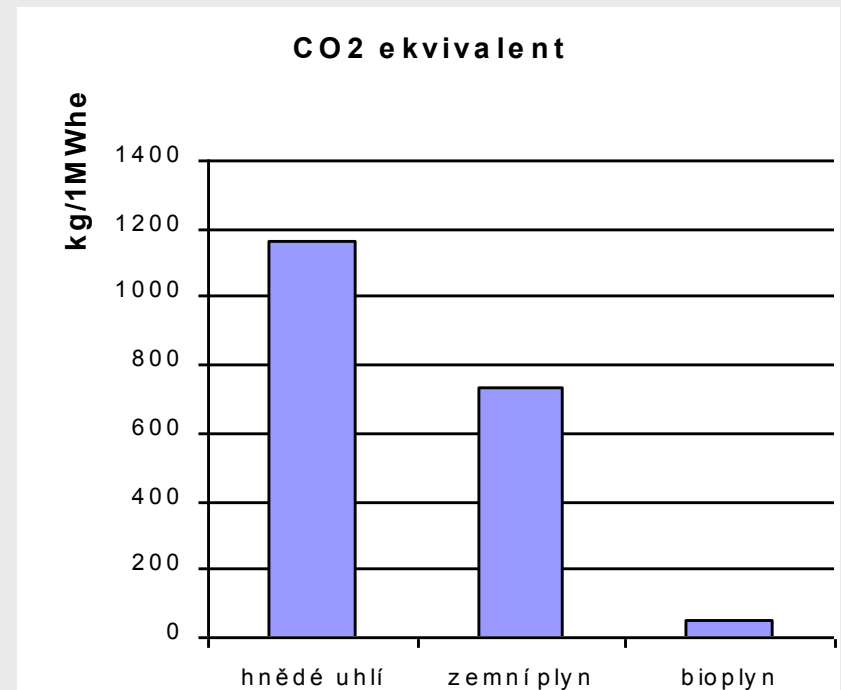
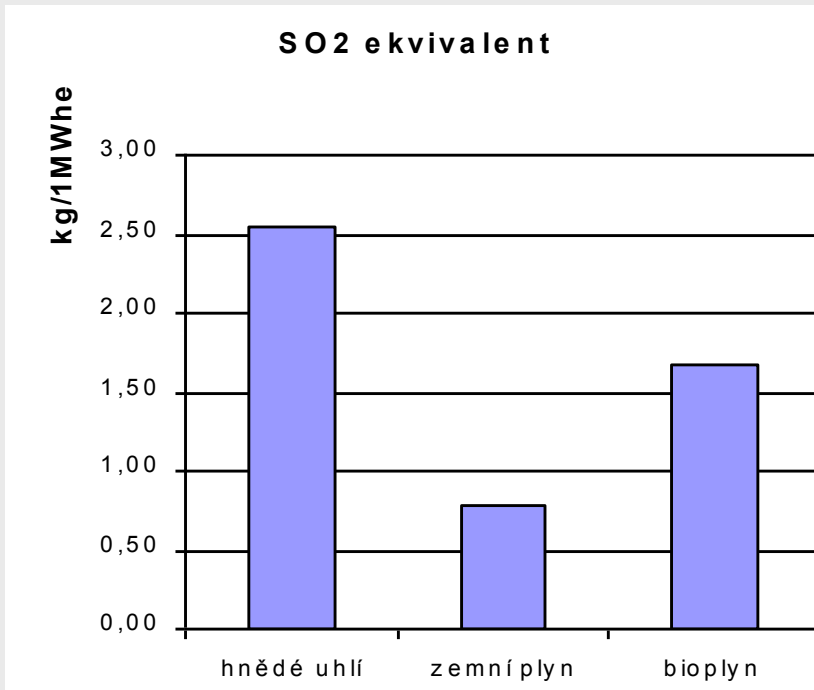
### Cogeneration



Efficiency:  $(30+55)/100=0,85$  or **85%**



## Emise



## Kogenerační jednotky

Motor	Elektrický výkon [kWe]	Tepelný výkon [kWt]		Motor	Elektrický výkon [kWe]	Tepelný výkon [kWt]
J312 - D225	527	539		J416 - B25	999	995
J312 - D25	637	682		J320 - C25	1067	1103
J316 - C225	703	743		J416 - B225	1189	1177
J316 - C25	835	920		J420 - B25	1487	1472
J412 - B25	889	883		J612 - F25	1822	1787
J320 - C25	999	1058				



## Kogenerační jednotka



Typ KJ	MGJ 530
Motor	J312 - D225
Elektrický výkon	527 kWe
Tepelný výkon	539 kWt
účinnost elektrická	41,1 %
účinnost tepelná	42,0 %
účinnost celková	83,2 %
spotřeba bioplynu	260 Nm <sup>3</sup>
koncentrace CH <sub>4</sub>	51 % <sub>obj</sub>

Typ KJ	MGJ 530
Motor	J312 - D225
Elektrický výkon	999 kWe
Tepelný výkon	995 kWt
účinnost elektrická	42,0 %
účinnost tepelná	41,8 %
účinnost celková	83,7 %
spotřeba bioplynu	500 Nm <sup>3</sup>
koncentrace CH <sub>4</sub>	51 % <sub>obj</sub>

# Kogenerační jednotka

## Požadavky na bioplyn

Vlhkost,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NH}_3$



Hlava válce poškození křemík



Píst poškození křemík

# Kogenerační jednotka

## Požadavky na bioplyn

Vlhkost,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NH}_3$



Výměník tepla ve spalinové cestě

# Kogenerační jednotka

## Vliv $H_2S$

- koroze motoru (častější revize)
- poškození válců, svíček (častější výměna)
- vliv nízkého pH na olej (častější výměna)
- zanesení spalinových cest (zničení = výměna)
- zvýšení emisí síry (škodlivé pro prostředí)



## Využití tepelné energie

**Vlastní (technologická) spotřeba tepla na provoz**

-10-40 %

**Centrální zásobování teplem**

**Využití tepla v zemědělských areálech**

- prozní budovy,

- chov ryb

## Využití tepelné energie

### Využití tepla v zemědělských areálech

- výstupní sušina 75-90%
- pásové sušárny

### centrální zásobování teplem

- výstupní sušina 85-90%
- pásové sušárny

## Využití tepelné energie

### **Sušení fermentačního zbytku**

- výstupní sušina 85-90%
- pásové sušárny

### **Sušení produktů rostlinné výroby**

- výstupní sušina 75-90%
- pásové sušárny

## Využití tepelné energie

### Temperování skleníků a využití CO<sub>2</sub>

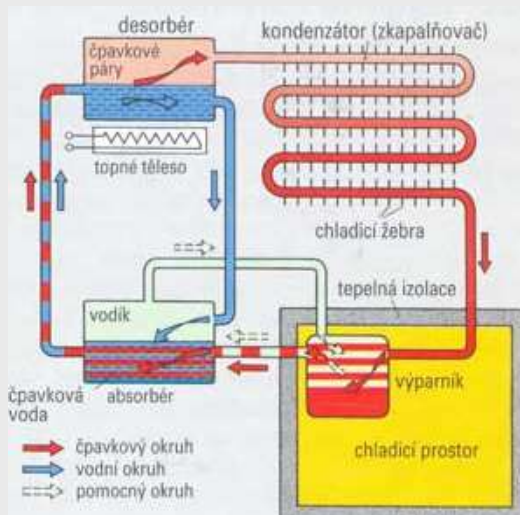
- tepelná energie pro temperaci,
- CO<sub>2</sub> jako zdroj uhlíku pro rostliny



## Využití tepelné energie

### Absorpční chlazení

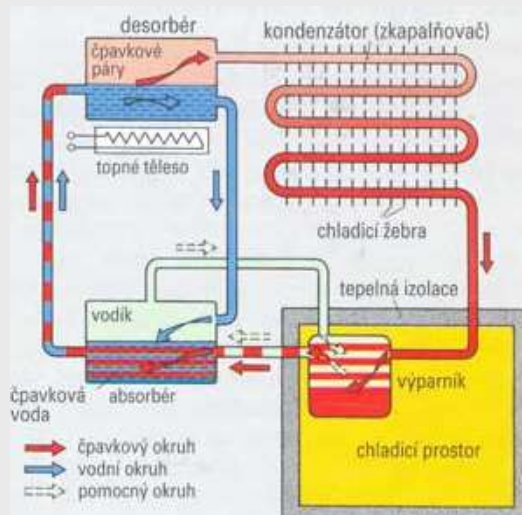
- fyzikální děj, rozpouští se plynná fáze v kapalině,
- pracovní látky **NH<sub>3</sub>-voda**, **voda-LiBr**,



## Využití tepelné energie

### Generátor s ORC turbínou

- fyzikální děj, rozpouští se plynná fáze v kapalině,
- pracovní látky **NH<sub>3</sub>-voda**, **voda-LiBr**,



## Další využití bioplynu

### Motorové palivo

- fyzikální děj, rozpouští se plynná fáze v kapalině,
- pracovní látky **NH<sub>3</sub>-voda**, **voda-LiBr**,



## Další využití bioplynu

### Palivové články

- fyzikální děj, rozpouští se plynná fáze v kapalině,
- pracovní látky **NH<sub>3</sub>-voda**, **voda-LiBr**,

## Další využití bioplynu

### Biometan

- fyzikální děj, rozpouští se plynná fáze v kapalině,
- pracovní látky  $\text{NH}_3$ -voda, voda-LiBr,



## Obvyklé řešení bioplynové stanice

### Provozní část 1, Příjem vstupních materiálů a jejich zpracování

- 1 x Příjmový žlab vysoko sušivých materiálů s příslušenstvím
- 1 x Nádrž na tekuté materiály s příslušenstvím
- 1 x Směšovací zařízení homogenizace

### Provozní část 2, Fermentace

- 1 x Fermentor včetně zastřešení, plynojem, ohřev substrátu a míchadla
- 1 x Recirkulační technologie (recirkulační šachta pro zpětnou recirkulaci)
- 1 x Separátor
- 1 x Technologie pro desulfuraci (odsiřování)

### Provozní část 3 Skladování fermentačního zbytku

- 1 x Nádrž na fermentační zbytek, včetně míchacího systému

## Obvyklé řešení bioplynové stanice

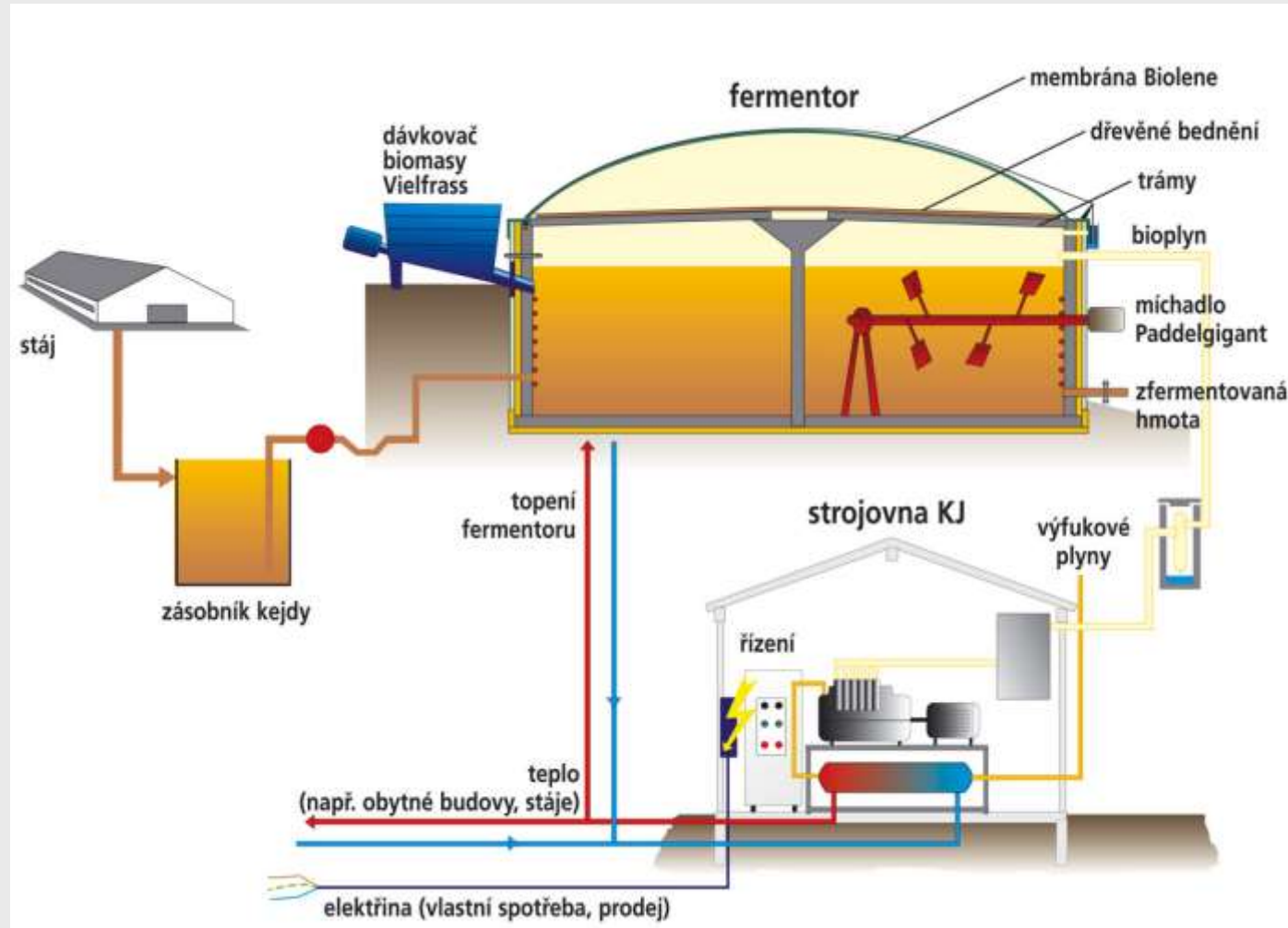
### Provozní část 4 Zpracování bioplynu

- 1 x Kogenerační jednotka
- 1 x Plynový kompresor
- 1 x Spalovací hořák odpadního plynu
- 1 x Elektronický systém analýzy plynu
- 1 x Elektronický systém měření kvantity plynu

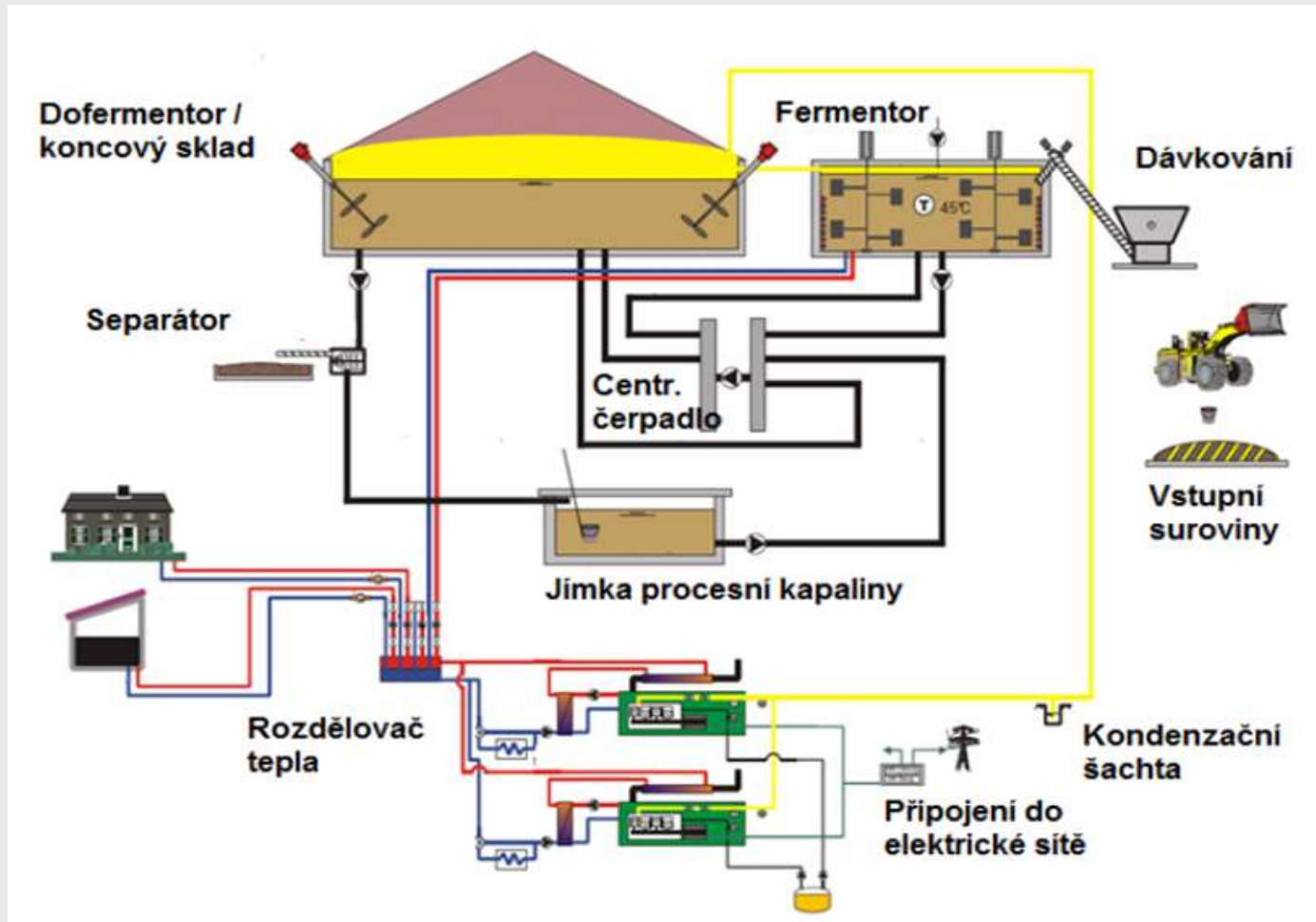
### Provozní část 5 Ostatní

- Bezpečnostní a řídicí technika
- Potrubní propojení všech provozních komponentů
- Software pro plně automatické řízení BPS a dálkovou komunikaci s řídicím střediskem ET

## Bioplynová stanice



# Technologické schéma bioplynové stanice



## Dávkovací zařízení





## Fermentor



## Detail stropu fermentoru



## Technická budova



## Koncový sklad



## Stlačování bioplynu





## Chlazení, hořák bioplynu



## Kogenerační jednotka

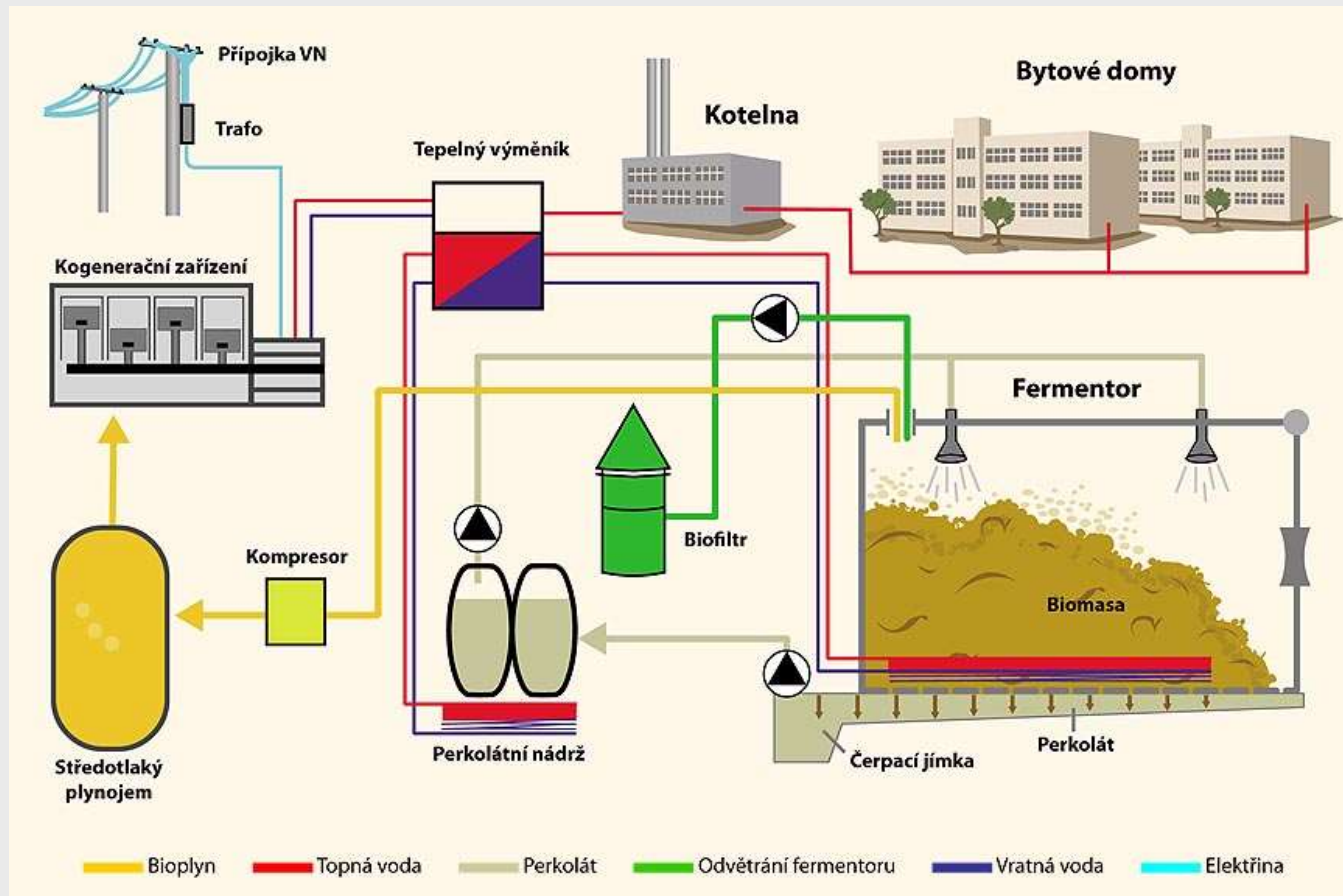




## Trafostanice



## Technologické schéma bioplynové stanice



## Fermentory



## Fermentory

Zapojení 6-ti komorových fermentorů

Objem jednoho fermentoru 938m<sup>3</sup>





## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice





## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice





## Realizace bioplynové stanice





## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice





## Realizace bioplynové stanice



## Realizace bioplynové stanice





## Realizace bioplynové stanice





## Realizace bioplynové stanice





## Návrh BPS 330 kWe

Denní dávka biomasy 21,3 m<sup>3</sup>

Doba zdržení 88 dní

Objem fermentoru 1900 m<sup>3</sup>

Skladovací jímka 2305 m<sup>3</sup>

Materiál:	Množství (t/r)	sušina (%)
Kejda skotu	1.000	10.0
Hovězí hnůj	1.000	20.0
Travní siláž	2.000	32.0
Kukuřičná siláž	3.750	30.0 - 34.0
Voda	200	0,00
<b>CELKEM:</b>	<b>7.950</b>	

## Návrh BPS 330 kWe

Spotřeba bioplynu 140 m<sup>3</sup> za hodinu

Elektrický výkon 330 kW, tep. výkon 421 kW

Doba provozu 330 dnů za rok

2 613 600 kWh el. energie za rok

3 304 008 kWh tepelné energie za rok.

Účinnost celková 80 %

Tepelná 48 %

Elektrická 38 %