

MAŁEK Arkadiusz¹
SIADKOWSKA Ksenia²

Analiza opłacalności wykorzystania cng do zasilania pojazdów w województwie lubelskim

Słowa kluczowe

CNG, konwersja pojazdów, autonomia, zużycie paliwa, cykl miejski, pozamiejski i mieszany

Streszczenie

W związku z rosnącą popularnością CNG i jego niekwestionowanymi zaletami postanowiono poddać analizie możliwości i opłacalność zasilania pojazdów tym paliwem w regionie lubelskim, gdyż, jak zostanie wykazane, infrastruktura może mieć tu decydujące znaczenie. W artykule został przedstawiony sposób montażu fabrycznych instalacji CNG jak i konwersji pojazdów używanych. Przedstawiono charakterystykę ruchu pojazdów w warunkach miejskich i pozamiejskich oraz odpowiadające temu zużycie paliwa i zasięg. Opisano także sposób obliczeń amortyzacji dodatkowych kosztów związanych z przystosowaniem pojazdów do zasilania CNG.

THE ANALYSIS OF PROFITABILITY OF USING CNG TO POWER VEHICLES IN THE PROVINCE OF LUBLIN TITLE OF THE PAPER

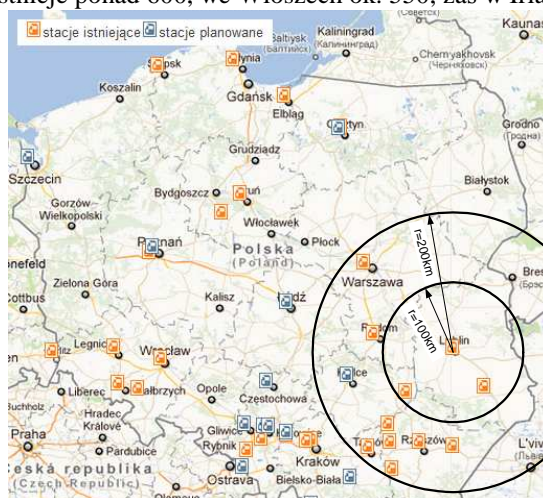
Abstract

10pt, wyjustowany, kursywa, pierwsza linijka wcięcie 5 mm, max 10 wierszy In view of the growing popularity of CNG and its unquestionable advantages decided to examine the feasibility and cost of vehicles supplying by this fuel in the Lublin region. As will be shown, the infrastructure can have a major role. The article describes the original equipment manufacturer possibility and conversion of the used vehicles. Presents the characteristics of traffic in urban and extra-urban mode, and the corresponding fuel consumption and range. Also describes how the calculation way of amortization of additional costs associated with adapting vehicles to CNG.

1. WSTĘP

Gaz ziemny do napędu pojazdów był wykorzystywany w Polsce już w XIX w. Pierwszy tramwaj zasilany paliwem gazowym wyjechał na ulice Jeleniej Góry w 1899 r. Pięćdziesiąt lat później jeździło ponad 2 tys. pojazdów zasilanych CNG. Południe kraju posiadało najlepiej rozwiniętą infrastrukturę zasilania gazem ziemnym i taka tendencja utrzymała się do dzisiaj. W latach 70. cena gazu ziemnego nie była już tak atrakcyjna, wskutek czego rynek CNG podupadł. Ostatnia dekada to okres znaczącego rozwoju CNG, głównie ze względów ekologicznych i ekonomicznych. Niektóre państwa stworzyły interesujące mechanizmy wsparcia CNG, np. Włochy przez pewien czas dotowały zakup Fiata Pandy Natural Power kwotą 3 500. euro, co spowodowało znaczny wzrost popularności tego auta na lokalnym rynku [10]. Aktualnie na świecie jest ponad 4 mln pojazdów zasilanych gazem ziemnym CNG i można zaobserwować dynamiczny wzrost tego segmentu rynku motoryzacyjnego.

W Polsce możemy zatankować CNG na 28 stacjach (rysunek 1) podobnie jak w Wielkiej Brytanii (31) i Hiszpanii (30). Dla porównania w Niemczech istnieje ponad 600, we Włoszech ok. 550, zaś w Irlandii 2 stacje tankowania CNG.



Rys. 1. Ogólnopolska mapa stacji CNG PGNiG [7]

¹ Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Administracji w Lublinie, Katedra Transportu; ul. Bursaki 12, 20-150 Lublin, a.malek@wsipa.pl

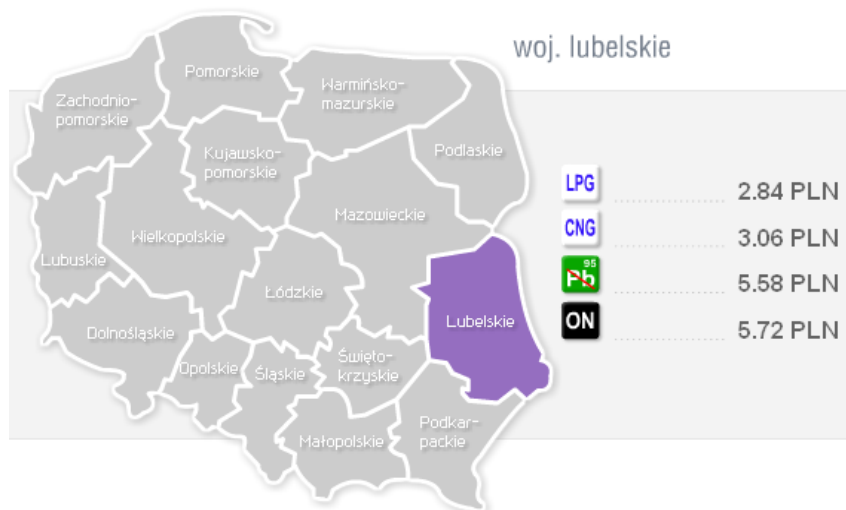
² Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Termodynamiki, Mechaniki Płynów i Napędów Lotniczych; ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, k.siadkowska@pollub.pl

2. INFRASTRUKTURA CNG W LUBELSKIM

W związku z rosnącą popularnością CNG i jego niekwestionowanymi zaletami [3] postanowiono poddać analizie możliwości i opłacalność zasilania pojazdów tym paliwem w regionie lubelskim, gdyż, jak zostanie wykazane, infrastruktura może mieć tu decydujące znaczenie [11]. Na terenie województwa lubelskiego do dyspozycji kierowców są stacje w Lublinie i Zamościu. W najbliższej okolicy są zlokalizowane kolejne stacje: Warszawa, Radom oraz Sandomierz. Posiadając pojazd mający zasięg około 200 km, przy zasilaniu CNG można bez problemu dojechać do kolejnej stacji tankowania znajdującej się na najważniejszych kierunkach wyjazdowych z województwa lubelskiego.

Na popularność wykorzystania gazu ziemnego do napędu pojazdów ma niekwestionowany wpływ jego cena. PGNiG ustanowił tzw. parytet ceny CNG do ON wynoszący 55 % [4]. Pozwala on uzyskać cenę CNG konkurencyjną w stosunku do benzyny, oleju napędowego, a nawet gazu LPG. Aktualne średnie ceny paliw w regionie zostały przedstawione na rysunku 2.

Odbiorców CNG na stacjach tankowania stanowią cztery grupy użytkowników pojazdów: komunikacja publiczna, floty pojazdów, pojazdy spółek PGNiG oraz odbiorcy indywidualni. Czy jednak na Lubelszczyźnie dla wszystkich zasilanie pojazdów CNG jest tak samo opłacalne? W Lublinie zrezygnowano z wykorzystania CNG w komunikacji miejskiej. Pojazdy flotowe oraz PGNiG, które mają znaczne roczne przebiegi, mogą najwięcej zyskać na konwersji samochodów na zasilanie gazem ziemnym. Natomiast w przypadku przeciętnego użytkownika indywidualnego, który przejeżdża rocznie ok. 15-20 tys. km i korzysta z samochodu głównie w celu dojazdu do pracy, oszczędności nie są już tak oczywiste. Zakładając zasięg pojazdu zasilanego CNG na 200 km oraz każdorazowe tankowanie wymuszające 20-kilometrową podróż do stacji zwiększamy koszty eksploatacji o 10%.



Rys. 2. Średnie ceny paliw w województwie lubelskim [8] – stan na dzień 9.02.2012 r.

3. KONWERSJA POJAZDÓW NA ZASILANIE CNG

3.1 Systemy CNG montowane fabrycznie

Systemy wtrysku gazu CNG mogą zostać dostosowane do konkretnego pojazdu na etapie jego projektowania przez producenta – OEM (Original Equipment Manufacturer). Dzięki takiemu podejściu możliwe jest optymalne wykorzystanie przestrzeni w pojeździe w celu ułożenia komponentów systemu gazowego (zbiorniki, reduktor gazu, wiązki elektryczne i inne). Czasami stosowana jest również integracja jednostki sterującej wtryskiem gazu w jednostce sterującej wtryskiem benzyny. Montaż fabryczny zapewnia najwyższy poziom jakości wykonania. Popularny jest także montaż systemów gazowych w pojazdach nowych w Autoryzowanych Stacjach Obsługi (ASO). W takiej opcji odpowiednia jakość montażu jest zapewniona przez pracowników ASO posiadających dobrą znajomość konwertowanych pojazdów jak i wsparcie techniczne ze strony producenta. Opcja ta pozwala zachować gwarancję producenta, chociaż jest znacznie bardziej kosztowna niż montaż instalacji poza ASO. Należy zaznaczyć, że oferta montażu systemów CNG w ASO obejmuje większą liczbę modeli i jednostek napędowych niż pojazdów fabrycznych.

Przykładem pojazdu zasilanego CNG w wersji OEM jest Fiat Doblo Dynamic 1,4 T-Jet 16V 120 KM CNG (cena 85 200 zł). W ofercie na rok 2012 [12] występuje jako alternatywa dla Fiata Doblo Dynamic 1,4 16V 95 KM (cena 63 200 zł). Pojazd zasilany tylko benzyną posiada zbiornik 40 l. Doblo CNG w wersji podstawowej posiada 4 metalowe zbiorniki CNG o łącznej pojemności 95 l zdolne pomieścić 19,8 Nm³ CNG. W wersji Cargo Maxi zastosowano 5 zbiorników o pojemności 130 l mieszczących 28,6 Nm³ CNG.

3.2 Konwersja pojazdów używanych na zasilanie CNG

Montaż systemów zasilania gazem LPG do pojazdów używanych ma w naszym kraju wieloletnią tradycję. Każdy z punktów dokonujących konwersji na zasilanie LPG jest w stanie montować również systemy wtrysku CNG po odbyciu

krótkiego szkolenia. Warto podkreślić, że w Polsce istnieje kilku dużych producentów systemów zasilania gazem posiadających w swojej ofercie tzw. kity CNG. Oprócz omówionych wcześniej różnic związanych ze zbiornikami gazu, system CNG posiada również inny reduktor gazu. Pozostałe komponenty jak elektroniczna jednostka sterująca wtryskiem gazu, wtryskiwacze, czujnik ciśnienia, filtr i przewody elastyczne posiadają homologację zarówno na LPG (Regulamin 67.01) jak i CNG (Regulamin 110.00) [5].

Pojazd Peugeot Partner 1,4 75 KM wyprodukowany w 2004 roku poddano konwersji na zasilanie CNG z wykorzystaniem sekwencyjnego systemu wtrysku gazu produkcji jednego z polskich wytwórców. Następnie pojazd został poddany badaniu mocy silnika na hamowni podwoziowej Vtech Tuning w celu określenia osiągnięć. Moc maksymalna pojazdu na benzynie wynosi 70 KM ze względu na zużycie silnika wynikające z przebiegu ponad 200 tys. km. Przy zasilaniu CNG moc jest znacznie mniejsza i wynosi 53 KM (rysunek 3). Moment maksymalny na benzynie wynosi 102 Nm, zaś na zasilaniu gazowym 92 Nm. Zarówno moc jak i moment obrotowy silnika przy zasilaniu CNG są niższe niż przy oryginalnym zasilaniu benzyną. Spadek mocy maksymalnej wynosi 24 %. Analizując szczegółowo krzywe mocy i momentu możemy zaobserwować, że spadek osiągnięć na CNG występuje w całym zakresie prędkości obrotowych silnika. Przy prędkościach powyżej 3 500 obr./min spadek osiągnięć jest wyraźnie większy. Aby uniknąć spadku mocy maksymalnej, postanowiono ustawić przejście z gazu na CNG powyżej 5500 obr./min. W takiej konfiguracji uzyskano zdecydowanie mniejszy spadek mocy i momentu obrotowego przy zasilaniu CNG i zachowano osiągi benzynowej mocy maksymalnej w sytuacjach tego wymagających, np.: podczas nagłej potrzeby przyspieszenia.



Rys. 3. Porównanie osiągnięć silnika na benzynie i CNG

Przedstawiony przykład konwersji pojazdu na zasilanie CNG wykazuje, że w przeważających warunkach pracy silnika spadek mocy i momentu obrotowego utrzymuje się na poziomie około 10-20%. Tylko moc maksymalna jest uzyskiwana na benzynie, ale bardzo rzadko korzysta się z tak dużych obciążeń silnika.

Zbiorniki do przechowywania gazu ziemnego są wykonywane wyłącznie jako walcowe, produkowane w zależności od zastosowania jako stalowe lub kompozytowe. Bardziej popularne są zbiorniki stalowe, które są znacznie tańsze od kompozytowych. Ograniczeniem w ich powszechnym stosowaniu jest duża masa. Ma to istotne znaczenie, szczególnie w samochodach osobowych o ograniczonej ładowności. Ciężkie stalowe zbiorniki ograniczają ją w dużym stopniu, co powoduje, że coraz częściej wykorzystywane są zbiorniki kompozytowe. Ich masa przy podobnych wymiarach stanowi około 1/3 masy zbiornika stalowego. W przypadku badanego pojazdu zastosowano dwa stalowe zbiorniki CNG o pojemności 50 litrów i 48,1 kg każdy, przedstawione na rysunku 4. Alternatywą dla ciężkich zbiorników stalowych zamontowanych w pojeździe są wspomniane wyżej zbiorniki kompozytowe, które przy pojemności 49 litrów posiadają masę 20,5 kg. Użycie tego typu dwóch zbiorników pozwoliłoby zmniejszyć całkowitą masę instalacji CNG o około 60 kg. Jest to szczególnie ważne w przypadku pojazdów użytkowych ze względu na ich dopuszczalną ładowność.

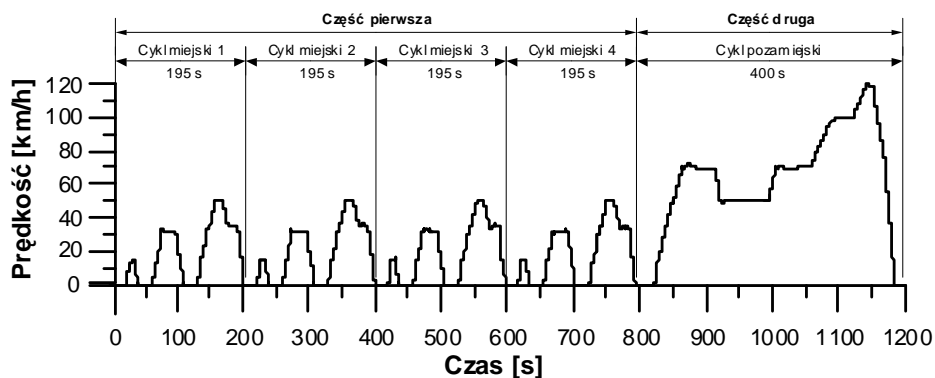


Rys. 4. Zbiorniki CNG zamontowane w pojeździe

4. ANALIZA AUTONOMII I KOSZTÓW UŻYTKOWANIA POJAZDÓW W RÓŻNYCH WARUNKACH EKSPLOATACJI

4.1 Użytkowanie pojazdu zasilanego CNG w warunkach miejskich

Ruch pojazdu w warunkach miejskich charakteryzuje się dużą dynamiką związaną z rozpędzaniem i hamowaniem pojazdu. To właśnie podczas rozpędzania silnik zużywa najwięcej paliwa w celu pokonania bezwładności pojazdu i nadania mu żądanej prędkości. Praca silnika na biegu jałowym stanowi nawet do 40% całkowitego czasu jazdy. Sytuacja odnosi się do koniecznych postojów pojazdu w korkach ulicznych. W związku z powyższym, średnia prędkość pojazdów poruszających się po największych europejskich metropoliach nie przekracza 30 km/h. Ruch w dni powszednie po Warszawie cechuje średnia prędkość 38 km/h, a po Lublinie 33 km/h [9]. Sytuacja taka powoduje dużo większe zużycie paliwa niż deklarowane przez producentów pojazdów. Pomiar zużycia paliwa jest dokonywany podczas hamownianych homologacyjnych testów NEDC [1, 2, 6] (rysunek 5), które nie zawsze odpowiadają specyfice ruchu miejskiego w danym mieście. Sprawa dotyczy zwłaszcza osiąganych średnich prędkości, procentowego udziału biegu jałowego, intensywności przyspieszeń oraz częstotliwości zimnych rozruchów.



Rys. 5. Przebieg testu NEDC [2]

Na początek zajmijmy się autonomią i kosztami użytkowania pojazdu z fabryczną instalacją CNG w postaci prezentowanego wcześniej Fiata Doblo. Odniesieniem będzie jedyna dostępna w 2012 roku wersja benzynowa tegoż pojazdu. W tabeli 1 zebrano dane producenta związane ze zużyciem paliwa i zasięgiem pojazdu zasilanego benzyną i pojazdów w wersji CNG [12]. Do kalkulacji przyjęto średnie ceny paliw w województwie lubelskim z 9.02.2012 r. (rysunek 2).

Tab. 1. Porównanie zużycia paliwa i autonomii pojazdów

Zużycie paliwa [l/100 km]	Doblo Pb95 1,4 95 KM	Doblo CNG 1,4 120 KM	Doblo Pb95 autonomia [km]/ koszt 100 km [zł]	Doblo CNG autonomia [km]/ koszt 100 km [zł]	Doblo CNG Maxi autonomia [km]/ koszt 100 km [zł]
miejski	10,0	9,9	400/55,8	200/30,3	289/30,3
pozamiejski	5,9	6,1	678/32,9	325/18,7	468/18,7
mieszany	7,2	7,5	555/40,2	264/23,0	381/23,0

Pojazd benzynowy na pełnym baku jest w stanie przejechać w warunkach miejskich 400 km. Wersję CNG z 4 butlami charakteryzuje o połowę mniejsza autonomia. Wybór wersji Cargo Maxi posiadającej 5 butli wiąże się ze zwiększeniem całkowitej pojemności butli z 95 do 130 l, co wydłuża zasięg do 289 km. Na całkowity zasięg użyteczny wpływa również odległość stacji tankowania CNG od miejsca zamieszkania, ewentualnie od często uczęszczanych traktów. W przeprowadzonej symulacji, kierowca musi pokonać ponad 20 km tylko w celu zatankowania pojazdu. W przypadku większych odległości właściciel musi dokonać indywidualnej kalkulacji opłacalności użytkowania CNG. Porównując koszty paliwa potrzebne do przejechania 100 km widzimy, że użytkownicy pojazdów CNG mogą zaoszczędzić nawet do 46%. Jest to znaczna oszczędność biorąc pod uwagę obecne ceny paliw.

Analiza jednak nie uwzględnia kosztów zimnych rozruchów pojazdu zasilanego CNG, które odbywają się na benzynie. Ilość zużywanego w tym czasie paliwa zależy od szybkości uzyskiwania minimalnej temperatury reduktora i zależy przede wszystkim od temperatury otoczenia (pory roku). Podczas rozgrzewania silnika pojazd zazwyczaj musi przejechać po zimnym rozruchu około 1 km. W przypadku ciepłego silnika przejście z zasilania benzynowego na gazowe następuje natychmiast po uruchomieniu silnika.

Na podstawie własnych doświadczeń w postaci wieloletniego użytkowania samochodu Peugeot Partner zasilanego CNG zgromadzono rzeczywiste dane związane ze zużyciem paliwa. Pojazd posiada zbiornik benzyny o pojemności 55 l. Kalkulacja autonomii i kosztów podczas zasilania CNG (tabela 2) została przeprowadzona dla konfiguracji montażowej z jedną lub dwoma butlami o pojemności 50 l mieszczących 22 Nm³ CNG każda.

Tab. 2. Porównanie zużycia paliwa i autonomii pojazdu

Zużycie paliwa [l/100 km]	Partner Pb95 1,4 75 KM	Partner CNG	Partner Pb95 autonomia [km]/ koszt 100 km [zł]	Partner CNG 1 zbiornik autonomia [km]/ koszt 100 km [zł]	Partner CNG 2 zbiorniki autonomia [km]/ koszt 100 km [zł]
miejski	11	10,0	500/61,4	110/30,6	220/30,6
pozamiejski	7	6,4	785/39,0	172/19,6	344/19,6
mieszany	9	7,5	611/41,9	147/23,0	294/23,0

W przypadku jednej butli zasięg wynosi jedynie 110 km. Konieczność dojazdu do stacji tankowania na odległość 20 km znacznie wpływa na koszty eksploatacji, które rozkładają się na dwa razy większy zasięg wynikający z montażu dwóch zbiorników. Warto zauważyć, że rzeczywiste wartości zużycia benzyny i CNG w badanym pojeździe wskazują na możliwość 50% oszczędności związanych z wykorzystaniem paliwa alternatywnego w stosunku do benzyny. Są to obszary kosztów nieosiągalne nawet dla najbardziej oszczędnych pojazdów z silnikami Diesla i benzynowych zasilanych LPG. Z tego względu istnieje w województwie lubelskim coraz większe zainteresowanie np. wśród indywidualnych kierowców taksówek jak i korporacji taksówkarskich paliwem gazowym w postaci sprężonego metanu.

4.2 Użytkowanie pojazdu zasilanego CNG w ruchu pozamiejskim

Jazda w ruchu pozamiejskim charakteryzuje się dużymi prędkościami i wynikającymi z tego dużymi obciążeniami silnika, którym odpowiada minimalne jednostkowe zużycie paliwa. Zużycie paliwa w cyklu pozamiejskim, zarówno podawane przez producenta dla Fiata Doblo jak i zmierzone przez autorów w przypadku Peugeota Partnera, jest zdecydowanie niższe (o około 40%) w stosunku do ruchu miejskiego. Wynika to z pracy silnika w bardziej stabilnych warunkach obciążenia i w obszarach charakteryzujących się większą sprawnością. Fiat Doblo posiada wtedy zasięg wynoszący 325 km, a Doblo Cargo Maxi 268 km. Taka autonomia zapewnia możliwość swobodnego poruszania się pojazdem po całym obszarze województwa lubelskiego z możliwością powrotu do Lublina. Jedna butla CNG zapewnia możliwość wyjechania z Lublina w trzech kierunkach: na Zamość, Radom i Sandomierz. Montaż drugiej butli zwiększa autonomię w ruchu pozamiejskim do 344 km. Umożliwia to wyjazd z Lublina na Warszawę i w miarę swobodne poruszanie się po województwie lubelskim z bazą wypadową w Lublinie lub Zamościu. Biorąc pod uwagę zużycie paliwa deklarowane przez producenta Fiata Doblo można liczyć na 43% oszczędności przekładające się na kwotę 1 720 zł po przejechaniu 10 tys. km. Wyniki badań pojazdu Peugeot Partner dają wynik 50% oszczędności, co przekłada się na kwotę 1 940 zł po przejechaniu 10 tys. km. Największe oszczędności widać dopiero po uwzględnieniu rocznych przebiegów pojazdów flotowych, które często wynoszą od 50 do 100 tys. km.

5. AMORTYZACJA KOSZTÓW KONWERSJI POJAZDU NA ZASILANIE CNG

Można stwierdzić, że główną składową wysokich kosztów konwersji pojazdów na CNG w porównaniu do LPG są koszty samych zbiorników. Za butlę o pojemności około 50 litrów w wersji stalowej wraz z wielozaworem trzeba zapłacić około 1 500 zł brutto, zaś w wersji kompozytowej 4 500 zł brutto. Tylko od właściciela pojazdu zależy wybór rodzaju zbiornika. Zbiorniki metalowe CNG są produkowane na dużą skalę przez Milmet Witkowice, zaś kompozytowe przez polską firmę Stako oraz wiele firm europejskich, chińskich i południowo-amerykańskich. Nie ma problemów związanych z dostępnością konkretnych rodzajów i wymiarów. Poniżej zostaną przedstawione analizy amortyzacji zwiększonego kosztu zakupu nowego pojazdu z fabryczną instalacją CNG oraz kosztów konwersji pojazdu używanego. Analiza obejmie różne ilości jak i materiał wykorzystanych zbiorników wysokociśnieniowych.

5.1 Amortyzacja kosztów zakupu nowego pojazdu z instalacją CNG

Tabela 3 zawiera zestawienie kosztów eksploatacji pojazdu zasilanego benzyną i CNG w cyklu mieszanym dla samochodów Fiat Doblo Dynamic 1.4 16V (benzyna) oraz Fiat Doblo Dynamic 1.4 16V T-Jet z fabryczną instalacją CNG. Z przedstawionych w rozdziale 3 cen wynika, że koszt pojazdu z fabryczną instalacją CNG jest o 22 000 złotych wyższy niż wersji benzynowej. Przyjmujemy, że jest to koszt podlegający amortyzacji z oszczędności wynikających z zasilania pojazdu gazem ziemnym.

Tab. 3. Algorytm obliczeń kosztów amortyzacji

cena benzyny (02.2012 r.)	5,58	zł/litr
cena CNG (02.2012 r.)	3,06	zł/litr
zużycie benzyny (dane producenta)	7,2	litr/100km
zużycie CNG (dane producenta)	7,5	litr/100km
koszt tys. km na benzynie	401,76	zł/tys. km
koszt tys. km na CNG	229,5	zł/tys. km
oszczędność na tys. km	172,26	zł/tys. km
cena instalacji	22 000	zł
koszty eksploatacyjne:		
filtry	70	zł
dotatkowy koszt przeglądu	60	zł
całkowite koszty – 1. rok	22 130	zł
ilość km na amortyzację instalacji gazowej	128,47	tys. km

Uwzględniając aktualne ceny paliw i zużycie paliwa w cyklu mieszanym konieczne jest przejechanie ponad 128 tys. km, aby zamortyzować zwiększone koszty pojazdu poniesione podczas zakupu. Amortyzacja w cyklu pozamiejskim wymaga przejechania 155 tys. km, zaś w cyklu miejskim 102 tys. km. Należy wspomnieć, że różnica w cenie pojazdu z silnikiem benzynowym i zasilanym CNG zależy od marki i często nawet modelu pojazdu. Na przykład za produkowanego w Polsce Fiata Pandę Natural Power z fabryczną instalacją CNG trzeba zapłacić o 14 000 złotych więcej niż za bazową wersję benzynową, zaś Seat Altea w wersji CNG jest droższy jedynie o 8 500 złotych.

Fiat Panda Natural Power zyskał sobie ogromne uznanie we Włoszech. Swego czasu rząd tego kraju wprowadził specjalne dofinansowanie do zakupu właśnie tej wersji silnikowej. Dzięki temu tysiące mieszkańców Półwyspu Apenińskiego zdecydowało się na zakup tego pojazdu. Dodatkowym środkiem polityki ekologicznej Włoch jest wprowadzanie priorytetów dla pojazdów zasilanych gazem ziemnym. Na przykład w Mediolanie za darmo można wjechać do centrum miasta bez potrzeby ponoszenia żadnych opłat, podczas gdy kierowcy benzynowych i dieslowskich silników muszą zapłacić specjalne myto. W naszym kraju nie ma takich mechanizmów wspierania tej ekonomicznej i ekologicznej technologii, dlatego całość kosztów związanych z zakupem czy konwersją pojazdów na CNG ponosi właściciel pojazdu.

5.2 Amortyzacja kosztów konwersji używanego pojazdu na zasilanie CNG

Główną składową wysokich kosztów konwersji pojazdów używanych na CNG w porównaniu do LPG są koszty zbiorników. W tabeli 4 przedstawiono porównanie kosztów amortyzacji systemów wtrysku CNG dla różnych kompletacji zbiorników. System z jednym zbiornikiem można zamontować w Lublinie już za 3 500 zł. Jednak dopiero dopłata w wysokości 1 500 zł za dodatkową butlę umożliwi swobodne poruszanie się po całym województwie. Montaż dwóch zbiorników metalowych zwiększa masę pojazdu o około 100 kg i zazwyczaj towarzyszy mu zabieg wzmocnienia zawieszenia pojazdu. Zbiorniki kompozytowe posiadają znacznie mniejszą masę, nie wymagają ingerencji w zawieszenie i nie powodują podniesienia środka ciężkości pojazdu oraz ograniczenia jego ładowności. Jednak trzeba liczyć się z dużo większymi kosztami instalacji, które wymagają przejechania około dwa razy większej ilości kilometrów w celu amortyzacji dodatkowych kosztów.

Tab. 4. Porównanie kosztów amortyzacji

Kompletacja zbiorników	Cena instalacji [zł]	Amortyzacja [km]
1 zbiornik metalowy	3 500	13 300
2 zbiorniki metalowe	5 000	18 800
1 zbiornik kompozytowy	6 500	24 300
2 zbiorniki kompozytowe	11 000	40 800

6. WNIOSKI

Pomimo wielu niedogodności technologia zasilania gazem CNG zyskuje coraz większą rzeszę zwolenników wśród użytkowników indywidualnych, flotowych, korporacji taksówkowych i miejskich przedsiębiorstw komunikacji. Przyczynia się do tego bardzo niska cena samego paliwa CNG, jak i istnienie bardzo zaawansowanej i niezawodnej technologii konwersji pojazdów na to w chwili obecnej najbardziej ekonomiczne i ekologiczne paliwo. W obszarze województwa lubelskiego zlokalizowane są jedynie dwie stacje tankowania CNG. Zatem możliwa jest jazda w trybie miejskim jedynie przez osoby zamieszkujące w Lublinie lub Zamościu, ewentualnie w niewielkiej odległości od stacji. Posiadając pojazd mający zasięg około 200 km przy zasilaniu CNG możliwe jest swobodne poruszanie się po całym województwie. Można też bez problemu dojechać do kolejnej stacji tankowania znajdującej się na najważniejszych kierunkach wyjazdowych z województwa lubelskiego.

Oprócz wniosków natury ogólnej sformułowano następujące wnioski szczegółowe:

- Amortyzacja kosztów związanych z zakupem pojazdu wyposażonego w fabryczną instalację CNG (Fiat Doblo) zależy od warunków eksploatacji pojazdu. Najszybciej zamortyzuje się pojazd użytkowany w warunkach miejskich. Wymaga to przejechania 102 tys. km. Użytkowanie pojazdu tylko w warunkach pozamiejskich wydłuża konieczny dystans do 155 tys. km.
- W przypadku konwersji pojazdu używanego (Peugeot Partner) cena instalacji jest uzależniona od ilości i materiału wykorzystanych zbiorników CNG. W przypadku jednego metalowego zbiornika ceny instalacji rozpoczynają się od 3 500 zł. Amortyzacja takiej kwoty w cyklu mieszanym następuje po przejechaniu 13 tys. km. Przy opcji wykorzystującej dwa zbiorniki kompozytowe konieczne jest przejechanie 40 tys. km, aby montaż instalacji CNG stał się opłacalny.
- W województwie lubelskim eksploatacja pojazdów zasilanych CNG znajduje uzasadnienie tylko w sytuacji, gdy mieszkamy w Lublinie lub Zamościu, bądź regularnie tam przyjeżdżamy. W zależności od warunków eksploatacji pojazdu zasilanego CNG oszczędności sięgają 40-50% w porównaniu z zasilaniem benzynowym. Koszty paliwa związane z dojazdem na stację CNG tylko w celu zatankowania negatywnie wpływają na opłacalność inwestycji w instalację CNG.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Małek A., Wendeker M., Czarnigowski J.: *Stanowisko do badań przedhomologacyjnych dla pojazdów wyposażonych w układ sekwencyjnego wtrysku gazu LPG*. Silniki Spalinowe 2007–SC3. 2007–SC3-148 (P07-C148) str. 290 – 299.
- [2] Małek A.: *Wymogi normy emisji spalin Euro 5 w odniesieniu do pojazdów zasilanych LPG*. AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 5/2011, str. 289 – 294.
- [3] Merkisz J., Pielecha I.: *Alternatywne paliwa i układy napędowe pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2004.
- [4] PGNiG: *CNG AUTO*. Materiały reklamowe.
- [5] Regulamin EKG ONZ Nr 110, Uzupełnienie nr 109: *Regulamin nr 110*. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 72/113, 14.3.2008.
- [6] Regulamin EKG ONZ Nr 115, Załącznik 114, *Jednolite przepisy dotyczące specjalnych układów doposażenia CNG (skroplonego gazu ropopochodnego), które mają być zainstalowane w pojazdach samochodowych dla wykorzystywania CNG do ich napędu*, Nowelizacja 3, Genewa 1995.

Strony internetowe:

- [7] <http://www.pgnig.pl/dlaauta/218/stacje> - stan na dzień 17.12.2011 r.
- [8] http://www.gazeo.pl/srednie_ceny_paliw.php - stan na dzień 09.02.2012 r.
- [9] <http://www.kurierlubelski.pl/artykul/428249,predkosc-jazdy-w-lublinie-mniejsza-niz-w-warszawie,id,t.html?cookie=1> - stan na dzień 09.02.2012 r.
- [10] <http://cng.auto.pl/pl/component/content/article/46-test/447-test-fiat-panda-natural-power-gaz-ziemny.html> - stan na dzień 09.02.2012 r.
- [11] <http://cng.auto.pl/pl/component/content/article/46-test/660-koszt-przejechania-100-kilometrow-cng-lpg-benzyna-diesel.html> - stan na dzień 09.02.2012 r.
- [12] <http://www.fiat.pl/> - stan na dzień 09.02.2012 r.