

Možnosti energetického zhodnocovania bioplynu na bioplynových prevádzkach



Miroslav Hutňan, Igor Bodík

**Ústav chemického a environmentálneho inžinierstva,
FCHPT STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava**

**Táto práca vznikla ako súčasť riešenia projektu SK00023
“Vytvorenie centra excelentnosti pre využívanie obnoviteľných zdrojov
energie na Slovensku“,
ktorý je financovaný z prostriedkov Nórskeho finančného mechanizmu
(NFM), EHP a Štátneho rozpočtu SR (www.eeagrants.com)**



Bioplynové prevádzky

- anaeróbná stabilizácia kalov na ČOV
- bioplynové stanice
- skládky komunálneho odpadu



Možnosti využitia bioplynu

- **spaľovanie bioplynu s výrobou tepla**
 - využitie tepla na ohrev reaktora
 - využitie tepla lokálne na ČOV, BPS...
 - využitie tepla na ohrev externých objektov
- **spaľovanie bioplynu v kogenerácii**
- **úprava bioplynu na biometán**
 - stláčanie biometánu a využívanie v doprave
 - čerpanie biometánu do distribučnej siete zemného plynu
- **spaľovanie bioplynu v palivových článkoch**

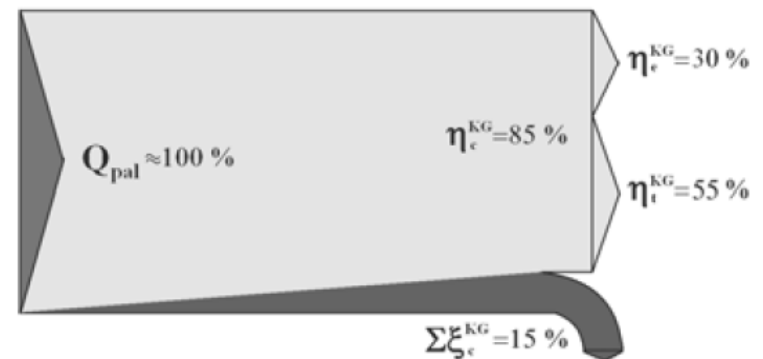
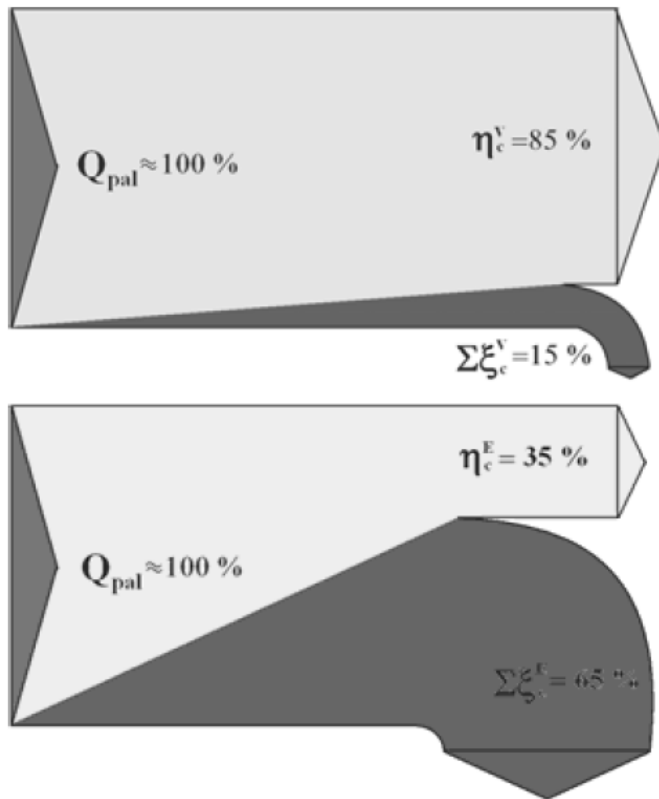


Kogenerácia

Kogenerácia ponúka niekoľko výhod, z ktorých najvýznamnejšia je energetická výhodnosť. Celková účinnosť pri kogenerácii je o desiatky percent vyššia ako pri oddelenej výrobe tepla a el. energie. Rozdiel medzi účinnosťami závisí od použitých technológií resp. od ich účinnosti.

Vyššia celková účinnosť výroby energií vedie k zníženiu spotreby primárnych energetických zdrojov a k zníženiu produkcie znečisťujúcich látok a skleníkových plynov.

Porovnanie účinnosti pri oddelenej výrobe (vľavo) a kombinovanej výrobe (vpravo)





Kogenerácia

Ďalšou výhodou je možnosť decentralizácie zdrojov, čo umožňuje využitie lokálnych zdrojov a spotrebu v mieste výroby. S tým súvisí aj bezpečnosť dodávky energií a zníženie distribučných strát produkovanej elektrickej a tepelnej energie.



Kogenerácia

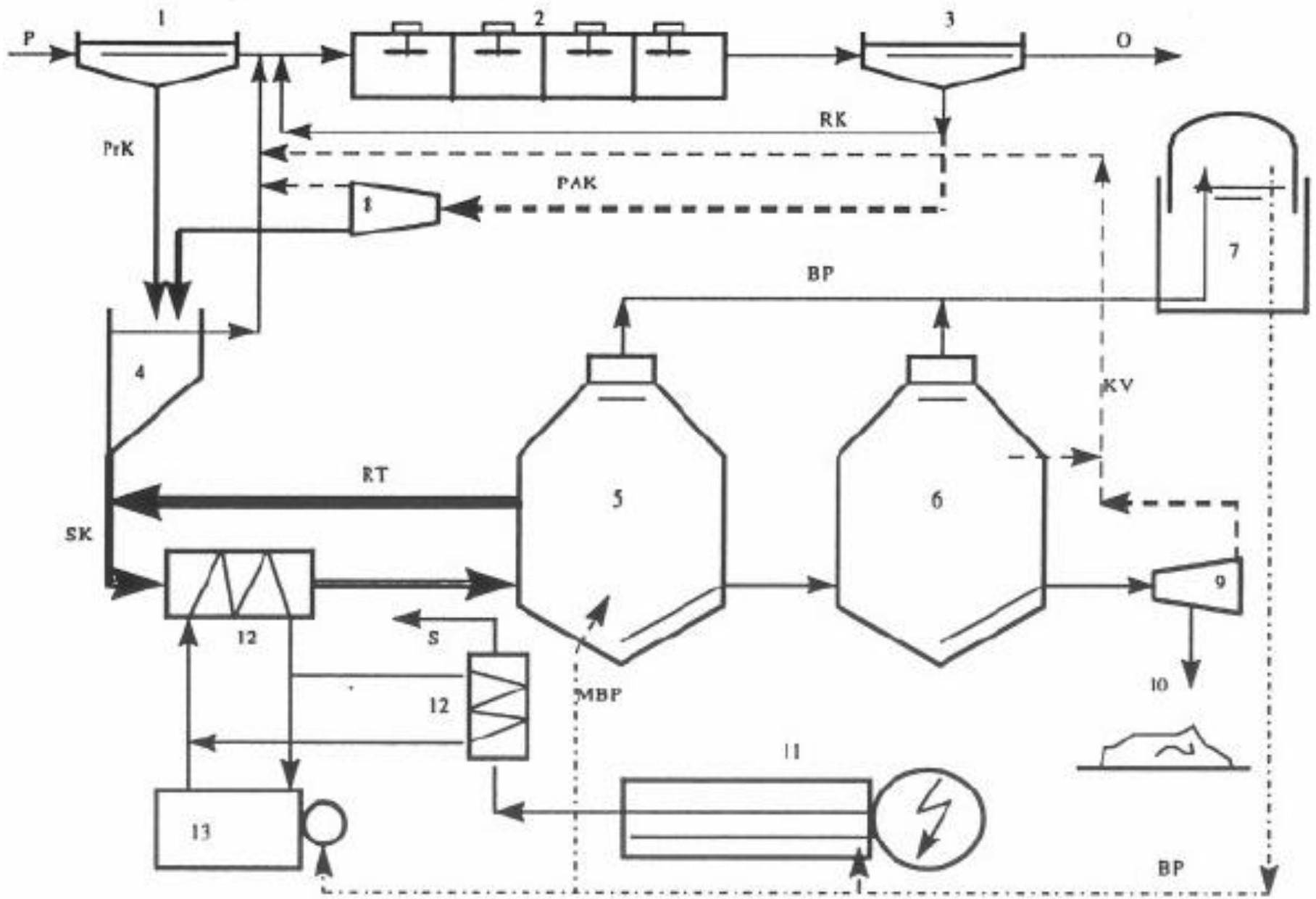
Nespornou výhodou kogeneračnej výroby je tiež zvýšenie konkurencie na trhu s energiami.

Technológia kogenerácie je variabilná a umožňuje jednoduché prispôsobenie rôznym projektovaným alebo existujúcim technológiám, takže nevznikajú väčšie problémy pri aplikácii zdroja.

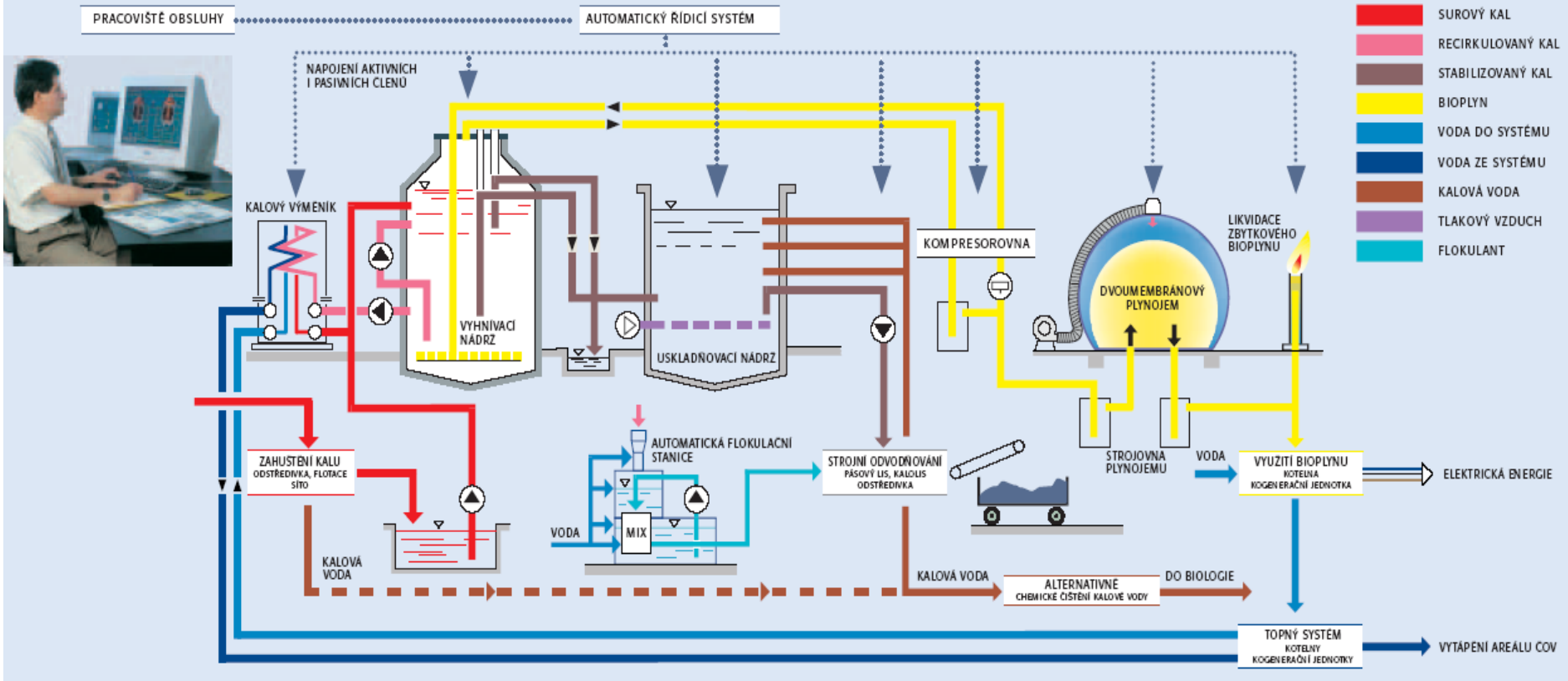


Kogenerácia na ČOV

Najrozšírenejším spôsobom využitia bioplynu na ČOV je výroba tepla. Z 52 ČOV v SR, ktoré majú anaeróbnú stabilizáciu kalu, má 21 KGJ.



Základní technologické schéma kalového a plynového hospodářství



Prehľad inštalovaných KGJ na komunálnych ČOV

ČOV	Dimenz. kapacita ČOV	Reálne vyťaž. ČOV	El. výkon KGJ	ČOV	Dimenz. kapacita ČOV	Reálne vyťaž. ČOV	El. výkon KGJ
	EO	%	kW		EO	%	kW
BA-ÚČOV	1092000	35,5	1600	Martin	68900	66,0	140
Nitra	270000	40,0	480	Humenné	96700	84,0	120
BA-Petrž.	486600	31,9	341	Pov. Bystr.	45000	32,3	72
Levice	217300	45,1	310	Senica	80204	23,8	64
Košice	391700	102,0	300	Sereď	35000	85,5	45
Žilina	746204	24,4	300	BA-DNV	26150	100,6	45
B. Bystr.	190000	39,6	257	Komárno	31950	109,7	40
Prešov	113778	61,1	180	Šaľa	30000	36,5	35
Lučenec	64700	32,5	163	Dol. Kubín	23000	82,6	22
Poprad	143206	93,1	142	Námestovo	46000	39,1	22
Zvolen	80500	91,4	142				



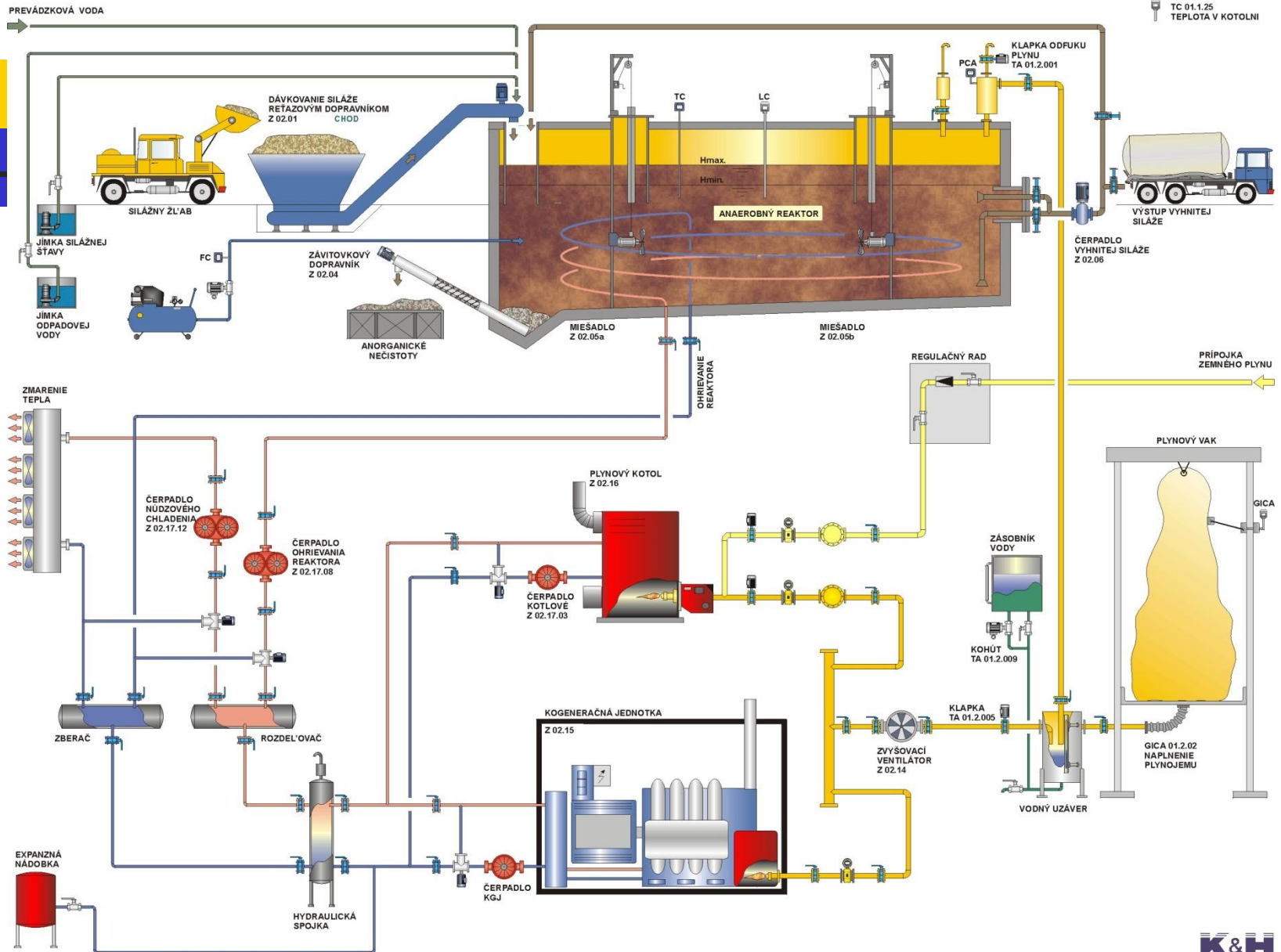
Kogenerácia na BPS

**Najrozšírenejším spôsobom využitia energie z bioplynu na bioplynových staniciach je jeho spaľovanie v kogeneračných jednotkách (KGJ).
Produkovaná elektrická energia je využívaná čiastočne na BPS, väčšina je dodávaná do el. siete.**

Produkované teplo je využívané na ohrev anaeróbného reaktora, budov BPS resp. príľahlého poľnohospodárskeho podniku.

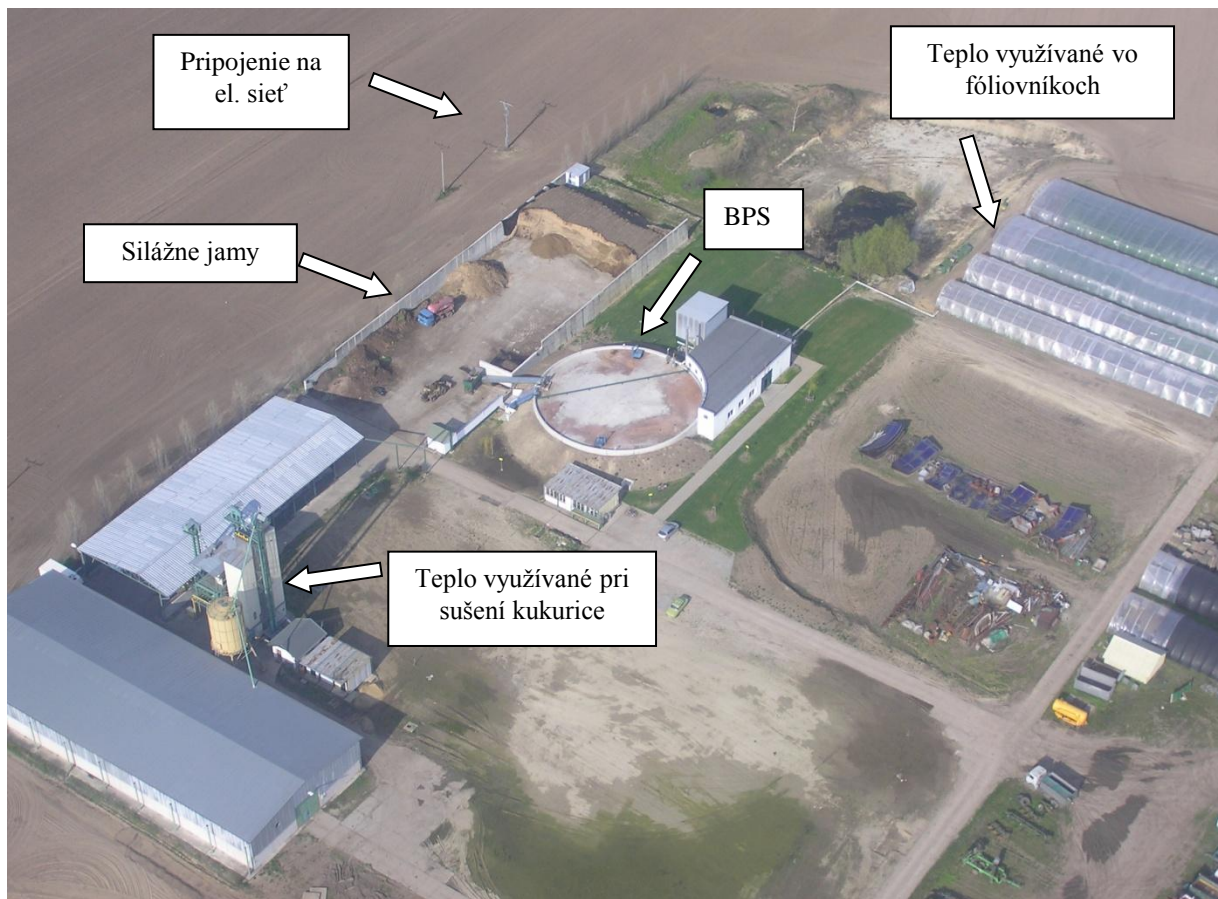
HURBANOVO BIOPLYNOVÁ STANICA

QA 01.1.24
MERANIE CH4



TC 01.1.25
TEPLOTA V KOTOLNI

Prvá BPS na energetické plodiny v SR







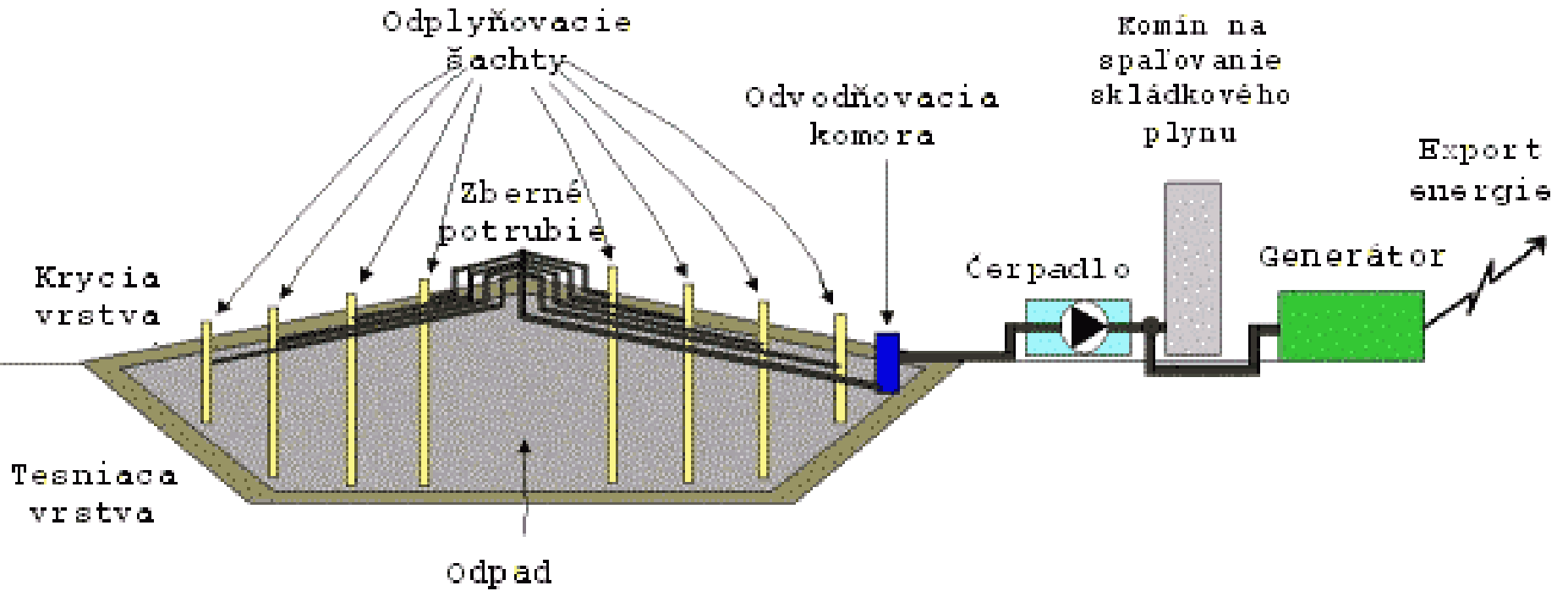
Bioplynové stanice v SR

Bioplynová stanica	Hlavná surovina	Inštalovaný el. výkon kWe	Prevádzka od roku
AGROS s.r.o. Bátka	hnojovica ošípaných, do r. 2000 aj hydínový trus	6x128	1995
PPD Brezov	hnojovica hovädzieho dobytká	50	1998
VPP SPU, s.r.o. Kolíňany	rôzne substráty, najmä hnojovica hosp. zvierat	22	2001
PD Kapušany	hnojovica hospodárskych zvierat, kukuričná siláž	120 (175)	2005
STIFI Hurbanovo	kukuričná siláž	300+330	2005+2009
Hontianske Moravce E.ON, Agrodružstvo Devičie	kukuričná siláž	1000	2010
Ladzany E.ON, Agrodružstvo Devičie	kukuričná siláž	1000	2010
Chynorany	siláž, hnojovica	995	2010
Ludrová	hnojovica, siláž	200	2010
Veľký Ďur	prasacia hnojovica, slepačí trus, g-fáza, srvátka, odpad z pekárne a pečivárne, kukuričná siláž	1000	2010



Kogenerácia na skládkach odpadu

Podľa zákona o odpadoch sa bioplyn (skládkový plyn) vznikajúci na skládkach musí zachytávať a ak sa nevyužíva, tak sa musí aspoň spaľovať.



Skládka odpadov Považský Chlmec





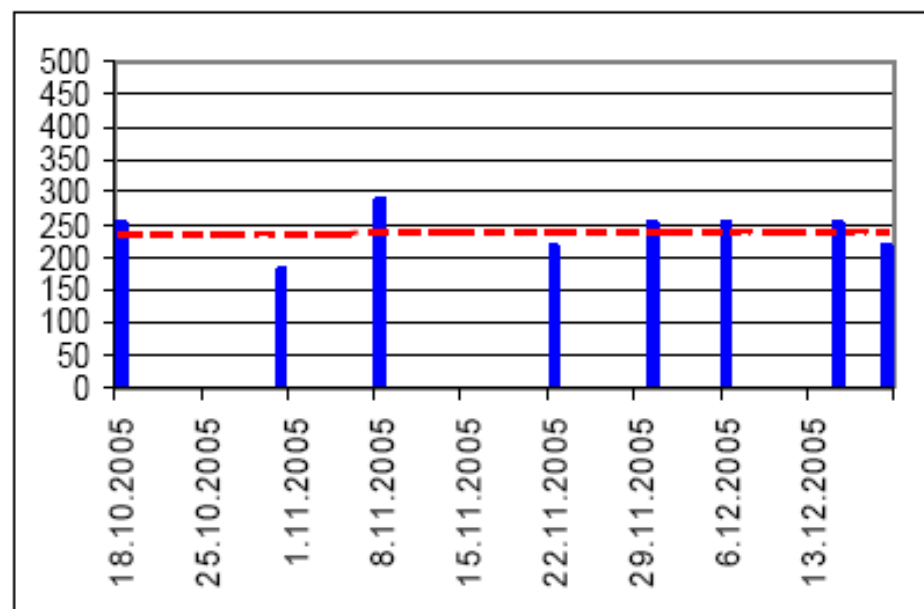
Skládka odpadov Považský Chlmec

Skládku prevádzkuje spoločnosť T+T, a.s.
História ukladania odpadov je nasledovná

Rok	Komunálny odpad	Zelený odpad	Papier, textil drevo	Papierenské kaly	Spolu
1996	27 521 t	1 746 t	5 032 t	29 338 t	85 017 t
1997	25 130 t	1 509 t	97 t	43 837 t	144 838 t
1998	24 086 t	1 472 t	163 t	26 223 t	98 946 t
1999	27 463 t	1 515 t	16 t	16 643 t	63 850 t
2000	28 365 t	1 579 t	844 t	23 914 t	89 064 t
2001	30 680 t	784 t	26 t	39 991 t	98 467 t
2002	39 156 t	-	5 804 t	22 257 t	152 097 t
2003	50 750 t	-	5 464 t	20 517 t	194 008 t
2004	47 065 t	-	3 817 t	4 751 t	128 000 t

Skládka odpadov Považský Chlmec

Dátum	Množstvo plynu Nm ³ /h	Obsah CH ₄ %
18.10.2005	251	41
31.10.2005	179	41,2
8.11.2005	287	42,8
22.11.2005	215	50,3
30.11.2005	251	57,8
6.12.2005	251	56,4
15.12.2005	251	58,1
19.12.2005	215	50,4
Priemer	237,5	49,8





Skládka odpadov Považský Chlmec

Obsah metánu v odsávanom plyne je 49,8%, z čoho vyplýva výhrevnosť cca 5 kWh/Nm³

Prietok odsávaného plynu predstavuje 237,5 Nm³/h

Špecifická spotreba energie na produkciu 1 kWh_{el} v KGJ predstavuje cca. 2,6 kWh energie v palive

Výpočet možného výkonu kogenerácie za týchto podmienok je nasledovný:

$$\text{Výkon KGJ} = \frac{237,5 \text{ m}^3/\text{h} \times 5 \text{ kWh}/\text{m}^3}{2,6 \text{ kWh}/1\text{kWh}} = 456\text{kW}_{\text{el}}$$



Skládka odpadov Považský Chlmec

Orientačný výpočet návratnosti investície:

Inštalovaný elektrický výkon	450 kW
Prevádzkové hodiny	8 000 h/rok
Vyrobená elektrina	3 600 MWh/rok
Výkupná cena	2 560 Sk/MWh
Tržby za elektrinu	9 216 000 Sk/rok
Náklady na údržbu KGJ (0,30 Sk/kWh)	1 080 000 Sk/rok
Prínos z výroby elektriny	8 136 000 Sk/rok
Investičné náklady	15 000 000 Sk

Jednoduchá návratnosť investície

1,8 roka



Skládky s využitím bioplynu

Luštek pri Dubnici n. Váhom – 2x150 kW

Banská Bystrica – 200 kW

Zvolenská Slatina – 150 kW

Nový Tekov – 200 kW

Žakovce – 150 kW

(Marius Pedersen Group, cca 2007)



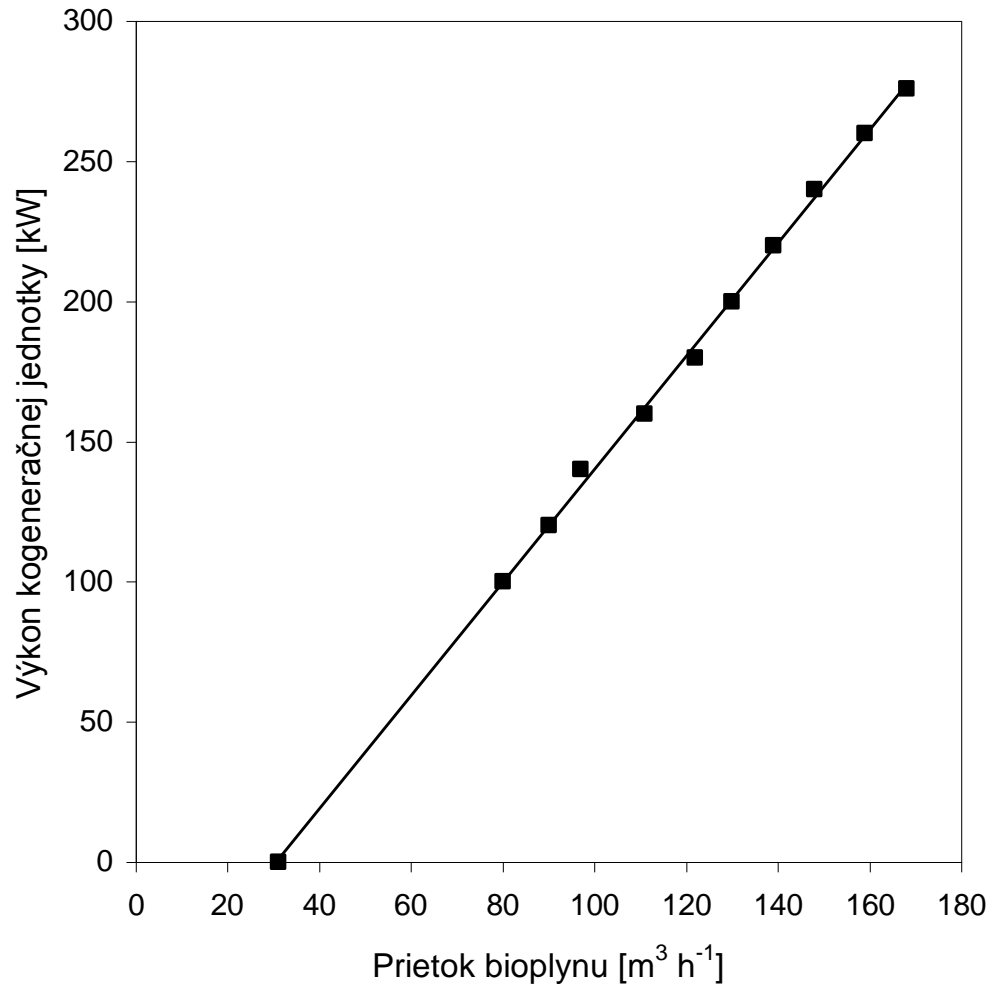
Výber kogeneračné jednotky

Kogeneračné jednotky vyrábajú z bioplynu elektrickú energiu a teplo v pomere približne 1:1-1,5.

Častým prevádzkovým problémom pri spaľovaní bioplynu v KGJ je nemožnosť využitia celého vyprodukovaného tepla, preto sú v súčasnosti vyhľadávané KGJ s čo najvyšším podielom vyrobenej elektrickej energie.

Dôležitým parametrom KGJ je spotreba bioplynu na voľnobeh, teda pri nulovom výkone. Tento parameter výrobca KGJ väčšinou neudáva. Dá sa extrapolovať zo spotreby bioplynu pri 100 %, 75 % a 50 % výkone KGJ.

Závislosť výkonu kogeneračnej jednotky od objemového prietoku bioplynu





Produkované množstvo tepelnej a elektrickej energie je možné vypočítať zo vzťahov:

$$P_e = 2 \cdot (V - 30) \quad [\text{kW}]$$

V – produkcia bioplynu [m³/h] a 30 – spotreba bioplynu na chod samotného plynového motora [m³]

$$P_t = 2 \cdot (V - 30) \cdot 1,5 \quad [\text{kW}]$$



Výber kogeneračné jednotky

**Pri vyššom výkone BPS sa ponúka otázka –
Jedna či dve kogeneračné jednotky?**

Výhody dvoch kogeneračných jednotiek:

- možnosť produkcie špičkovej energie
(potreba vyššej akumulácie bioplynu)**
- možnosť chodu KGJ pri vyššom el. výkone aj
v prípade zníženia výkonu BPS**



Výber kogeneračné jednotky

Nevýhody dvoch kogeneračných jednotiek:

- vyššia spotreba bioplynu na voľnobeh
- vyššie prevádzkové náklady na údržbu

Príklad:

Dve reálne KGJ 300 + 330 kW predstavujú spotrebu na voľnobeh $30+22=52$ m³ bioplynu Ak by boli obe so spotrebou na voľnobeh 22 m³, úspora 128000 kWh, resp. 19036 Eur (148,72 Eur/MWh).

Ak by bola jedna KGJ so spotrebou na voľnobeh 32 m³, ročná úspora 320000 kWh, resp. 45790 Eur.



Výber kogeneračné jednotky

Nevýhody dvoch kogeneračných jednotiek:

Menšia kogeneračná jednotka znamená:

- **celkovú nižšiu účinnosť využitia energie z paliva**
- **nižšiu účinnosť produkcie el. energie.**



Nevýhody kogeneračnej jednotky

Nemožnosť využitia celého vyprodukovaného tepla (čo nie je priamo nevýhoda KGJ, ale nedostatočného projektu BPS).

Bežne dodávané KGJ neumožňujú využitie celého vyprodukovaného tepla na výrobu vysokotlakej pary.

Na zlepšenie energetického využitia bioplynu sa vo väčšej miere začínajú využívať technológie jeho spracovania na biometán s obsahom CH_4 nad cca 93 %.

Biometán

Využitie biometánu:

- dodávka do distribučnej siete zemného plynu
- stáčanie do tlakových nádob a využitie napr. na pohon motorových vozidiel



Tlakové kontajnery s biometánom v Štokholme



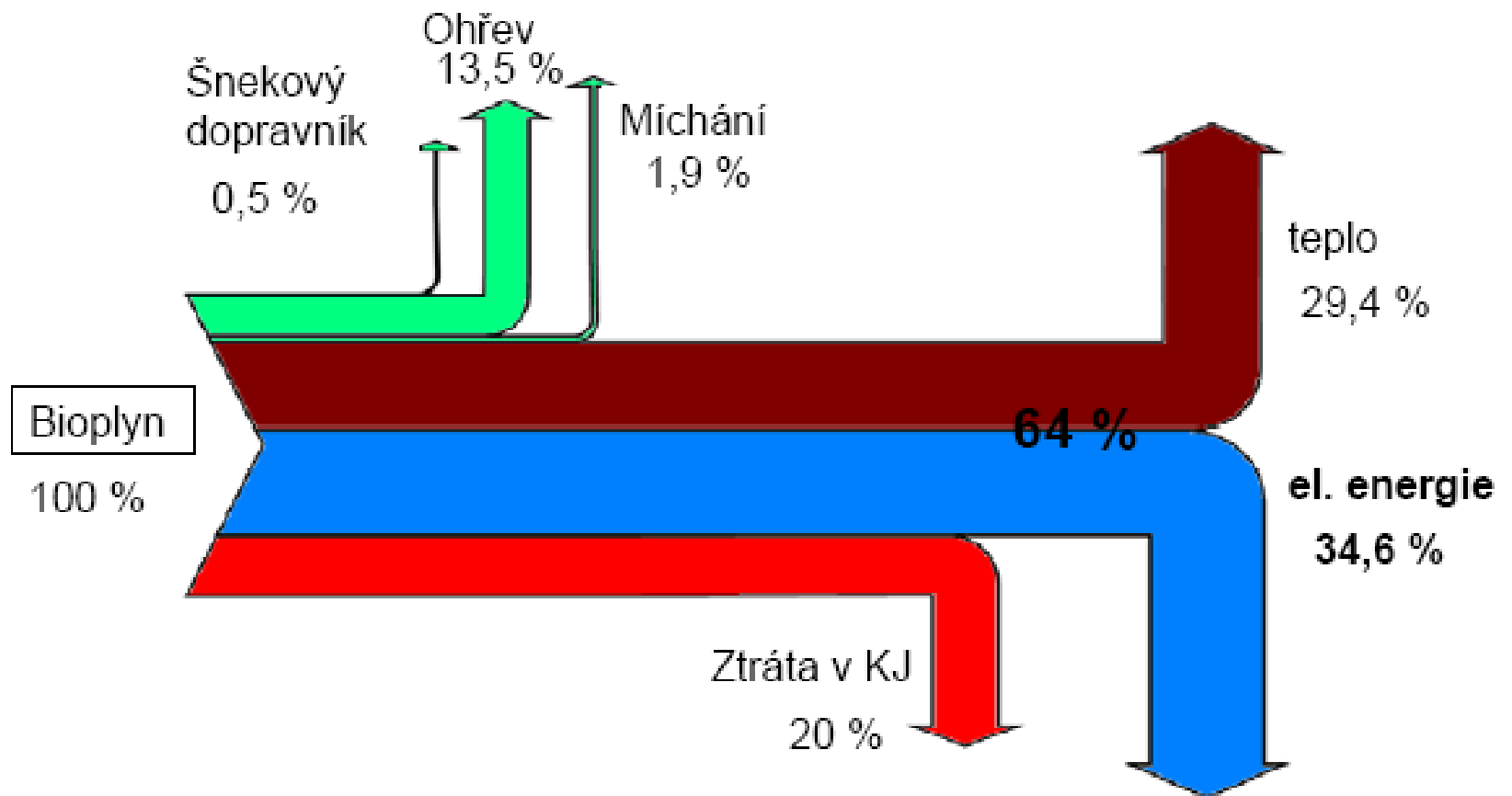
Biometánová čerpacia stanica v Lille



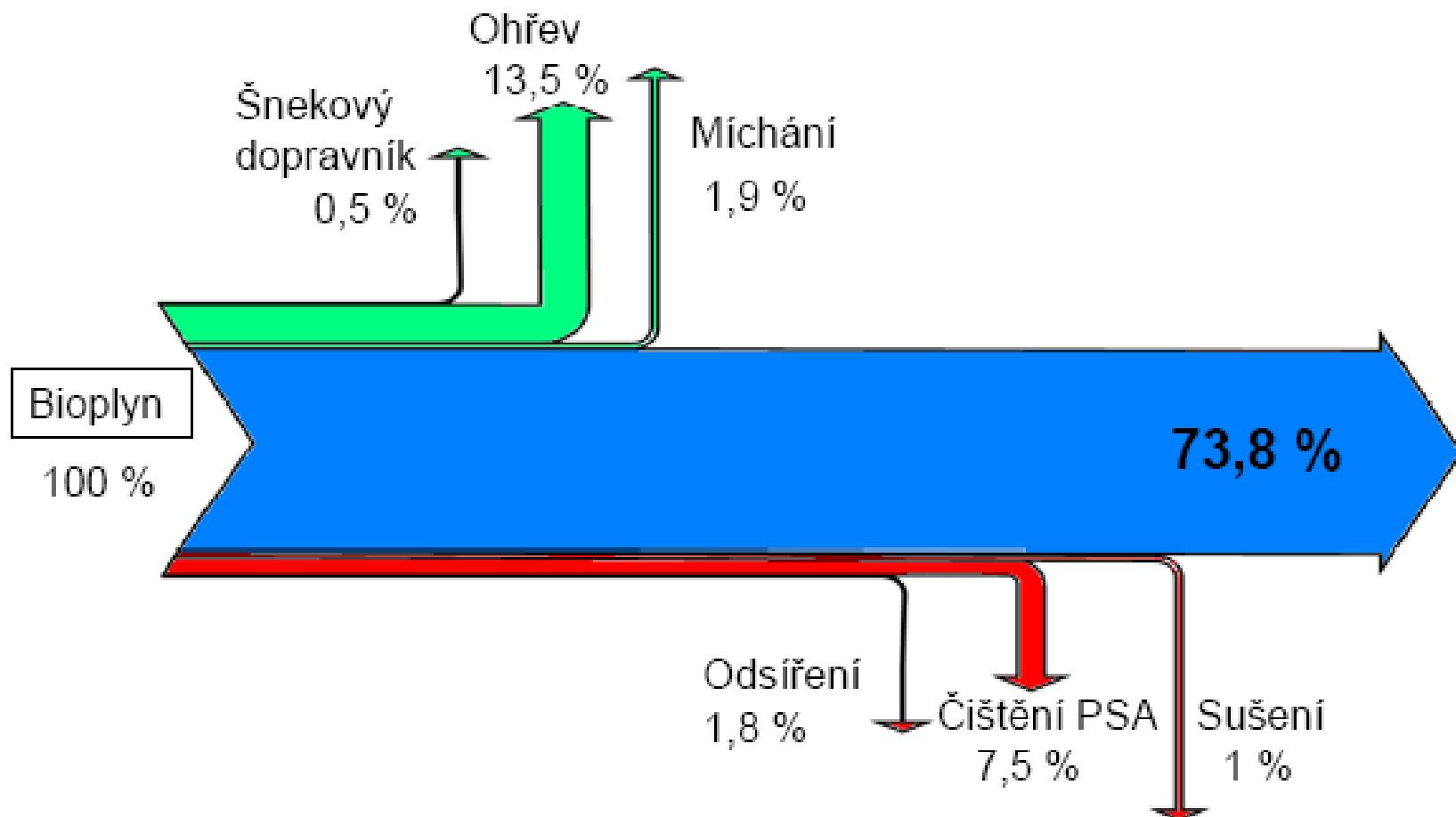
Biometán

Najčastejšie technológie, obohacovania bioplynu:

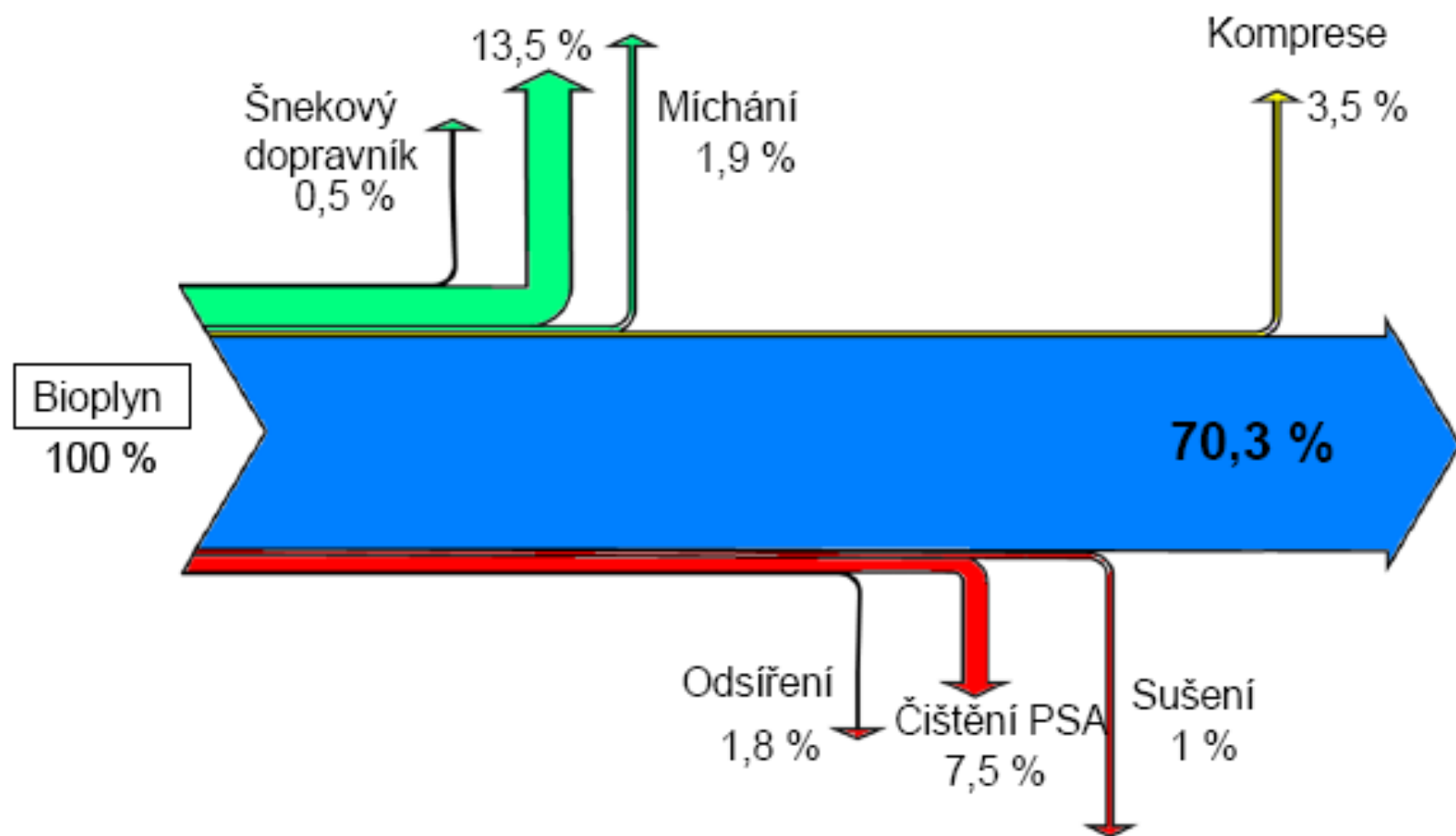
- **absorbcia.** Pranie bioplynu vo vodných práčkach resp. práčkach s organickými rozpúšťadlami (polyetylénglykol, mono- a di- etanolamín.
- **adsorpcia.** Materiálom adsorpčných kolón je aktívne uhlie alebo molekulové sitá. Známa je tlaková kolísavá adsorpcia (Pressure Swing Adsorption - PSA) kde k zachytávaniu prímiesí dochádza pri zvyšujúcom sa tlaku a desorpcia nastáva pri znížení tlaku až miernom vákuu.
- **membránová separácia** na kvapalných a tuhých membránach
- **kryogénna separácia metánu,** ktorý má nižší bod varu ako oxid uhličitý
- **in-situ obohacovanie bioplynu.** Metán má nižšiu rozpustnosť vo vode ako oxid uhličitý. Oxid uhličitý sa stripuje z kalovej zmesi prúdom vzduchu vo vedľajšom prúde.



Energetické toky při on-site využití bioplynu v KJ



Energetické toky při čištění bioplynu na biomethan (vtlačení do sítě)



Energetické toky při čištění bioplynu na biomethan, stlačení 200 bar (CNG)



Záver

Z prezentovaných informácií vyplýva, že je viac možností energetického využitia bioplynu. Pri výbere tej optimálnej je potrebné mať na mysli čo najlepšie využitie energie obsiahnutej v bioplyne.

V blízkej budúcnosti je možné očakávať nárast počtu kogeneračných jednotiek ako na novovybudovaných bioplynových staniciach tak aj na existujúcich čistiarniach odpadových vôd a skládkach odpadov

Ich správny výber môže výrazne prispieť k zlepšeniu ekonomiky prevádzky BPS, kalového hospodárstva ČOV alebo skládky odpadov.