



**Konferencja finałowa projektu BIOMASTER
„BIOMETAN jako paliwo w transporcie”
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Kraków 4.04.2014**

METODY WZBOGACANIA BIOGAZU W NIEWIELKICH INSTALACJACH

**Zdzisław Borowiec
Marek Rudkowski
NGV AUTOGAS Kraków**

Liczba instalacji wg krajów i sposobów wykorzystania wzbogaconego biogazu

źródło: dane IEA

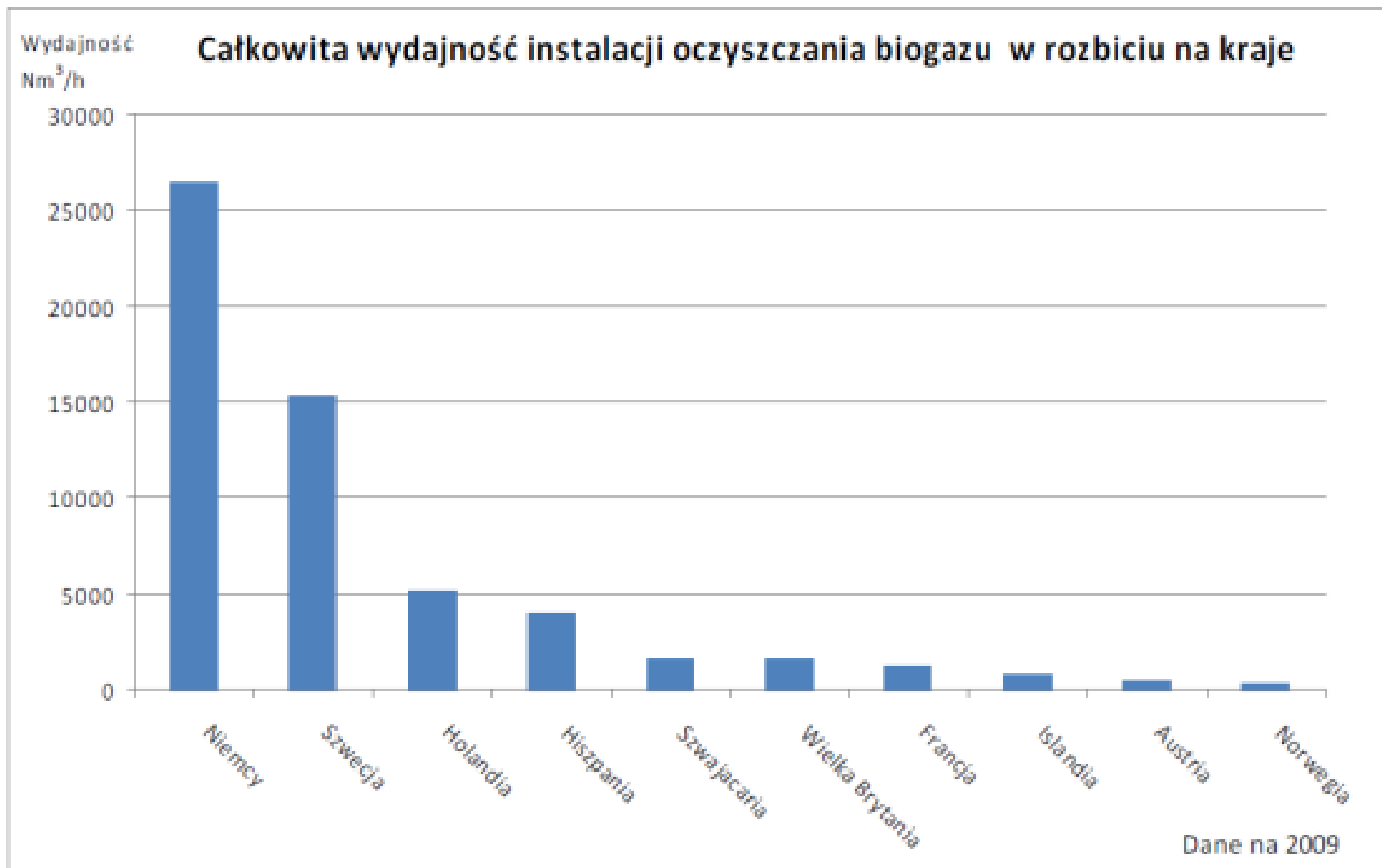
	sieć gazownicza	paliwo silnikowe	sieć gazownicza, paliwo silnikowe	sieć gazownicza, LBG	LBG	Razem
Niemcy	84	1				85
Szwecja	7	44	2		1	54
Holandia	20			1		21
Szwajcaria	13	2				15
USA	13	1				14
Austria	5	2	1			8
Japonia		6				6
Korea Południowa		4				4
Kanada	3					3
Norwegia	1	2				3
Finlandia	1	1				2
Francja		1	1			2
Wielka Brytania		1				1
Islandia		1				1
Dania	1					1
Hiszpania		1				1
Razem	148	67	4	1	1	221

Rozwiązania techniczne wg sposobów wykorzystania wzbogaconego biogazu

źródło: dane IEA

	sieć gazownicza	paliwo silnikowe	sieć gazownicza, paliwo silnikowe	LBG	sieć gazownicza, LBG	Razem
płuczka wodna	41	48	1	1		91
płuczka chemiczna	42	6				48
PSA	34	10	2			46
technika membranowa	15	2	1			18
płuczka "Genosorb"	10					10
płuczka organiczna	3					3
Krysol (methanol)	1					1
seperacja kriogeniczna					1	1
PSA/technika membranowa		1				1
Selexol	1					1
brak danych	1					1
Razem	148	67	4	1	1	221

Wydajności instalacji oczyszczania biogazu w wybranych krajach



Orientacyjna zawartość poszczególnych składników w biogazie, biometanie i gazie ziemnym

Parametr	Biogaz	Biometan	Gaz ziemny
Metan	45-75%	94-99%	93-98%
Dwutlenek węgla	28-45%	0,1-4%	1%
Azot	<3%	<3%	1%
Tlen	<2%	<1%	-
Wodór	ilości śladowe	ilości śladowe	-
Siarkowodór	<10 ppm	<10 ppm	-
Amoniak	ilości śladowe	ilości śladowe	-
Etan	-	-	<3%
Propan	-	-	<2%
Wartość kaloryczna	Zazwyczaj 6 kWh/m ³ , ale zmienia się w zależności od zastosowanych substratów pomiędzy: 5,5-7,7 kWh/m ³	10,2-10,9 kWh/m ³	ok. 9-11 kWh/m ³

Nakłady inwestycyjne i koszty operacyjne technologii oczyszczania biogazu warunkach niemieckich

Opłacalność ekonomiczna oczyszczania biogazu rozpoczyna się od średniej wielkości biogazowni.

Małe biogazownie powinny być łączone w mikrosieć gazową, z której cały biogaz trafia do instalacji do oczyszczania.

Nakłady inwestycyjne samej instalacji oczyszczania biogazu zależą głównie od ilości oczyszczanego biogazu.

Koszty inwestycyjne zawierają się w granicach:

- ok. 1,2 – 1,5 mln. euro (1000 Nm³/h surowego biogazu)
- ok. 0,5 – 0,8 mln. euro (250 Nm³/h surowego biogazu)

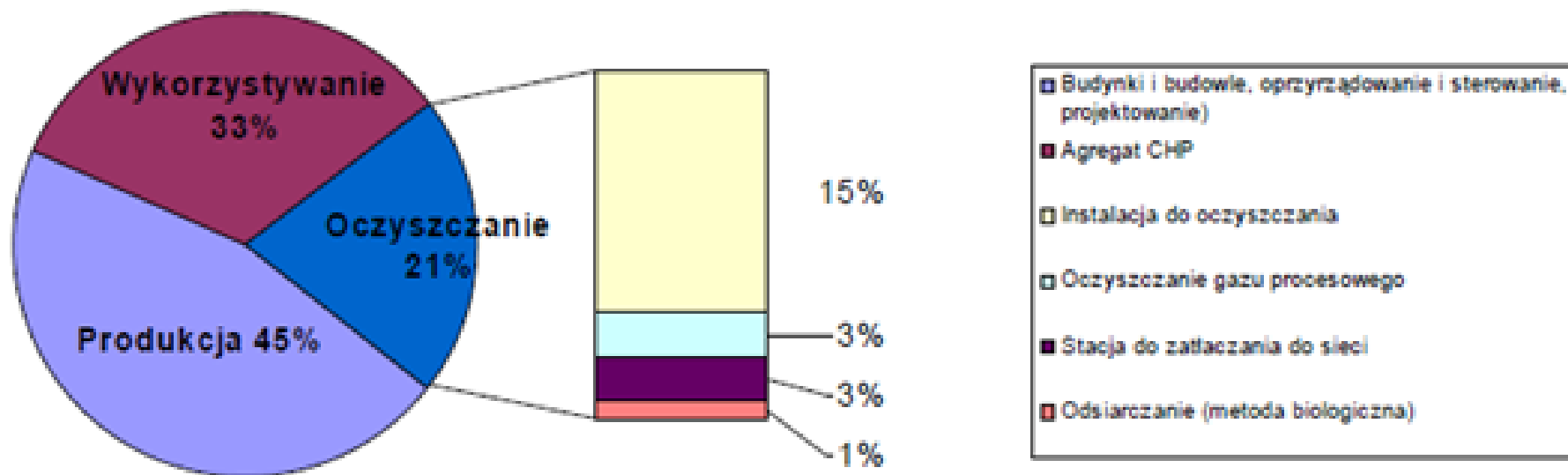
Muszą być wzięte pod uwagę nakłady na instalacje do odsiarczania i suszenia, dostosowane do wartości energetycznej i ciśnienia przez zatłaczanie. Zapotrzebowanie na ciepło różni się znacznie pomiędzy technologiami możliwości pozyskania, bądź sprzedaży ciepła w danej lokalizacji w zależności od zastosowanej technologii.

Nakłady inwestycyjne na budowę koncepcyjnej biogazowni z instalacją oczyszczania

	Lista komponentów (1000 Nm³/h)	EUR
Produkcja biogazu [EUR]	Budynki i budowle	1 915 012
	Zbiornik na substraty	1 000 529
	Inne	644 314
	Mechanical engineering	462 244
	Elektromika i sterowanie	330 174
	Koszty rozbiórki (na etapie likwidacji)	100 053
	Dodatkowe nakłady w przypadku, gdy do pokrycia zapotrzebowania instalacji na ciepło wykorzystywany jest surowy biogaz	40 000
Razem produkcja biogazu [EUR]		4 492 327
Oczyszczanie biogazu [EUR]	Instalacja do oczyszczania	1 380 730
	Oczyszczanie gazu procesowego/odlotowego	260 000
	Stacja zatłaczania (kompresory, opomiarowanie, dostosowanie wartości kalorycznej)*	250 000
	Odsiarczanie metodą biologiczną	110 000
	Koszty budowlane instalacji do oczyszczania	45 023
Razem oczyszczanie biogazu [EUR]		1 951 236
Wykorzystywanie biogazu [EUR]	Agregat kogeneracyjny (CHP)**	3 232 080
Całkowite nakłady inwestycyjne [EUR]		9 770 162

Nakłady inwestycyjne dla biogazowni o wydajności 1000 Nm³/h

Nakłady inwestycyjne obejmujące produkcję, oczyszczanie, i wykorzystywanie biogazu dla biogazowni z instalacją do oczyszczania biogazu o wydajności 1000 Nm³/h surowego biogazu



Koszty produkcji biometanu w koncepcyjnej biogazowni o wydajności 1000 Nm³/h

Produkcja gazu		
Produkcja surowego biogazu [Nm ³ /h]	536	
Produkcja biometanu [Nm ³ /h]	1000	
Oczyszczanie surowego biogazu [Nm ³ /a]	8 504 497	
Biometan zatłaczany do sieci [Nm ³ /a]	4 603 008	
Koszty i przychody		
Koszt produkcji energii elektrycznej [ct/kWh _{el}]	Bez dotacji i kredytów	-24,2
Przychód dla operatora [EUR]	Przez rok	604 839
Ilość gospodarstw domowych zaopatrywanych w elektryczność*	9700	

* bazujące na średnim zapotrzebowaniu na energię elektryczną 4-osobowego gospodarstwa domowego w Niemczech ¹³

Budowa instalacji do uzdatniania biogazu do czystości >94% v/v metanu:

- rozwiązanie mobilne-kontenerowe
- układ bezpośredniego tankowania pojazdów biometanem
- małe przepływy biogazu (< 200 m³/h)
- zamknięty obieg wody
- technologia bezodpadowa

Założenia projektu

1. Dobór i optymalizacja warunków prowadzenia procesu w celu uzyskania wysokiej wydajności procesu uzdatniania biogazu do biometanu.
2. Badania nad doborem adsorbentów siarkowodoru i siloksanów.
3. Badania procesów oczyszczania wody procesowej w układzie zamkniętym.
4. Badania jakości uzyskanego biometanu w kierunku możliwości zastosowania jako paliwa do pojazdów.

Prototyp instalacji o przepływie $60\text{m}^3/\text{h}$ surowego biogazu, zoptymalizowany w rzeczywistych warunkach pracy biogazowni.

Innowacyjność technologii

- brak instalacji o przerobie $<200\text{m}^3/\text{h}$ biogazu: niższe koszty inwestycyjne i nakłady energetyczne,
- rozwiązanie mobilne - kontenerowe:
dywersyfikacja możliwości wykorzystania biogazu,
- innowacja produktowa:
wykorzystanie pomp z pierścieniem cieczowym
w procesach, w których nie były wcześniej stosowane
- **znacząco ulepszony produkt:** obniżenie kosztów procesu oczyszczania surowego biogazu,
- **innowacja na skalę międzynarodową**

Wymagania dla oczyszczonego biogazu:

- zawartość H_2S < 7 mg/m³
- zawartość siarki RSH < 16 mg/m³
- zawartość siarki sum < 40 mg/m³
- punkt rosy lato < +3,7 °C, zima < -5 °C
- zawartość CH_4 94 – 96 % v/v (biometan)
- zawartość zanieczyszczeń: siloxanów, amoniaku - ślady

Etapy oczyszczania biogazu

- Odsiarczanie
- Usuwanie CO₂
- Osuszanie (usuwanie H₂O)
- Usuwanie innych zanieczyszczeń (siloxany, ..)

Metody odsiarczania biogazu:

- Sorbenty żelazowe (naturalne ziemi darniowe, syntetyczne)
- Sorbenty z węglem aktywnym
- Sorbenty typu „liquid scavenger”
- Metody z roztworami redox
- Utlenianie biologiczne

Metody usuwania CO₂:

- Metody absorpcyjne
- Metody adsorpcyjne – technika PSA z wykorzystaniem węgla aktywnych i zeolitów
- Metody permeacyjne – selektywne membrany półprzepuszczalne
- Metody kriogeniczne

Metody absorpcyjnego usuwania CO₂:

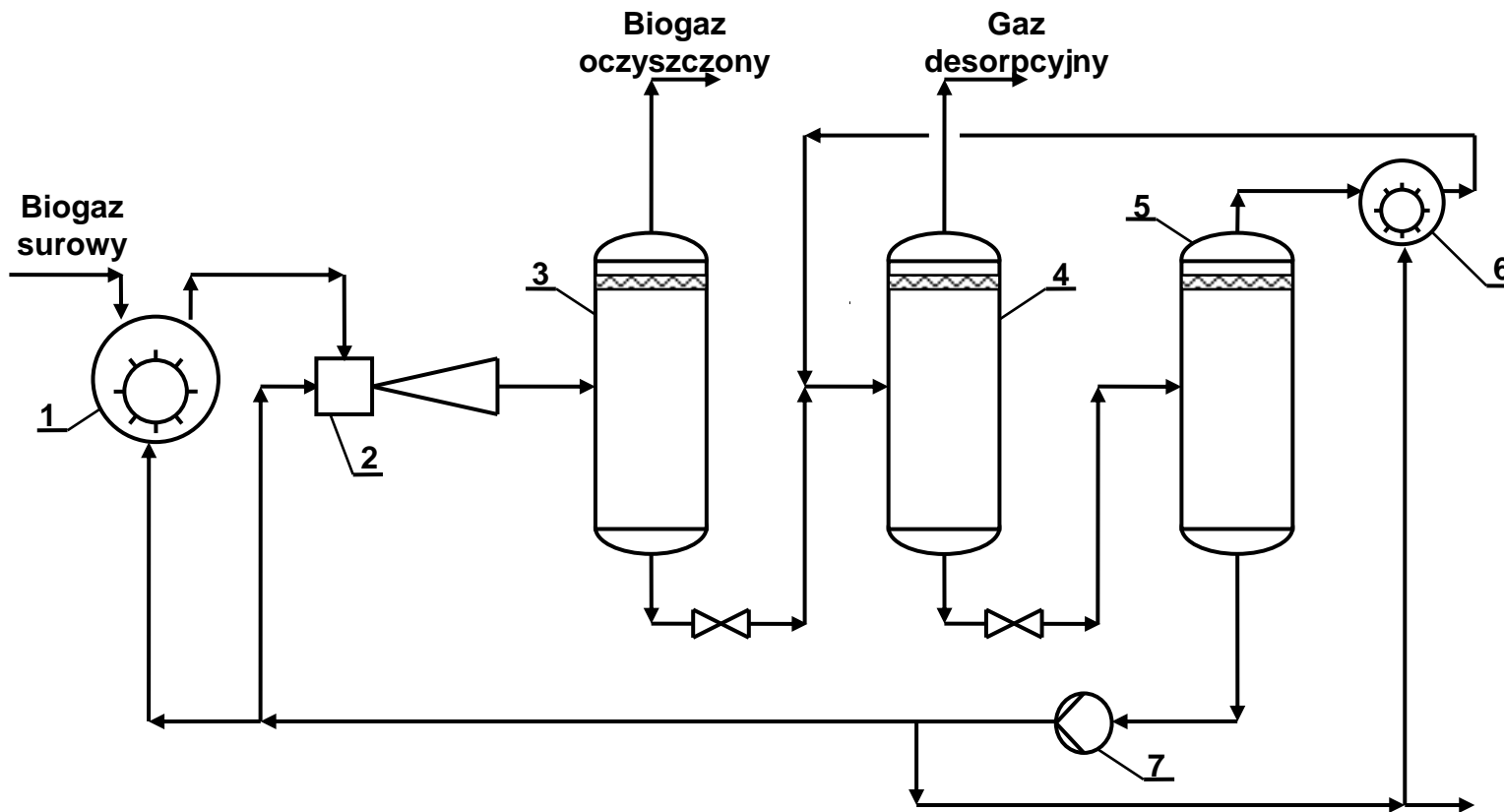
Absorpcja fizyczna:

- Woda (płuczka wodna)
- Etery dimetylowe poliglikoli (Gensorb, Selexol)
- Inne: metanol (Rectisol), węgiel propylenu (Fluor Solvent)

Absorpcja chemiczna:

- Etanoloaminy
- Węgiel potasu

Układ instalacji do sprężenia i oczyszczenia biogazu wg zgłoszenia P - 401129



1 – dmuchawa z pierścieniem wodnym

2 – pompa

3 – separator ciśnieniowy

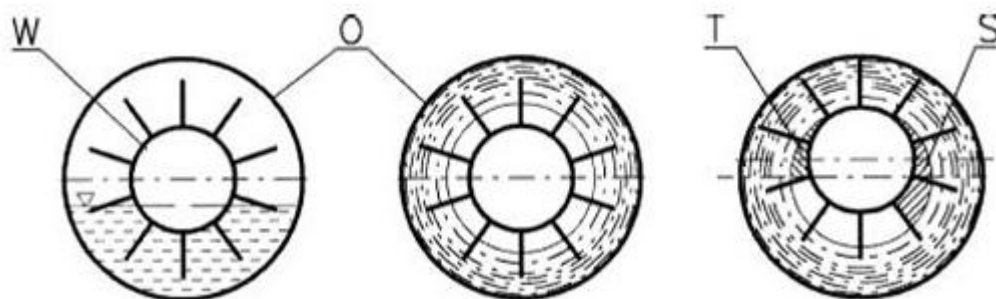
4 – separator atmosferyczny

5 – separator próżniowy

6 – pompa próżniowa

7 – pompa wodna

Innowacyjność technologii



- wirujący pierścień cieczy (efekt hydrodynamiczny),
- układ bez zaworowy, pompa wyporowa, wirowa.
- ciecz robocza doprowadzana w sposób ciągły i częściowo usuwana z pompowanym gazem , (wzrost
- uszczelnienie wału obustronne (miękkie sznurowe lub mechaniczno czołowe),
- absorpcja ditlenku węgla w wodzie,
- absorpcja H₂S na uwodnionym tlenku Fe lub C akt,
- absorpcja łączna ditlenku węgla i H₂S w (MEA, DEA, TEA)aq w obiegu zamkniętym , z odzyskiem amin (doczyszczanie).

Prognozowany efekt „ekologiczny”

(rocznie z 1 instalacji 60m³/h biogazu czyli ok. 35 m³/h biometanu)

- ok. 260 400 m³ biometanu o zawartości metanu >94% - odpowiednik 245 021,7 L ON lub 262 260 L BS
- przykładowy rachunek wielkości unikniętych emisji spalania paliw konwencjonalnych*:

39 727,82 kg CO₂, 49,00 kg NO_x i 13,97 kg PM

- * W oparciu o wyniki badań przeprowadzonych na hamowni podwoziowej PIMOT na VW Caddy (ON i CNG) w 2011r.

Potencjał komercjalizacji

- Zainteresowanie procesami „upgradingu” biogazu zgłaszane do PIMOT;
- Koszty zakupu proponowanej instalacji ok. 2-krotnie niższe- **brak obecnie na rynku takiego rozwiązania!**;
- Wyposażenie instalacji w moduł tankowania biometanu umożliwi wykorzystanie na własne cele transportowe, bądź zgromadzenie i przechowywanie/transport w butlach.

Podsumowanie

1. Zastosowanie w biogazowniach rolniczych, gazu wysypiskowego i osadów ściekowych, na potrzeby własne i komercyjne, w małych składowiskach rejonowych (potrzeby transportowe samorządów lokalnych).
2. Wariantowość (cena), oczyszczanie po odsiarczeniu lub pełny „upgrading”.
3. Prostota, a jednocześnie nowość w skali ponad europejskiej.
4. Wpisywanie się w programy IEE oraz wyprzedzająco w BRIDGE („*Biobased Renewable Industries for Development and Growth in Europe*”).

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ