

Wykorzystanie biometanu jako paliwa w transporcie samochodowym efektywnym sposobem ograniczenia emisji zanieczyszczeń do powietrza

Implementation of biomethane as fuel in transportation effective way to reduce emission of pollutants to air

Streszczenie:

W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania biometanu jako paliwa w transporcie samochodowym. Porównano emisje zanieczyszczeń ze spalania biometanu oraz powszechnie stosowanych paliw silnikowych. Zwrócono uwagę na korzyści środowiskowe związane z wprowadzeniem tego paliwa w transporcie: znaczne ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza, smogu oraz hałasu w aglomeracjach miejskich.

Abstract:

This paper presents the possibility to use biomethane as a fuel for transportation. The emissions of pollutants from combustion of biomethane and the commonly used fuels have been compared. It was indicated that implementation of this fuel for transport results in environmental benefits: significant reduction of pollutant emissions, smog and noise in the urban agglomerations.

Słowa kluczowe: biometan, biopaliwa, transport samochodowy, emisje do powietrza

Keywords: biomethane, biofuels, transportation, emissions to air

Ciągły rozwój transportu samochodowego oraz wzrost zurbanizowanych obszarów jest ściśle związany ze wzrostem emisji spalin do atmosfery, które stanowią główne źródło zanieczyszczenia środowiska oraz są przyczyną problemów zdrowotnych ludzi. Zanieczyszczenia powstałe jako produkty uboczne procesu spalania benzyny bądź oleju napędowego w silnikach samochodowych stanowią jedno z najpoważniejszych problemów środowiskowych w miastach europejskich. Konieczne staje się wprowadzanie coraz to bardziej rygorystycznych regulacji prawnych dotyczących jakości powietrza na terenach zurbanizowanych. Oprócz nowych wdrożeń technologicznych w zakresie procesu spalania, stosowaniu nowych trójfunkcyjnych konwerterów katalitycznych dopalania spalin, pułapek węglowodorów czy pyłów coraz większe znaczenie w redukcji emisji zanieczyszczeń zyskują „czyste paliwa silnikowe” takie jak biometan czyli oczyszczony i uszlachetniony biogaz [1]. Biometan zapewnia dywersyfikację źródeł energii oraz samowystarczalność, pozwala na coraz mniejszą ingerencję w zasoby środowiska związane z pozyskiwaniem paliw kopalnych.

Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej zapotrzebowanie na energię w latach 2005-2030 wzrośnie o 55%, a największy udział przypadnie na transport. Liczba samochodów według danych szacunkowych na świecie wzrośnie z 0,6 mld w 2005 r. do 2,9 mld w 2050 r., co oznacza wielokrotne zwiększenie zapotrzebowania na paliwa silnikowe [2].

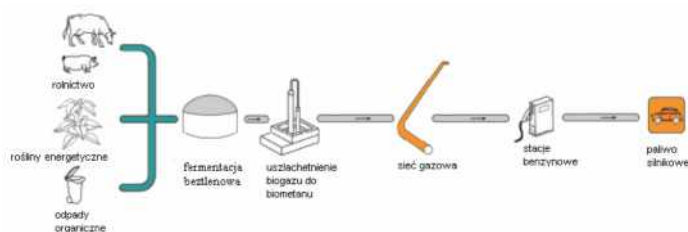
Jednym ze skutecznych sposobów ograniczenia negatywnych skutków związanych z pozyskiwaniem paliw kopalnych jest produkcja paliw ze źródeł odnawialnych. Jednym z przykładów jest produkcja biogazu z biomasy, a następnie z niego biometanu, która odznacza się znacznie mniejszą emisją gazów cieplarnianych i nie oddziałuje negatywnie na środowisko naturalne w takim stopniu jak wydobycie ropy naftowej i jej przeróbka na paliwa silnikowe [3]. Ponadto ograniczona geograficzna dostępność do złóż ropy i rygorystyczne regulacje dotyczące emisji spalin stawiają biogaz i biometan jako jedną z obiecujących alternatyw dla paliw kopalnych. Zaletą jest też to, że do jego produkcji wykorzystuje się biosurowce, które są równomiernie geograficznie rozmieszczone w przeciwieństwie do paliw kopalnych, co stwarza niezależność oraz bezpieczeństwo w dostawach surowców [4].

Sprężony biometan (ang. CBG – Compressed Biomethane Gas) i gaz ziemny (ang. CNG – Compressed Natural Gas) są stosowane jako paliwo do pojazdów samochodowych w wielu krajach europejskich [5]. Należy tu przede wszystkim wymienić: Szwecję, Niemcy czy Austrię. Szwecja posiada około 15 000 pojazdów samochodowych na gaz ziemny (CNG), gdzie 55% stanowią pojazdy na biometan. W Sztokholmie od 2009 roku cała flota autobusów napędzana jest biometanem. Niemcy posiadają 89 000 samochodów osobowych napędzanych biometanem, a Austria 5020 [6].

W ostatnich latach produkcja samochodów napędzanych gazem ziemnym/biometanem jest rozwijana przez wiele koncernów samochodowych, takich jak: Mercedes, Volvo, Ford, Fiat, Volkswagen czy Opel. Ceny tych samochodów są jednak znacznie wyższe od samochodów na paliwa ciekłe. Układy zasilania sprężonym gazem są tak samo niezawodne jak zasilane tradycyjnymi paliwami płynnymi. Oprócz pojazdów zasilanych wyłącznie paliwem gazowym produkowane są także samochody osobowe dwupaliwowe (ang. bi-fuel), zasilane zarówno metanem jak i benzyną, co pozwala na zwiększenie pokonywanego dystansu [7]. Jak to wynika z doświadczeń niemieckich, czy szwedzkich biogaz (CBG) jest paliwem tańszym od benzyny czy oleju napędowego. W warunkach polskich cena tego paliwa powinna kształtować się na poziomie cen gazu ziemnego (CNG).

Wydajność produkcji biometanu i innych biopaliw

Schemat ideowy produkcji i wykorzystania biometanu jako paliwa do pojazdów samochodowych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Produkcja i wykorzystanie biometanu jako paliwa silnikowego

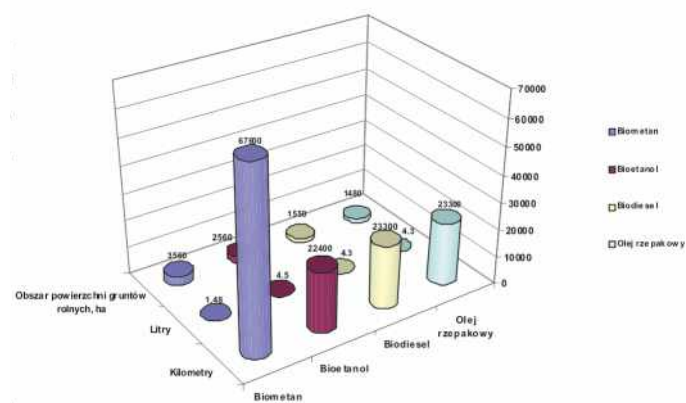
Biogaz, surowiec do otrzymywania biometanu powstaje w procesie fermentacji beztlenowej w wyniku rozkładu substancji organicznych (roślin energetycznych, odchodów zwierzęcych, osadów ściekowych, odpadów rolno-spożywczych) za pośrednictwem mikroorganizmów. Należy podkreślić, że najbardziej korzystnym pod względem środowiskowym jest wykorzystanie odpadów, bo nie pociąga potrzeby dodatkowych upraw surowców roślinnych, a pozwala efektywnie zagospodarować odchody zwierzęce oraz rolnicze i miejskie odpady organiczne [8].

Umożliwia to zastąpienie paliw kopalnych oraz skutecznie ogranicza wykorzystanie surowców naturalnych, co zapewnia zrównoważoną i przyjazną dla środowiska gospodarkę energetyczną [9].

Głównymi składnikami biogazu są metan (50-70%) i ditlenek węgla (25-40%), a w mniejszych ilościach występują siarkowodór, amoniak, merkaptany, woda, azot, tlen i wodór. Surowy biogaz poddaje się procesom oczyszczenia i uzdatnienia celem usunięcia składników stanowiących zanieczyszczenia oraz ditlenku węgla [10]. Produktem jest biometan, który może być wtłaczany do sieci gazowej lub stosowany jako paliwo do pojazdów silnikowych. Jakość tego paliwa musi być utrzymywana na poziomie spełniającym parametry gazu ziemnego oraz uwarunkowania prawne w danym kraju. Wymagana czystość biometanu zasilającego samochody to zawartość: minimum 96% metanu, zawartość oparów niższa niż 15mg/Nm³, zawartość H₂S nie przekraczająca 100mg/Nm³, a wielkość cząstek stałych nie może przekraczać 40 mikronów [1].

Do uzdatniania biogazu do biometanu wykorzystywane są nowoczesne technologie oparte na procesach takich jak: absorpcja fizyczna i chemiczna, adsorpcja zmienneociśnieniowa, separacja membranowa oraz separacja kriogeniczna. Na świecie istnieje około 200 instalacji uzdatniania biogazu do biometanu, a światowym liderem są Niemcy (107 instalacji) oraz Szwecja (56 instalacji) [11]. W Polsce jak dotąd nie produkuje się ani też nie wykorzystuje się biometanu jako paliwa silnikowego w transporcie.

Przedmiotem przeprowadzonej przez autorów analizy było porównanie wydajności produkcji biometanu z innymi biopaliwami. Wyniki tej analizy pokazano na rysunku 2. W obliczeniach założono, że średnie spalanie paliwa przez samochód osobowy wynosi 7,4l/100km.



Rys.2 Wydajność produkcji [litr/hektar] biometanu i innych biopaliw (opracowanie własne na podstawie danych literaturowych [3,6,7])

Jak pokazano na rysunku 2, wydajność produkcji biometanu jest najwyższa w porównaniu z innymi biopaliwami, a zapotrzebowanie na powierzchni gruntów pozwalające na przejechanie 100 000 km najmniejsze. A zatem w przypadku biometanu możemy mówić o największej efektywności pozyskania paliwa z jednostki powierzchni gruntów rolnych. Biometan ma zatem trzykrotnie większą wydajność energetyczną w przeliczeniu na hektar użytków rolnych niż bioetanol. 1 litr biometanu ($35,3 \text{ MJ/dm}^3$) odpowiada w przybliżeniu 1 litrowi oleju napędowego ($35,4 \text{ MJ/dm}^3$), 1,12 litra benzyny ($31,3 \text{ MJ/dm}^3$) oraz 1,66 litra bioetanolu ($21,2 \text{ MJ/dm}^3$).

Emisje ze spalania biometanu i tradycyjnych paliw silnikowych

Zanieczyszczenia emitowane do powietrza przez spaliny z silników pojazdów samochodowych oraz pary paliw, takich jak benzyny i olej napędowe, wpływają negatywnie na jakość powietrza, środowisko i zdrowie ludzkie. Szacuje się, że obecne zużycie paliwa w transporcie drogowym może być źródłem ponad 20% emisji ditlenku węgla na świecie. Pojazdy samochodowe są nadal głównym źródłem emisji tlenków azotu, które przyczyniają się do powstawania smogu fotochemicznego oraz kwaśnych deszczy [12, 13].

Główne rodzaje zanieczyszczeń emitowanych do powietrza z transportu samochodowego przedstawia tabela 1.

Tab. 1. Rodzaje zanieczyszczeń emitowanych z transportu samochodowego [14]

Gazy cieplarniane i troposferyczne	
Ditlenek węgla CO_2	Powstaje w wyniku całkowitego spalania paliwa, jest głównym gazem cieplarnianym silnie pochłaniającym promieniowanie podczerwone. W wysokich stężeniach powoduje bóle i zawroty głowy, trudności w zasypianiu oraz ubytki w polu widzenia.
Tlenek węgla CO	Toksyczny produkt niepełnego spalania paliwa, za którego emisję odpowiedzialna jest większość pojazdów spalinowych. W niskich stężeniach wywołuje zmęczenie u osób zdrowych, ból w klatce piersiowej u osób z chorobami serca. Przy wyższych stężeniach wywołuje zaburzenia widzenia i koordynacji, bóle oraz zawroty głowy, dezorientację i nudności. Może powodować objawy grypopodobne. W umiarkowanych stężeniach, wywołuje dławicę piersiową, zaburzenia widzenia i może spowodować pogorszenie czynności mózgu. Przy wyższych stężeniach CO jest śmiertelny.
Tlenki azotu NOx	Gazy cieplarniane, które tworzą się w wysokiej temperaturze i ciśnieniu w komorze spalania silnika. Przyczyniają się do powstawania kwaśnych deszczy. NO_2 przyczynia się do powstawania ozonu w warstwie przyziemnej i jest źródłem zanieczyszczeń pyłowych. NO_2 jest związane z szeregiem niepożądanych działań na układ oddechowy. Wskaźnik globalnego ocieplenia NO_2 wynosi 310.
Ditlenek siarki SO_2	Gaz odpowiedzialny za powstawanie kwaśnych deszczy jest również składnikiem „kwaśnej mgły”, jego ilość zależy od siarki zawartej w paliwie. Powoduje nasilenie chorób dróg oddechowych: oskrzeli oraz astmy. Wskaźnik globalnego ocieplenia SO_2 wynosi 22.

Związki powodujące toksyczność powietrza	
HC	Węglowodory pochodzą z niepełnego spalania paliw. W wyższych stężeniach powodują zapalenie płuc oraz liczne powikłania sercowo-naczyniowe.
LZO (VOCs)	Lotne związki organiczne (np. alkany, cykloalkany, alkeny, aldehydy, ketony aromaty) mają udział w tworzeniu innych zanieczyszczeń (produktów reakcji fotochemicznych) i powstawaniu smogu fotochemicznego. Powodują podrażnienia błon śluzowych i dróg oddechowych, oczu i skóry, a także bóle głowy i zmęczenie. Wiele związków uważanych jest za kancerogenne.
Pyły zawieszone	
Pyły (PM 10, PM 2,5)	Cząsteczki stałe (PM), sadza i dym (mikroskopowe pyły zawieszone w powietrzu powstające z węgla, skondensowana para wodna, rozpuszczalny HCS) powstają w wyniku spalania paliw (zwłaszcza oleju napędowego). Powodują śmiertelność z powodu chorób układu krążenia oraz oddechowego. Nawet krótki okres wzrostu stężenia zapylenia zwiększa ryzyko dodatkowych hospitalizacji z powodu problemów krążeniowych i oddechowych. Według danych Światowej Organizacji Zdrowia WHO (World Health Organization) pyły te powodują skrócenie życia przeciętnej osoby o około 8 miesięcy, a w Polsce nawet o 10,7 miesięcy.

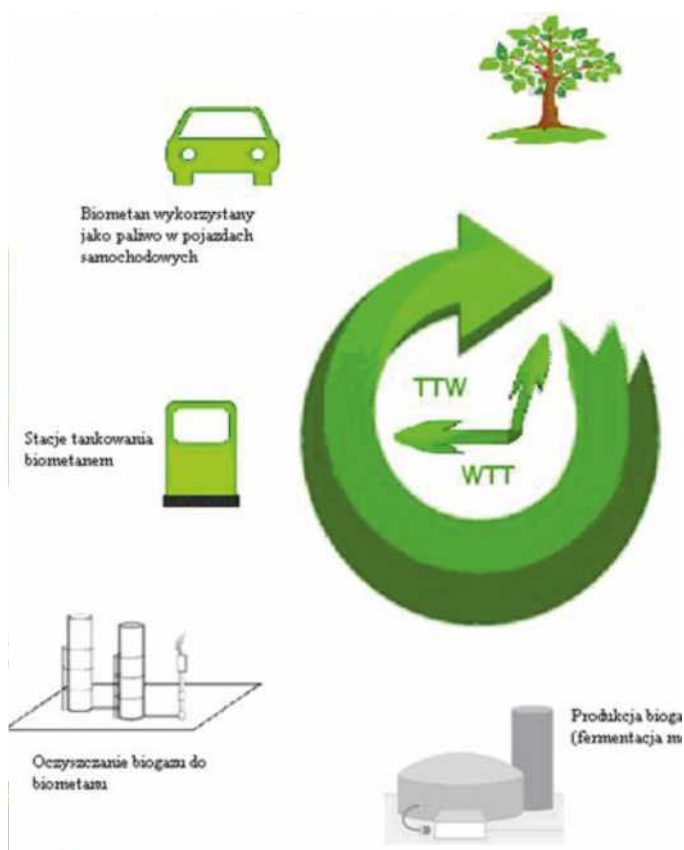
W celu pełnej oceny środowiskowej, w tym emisji zanieczyszczeń i porównania pod tym kątem różnych paliw dokonuje się analizy cyklu życia paliwa „od szybu do koła” (ang. „Well-To-Wheel” – WTW) i najczęściej rozpatruje się dwa etapy:

- I- „od szybu do zbiornika” (ang. „Well to Tank – WTT”) – pod uwagę bierze się emisje związane z pozyskaniem surowca, z którego produkuje się to paliwo, produkcją paliwa, jego transportem i magazynowaniem,
- II- „od zbiornika do koła” (ang. „Tank-To-Wheel-TTW”), czyli emisje związane z wykorzystaniem paliwa w samochodzie, a więc jego tankowanie i spalanie w silniku samochodowym.

W przypadku biometanu, produkowanego z odpadów, ocena środowiskowa w oparciu o analizę cyklu życia „od odpadu do koła” (ang. „Waste-To-Wheel”), [15] obejmuje emisje zanieczyszczeń do powietrza z operacji i procesów pochodzących z następujących etapów:

- I „od odpadu do zbiornika” (ang. „Waste-To-Tank” - WTT) - zbiórki odpadów, ich transportu oraz składowania, produkcji biogazu, jego oczyszczanie i uzdatnianie do biometanu, dystrybucji oraz magazynowania,
- II „od zbiornika do koła” (ang. „Tank-To-Wheel” – TTW) - wykorzystanie paliwa w pojeździe, a więc operację napełniania pojazdu i proces jego spalania w silniku.

Cykl życia biometanu jako paliwa do pojazdów samochodowych obejmujący główne procesy i operacje jego produkcji i wykorzystania przedstawia rysunek 2 [16].



Rys. 3. Cykl życia biometanu jako paliwa w transporcie „od odpadu do koła” („Waste-To-Wheel”), (opracowanie własne na podstawie [16])

Wyniki analizy „od odpadu do koła” (WTT) wykonanej dla biometanu jako paliwa przedstawione zostały w tabeli 2.

Tab. 2. Analiza cyklu życia biometanu jako paliwa „od odpadu do koła” [15]

Analiza WTT	
Etapy przygotowania paliwa	Emisja ditlenku węgla (gCO ₂ /kg biometanu)
Transport surowca (odpadów)	0g
Produkcja biometanu	1373g
Transport	8.85g
Dostawa	28g
Analiza TTW	
Wykorzystanie jako paliwa w samochodzie	-9.85g

W analizie WTT pomija się emisje związane ze zbiórką, transportem odpadów – surowców do produkcji biometanu, gdyż są one związane z zagospodarowaniem odpadów. Większość emisji pochodzi z produkcji biometanu oraz jego dostawy. Analiza TTW wskazuje na ujemną wartość emisji CO₂, gdyż emitowany w wyniku spalania

biometanu w silniku ditlenek węgla jest produktem rozkładu materii organicznej i jest poddawany sekwestracji węgla z atmosfery, w wyniku której powstaje ona ponownie. Sekwestracja i następnie emisja CO₂ tworzy więc zrównoważony cykl produkcji i wykorzystania biometanu, w przeciwieństwie do paliw kopalnych, gdzie następuje wzrost ilości CO₂ w atmosferze. Stąd też w analizie WTT biometan otrzymuje „kredyt węglowy” (emisja jest ujemna), gdyż bierze się pod uwagę zawartość węgla w materii organicznej [15].

Analiza WTT przeprowadzona dla biometanu (CBG) i gazu ziemnego (CNG) wykazuje ponadto, że wielkość emisji CO₂ dla biometanu jest znacznie niższa niż dla gazu ziemnego. Rozpatrywany biometan posiadał wysoką zawartość metanu (98%) i niską zawartość zanieczyszczeń, a gaz ziemny niższą zawartość metanu (95%). W tabeli 3 pokazano porównanie emisji CO₂ z obu paliw w przeliczeniu na jednostkę energii MJ, masę (kg) i przejechaną odległość (100 km).

Tab. 3. Analiza WTT dla biometanu i gazu ziemnego [15]

Paliwo	Emisje kg CO ₂ /MJ	Emisje kg CO ₂ /kg paliwa	WTT kg CO ₂ /100 km
Biometan (CBG)	0,031	1,40	34,5
Gaz ziemny	0,062	2,80	76,0

Redukcję emisji do powietrza zanieczyszczeń powstających w wyniku spalania biometanu w stosunku do nowej normy emisji spalin dla benzyny (Euro VI) na przykładzie samochodu dostawczego Iveco Daily przedstawiono w tabeli 4.

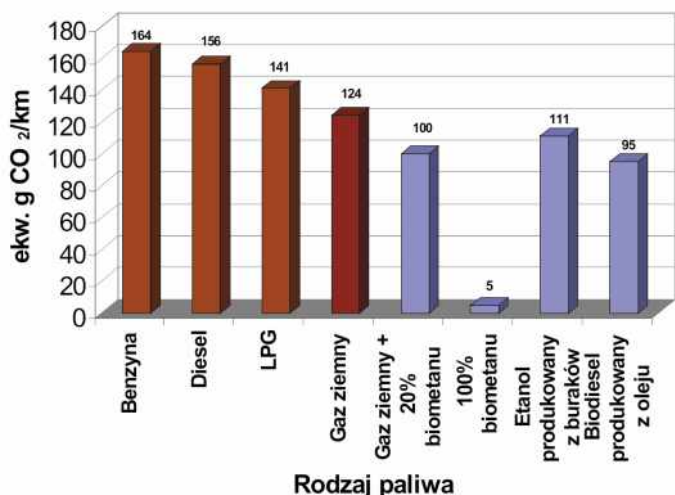
Tab. 4. Redukcja emisji zanieczyszczeń ze spalania biometanu w stosunku do benzyny [15]

Emisje	Biometan (G25 CBG)	Benzyna (Euro VI HD)	% redukcji w stosunku do dopuszczalnego poziomu
CO	1,15	4	62%
Niemetanowe związki organiczne	0,019	0,16	88%
CH ₄	0,193	0,5	61%
NO _x	0,28	0,4	30%
Węglowodory	0	0	
Pyły (PM)	0,0047	0,01	53%

Wszystkie wyżej wymienione zanieczyszczenia są szkodliwe dla zdrowia ludzkiego, ale szczególnie ważne dla lokalnych decydentów i analityków jakości powietrza są redukcje tlenków azotu (NO_x) i pyłów (PM). Tlenki azotu i pyły mają bowiem znaczny wpływ na system

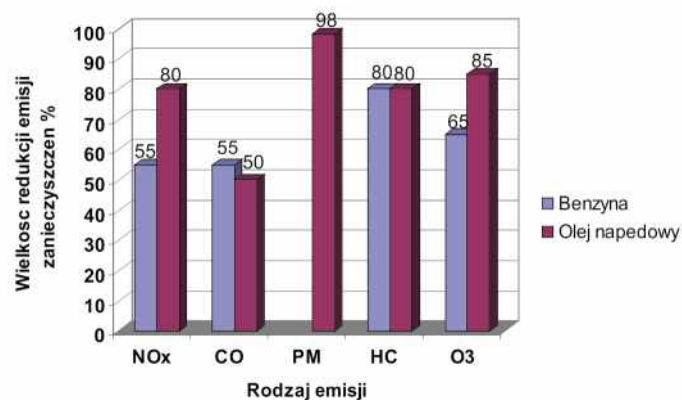
oddychania powodując uszkodzenia tkanki płucnej i przedwczesną śmierć [15].

Zastosowanie biometanu jako paliwa pozwala na obniżenie emisji NOx i pyłów odpowiednio o 30% i 53% (Tab. 4). Ponadto pozwala również znacznie ograniczyć emisję gazów cieplarnianych. Wielkości emisji gazów cieplarnianych powstałych w wyniku użytkowania biometanu oraz innych paliw silnikowych oszacowane na podstawie analizy WTW, wyrażone w ekwiwalencie CO₂ (CO₂ eq.) przedstawiono na rysunku 4. W przypadku biometanu otrzymanego z gnojowicy wielkość emisji jest najniższa i wynosi 5 g CO₂/km [17].



Rys. 4. Emisje gazów cieplarnianych z różnych rodzajów paliw wyrażona w ekwiwalencie gCO₂/km (Pojazdem odniesienia jest silnik benzynowy spalający 7 litrów na 100 km), [18]

Porównanie wielkości redukcji emisji zanieczyszczeń do powietrza uzyskiwanych w przypadku wykorzystania biometanu/gazu ziemnego jako paliwa silnikowego w stosunku do powszechnie stosowanych paliw ciekłych takich jak benzyna i olej napędowy pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Redukcja emisji zanieczyszczeń powstałych w wyniku spalania biometanu/gazu ziemnego w stosunku do benzyny i oleju napędowego [18]

Zastosowanie biometanu/gazu ziemnego jako paliwa w transporcie zamiast benzyny i oleju napędowego pozwala na wysoką redukcję emisji pyłów (PM) – 98%, węglowodorów (HC) – 80%, tlenków azotu (NOx) 55 – 80% oraz tlenku węgla (CO) – 55-50%.

Hałas i bezpieczeństwo

Hałas komunikacyjny ma duży wpływ na zdrowie ludzkie, wywołuje utrudnienia snu, a także stany nerwicowe. Biometan eliminuje nie tylko emisję zanieczyszczeń do powietrza, ale również generuje znacznie mniejsze ilości hałasu. W przypadku wdrożenia biometanu jako paliwa silnikowego poziom hałasu może być ograniczony aż do 50% w porównaniu z eksploatacją tradycyjnych paliw. Tabela 5 pokazuje wielkość redukcji poziomu hałasu osiąganą przy zastosowaniu biometanu jako paliwa w samochodach marki SCANIA.

Tab. 5. Redukcja emisji hałasu w samochodach ciężarowych marki Scania [15].

Odległość	Diesel	Metan	Różnica
	dB(A)	dB(A)	dB(A)
7,5 metra od przodu	71,7	60,6	-10,5
7,5 metra z lewej	69,6	59,8	-9,8
7,5 metra z prawej	69,6	60,0	-9,6
W kabinie (ucho kierowcy)	60,6	54,7	-5,7

Pojazdy zasilane biometanem charakteryzują się znacznie większym bezpieczeństwem ze względu na jego właściwości fizykochemiczne, jak i system dozowania do pojazdu. Właściwości biometanu w porównaniu z wybranymi paliwami ciekłymi przedstawia tabela 6.

Tab. 6. Właściwości fizykochemiczne paliw dotyczące bezpieczeństwa [19]

Właściwości	Metan (z biogazu lub gazu ziemnego)	Benzyna	Olej napędowy	Etanol
Granice palności (% obj. w powietrzu)	5-15	1,4-7,6	0,6-5,5	3,1-20
Temperatura samozapłonu (°C)	450	300	230	425
Minimalna energia zapłonu w powietrzu (10 ⁻³ kJ)	0,28	0,24	0,24	0,26
Maksymalna temperatura płomienia (°C)	1884	1977	2054	1726
Wartość opałowa (MJ/dm ³)	35,3	31,3	35,6	21,2

Ograniczony zakres palności (poniżej 5% lub powyżej 15% obj.), wysoka temperatura samozapłonu (450°C) oraz brak oparów podczas tankowania sprawiają, że biometan

jak i gaz ziemny jest paliwem bezpieczniejszym w użytkowaniu niż paliwa ciekłe: benzyna i olej napędowy [19 - 20]. Ponadto biometan można dostarczać za pośrednictwem infrastruktury podziemnej, co ogranicza ryzyko wypadku cysterny oraz eliminuje koszty związane z eksploatacją dróg.

Dystrybucja biometanu jako paliwa silnikowego

Biometan (CBG) może być wykorzystywane w takich samych pojazdach jak gaz ziemny (CNG), a więc osobowych, dostawczych, ciężarowych, autobusach, jak i pojazdach specjalnych (np. wózki widłowe). Pojazdy napędzane tym paliwem mogą być wyposażone w silniki z zapłonem iskrowym lub samoczynnym. Pojazdy muszą być przystosowane do magazynowania biometanu, co wymaga zamontowania zajmujących dużą przestrzeń, zbiorników ciśnieniowych (20 MPa). Rozwiązaniem tego problemu jest użytkowanie biometanu w postaci skroplonej. Postać ciekła biometanu rozwiązuje problem związany z ograniczonym miejscem magazynowania, wymaga jednak zainstalowania dodatkowych zbiorników kriogenicznych pozwalających na utrzymanie temperatury -160°C , co powoduje zwiększenie kosztów. Wadą jest to, że paliwa gazowe nie mogą być mieszane z benzyną bądź olejem napędowym [21].

Biometan może być przesyłany przez rurociągi lub transportowany w postaci sprężonej lub skroplonej w kriogenicznych butlach. Zwykle wykorzystywana jest istniejąca infrastruktura gazu ziemnego. Linie przesyłowe gazu ziemnego umożliwiają jego transport przy dość wysokim ciśnieniu (do 8 MPa). Natomiast lokalne linie dystrybucyjne działają na znacznie niższym ciśnieniu, a spadek ciśnienia może być wykorzystany do skroplenia biometanu (0,4 - 3MPa). W krajach nieposiadających odpowiedniej infrastruktury gazowej biometan może być skraplany i transportowany w pojazdach ciężarowych.

Wyróżnia się dwa główne rodzaje stacji napełniania pojazdów biometanem, a mianowicie [22]:

- Stacje powolnego tankowania – gdzie pojazdy są napełnianie przez kilka godzin. Zwykle są autobusy lub flota 5-6 pojazdów. Podczas napełniania wymagane jest dość dużo miejsca (na jednym stanowisku jeden pojazd), co jest jednym z ograniczeń tego rodzaju stacji.
- Stacje szybkiego tankowania – gdzie czas napełniania trwa zwykle od 2 do 10 minut. Szybkie napełnianie stosuje się, jeśli jest wiele samochodów prywatnych lub flota składa się z dużej liczby pojazdów i nie ma wystarczającej ilości miejsca na powolne napełnianie, czy też pojazdy nie mogą zatrzymać się na kilka godzin.

W Polsce sieć tankowania pojazdów gazu ziemnego (CNG) jest jeszcze słabo rozwinięta, ale może być wykorzystana również dla biometanu. W Polsce funkcjonują 23 stacje tankowania paliwa CNG, liczba pojazdów

zasilanych tym paliwem wynosi około 2500, w tym 311 autobusów komunikacji miejskiej [11].

Podsumowanie

Sprężony biometan (CBG) jest jednym z najmniej emisyjnych paliw silnikowych, które może służyć do zasilania wielu rodzajów pojazdów silnikowych, w tym samochodów osobowych, ciężarowych czy autobusów. Produkcja pojazdów na paliwa gazowe (CNG /CBG), jak i dostępność infrastruktury do dystrybucji tych paliw jest stale rozwijana w wielu krajach UE. Wdrożenie tego paliwa w transporcie samochodowym jest skutecznym rozwiązaniem pozwalającym na ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza oraz hałasu w aglomeracjach miejskich. Korzyści środowiskowe związane z możliwością jego produkcji ze źródeł odnawialnych, a w szczególności z odpadów organicznych oraz co jest z tym związane niezależnienie od rynku paliw kopalnych składają się na jego szczególne znaczenie dla rozwoju zrównoważonego transportu.

Praca została wykonana w ramach projektu „TAKE A BREATH!” współfinansowanego z Central Europe Programme (Programu dla Europy Środkowej)

LITERATURA

- [1] Wodołański A., Rejman-Burzyńska A.: Biometan – nowe paliwo dla pojazdów samochodowych, *Czysta Energia*, 8, 2011.
- [2] www.iea.org [02.08.2012].
- [3] Ahman M.: *Biomethane in the transport sector – An appraisal of the forgotten option* Energy Policy, 38, 2010, 208–217.
- [4] Patterson T., Sandra E., Dinsdale R., Guwy A.: An evaluation of the policy and techno-economic factors affecting the potential for biogas upgrading for transport fuel use in the UK, *Energy Policy*, 39, 2011, 1806–1816.
- [6] <http://www.waste-management-world.com> [17.02.2012].
- [5] Report on Study Group 5.3 *Natural Gas for vehicles(NGV)*, FINALREPORT, 1st June, 2009 [13.07.2012].
- [7] Cicilloni R., Tassan M.: *Biomethane as a road transport fuel: The biomaster project experience*, CRF Trento Branch, 22 May, Teagasc, Oak Park, Carlow [19.11.2012].
- [8] Deublein D., Steinhauser A., *History and Status to Date in Europe. Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction*, John Wiley & Sons, Weinheim, Germany, 2008.
- [9] Zaman Asam Z., Poulsen T. G.: *How can we improve biomethane production per unit of feedstock in biogas plant*, *Applied Energy*, 8, 2011, 2013–2018.
- [10] Rejman-Burzyńska A., Jędrzyk E., Gądek M.: *Koncepcja instalacji do uzdatniania biogazu do biometanu*, *Przemysł Chemiczny*, 2013, 92,1,1001-1004.
- [11] Rejman-Burzyńska A., Krzemień J.: *Biometan-Nowy substytut gazu ziemnego*, *Nafta-GAZ*, nr 8, 2013.
- [12] Bandivadekar A., Bodek K.: *On the road in 2035, Reducing Transportation Consumption and GHG emissions*, *Green Biz Report*, 2008 [16.04.2012].
- [13] Uherek E., Halenka T., Borken-Kleefeld J., Balkanski Y., Bernsten T.: *Atmospheric Environment*, 44, 2010, 4772-4816.

- [14] <http://www.eere.energy.gov/vehiclesandfuels> [19.02.2012]
- [15] Carroll S., *Camden Biomethane Trial Results*, Cenex, 2009, 2, 1-18.
- [16] http://www.teagasc.ie/publications/2013/1943/StefanoProietti_BIOMASTER.pdf [12.01.2012].
- [17] *The role of natural gas and biomethane in the fuel mixing of the future in Germany* www.dena.de, 06/2010 [19.08.2012].
- [18] Rutz D.: *BioFuel Technology Handbook*, WIP Renewable Energie, 2007.
- [19] Murphy J., Michael J.: *Properties of Alternative Fuels*, Federal Transit Administration, U.S. Department of Transportation, 1994.
- [20] Lantz M., Svensson M., Bjornsson L.: The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden—incentives, barriers and potential, *Energy Policy* 2007, 35 (3), 1830–1843.
- [21] MacLean H.L., Lave L.B.: *Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies*. *Progress in Energy and Combustion Science*, 2003, 29 (1), 1–69.
- [22] Lemke R.: *A sourcebook for Policy-makers in Developing Cities Module 4D*, MVV InnoTech November, 2005 [16.09.2012].
-