

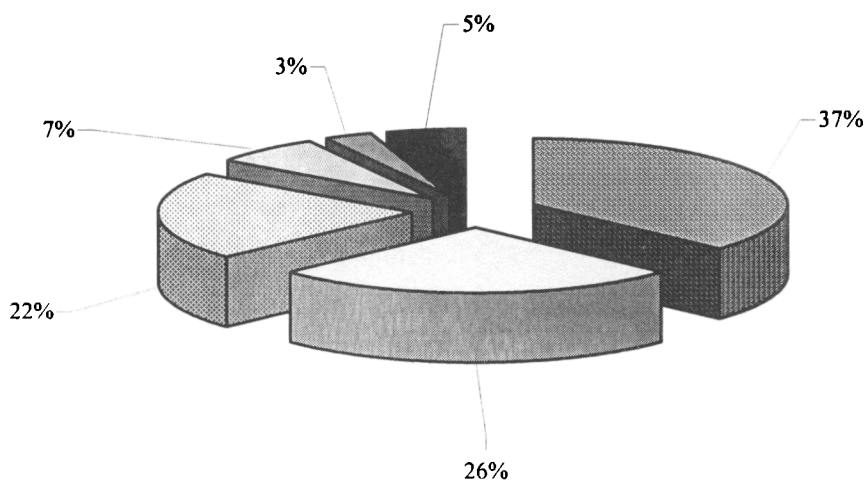
Anna Król, Monika Lal

ANALIZA OPLACALNOŚCI WYKORZYSTANIA GAZU ZIEMNEGO CNG JAKO PALIWA SILNIKOWEGO W POLSCE

1. Wstęp

Gaz ziemny jako alternatywne źródło energii dla znanych wcześniej źródeł naturalnych, takich jak węgiel czy ropa naftowa, zaczęto wykorzystywać już w połowie XIX w. Jednakże znaczący wzrost zainteresowania tym surowcem nastąpił dopiero w latach siedemdziesiątych XX w. Światowy kryzys energetyczny, wywołany embargiem krajów arabskich na dostawy ropy naftowej do krajów zachodnich i prawie 10-krotnym wzrostem jej cen, spowodował duże zainteresowanie alternatywnymi źródłami energii. W wielu krajach podjęto badania mające na celu opracowanie technologii wykorzystania gazu ziemnego, aby ograniczyć zużycie ropy i w ten sposób uchronić się przed ryzykiem dalszego wzrostu cen oraz zaspokoić swoje potrzeby energetyczne. Tendencja ta przyczyniła się do niemalże 2-krotnego wzrostu zużycia gazu ziemnego na świecie w latach 1970-1990. Późniejsza stabilizacja na rynku ropy naftowej spowodowała załamanie się tego wzrostu, jednakże dzięki licznym atrakcyjnym właściwościom gaz ziemny utrzymał swoją wysoką pozycję na rynku energii. Szacuje się, że obecnie gaz ziemny jest trzecim, po ropie naftowej i węglu, źródłem zaspokajającym potrzeby na energię na świecie (por. rys. 1).

Gaz ziemny jest paliwem uniwersalnym, powszechnie wykorzystywanym w polskim przemyśle, m.in. w gospodarce komunalnej, hutnictwie, przemyśle chemicznym, maszynowym, szklarskim oraz ceramicznym (por. [5]). W motoryzacji wykorzystywany był praktycznie od samych jej początków. Pierwsze silniki samochodowe, konstruowane pod koniec XIX w., napędzane były właśnie gazem ziemnym i gazem świetlnym (50% wodoru). W ostatnich kilku latach bardzo popularnym paliwem silnikowym w Polsce okazał się gaz propan-butan (LPG), przede wszystkim z powodu niskich kosztów adaptacji pojazdów i korzystnej relacji ceny



Rys. 1. Udziały poszczególnych źródeł energii w światowym rynku energetycznym

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych PGNiG SA.

gazu do ceny benzyny. Obecnie szacunkowa liczba pojazdów, w których zamontowano instalacje LPG w Polsce, wynosi 900 tys. Jednakże ze względu na znaczne podwyżki cen gazu propan-butan w ostatnich kilku miesiącach (12% tylko w ciągu ostatnich dwóch miesięcy) oraz dużą niepewność co do kształtowania się tych cen w przyszłości (głównie z powodu powiązania tej ceny z ceną ropy naftowej oraz możliwości wzrostu stawki podatku akcyzowego) coraz mniej osób decyduje się na takie rozwiązanie. Rośnie natomiast zainteresowanie gazem ziemnym w postaci skompresowanej (CNG), który wydaje się interesującą propozycją alternatywną dla paliw ropopochodnych.

Celem artykułu jest przybliżenie ekonomicznych aspektów możliwości wykorzystania gazu ziemnego CNG jako paliwa silnikowego w Polsce oraz analiza opłacalności inwestycji, polegających na przystosowaniu pojazdów do korzystania z paliwa CNG. Do oceny projektów inwestycyjnych wykorzystano metodę zaktualizowanej wartości netto (NPV), wewnętrznej stopy zwrotu (IRR) oraz analizę wrażliwości.

2. Porównanie własności paliw silnikowych

W literaturze światowej wszystkie pojazdy napędzane gazem określa się wspólną nazwą NGV (*Natural Gas Vehicles*). Kategoria ta obejmuje pojazdy na płynny gaz propan-butan (LPG – *Liquified Petroleum Gas*), będący produktem ubocznym procesu rafinacji ropy naftowej, a także na gaz ziemny (NG – *Natural*

Gas). Ten ostatni jest naturalnym paliwem kopalnym o wysokiej zawartości metanu (ok. 90%). NG wykorzystywany jest w dwóch postaciach: gazu skompresowanego CNG (*Compressed Natural Gas*) i gazu skroplonego LNG (*Liquified Natural Gas*). Skroplony gaz ziemny ma znacznie mniejszą objętość (ok. 630 razy), jednakże otrzymanie postaci płynnej wymaga ochłodzenia go do temperatury -163°C i przechowywania w zbiornikach kriogenicznych. Dlatego, chociaż gaz ziemny często jest transportowany w postaci płynnej, to jako paliwo może być wykorzystany raczej w postaci skompresowanej.

W Polsce do najważniejszych paliw silnikowych należą: olej napędowy, benzyna i LPG, natomiast gaz CNG jest paliwem nowym na rynku. Podstawowe parametry paliw przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Parametry paliw silnikowych

Wyszczególnienie	Olej napędowy	Benzyna	LPG	CNG
Wartość opałowa [MJ/m^3]	3,700	3,700	3,660	3,618
Liczba oktanowa	–	<98	100-115	130

Źródło: opracowanie własne na podstawie [3].

Wartość opałowa to ilość ciepła, którą można uzyskać z jednostkowej objętości podczas jej całkowitego spalania w warunkach normalnych (zob. [5, s. 561]). Wartość ta jest mniejsza dla gazów LPG i CNG niż dla benzyny czy oleju napędowego. Szacuje się, że energia uzyskana z jednostki objętości paliw gazowych jest mniejsza niż otrzymana z jednostki paliw tradycyjnych: z gazu LPG ok. 15% mniejsza, z gazu CNG – nawet ok. 40%. LPG i CNG mają natomiast znacznie większą liczbę oktanową (określającą odporność paliwa na spalanie stukowe), co umożliwia bardziej równomierne spalanie, a także zwiększa wartości mocy i momentu napędowego.

Niewątpliwie największą i niezaprzeczalną zaletą paliw gazowych jest ich czystość. Przede wszystkim gazy te nie emitują siarki, benzenu, ołowiu i wielu węglowodorów aromatycznych, charakterystycznych dla spalania tradycyjnych paliw. Ponadto zanieczyszczenie atmosfery tlenkiem węgla (CO), nie spalonymi węglowodorami (HC) i tlenkami azotu (NO_x) jest znacznie niższe w przypadku LPG i CNG niż w przypadku paliw ropopochodnych. Warto również nadmienić, że zgodnie z obowiązującą w Unii Europejskiej od 1 października 2003 r. normą EURO-3 emitowane przez pojazdy ilości CO, NO_x oraz HC nie mogą przekraczać określonych limitów. Silniki napędzane gazem ziemnym bez trudu są w stanie spełnić wymogi tej normy, a przewiduje się, że przy niewielkich wysiłkach konstruktorskich również znacznie ostrzejsze wymogi normy EURO-4, która obowiązuje od początku 2005 r. Ilość substancji toksycznych emitowanych podczas spalania poszczególnych paliw przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2. Emisje substancji toksycznych

Substancje toksyczne w paliwach [g/kg]	Spalane paliwa silnikowe			
	Olej napędowy	Benzyna	LPG	CNG
Tlenek węgla (CO)	15,5	15	3,1	2,9
Nie spalone węglowodory (HC)	4,9	2,2	1,7	1,6
Tlenki azotu (NO _x)	1,9	1,7	1,3	1,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie [3; 5].

Do najważniejszych zalet CNG, wynikających z własności tego gazu, należą:

- czystość ekologiczna,
- bezpieczeństwo (metan jest lżejszy od powietrza i w razie nieszczelności układu paliwowego ulatnia się do atmosfery),
- brak konieczności dodatkowej obróbki technologicznej (z wyjątkiem osuszenia i sprężenia),
- równomierne spalanie, którego konsekwencją jest wydłużenie okresu użytkowania silnika,
- niski poziom głośności silnika (nawet do 5 dB niższy od tradycyjnych silników),
- mniejsza częstość wymiany oleju (CNG prawie nie rozpuszcza się w olejach silnikowych).

Główną wadą natomiast jest niska gęstość energetyczna w jednostce objętości gazu powodująca ograniczony zasięg pojazdów (ok. 300 km) i konieczność montowania większych zbiorników paliwowych.

3. Rozwój rynku paliwa gazowego CNG

Obecnie na świecie użytkowanych jest ok. 3,5 mln samochodów zasilanych CNG. Najwięcej, bo ok. 950 tys., eksploatuje się w Argentynie, gdzie sieć ogólna

Tabela 3. Zmiany liczby pojazdów zasilanych CNG i liczby stacji napelniania CNG w latach 1997-2004 w wybranych krajach

Kraj	Liczba pojazdów zasilanych CNG			Liczba ogólnodostępnych stacji napelniania CNG		
	1997	2004	Dynamika [%]	1997	2004	Dynamika [%]
Argentyna	215000	951842	343	270	1064	294
Włochy	300000	434000	45	280	410	46
Egipt	5000	44810	796	18	75	317
Rosja	30000	32000	7	187	216	16
Japonia	1211	16561	1268	42	224	433
Niemcy	2500	15000	500	55	340	512
Czechy	30	390	1200	11	15	36
Polska	50	136	172	4	8	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1; 3].

dostępnych stacji napełniania (CNG Filling Stations) jest bardzo gęsta i obejmuje ponad 1000 stacji (por. tab. 3). W Europie liczba samochodów zasilanych gazem ziemnym to ok. 900 tys., z czego w samych Włoszech – 400 tys. Rozwój europejskiego rynku pojazdów zasilanych CNG wspierają liczne projekty, z których najważniejszy jest Target 2020. Program ten zakłada, że w Europie do 2020 r. 10% pojazdów zasilanych będzie gazem ziemnym, 5% biogazem i tyle samo wodorem. Przewiduje się, że do tego czasu zostanie wybudowanych 30 tys. ogólnodostępnych stacji napełniania. Inne projekty to CIVITAS (program czystego transportu miejskiego) czy też Blue Corridor (program ekologicznego ciężkiego transportu międzynarodowego).

W Polsce stosowanie gazu ziemnego jako paliwa silnikowego wciąż ma charakter marginalny. Obecnie eksploatuje się ok. 140 pojazdów (w tym ok. 45 autobusów) i 8 ogólnodostępnych stacji napełniania CNG.

4. Ekonomiczne aspekty wykorzystania CNG jako paliwa silnikowego

Od strony technologicznej i ekologicznej paliwo CNG jest bardzo ciekawą możliwością alternatywną dla benzyny czy oleju napędowego. Jednakże rozwój rynku gazowych paliw silnikowych w Polsce będzie zależał od tego, czy inwestycje konieczne po stronie zarówno dostawcy gazu jak i końcowego odbiorcy będą opłacalne.

Na pewno warunkiem upowszechnienia się CNG w Polsce jest znaczna rozbudowa infrastruktury. Budowa i uruchomienie profesjonalnej stacji napełniania, umożliwiającej obsługę ok. 200 autobusów i szybkie napełnianie, to koszt rzędu 6 mln zł. Biorąc pod uwagę to, że potrzebna jest cała sieć takich stacji, oraz to, że początkowo stacje będą najprawdopodobniej deficytowe (do momentu znacznego zwiększenia się liczby użytkowników pojazdów z napędem CNG), jest to na pewno inwestycja niebagatelna. Obecnie najpoważniejsze plany dotyczące rozwoju rynku pojazdów zasilanych CNG ma spółka Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA. Realizuje ona „Program rozwoju rynku pojazdów zasilanych sprężonym gazem ziemnym”, który przewiduje budowę 30 stacji napełniania i zakłada wielkość sprzedaży ok. 500 mln m³ CNG w 2010 r. Zgodnie z założeniami PGNiG SA odbiorcami sprężonego gazu ziemnego powinny być zakłady transportu komunalnego, operatorzy lokalnych i krajowych flot pojazdów oraz użytkownicy indywidualni. W dalszej perspektywie spółka chce zwiększyć udział sprężonego gazu ziemnego w rynku paliw dla transportu do 5% w 2015 r. i do 10% w 2020 r.

Z punktu widzenia końcowego użytkownika paliwa gazowego istotnymi czynnikami, poza dostępnością stacji napełniania, są koszty adaptacji pojazdu oraz koszty eksploatacji, w tym przede wszystkim cena paliwa. Inwestycja będzie opłacalna, jeśli spodziewane korzyści wynikające z relatywnie niskiej ceny gazu CNG

(1,22 zł/m³) w stosunku do cen benzyny (3,7 zł/l) czy też oleju napędowego (2,7 zł/l) przewyższą koszty przystosowania pojazdu do zasilania gazem CNG. Dalej przedstawiono próbę analizy opłacalności takiego projektu dla trzech grup pojazdów (samochodów osobowych, pojazdów typu bus i autobusów), w trzech wariantach (A, B, C) różniących się średnim rocznym przebiegiem. W celu uproszczenia opisu w dalszych rozważaniach słowem „paliwo” będą określane paliwa tradycyjne, czyli benzyna i olej napędowy, a słowem „gaz” – gaz ziemny CNG. Założone w analizie wielkości przedstawiono w tab. 4.

Tabela 4. Założenia analizy

Wyszczególnienie	Grupa pojazdów		
	samochody osobowe	pojazdy typu bus	autobusy
Rodzaj paliwa	benzyna	olej napędowy	olej napędowy
Średnie zużycie paliwa [l/100 km]	5	25	40
Średnie zużycie gazu CNG [m ³ /100 km]	7	35	56
Koszt przejechania 100 km na paliwie [zł]	18,5	67,5	108
Koszt przejechania 100 km na gazie CNG [zł]	8,54	42,7	68,32
Czas eksploatacji pojazdu [lata]	8	10	10
Koszt kapitału [%]	10	10	10

Źródło: opracowanie własne.

Do oceny projektów użyto metody NPV, według której projekt powinien być realizowany, jeśli jego zaktualizowana wartość netto jest większa od zera (por. [6; 7]). Analizowany projekt ma prostą strukturę przepływów. Nakłady inwestycyjne występują tylko w okresie $t = 0$ poprzedzającym eksploatację i są związane z kosztami adaptacji pojazdu. W okresie eksploatacji użytkownik odnosi korzyści wynikające z różnicy między ceną paliwa a ceną gazu (takie same w każdym roku). W związku z tym wartość NPV wyznaczona została ze wzoru:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CIF_t}{(1+r)^t} - COF, \quad (1)$$

gdzie COF oznacza nakłady inwestycyjne, CIF_t – spodziewane korzyści wynikające z różnicy cen paliw w okresie t , n – okres eksploatacji pojazdu w latach, r – koszt kapitału.

W przeprowadzonej analizie założono, że koszt kapitału wynosi 10%. Oczywiście wielkość ta będzie inna dla każdej firmy czy indywidualnego posiadacza pojazdu i będzie zależała m.in. od tego, czy projekt finansowany jest z kapitałów własnych czy obcych. Dlatego też dla każdego projektu wyznaczono wewnętrzną stopę zwrotu (IRR), czyli taką wielkość stopy dyskonta, dla której NPV jest równe zero. IRR pokazuje stopę rentowności badanych przedsięwzięć. Projekty będą opłacalne, jeśli ich wewnętrzna stopa zwrotu przekroczy stopę graniczną, założoną

przez wykonawcę projektu (zob. [7, s. 360]). Jako uzupełnienie analizy wyznaczono wskaźnik zyskowności (WZ), będący miernikiem oceny względnej efektywności rozpatrywanych przedsięwzięć (por. [2]):

$$WZ = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CIF_t}{(1+r)^t}}{COF}. \quad (2)$$

5. Wyniki

Pierwsza analizowana grupa pojazdów to samochody osobowe, zasilane benzyną, o średnim zużyciu paliwa 5 l/100 km i czasie eksploatacji 8 lat. Założono trzy warianty średniego rocznego przebiegu tych pojazdów: 6000 km (wariant A), 10 000 km (wariant B) i 14 000 km (wariant C). Szacowany koszt adaptacji samochodu osobowego do korzystania z gazu CNG to obecnie ok. 6000 zł. W miarę rozwoju i upowszechniania się technologii paliw gazowych koszt ten prawdopodobnie będzie się zmniejszał. Z przeprowadzonej analizy wynika, że przy koszcie kapitału 10% jedynie wariant o najwyższym rocznym przebiegu jest opłacalny (zob. tab. 5). Wartość NPV dla tego projektu wynosi 1308 zł, a stopa rentowności to 16%. Warto zwrócić uwagę na fakt, że wariant A jest do tego stopnia nieopłacalny, że jego wewnętrzna stopa zwrotu jest ujemna. Oznacza to, że inwestycja w instalację CNG jest opłacalna tylko w wypadku pojazdów mocno eksploatowanych (graniczna wartość przebiegu to 11 292 km rocznie) bądź też pojazdów o wysokim średnim zużyciu benzyny.

Tabela 5. Analiza opłacalności inwestycji dla samochodów osobowych

Wyszczególnienie	Wariant		
	A	B	C
Średni roczny przebieg [km/rok]	6000	10000	14000
Nakłady inwestycyjne (COF) [zł]	6000	6000	6000
Spodziewane korzyści (CIF) w jednym roku [zł]	598	996	1394
NPV [zł]	-2556	-624	1308
IRR [%]	-5	7	16
WZ	0,53	0,88	1,24

Źródło: opracowanie własne.

Grupa pojazdów typu bus obejmuje małe autobusy wykorzystywane zwłaszcza w pasażerskim transporcie międzymiastowym, mogące przewozić ok. 25 osób (tylko miejsca siedzące). Pojazdy te są zasilane olejem napędowym, a średnie zużycie paliwa wynosi ok. 25 l/100 km. Z reguły pojazdy te są intensywnie eksploatowane, więc założony okres inwestycji to 10 lat, a warianty rocznego przebiegu to

50 000 km (A), 75 000 km (B) i 100 000 km (C). Pojazdy zasilane olejem napędowym (w niniejszej analizie busy i autobusy) mają mniej korzystną relację ceny paliwa do ceny gazu niż pojazdy zasilane benzyną (z tego też względu zrezygnowano z analizowania grupy samochodów osobowych z silnikiem Diesla). Również nakłady inwestycyjne są wyższe – w wypadku pojazdów typu bus wynoszą ok. 100 000 zł. Jednakże wysokie zużycie paliwa i duże roczne przebiegi powodują, że inwestycja w instalację CNG w pojeździe typu bus może być opłacalna (zob. tab. 6). Jak się okazało, minimalna wielkość rocznego przebiegu konieczna do zwrócenia się inwestycji wynosi 65 623 km. Tak więc założone warianty B i C są efektywne z wartościami NPV równymi odpowiednio 12 990 zł i 47 627 zł, a stopy rentowności tych projektów to 13% i 21%. W wypadku wariantu C spodziewane korzyści są tak duże, że ich zdyskontowana wartość przekracza 50% nakładów.

Tabela 6. Analiza opłacalności inwestycji dla pojazdów typu bus

Wyszczególnienie	Wariant		
	A	B	C
Średni roczny przebieg [km/rok]	50000	75000	100000
Nakłady inwestycyjne (COF) [zł]	100000	100000	100000
Spodziewane korzyści (CIF) w jednym roku [zł]	12400	18600	24800
NPV [zł]	-21643	12990	47623
IRR [%]	4	13	21
WZ	0,76	1,14	1,52

Źródło: opracowanie własne.

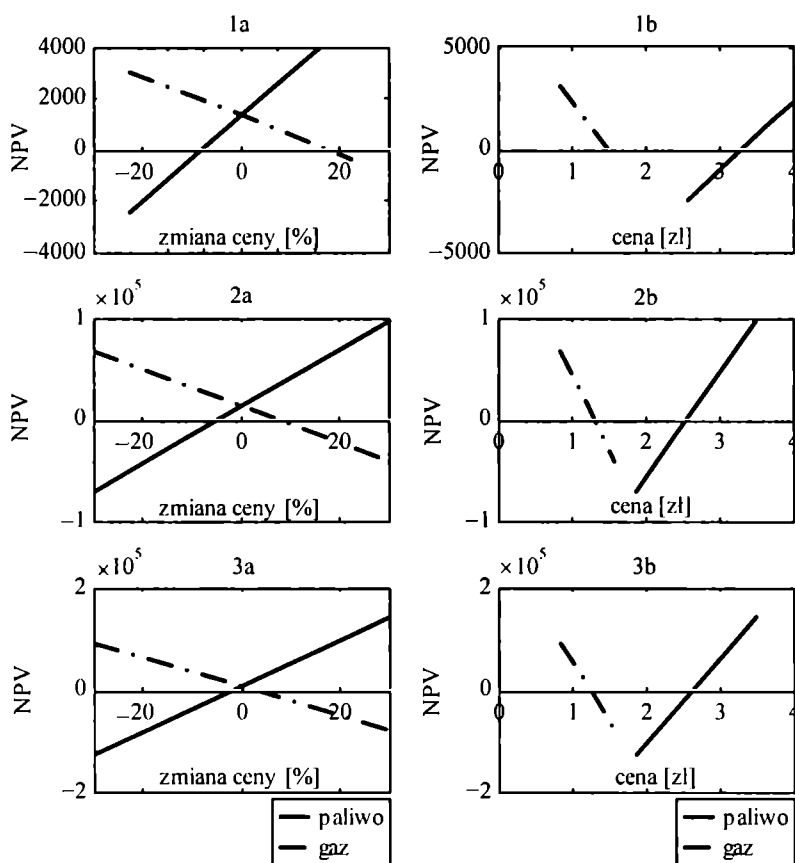
Podobnie wygląda sytuacja w wypadku trzeciej analizowanej grupy – autobusów. Zaliczono do niej duże autobusy komunikacji miejskiej, mieszczące do 90 osób (w tym ok. 40 miejsc siedzących). Średnie zużycie paliwa, jakim jest w tym wypadku olej napędowy, wynosi 40 l/100 km. Warianty rocznego przebiegu i czas eksploatacji pojazdu są takie same jak w grupie pojazdów typu bus. Zdecydowanie wzrastają natomiast koszty przystosowania pojazdu do korzystania z gazu. Szacuje się, że wynoszą one ok. 35% pierwotnej ceny autobusu, czyli 175 000 zł. Mimo to warianty B i C analizowanego projektu są opłacalne (graniczna wartość przebiegu to 71 775 km rocznie), a ich zaktualizowane wartości wynoszą odpowiednio 7148 zł i 62560 zł (tab. 7).

W przeprowadzonej tu analizie założono, że w okresie eksploatacji pojazdów ceny paliw i cena gazu CNG nie ulegną zmianie (bardziej precyzyjnie – że różnica między ceną paliw a ceną gazu nie zmieni się). Oczywiście przyszłe ceny nie są znane, a ich wpływ na opłacalność projektów jest najbardziej istotny. W dalszej części przedstawiona zostanie analiza wrażliwości – zbadano wrażliwość zaktualizowanej wartości netto na zmiany ceny gazu CNG i ceny paliwa (benzyny lub oleju napędowego). Z każdej grupy pojazdów wybrany został jeden wariant, który uprzednio okazał się efektywny (dla samochodu – wariant C, dla pojazdu typu bus

Tabela 7. Analiza opłacalności inwestycji dla autobusów

Wyszczególnienie	Wariant		
	A	B	C
Średni roczny przebieg [km/rok]	50000	75000	100000
Nakłady inwestycyjne (COF) [zł]	175000	175000	175000
Spodziewane korzyści (CIF) w jednym roku [zł]	19840	29760	39680
NPV [zł]	-48265	7148	62560
IRR [%]	2	11	19
WZ	0,7	1,04	1,39

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Analiza wrażliwości wartości NPV wybranych projektów na zmianę ceny paliwa i gazu ziemnego (1 – samochód osobowy, wariant C; 2 – bus, wariant B; 3 – autobus, wariant B; a – w ujęciu procentowym, b – w ujęciu kwotowym)

Źródło: opracowanie własne.

– wariant B, dla autobusu – wariant B). Następnie wyznaczono zmiany NPV projektów, wynikające z możliwego spadku lub wzrostu cen o 30%. Wpływ zmiany każdego czynnika na NPV badany był przy założeniu, że pozostałe czynniki pozostają nie zmienione (*ceteris paribus*). Wyniki przedstawione są na rys. 2.

Z wykresów 1a, 2a i 3a wynika, że zaktualizowana wartość netto dla wszystkich trzech projektów w ujęciu procentowym jest bardziej wrażliwa na zmianę ceny paliwa niż na zmianę ceny gazu. W wypadku samochodu osobowego wzrost ceny gazu CNG przekraczający 23% (0,28 zł) spowoduje nierentowność projektu. Taki sam efekt wywoła spadek ceny benzyny już o 11% (0,39 zł). Przedsięwzięcie przystosowania pojazdu typu bus do napędu CNG będzie opłacalne dopóty, dopóki cena gazu nie przekroczy 1,31 zł (wzrost o 7,4%), a cena oleju napędowego nie spadnie poniżej 2,58 zł (spadek o 4,5%). Natomiast efektywność trzeciego analizowanego wariantu zależy od utrzymania się ceny gazu na poziomie co najwyżej 1,25 zł, a ceny oleju napędowego na poziomie co najmniej 2,66 zł.

6. Zakończenie

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wykorzystanie gazu CNG jako paliwa silnikowego może nie tylko sprzyjać środowisku naturalnemu, ale również stanowić bardzo opłacalną inwestycję. Skorzystać na niej mogą zwłaszcza przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej, przedsiębiorstwa taksówkowe czy firmy transportowe. Przeprowadzane badania i doświadczenia wskazują, że silniki napędzane gazem ziemnym mogą być dłużej eksploatowane i to przy rzadszych przeglądach, co przyniesie dodatkowe korzyści i jeszcze zwiększy efektywność inwestycji w CNG. Jednakże warunkami koniecznymi do rozwoju rynku pojazdów napędzanych gazem ziemnym są rozbudowa infrastruktury i utrzymanie cen gazu konkurencyjnych wobec cen paliw płynnych. Zagrożeniem dla tego ostatniego założenia jest możliwość wprowadzenia podatku akcyzowego na gaz ziemny, na co w momencie zwiększania się znaczenia paliwa CNG na pewno będą naciskały zarówno kraje Unii Europejskiej, jak i lobby paliw płynnych czy biopaliw.

Literatura

- [1] Balut H., Podziemski T., *Samochody z napędem CNG znaczącym segmentem rynku gazu ziemnego?*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” lipiec-sierpień 2004.
- [2] Czekaj J., Dresler Z., *Zarządzanie finansami przedsiębiorstw. Podstawy teorii*, PWN, Warszawa 2002.
- [3] Flekiewicz M., *Gaz ziemny jako paliwo do napędu pojazdów samochodowych*, Prace Naukowe Politechniki Śląskiej, Katowice 1999.
- [4] Kwinta W., *Perspektywa gazowego napędzania pojazdów. Gazem!*, „Nafta & Gaz Biznes” lipiec-sierpień 2004.

-
- [5] Molenda J., *Gaz ziemny. Paliwo i surowiec*, WNT, Warszawa 1996.
- [6] Rogowski W., *Rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2004.
- [7] Sierpińska M., Jachna T., *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*, PWN, Warszawa 2004.

PROFITABILITY ANALYSIS OF COMPRESSED NATURAL GAS APPLICATION AS A VEHICLE FUEL IN POLAND

Summary

Recently on the Polish market an interesting alternative to so far used vehicle fuels has occurred – Compressed Natural Gas. Its ecological cleanness, safety and many other attractive factors contribute to systematic rise of CNG vehicles number. The aim of this paper is to present economic aspects of CNG application as vehicle fuel in Poland as well as profitability analysis of adapting vehicles to CNG investment. To evaluate investment projects Net Present Value (NPV) method, Internal Rate of Return (IRR) method as well as Sensitivity Analysis have been used.

Mgr Anna Król jest pracownikiem Katedry Ekonometrii w Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.

Monika Lal jest studentką Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.