

Krzysztof Kwaśniewski*, Jan Sas*

SPRĘŻONY GAZ ZIEMNY JAKO PALIWO DO POJAZDÓW – ALTERNATYWA DLA TRANSPORTU PUBLICZNEGO W ZAKOPANEM

1. WSTĘP

Działania związane z racjonalizacją transportu, a zwłaszcza transportu publicznego, były prowadzone od bardzo dawna. W przeszłości dotyczyły głównie rozwoju ilościowego, poprawy dostępności, skrócenia czasu przewozów czy poprawy komfortu podróżowania. W ostatnim okresie – a zwłaszcza w ciągu ostatnich 2–3 lat, sprawy transportu są postrzegane w krajach rozwiniętych głównie poprzez pryzmat wzrastającego zanieczyszczenia atmosfery przez emisję spalin pojazdów samochodowych. Skutkiem tego zainteresowania racjonalizacją transportu są z jednej strony publikowane różnego rodzaju raporty, biuletyny, specjalistyczne opracowania i decyzje organizacji międzynarodowych (ONZ, Unia Europejska – normy emisji spalin EURO czy dyrektywa dotycząca emisji CO₂), a z drugiej – poszukiwanie nowych rozwiązań technicznych oraz nowych rodzajów paliw umożliwiających ograniczenie emisji szkodliwych substancji w spalinach pojazdów, a zwłaszcza CO₂ i CO.

Bardzo restrykcyjne wymagania ekologiczne w większości krajów rozwiniętych spowodowały korzystne zmiany w technologiach i w technice przemysłowej, co przełożyło się również na ograniczenie emisji szkodliwych składników w spalinach. Jednocześnie nastąpił i ciągle trwa znaczący wzrost liczby pojazdów samochodowych eksploatowanych w krajach rozwiniętych i rozwijających się (tab. 1).

Obecnie emisja zanieczyszczeń do atmosfery z transportu ma już duży udział w ogólnej emisji zanieczyszczeń. Przykładowo w państwach UE transport drogowy powoduje ok. 25% emisji CO₂ (wzrost w stosunku do 1990 roku o 30%), z tego na samochody osobowe przypada połowa tej emisji [1]. Poszukiwania nowych rozwiązań w tym zakresie dla pojazdów samochodowych idą w dwóch kierunkach. Pierwszy to zastosowanie innego rodzaju

* Wydział Zarządzania AGH, Kraków

napędu (napędy elektryczne, hybrydowe, ogniwa paliwowe), a drugi kierunek dotyczy innych paliw bądź źródeł energii (LPG, alkohole i estry, biogaz, gaz ziemny, paliwa syntetyczne, wodór, energia słoneczna).

Tabela 1
Liczba pojazdów samochodowych
w wybranych krajach (lipiec 2007)

Kraj	Liczba pojazdów [mln szt.]
Australia	13,5
Brazylia	14,3
Chiny	35,9
Francja	36,3
Hiszpania	25,2
Indie	14,6
Japonia	78,3
Meksyk	15,8
Niemcy	49,2
Polska	14,2
Rosja	33,6
USA	234,6
Wielka Brytania	33,6
Włochy	39,0
Świat	830,2

Źródło: dane IANGV [2]

Bez wątpienia najbardziej perspektywicznym z wymienionych powyżej rozwiązań jest zastosowanie wodoru jako paliwa (najprawdopodobniej w ogniwach paliwowych). Aktualnie wymaga to jednak ekonomicznie uzasadnionych rozwiązań w zakresie pozyskiwania wodoru (na Ziemi nie ma zasobów czystego wodoru) oraz takich samych rozwiązań dotyczących magazynowania tego paliwa w zbiornikach pojazdów.

Konieczność rozwiązania powyższych zagadnień oddala perspektywę powszechnego stosowania wodoru jako paliwa na dalsze 15–20 lat.

Spośród innych stosowanych już rozwiązań aktualnie istotne znaczenie mają trzy:

- 1) LPG (propan-butan). Na świecie jeździ ok. 9÷10 mln pojazdów na to paliwo. W Polsce (porównywalnie z Koreą Płd.) jest najwięcej na świecie pojazdów na LPG (nieco ponad 2 mln). Należy jednak pamiętać, że LPG nie jest właściwie paliwem alternatywnym wobec oleju napędowego i benzyn, gdyż również pochodzi z przerobu ropy naftowej.

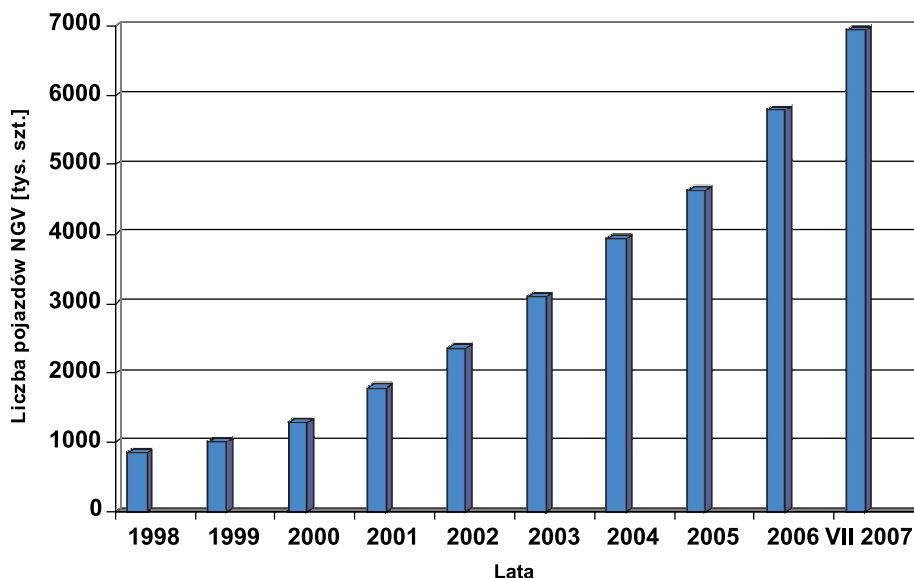
- 2) Paliwa odnawialne (estry, bioetanol, dimetyloeter, czysty olej roślinny, biogaz, biowódór oraz biopaliwa syntetyczne wytwarzane z biomasy) uzyskiwane z przerobu roślin są bardzo modne w ostatnim okresie – zwłaszcza wśród polityków – budzą jednak pewne kontrowersje. Paliwa te są drogie i aby znalazły nabywców, muszą być dotowane; poza tym coraz częściej pojawiają się rozbieżne oceny dotyczące skutków ekologicznych ich stosowania, jeśli weźmiemy pod uwagę procesy fizykochemiczne produkcji takich paliw łącznie ze skutkami ich spalania w silnikach [3, 4]. Nie można pominąć również wpływu na ekosystem ogromnych arealów podobnych upraw koniecznych do pozyskania znacznej ilości takich paliw.
- 3) Gaz ziemny (sprężony do 200÷250 barów – CNG, lub skroplony – LNG). To obecnie jedyne paliwo alternatywne, stosowane w wielu krajach w znacznej ilości, które mniej zanieczyszcza środowisko naturalne niż paliwa oparte na przerobie ropy naftowej, które jest tańsze niż pozostałe paliwa alternatywne oraz dla którego istnieją sprawdzone, bezpieczne i produkowane na skalę przemysłową instalacje, zbiorniki i pojazdy.

W ciągu ostatnich 2–3 lat w kilkunastu krajach nastąpił bardzo szybki rozwój ilościowy wykorzystania CNG jako paliwa do pojazdów. Zostało to spowodowane znaczącym wzrostem liczby pojazdów samochodowych na takie paliwo, chociaż odsetek takich pojazdów w ogólnej liczbie pojazdów samochodowych jest niewielki (poniżej 1%) [2]. Dane liczbowe dotyczące pojazdów na paliwo w postaci gazu ziemnego przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunku 1.

Tabela 2
Liczba pojazdów CNG w wybranych krajach

Kraj	Liczba pojazdów [tys. szt.]		
	2001	2004	lipiec 2007
Argentyna	686,5	1288,5	1650,0
Pakistan	210,0	550,0	1550,0
Brazylia	120,0	850,0	1425,5
Włochy	370,0	434,0	432,9
Indie	25,0	204,0	334,8
Iran	0,8	1,0	263,7
USA	105,0	128,0	146,9
Chiny	36,0	69,3	127,1
Ukraina	b.d.	55,0	100,0
Rosja	21,0	40,5	75,0
Egipt	24,1	54,8	69,4
Niemcy	10,0	19,4	55,3
Francja	4,5	7,1	10,2
Białoruś	b.d.	5,5	5,5
Polska	0,1	0,3	1,4
Świat	1792,8	3935,2	6945,6

Źródło: [2] oraz archiwum autorów



Rys. 1. Liczba pojazdów NGV na świecie w latach 1998 – lipiec 2007
 Źródło: (dane IANGV [2])

Zdefiniowanym celem Komisji Europejskiej w zakresie strategii na rzecz zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych (GHG) jest ich redukcja w roku 2020, w porównaniu z rokiem 1990, o 30%, ale nie mniej niż 20% [1].

Aktualnie w krajach Unii transport drogowy jest drugim pod względem wielkości sektorem emitującym gazy cieplarniane. O ile od roku 1990 nastąpiło w krajach Unii zmniejszenie emisji CO₂ o ok. 5%, to równocześnie wzrosła emisja tego gazu z transportu samochodowego o 26%, pomimo zmniejszenia średniego poziomu emisji w nowych samochodach sprzedawanych w krajach unijnych:

1995 rok – 186 g CO₂/km,

2004 rok – 163 g CO₂/km.

Celem dla 2012 roku jest uzyskanie średniej emisji dla nowych samochodów osobowych na poziomie 120 g CO₂/km, co oznacza zużycie paliwa odpowiednio: 4,5 litra oleju napędowego lub 5 litrów benzyny na 100 kilometrów. Dla lekkich samochodów dostawczych zakładany cel poziomu CO₂ został określony dla roku 2012 na poziomie 175 g CO₂/km.

Zastosowanie gazu ziemnego jako paliwa do pojazdów samochodowych powoduje – obok wielu innych pozytywnych skutków (redukcja hałasu, obniżenie emisji związków azotu czy brak zadymienia) – istotne obniżenie poziomu emisji CO₂ w spalinach. Dane liczbowe przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Efekty ekologiczne stosowania gazu ziemnego jako paliwa

Czynnik	Zmniejszenie emisji	
	w porównaniu z silnikami benzynowymi	w porównaniu z silnikami dieslowskimi
CO	60÷80%	70÷90%
NMHC	85%	40÷60%
NO _x	50÷80%	80÷90%
CO ₂	20%	–
PM	–	99%
hałas	3÷7 dB	

2. PALIWO GAZOWE W TRANSPORCIE PUBLICZNYM ZAKOPANEGO – SKUTKI EKOLOGICZNE I EKONOMICZNE

Zakopane jako główny ośrodek sportów zimowych i miejscowość wypoczynkowa jest odwiedzane – według oszacowań przez 2–3 miliony turystów rocznie. Liczba mieszkańców Zakopanego to 29 tysięcy osób.

Goście przyjeżdżają tutaj głównie samochodami osobowymi, powodując znaczne zanieczyszczenie atmosfery spalinami. W Zakopanem jest zarejestrowanych 6078 samochodów osobowych, 585 autobusów (w tym autobusy PKS – 48 pojazdów) oraz 773 samochody ciężarowe.

Osobowy transport publiczny na terenie Zakopanego jest realizowany głównie poprzez mikrobusy (326 pojazdów zwykle posiadających 18–24 miejsc), floty taksówek (takich pojazdów jest 265)¹⁾ oraz 48 autobusów PKS.

Oprócz wymienionych pojazdów na terenie miasta jeżdżą pojazdy służb komunalnych (wywóz nieczystości, utrzymanie dróg, wodociągi). Wszystkie te pojazdy istotnie przyczyniają się do zanieczyszczenia atmosfery spalinami.

Nie przeprowadzono dokładnych badań dotyczących emisji szkodliwych substancji w spalinach ze środków transportowych na terenie Zakopanego. Podobnie brakuje danych o poziomie emisji spalin z ciepłownictwa. Można jedynie szacować, że emisja takich spalin pochodzących z tych dwóch źródeł jest duża, gdyż co pewien czas, przy niekorzystnym układzie wiatrów, nad Zakopanem pojawia się smog.

Brak dokładnych danych dotyczących rzeczywistego poziomu emisji spalin z pojazdów samochodowych w Zakopanem zmusza do szacowania takiej emisji na podsta-

¹⁾ Dane dotyczące liczby pojazdów – na podstawie informacji przekazanej przez UM Zakopane, stan na 1.02.2008

wie uśrednionych danych dotyczących emisji z poszczególnych grup pojazdów (na podstawie dokumentu Komisji Europejskiej [1]). Autorzy dokonali takich szacunków dla pojazdów transportu publicznego oraz pojazdów służb komunalnych w Zakopanem w odniesieniu do najgroźniejszego składnika gazów cieplarnianych w spalinach, tj. CO₂ (biorąc pod uwagę stan techniczny znacznej części krajowego taboru samochodowego, należy uznać, iż przedstawione wyniki są zaniżone).

Zestawienie pojazdów transportu publicznego oraz służb komunalnych wraz z szacowanym poziomem emisji CO₂ podano w tabeli 4.

Tabela 4

Emisja CO₂ w spalinach z pojazdów drogowego transportu publicznego i służb komunalnych z Zakopanem (wg stanu na 1.02.2008)

Floty pojazdów	Liczba pojazdów	Średni roczny przebieg [km]	Średnie zużycie benzyny [l/100 km]	Średnia emisja [g CO ₂ /km]	Roczna emisja CO ₂ [t]
Taksówki	265	40 000	8	192	2 035
Mikrobusy kom. miejskiej	326	35 000	11	264	3 012
Służby komunalne					
– samochody osobowe	6	10 000	8	192	11
– mikrobusy	5	12 000	11	264	16
– sam. ciężar. (pow. 3,5 t)	28	17 000	20	480	228
– sam. ciężar. (do 3,5 t)	11	15 000	12	288	48
Straż Miejska (samochody osobowe)	2	10 000	8	192	4
PKS – autobusy	48	30 000	25	720	1037
OGÓŁEM					6 391

Gdyby w Zakopanem wdrożono program ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin z pojazdów samochodowych, na wzór podobnych rozwiązań w wielu rozwiniętych krajach europejskich (np. Włochy, Francja, Niemcy, Hiszpania), polegający na zastąpieniu części pojazdów w transporcie publicznym na paliwa ropopochodne pojazdami na paliwo w postaci gazu ziemnego, wówczas możliwe byłoby znaczne ograniczenie wspomnianej emisji spalin, a zwłaszcza ograniczenie emisji CO₂.

Zakładając 50-procentową konwersję pojazdów transportu publicznego i służb komunalnych – dla uproszczenia z paliwa w postaci benzyny – na paliwo w postaci gazu ziemnego (taki poziom konwersji gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa zapewnienia usług transportowych) oraz 20-procentowe zmniejszenie emisji CO₂ przy zastosowaniu gazu ziemnego jako paliwa do pojazdów, wówczas całkowita emisja tego składnika spalin zmniejszy się o około 640 ton rocznie.

Powyższe wyliczenia należy traktować jako szacunkowe. Dokładne dane można uzyskać jedynie z badań emisji poszczególnych pojazdów w warunkach ruchowych.

3. OCENA SKUTKÓW EKONOMICZNYCH PROPONOWANYCH ROZWIĄZAŃ DLA ZAKOPANEGO

Wdrożenie programu substytucji paliw w Zakopanem oprócz efektów związanych z emisją gazów cieplarnianych przyniosłoby właścicielom flot pojazdów wymierne korzyści finansowe. Biorąc za punkt wyjścia ceny benzyny, oleju napędowego i CNG, jakie wystąpiły w pierwszym kwartale 2008 roku, oraz parametry eksploatacyjne pojazdów, jakie zidentyfikowano w Zakopanem, w tabeli 5 przedstawiono roczne oszczędności z tytułu zamiany paliw.

Tabela 5

Roczne oszczędności kosztów zakupu paliw dla pojazdów drogowego transportu publicznego i służb komunalnych z Zakopanem (wg stanu na 1.02.2008)

Floty pojazdów	Liczba pojazdów w	Średni roczny przebieg [km]	Średnie zużycie benzyny lub ON [l/100 km]	Średnia roczna oszczędność kosztów [zł/pojazd]	Koszt adaptacji pojazdu [zł/pojazd]
Taksówki	265	40 000	8	7 068,0	6 000,0
Mikrobusy komunikacji miejskiej	326	35 000	11	8 505,0	8 000,0
Służby komunalne:					
– samochody osobowe					
– mikrobusy	6	10 000	8	1 767,0	6 000,0
– samochody ciężarowe (pow. 3,5 t)	5	12 000	11	2 916,0	8 000,0
– samochody ciężarowe (pow. 3,5 t)	28	17 000	20	5 259,0	35 000,0
– samochody ciężarowe (do 3,5 t)	11	15 000	12	2 784,0	15 000,0
Straż Miejska (samochody osobowe)	2	10 000	8	1 767,0	6 000,0
PKS – autobusy	48	30 000	25	11 700,0	45 000,0

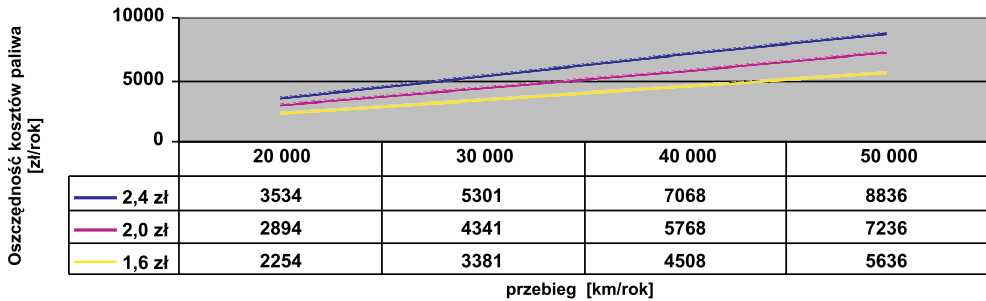
Konfrontacja rocznych oszczędności z tytułu substytucji paliw z poziomem nakładów na modernizację taboru jednoznacznie wskazuje, że z potencjalnych zainteresowanych takim rozwiązaniem można spodziewać się wśród właścicieli taksówek i flot mikrobusów komunikacji miejskiej. Okres zwrotu takiej inwestycji oscyluje wokół jednego roku, zatem efektywność rozwiązania jest oczywista w przeciwieństwie do pozostałych grup pojazdów, gdzie ze względu na niskie przebiegi roczne skutki ekonomiczne są trudne do zaakceptowania zwłaszcza w odniesieniu do pojazdów nie najnowszych.

Przekonanie właścicieli pojazdów do nowego rozwiązania związane będzie z pojmowaniem przez nich ryzyka, jakie ono niesie. Źródłem ryzyka w takim przypadku będzie prawdopodobieństwo niekorzystnej zmiany relacji ceny benzyny i CNG oraz roczny przebieg pojazdu.

Tabela 6 prezentuje symulację takich okoliczności dla jednego z eksploatowanych w Zakopanem pojazdów – taksówki.

Tabela 6

Zmiana poziomu oszczędności kosztów paliwa taksówek w funkcji rocznego przebiegu pojazdu oraz różnicy ceny 1 litra benzyny i 1 nm³ CNG (wg poziomu kosztów I kwartału 2008)



Spadek przebiegu rocznego taksówki czy też spadek różnicy cen paliw powoduje, że okres zwrotu wydłuża się istotnie. Zatem punktu widzenia prywatnych użytkowników niezwykle ważne będzie finansowanie takiego przedsięwzięcia. Proponujemy – wzorem innych krajów, takich jak np. Egipt – wspomaganie projektu za pomocą formuły ESCO (*Energy Service Company*).

4. PROPOZYCJA FINANSOWANIA PROJEKTU

Wzorem innych krajów wspomaganie projektu można uzyskać za pomocą formuły ESCO. Jest to rodzaj działalności gospodarczej polegającej na projektowaniu, finansowaniu i realizowaniu przedsięwzięć mających na celu poprawę efektywności zużycia energii na poziomie ostatecznego odbiorcy.

Idea ESCO narodziła się w latach 70. XX wieku jako forma walki z kryzysem energetycznym. Po raz pierwszy została przedstawiona i wykorzystana w Kanadzie oraz w USA. Obecnie przedsiębiorstwa ESCO działają również w Brazylii, Chinach, Egipcie, Hiszpanii, Indiach na Węgrzech i w Polsce. W większości przypadków służą realizacji polityki rządów w ramach ochrony środowiska i zasobów naturalnych. Formuła ESCO zakłada realizację przedsięwzięć zmierzających do optymalizacji zużycia energii bez konieczności angażowania środków własnych klienta. Projekt finansowany jest z zasobów własnych firmy ESCO lub ze środków obcych pozyskanych przez tę firmę. Wartość inwestycji powiększona o marżę ustaloną przez ESCO stanowi wielkość zobowiązania klienta wobec ESCO, która spłacana jest w ratach z oszczędności powstałej w wyniku realizacji projektu. Ponadto całość ryzyka związanego z projektem (konsekwencje zmian czynników finansowych, komercyjnych, technicznych czy politycznych mających wpływ na realizację inwestycji) może być ponoszona przez przedsiębiorstwo ESCO. W takim jednak przypadku musi ono zastosować odpowiednio wyższe marże.

Można zatem rozważyć powołanie takiego przedsiębiorstwa przez zainteresowane strony, tj. PGNiG SA oraz Gminę Zakopane.

LITERATURA

- [1] Komunikat Komisji do Radu i Parlamentu Europejskiego – Wyniki przeglądu wspólnotowej strategii na rzecz zmniejszenia emisji CO₂ pochodzących z samochodów osobowych i lekkich pojazdów dostawczych (COM/2007/0019 końcowy)
- [2] Strona internetowa IANGV
- [3] Pustuła B.: *Biopaliwowa droga w przyszłość*. Paliwa płynne, nr 9/2007
- [4] Diakonowicz M.: *Węgiel, biopaliwa czy energia atomowa*. Rynek Polskiej Nafty i Gazu, nr 2/2007, Raport Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów w transporcie drogowym (2005/0283/COD) KOM 2007/817