

Analiza możliwości wykorzystania LPG i LNG w transporcie publicznym w województwie kujawsko-pomorskim

Abstrakt: The search for new opportunities to supply vehicles intended to reduce the emission of harmful substances into the atmosphere and a reduction in vehicle operating costs. Traditional fuels used in motor vehicles are diesel and gasoline. These fuels produced by refining crude oil and its combustion produces negative effects on the environment. The paper presents possibilities of automotive fuels to power vehicles that do not pollute the environment and are recognized with eco-friendly. Such fuels include Liquefield Petrol Gas and Liquefied Natural Gas.

Słowo kluczowe: paliwa przyjazne dla środowiska

Wprowadzenie

Poszukiwanie nowych możliwości zasilania pojazdów samochodowych ma na celu zmniejszenie emisji substancji szkodliwych do atmosfery oraz obniżenie kosztów eksploatacji pojazdów. Tradycyjne paliwa wykorzystywane w pojazdach samochodowych to olej napędowy i benzyna. Paliwa te powstają w wyniku rafinacji ropy naftowej a ich spalanie powoduje negatywne skutki dla środowiska naturalnego. W opracowaniu przedstawiono inne możliwości zasilania pojazdów samochodowych paliwami, które nie zanieczyszczają środowiska naturalnego i są uznanymi z przyjazne dla środowiska. Do takich paliw zalicza się Liquefield Petrol Gas i Liquefied Natural Gas.

Liquefield Petrol Gas

LPG jest to gaz występujący pod nazwą handlową propan-butan został otrzymany po raz pierwszy w 1910 r. przez [doktora Waltera Snellinga](#), który urodził się 13 grudnia 1880 w Waszyngtonie a zmarł 10 września 1965 w Allentown. W handlu LPG pojawił się po raz pierwszy w roku 1912 – sprzedawany był jako wygodne i bezpieczne paliwo do przenośnych kuchenek gazowych[12]. LPG uzyskiwany jest jako produkt uboczny przy [rafinacji ropy naftowej](#) i ze [złóż gazu ziemnego](#), zwykle na początku uruchamiania nowego odwiertu. Niezależnie od źródła pochodzenia, wymagania co do właściwości LPG są określone jednolicie. Aktualnie w polskim systemie normatywnym funkcjonują dwie normy charakteryzujące właściwości fizykochemiczne LPG w zależności od jego zastosowania, tj.:

- PN-C-96008 Przetwory naftowe. Gazy węglowodorowe. Gazy skroplone C3-C4” – normę tę stosuje się do gazów skroplonych C3–C4 stosowanych jako podstawowy surowiec do dalszej przeróbki chemicznej, również jako gaz opałowy dla gospodarstw domowych, przemysłu i turystyki [9],

¹ Maciej Gniot, ul. Matejki 9, 89-200 Szubin, polskie, tel.: +48664921885, gniotmaciej@wp.pl

- PN-EN 589 Paliwa do pojazdów samochodowych. LPG. Wymagania i metody badań” – w normie tej podano wymagania i metody badań paliwa silnikowego LPG (skroplonego gazu węglowodorowego) będącego w sprzedaży i dystrybucji, dotyczy to LPG używanego w samochodach z silnikami dostosowanymi do tego paliwa[9].

Liquefield Petrol Gas Gaz przechowywany w pojemnikach pod ciśnieniem i jest **ciecżą**. Należy do najbardziej wszechstronnych źródeł energii. Stosowany jest głównie jako:

- paliwo do zasilania różnego rodzaju urządzeń grzewczych,
- źródło zasilania domowych kuchenek gazowych,
- **paliwo silnikowe** – autogaz.



Rys.1.
Zbiornik
na ziemny

na gaz LPG.

Źródło: <http://chemet.com.pl/pl/17/zbiorniki-naziemne-lpg>, [dostęp: 15.06.2015]



Rys.2.
Zbiornik
podziemny
na gaz
LPG

Źródło: <http://www.chemet.com.pl/pl/18/zbiorniki-podziemne-lpg>, [dostęp: 15.06.2015]

LPG w temperaturze pokojowej przy **normalnym ciśnieniu** ma postać gazu. Ulega on skropleniu w temperaturze pokojowej gdy ciśnienie wynosi od 2.2 do 4 **atm**. Do butli jest pompowany przy ciśnieniu rzędu 6 atm. Butle, w których się go przechowuje i transportuje, napełnia się zwykle do 80% lub 85% objętości, aby uniknąć rozerwania butli przez rozszerzającą się przy zmianie temperatury ciecz. Na rysunku 1,2,3 przedstawiano zbiorniki występujące w handlu służące do magazynowania gazu.



Rys.3. Moduł stacji LPG

Źródło: <http://chemet.com.pl/pl/20/modu%C5%82y-stacji-lpg>, [dostęp: 15.06.2015]

1.1. Liquefied Natural Gas

LNG to skroplony gaz ziemny wysokometanowy, zamieniony w postać płynną w celu ułatwienia transportowania i magazynowania w miejscach znajdujących się poza zasięgiem tradycyjnych sieci gazowych. W fabryce skraplania gaz ziemny schładzany jest do temperatury

-162°C, w wyniku czego zmniejsza objętość ponad 600 razy. Dodatkowo gaz skroplony jest oczyszczony z dwutlenku węgla, azotu i cięższych węglowodorów. LNG to związek bezwonny, bezbarwny, nietoksyczny o wysokiej liczbie oktanowej rzędu 130. Jest wyjątkowo bezpieczny, gdyż nie wybucha, a odparowuje i rozcieńcza się w powietrzu[13].

Po raz pierwszy skroplenia gazu, czyli zamiany fazy gazowej w ciekłą, dokonał brytyjski fizyk i chemik Michael Faraday (1791–1867) [14]. Technologia schładzania i skraplania gazu ziemnego została po raz pierwszy zastosowana w Stanach Zjednoczonych. Pierwsza instalacja do skraplania LNG rozpoczęła działanie w Zachodniej Wirginii w 1917 roku, a pierwsza komercyjna instalacja skraplająca została zbudowana w Cleveland w stanie Ohio (USA), w 1941 roku[11].

Gaz ziemny w postaci skroplonej można w efektywny sposób transportować cysternami do stacji regazyfikacji LNG znajdującej się w pobliżu odbiorcy, który został przedstawiony na rysunku 4.



Rys.4.Schemat instalacji LNG

Źródło: <http://autokult.pl/5273,lpg-wszystkie-generacje-od-poczatkow-do-teraz>, [dostęp: 15.06.2015]

Opis elementów stacji regazyfikacji [1].

1. Cysterna kriogeniczna

Gaz LNG transportowany jest z fabryki skraplania do stacji regazyfikacji w specjalistycznych cysternach kriogenicznych, utrzymujących niską temperaturę skroplonego gazu w trakcie jego przewożenia. Typowa cysterna ma pojemność 18 ton, z których po regazyfikacji można uzyskać 25 600 m³ paliwa w postaci gazowej.

2. Zbiorniki kriogeniczne

Służą do magazynowania gazu w postaci skroplonej. Konstrukcja zbiorników pozwala utrzymywać paliwo w temperaturze -162°C. Stosuje się zbiorniki kriogeniczne o różnych pojemnościach magazynowych, najczęściej 60 m³. W takim zbiorniku można przechowywać maksymalnie 32 400 m³ paliwa w postaci gazowej. Technologicznie istnieje możliwość dostawiania kolejnych zbiorników na stacji regazyfikacji LNG, w celu uzyskania większej pojemności magazynowej.

3. Parownice

Służą do zamiany postaci paliwa gazowego z ciekłej w gazową. Są zaprojektowane w taki sposób, aby zapewnić wymaganą przez odbiorcę moc regazyfikacji, liczoną w m³/h.

4. Stacja redukcyjno-pomiarowa

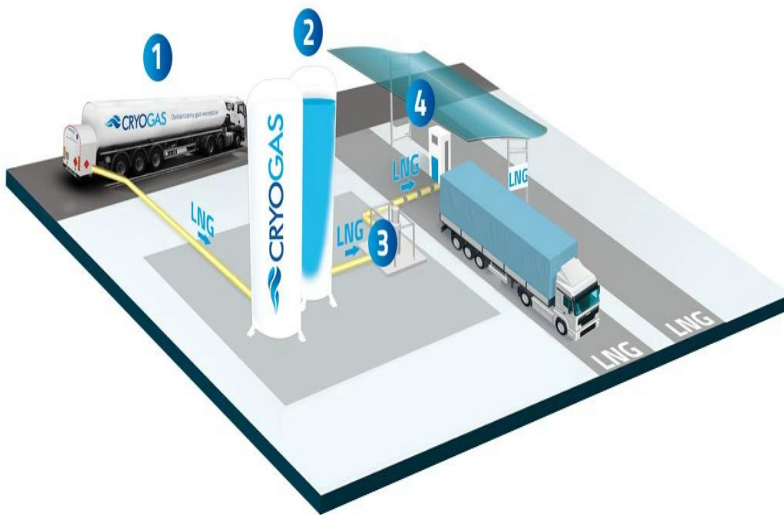
Odbywa się na niej pomiar paliwa gazowego oraz redukcja ciśnienia gazu. Redukcji ciśnienia można dokonywać na stacji, bądź na ścieżce gazowej przed odbiornikiem. Ostateczną decyzję podejmuje projektant instalacji indywidualnie dla każdego projektu.

5. Kotłownia, nawianialnia

Gaz LNG jest bezwonny, dlatego elementem stacji jest nawianialnia, aby nadać mu charakterystyczny zapach.

6. Kotłownia fabryki

Schemat stacji LNG został przedstawiono na rysunku 5.



Rys.5. Schemat stacji LNG

Źródło: <http://autokult.pl/5273,lpg-wszystkie-generacje-od-poczkow-do-teraz>, [dostęp: 15.06.2015]

Opis elementów wchodzących w skład stacji tankowania LNG.

1. Cysterna kriogeniczna

Gaz LNG transportowany jest z fabryki skraplania do stacji regazyfikacji w specjalistycznych cysternach kriogenicznych, utrzymujących niską temperaturę skroplonego gazu w trakcie jego przewożenia. Typowa cysterna ma pojemność 18 ton, z których po regazyfikacji można uzyskać 25 600 m³ paliwa w postaci gazowej.

2. Zbiorniki kriogeniczne

Służą do magazynowania gazu w postaci skroplonej. Stosuje się zbiorniki kriogeniczne o różnych pojemnościach magazynowych, najczęściej 60 m³. W takim zbiorniku można przechowywać maksymalnie 32 400 m³ paliwa w postaci gazowej. Technologicznie istnieje możliwość dostawiania kolejnych zbiorników na stacji LNG, w celu uzyskania większej pojemności magazynowej. Zbiornik LNG jest specjalnie przygotowany dla podłączenia instalacji tankowania LNG do pojazdów.

3. Pompa kriogeniczna

Zatłacza paliwo do dystrybutora LNG.

4. Dystrybutor LNG

Dystrybutor LNG odmierza ilość zatankowanego paliwa, a następnie zestandaryzowaną końcówką napełniany jest pojazd LNG – auto ciężarowe, autobus lub inny pojazd ciężki.

Gaz LNG stanowi doskonałą alternatywę dla odbiorców, których przedsiębiorstwa znajdują się poza zasięgiem tradycyjnych sieci gazowych. Jest to paliwo ekologiczne preferowane w Europie, jako nośnik energii do produkcji ciepła. W Polsce obecnie powstaje nowoczesny terminal gazu skroplonego LNG, którego makietę została przedstawiona na rysunku 6.



Rys.6. Makietę terminalu
LNG w
Świnoujściu.

Źródło: <http://www.motofakty.pl/artykul/auta-z-fabryczna-instalacja-lpg.html>, [dostęp: 15.06.2015]

1.1.1. Możliwości wykorzystania gazu LPG i LNG w transporcie publicznym

LPG jako paliwo samochodowe

Liczba oktanowa LPG wynosi 90-120, choć do oceny właściwości antystukowych tego paliwa stosuje się częściej **liczbę metanową**, która dla LPG stosowanego do napędu samochodów mieści się w granicach 60-80. LPG stosowany jest głównie jako źródło zasilania **silników benzynowych**, zarówno **gaźnikowych**, jak i z jedno i wielopunktowymi **układami wtryskowymi**. Korzystanie z LPG wymaga zainstalowania specjalnej instalacji. **Samochody** zaopatrzone w tę instalację muszą też częściowo korzystać z **benzyny**, gdyż ze względów technicznych rozruch i rozgrzanie **silnika** powinno odbywać się przy zasilaniu benzyną. Bardziej zaawansowane technicznie instalacje do LPG automatycznie przełączają się z benzyny na gaz w momencie uzyskania przez silnik odpowiedniej **temperatury** i prędkości obrotowej. W mniej zaawansowanych istnieje konieczność ręcznego przełączania zasilania z benzyny na LPG. Instalację LPG można również zastosować w samochodach z **silnikiem dwusuwowym** oraz z **silnikiem Diesla** [1].

Zalety instalacji gazowej w samochodzie

Głównym powodem stosowania LPG jako paliwa silnikowego jest jego cena wynosząca w Polsce ok. 45% ceny benzyny bezołowiowej. Instalacja LPG jest niskociśnieniowa, a więc zbiornik jest lekki sam silnik iskrowy, czterosuwowy nie wymaga specjalnych zabiegów aby przystosować się do pracy na LPG. W związku z tym, że transport samochodowy w Europie jest odpowiedzialny za emisję 17% gazów cieplarnianych, wykorzystanie LPG jako paliwa ma znaczący wpływ na ochronę środowiska. LPG zawierając węglowodory o krótszym łańcuchu, których spalanie powoduje wydzielenie się mniejszej ilości gazów cieplarnianych niż w przypadku benzyny (24% tlenu azotu i 60% mniej dwutlenku węgla). Na rysunku 7 przedstawiono elementy instalacji gazowej montowanych w samochodach trzeciej generacji [1]

Elementy instalacji gazowej w samochodzie trzeciej generacji:

- wlew gazu,
- zbiornik gazu wraz z osprzętem,
- przełącznik benzyna-gaz,
- rozdzielacz gazu,
- refulator składu mieszanki,
- reduktor wraz z elektrozaworem,
- sonda lambda,
- sterownik.



Rys.7.
Instalacja
LPG
stosowana

w samochodach osobowych trzeciej generacji

Źródło: <http://autokult.pl/5273,lpg-wszystkie-generacje-od-poczatkow-do-teraz>, [dostęp: 15.06.2015]

Obecnie w ofercie producentów samochodów występują pojazdy z fabrycznie montowaną instalacją LPG. W tabeli 1 przedstawiono przykłady marek samochodów wyposażonych w instalacje LPG [8].

Tabela 1. Samochody z fabryczną instalacją LPG dostępne w Polsce:

Model	Poj silnika (KM)
Alfa Romeo Mito	1.4 (120)
Alfa Romeo Giulietta	1.4 (120)
Chevrolet Spark	1.0 (68)
Chevrolet Spark	1.2 (82)
Chevrolet Cruze	1.8 (141)
Chevrolet Orlando	1.8 (141)
Dacia Sandero	1.2 (75)
Dacia Logan MCV	1.6 (84)
Dacia Duster 4x2	1.6 (105)
Hyundai i20	1.2 (85)
Mitsubishi Colt	1.3 (95)
Opel Corsa	1.2 (83)
Opel Astra IV	1.4 (140)
Opel Insignia	1.4 (140)
Opel Meriva	1.4 (120)
Opel Zafira Tourer	1.4 (140)
Skoda Citigo	1.0 (60)
Skoda Fabia II	1.2 (70)
Skoda Fabia II	1.4 (85)
Skoda Octavia II	1.6 (102)
Skoda Octavia II	1.4 (122)
Skoda Roomster	1.4 (85)

Rozwiązania wykorzystujące zasilanie autogazem ciężkich pojazdów użytkowych nigdy nie były szczególnie popularne. Zarówno w Polsce jak i w Europie duże silniki trakcyjne wykorzystujące autogaz stanowią margines rynku, który w tym segmencie jest zdominowany przez jednostki napędowe o zapłonie samoczynnym. Istnieją jednak przykłady, które pokazują, że taki sposób zasilania jest również w tej gałęzi transportu w pełni efektywny, przyczyniając się do

zmniejszenia kosztów utrzymania taboru oraz znacznego poprawienia właściwości ekologicznych pojazdów. Pierwsze próby zasilania pojazdów komunikacji miejskiej w Wiedniu z wykorzystaniem LPG prowadzono już w latach 60. ubiegłego wieku. Wykorzystywano jednoczesne zasilanie olejem napędowym (70%) i LPG (30%), co stanowiło etap przejściowy przed zastosowaniem zasilania w pełni gazowego. Obecnie wszystkie pojazdy Wiener Linien (jest ich blisko 500) są napędzane z wykorzystaniem jednostek napędowych o zapłonie iskrowym zasilanych autogazem (silniki MAN). Ostatni pojazd zasilany mieszanką oleju napędowego i LPG zastąpiono autobusem gazowym w 2001 r. W taborze wiedeńskiego przewoźnika dominują autobusy MAN oraz pojazdy rodzimej marki Gräf & Steyr, zarówno w wersji solo, jak i w odmianach przegubowych [7].

Rys.8. Autobus wyposażony w silnik najnowszej generacji zasilany LPG

Źródło: <http://gazeo.pl/samochody/uzytkowe/Ciezki-transport-na-LPG,artykul,1518.html>, [dostęp: 15.06.2015]

LNG jako paliwo samochodowe

Skroplony gaz ziemny jest wykorzystywany również jako paliwo dla transportu, głównie w ciężkim transporcie drogowym. Główną zaletą tego typu napędu są aspekty ekonomiczne oraz ekologiczne. Między innymi dlatego jeden z najpopularniejszych obecnie na rynku ciągników siodłowych na LNG - **Iveco** Stralis, został wyróżniony Europejską Nagrodą Zrównoważonej Mobilności [5]. Tego typu zastosowanie jest szeroko wdrażane w USA, gdzie równolegle powstaje infrastruktura do tankowania metanu w postaci skroplonej. W Polsce autobusy komunikacji miejskiej

Solcity 12 LNG są eksploatowane **Olsztynie** [6]. pierwsze tego pojazdy w [5].



Solbus
(11 sztuk)
w
Są to
typu
Europie

Rys.10. Tankowanie autobusu LNG Solbus Solcity SM12 z mobilnej stacji tankowania Gazprom Germania
Źródło:https://pl.wikipedia.org/wiki/LNG#/media/File:Tankowanie_autobusu_Solbus_LNG.jpg, [dostęp: 15.06.2015]

Zakończenie

Paliwa tradycyjne zostają stopniowo wypierane przez paliwa inne, które do tej pory nie były stosowane do zasilania pojazdów samochodowych. Do takich paliw alternatywnych można zaliczyć Liquefied Petrol Gas i Liquefied Natural Gas. Jest kilka powodów dla, których poszukujemy alternatywnych źródeł zasilania pojazdów samochodowych. Jednym z czynników to ochrona środowiska naturalnego, ponieważ spalanie konwencjonalnych paliw generuje duże zanieczyszczenie w środowisku naturalnym. W ostatnich latach nastąpił gwałtowny rozwój w przemyśle samochodowym. Na rynku pojawiły się pojazdy samochodowe wyposażone w seryjnie montowaną instalację do spalania LPG i LNG. Kierunek rozwoju można uznać za słuszny ponieważ spalanie paliw gazowych zmniejsz emisję szkodliwych substancji do atmosfery.

Bibliografia

- [1] <http://autokult.pl/5273,lpg-wszystkie-generacje-od-poczatkow-do-teraz>, [dostęp: 15.06.2015]
- [2] <http://chemet.com.pl/pl/20/modu%C5%82y-stacji-lpg>, [dostęp: 15.06.2015]
- [3] <http://chemet.com.pl/pl/17/zbiorniki-naziemne-lpg>, [dostęp: 15.06.2015]
- [4] <http://www.chemet.com.pl/pl/18/zbiorniki-podziemne-lpg>, [dostęp: 15.06.2015]
- [5] <http://cng.auto.pl/3496/iveco-stralis-lng/>, [dostęp: 15.06.2015]
- [6] <http://cng.auto.pl/3095/pierwsze-w-europie-autobusy-zasilane-lng-wyjechaly-na-ulice-olsztyna/>, [dostęp: 15.06.2015]
- [7] <http://gazeo.pl/samochody/uzytkowe/Ciezki-transport-na-LPG,artykul,1518.html>, [dostęp: 15.06.2015]
- [8] <http://www.motofakty.pl/artykul/auta-z-fabryczna-instalacja-lpg.html>, [dostęp: 15.06.2015]
- [9] http://www.pogp.pl/pl/przepisy_prawne_pl, [dostęp: 15.06.2015]
- [10] http://www.pogp.pl/pl/przepisy_prawne_pl, [dostęp: 15.06.2015]
- [11] <http://www.polskielng.pl/lng/historia-lng/>, [dostęp: 15.06.2015]
- [12] <https://pl.wikipedia.org/wiki/LPG>, [dostęp: 15.06.2015]
- [13] <https://pl.wikipedia.org/wiki/LNG>, [dostęp: 15.06.2015]
- [14] https://pl.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday, [dostęp: 15.06.2015]
- [15] https://pl.wikipedia.org/wiki/LNG#/media/File:Tankowanie_autobusu_Solbus_LNG.jpg, [dostęp: 15.06.2015]