

Bogusława Danek  
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

## Źródła zagrożeń jakości LPG

### Wprowadzenie

Nazwą LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) określana jest mieszanina skroplonych gazów węglowodorowych – głównie propanu i butanu, zawierająca także niewielką ilość propenu, butenów i węglowodorów C<sub>5</sub>.

Jednym z możliwych zastosowań LPG jest wykorzystanie tego paliwa do napędu silników samochodowych z zapłonem iskrowym. W tej roli LPG zajmuje najważniejsze miejsce wśród paliw alternatywnych. Nie bez znaczenia są korzystne właściwości ekologiczne LPG – ocenia się, że w samochodach napędzanych tym paliwem emisja CO<sub>2</sub> ulega zmniejszeniu o 12% w porównaniu z pojazdami zasilanymi benzyną silnikową [12].

W Polsce w ciągu ostatniej dekady dynamicznie wzrosła liczba samochodów zasilanych paliwem LPG. Przyrost liczby samochodów z instalacją gazową w latach 2004-2008 przedstawiono w tabelicy 1 [4, 12, 13].

W roku 2007 nasz kraj zajmował 3 miejsce na świecie po Korei Południowej (2 mln 187 tys. samochodów) i Turcji – posiadającej identyczną liczbę samochodów zasilanych LPG, co Polska.

Wzrost liczby samochodów z instalacją gazową spowodował dynamiczny przyrost sprzedaży LPG jako paliwa do samochodów. Kształtowanie się sprzedaży tego asortymentu LPG w latach 2004-2008 przedstawiono w tabelicy 2 [4, 12, 13].

Udział LPG – paliwa do samochodów w roku 2008 stanowił 74,4% całkowitej sprzedaży tego produktu na polskim rynku. Utrzymujące się w naszym kraju od szeregu lat duże zapotrzebowanie na LPG do napędu samochodów powoduje, że produkcja krajowa tego produktu wspomagana jest znacznym importem. W tabelicy 3 przedstawiono

Tabelica 1. Ilość samochodów napędzanych LPG [tys. sztuk]

Rok	Liczba samochodów
2004	1450
2005	1770
2006	1980
2007	2050
2008	2080

Tabelica 2. Sprzedaż LPG w Polsce [tys. ton]

Rok	Sprzedaż LPG	
	ogółem	jako paliwo do silników samochodowych
2004	2100	1440
2005	2430	1810
2006	2450	1810
2007	2440	1830
2008	2380	1770

Tabelica 3. Struktura dostaw LPG w Polsce [tys. ton]

Pochodzenie gazu	Rok									
	2004		2005		2006		2007		2008	
Produkcja krajowa	270	13%	299	12%	299	12%	260	11%	300	13%
Import	1830	87%	2131	88%	2151	88%	2180	89%	2080	87%
Razem	2100	100%	2430	100%	2450	100%	2440	100%	2380	100%

strukturę dostaw LPG na rynek krajowy w latach 2004-2008 [4, 12, 13].

W 2008 roku krajowi producenci dostarczyli tylko 13% całkowitej ilości LPG znajdującej się na rynku. Największym wytwórcą gazu skroplonego LPG jest Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A., natomiast pozostałe ilości tego paliwa produkowane są przez Grupę Lotos S.A. i Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A.

Od lat niezmiennie pozostają kierunki importu LPG, wśród których dominują kraje wschodnie (72% importu), na czele z Rosją (28% importu). Z każdym rokiem postępuje dywersyfikacja dostaw LPG do Polski. Obecnie z krajów Unii Europejskiej pochodzi 37% sprowadzanego do kraju LPG. Kraje bezpośrednio sąsiadujące z Polską są dostawcą 35% całego importu tego paliwa.

Polska to nadal jeden z największych w Europie konsumentów LPG przeznaczonego do zasilania silników samochodowych, mimo iż w roku 2008 sprzedaż tego produktu zmalała w porównaniu z rokiem 2007 o 3,3%. Udział LPG w sprzedaży paliw ciekłych wynosił w roku 2008 14,1%. Dane te, w porównaniu do sprzedaży benzyny silnikowej i oleju napędowego, zamieszczono w tablicy 4 [13].

W utrzymywaniu się zainteresowania LPG jako paliwem do zasilania silników samochodowych dużą rolę odgrywa czynnik ekonomiczny, jakim jest nadal korzystna relacja ceny LPG do ceny benzyny silnikowej – pomimo obciążeń podatkowych wprowadzonych dla tego paliwa. Spowodowały one, że w roku 2008 cena LPG stanowiła już 58% ceny benzyny bezołowiowej 95.

Znacząca liczba konsumentów LPG jako paliwa do silników samochodów, licząca obecnie ponad dwa miliony właścicieli pojazdów, zainteresowana jest dobrą jakością tego paliwa.

Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. (Dz.U. 2006 r. Nr 169, poz. 1200) nakłada obowiązek kontroli jakości LPG w ramach systemu monitorowania i kontrolowania jakości paliw ciekłych.

Tablica 4. Udział LPG w sprzedaży paliw ciekłych

Rodzaj paliwa	Udział w sprzedaży paliw ciekłych [%]
Benzyny silnikowe	26,4
Olej napędowy	59,5
LPG	14,1

Działania kontrolne jakości LPG, realizowane przez Inspekcję Handlową, rozpoczęły się w 2007 roku, a ich zakres był ograniczony do kilku województw. W 2008 r. kontynuowano działania kontrolne dotyczące jakości LPG w całym kraju.

Wymagania jakościowe dla tego paliwa przeznaczonego do napędu samochodów zawiera Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 grudnia 2006 r. Wymagania te przedstawiono w tablicy 5.

Powyższe wymagania oparte są na normie PN-EN 589:2006 *Paliwa do pojazdów samochodowych. LPG. Wymagania i metody badań*. W lipcu 2009 roku zostało zatwierdzone nowe wydanie normy PN-EN 589, gdzie jedną ze zmian było wprowadzenie wymagań dla ga-

Tablica 5. Wymagania jakościowe dla gazu skroplonego LPG zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 28 grudnia 2006 r. [15]

Właściwości	Jednostki	Zakresy	
		minimum	maksimum
Motorowa liczba oktanowa MON		89,0	–
Całkowita zawartość dienów (włączając 1,3-butadien)	[% molowy]	–	0,5
Siarkowódor		Brak	
Całkowita zawartość siarki (po wprowadzeniu substancji zapachowej)	[mg/kg]	–	50
Badanie działania korodującego na miedzi (1 h w temperaturze 40°C)	klasa korozji	Klasa 1	
Pozostałość po odparowaniu	[mg/kg]	–	100
Względna prężność par w temperaturze 40°C	[kPa]	–	1550
Temperatura, w której względna prężność par jest nie mniejsza niż 150 kPa			
- dla okresu zimowego <sup>1)</sup>	[°C]		–10
- dla okresu letniego <sup>2)</sup>	[°C]		+10
Zawartość wody		brak wolnej wody w temperaturze 0°C	
Zapach		<sup>3)</sup>	

<sup>1)</sup> Okres zimowy trwa od 01 listopada do 31 marca.

<sup>2)</sup> Okres letni trwa od 01 kwietnia do 31 października.

<sup>3)</sup> Zapach gazu powinien być rozróżnialny i nieprzyjemny oraz wyczuwalny w powietrzu przy stężeniu wynoszącym 20% dolnej granicy wybuchowości.

tunku B, w miejsce wymagań dla gatunku A, jako obowiązującego w okresie zimowym, z jednoczesną zmianą czasu trwania tego okresu. Oznacza to, że w okresie od 1 grudnia do 31 marca temperatura, w której względna prężność par gazu skroplonego LPG wyniesie nie mniej

niż 150 kPa, musi być nie wyższa niż  $-5^{\circ}\text{C}$  [11]. Rozporządzenie Ministra Gospodarki dotyczące wymagań jakościowych dla tego paliwa oparte jest na przedmiotowej normie, dlatego również w tym zakresie należy spodziewać się zmian.

### Przegląd procesów rafineryjnych, w których powstają komponenty LPG

Gaz skroplony LPG jest produktem otrzymywanym z gazu ziemnego podczas stabilizacji ropy naftowej i procesów rafineryjnych przetwarzających ropę naftową i uzyskane z niej destylaty. Frakcja  $\text{C}_3\text{-C}_4$ , wydzielana podczas odgazolinowania gazu ziemnego kondensatowego lub stabilizacji ropy naftowej, zawiera wyłącznie węglowodory nasycone: propan, butan i izobutan.

W rafinerii o rozbudowanym schemacie technologicznym komponenty LPG uzyskuje się w trakcie procesów obejmujących: pierwotną (zachowawczą) i wtórną (pogłębioną) przeróbkę ropy naftowej, uszlachetnianie destylatów oraz produkcję eterów, a także podczas niektórych procesów petrochemicznych. Do komponowania

LPG wykorzystywane są lekkie frakcje węglowodorowe, o przeważającym udziale węglodorów  $\text{C}_3\text{-C}_4$ , pochodzące z instalacji:

- destylacji (DRW),
- reformingu katalitycznego,
- fluidalnego krakingu katalitycznego (FKK),
- hydrokrakingu,
- izomeryzacji,
- alkilacji,
- produkcji eterów.

W składzie frakcji  $\text{C}_3\text{-C}_4$  z procesów rafineryjnych, oprócz propanu, izobutanu i n-butanu, występują także nienasycone węglowodory o 3 i 4 atomach węgla.

### Ocena zagrożeń jakości LPG

Gaz skroplony LPG jako paliwo do pojazdów samochodowych ma najkrótszy staż na rynku paliw ciekłych. Później też, w porównaniu z innymi paliwami ciekłymi (benzyną silnikową i olejem napędowym), rozpoczęło się monitorowanie i kontrolowanie jego jakości przez Inspekcję Handlową.

Z raportów Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów wynika, że podczas kontroli jakości LPG najczęściej kwestionowanymi parametrami tego paliwa były [8, 14]:

- w roku 2007:
  - całkowita zawartość siarki,
  - działanie korodujące na miedzi,
  - temperatura, w której względna prężność par jest nie mniejsza od 150 kPa.

Kontrola jakości LPG obejmowała tylko kilka województw i prowadzono ją w okresie od sierpnia do grudnia 2007 r.

- w roku 2008:
  - liczba oktanowa motorowa (LOM),
  - całkowita zawartość siarki,
  - działanie korodujące na miedzi,
  - temperatura, w której względna prężność par jest nie mniejsza od 150 kPa,
  - zapach.

Działania kontrole prowadzone były przez cały rok 2008 na terenie wszystkich województw.

Rafineryjna produkcja skroplonego gazu węglodorowego LPG przeznaczonego do zasilania silników samochodowych polega na zmieszaniu dostępnych strumieni komponentów (zawierających głównie węglowodory  $\text{C}_3\text{-C}_4$ ) w odpowiednio dobranych udziałach ilościowych, zapewniających uzyskanie finalnego produktu o właściwościach zgodnych z wymaganiami jakościowymi obowiązującej specyfikacji.

Odstępstwa jakościowe handlowego produktu LPG od parametrów normowanych, takich jak wymieniono powyżej, wynikać mogą z co najmniej dwóch przyczyn:

- niewłaściwego składu paliwa,
- obecności zanieczyszczeń w paliwie.

#### Zagrożenia jakości LPG wywołane niewłaściwym składem

Niektóre parametry jakościowe LPG występujące w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 grudnia 2006 r. wyznaczane są metodą obliczeniową. Do właściwości tych należą: liczba oktanowa motorowa, temperatura, w której względna prężność par jest nie mniejsza od 150 kPa i względna prężność par w temperaturze  $40^{\circ}\text{C}$ . W celu określenia wartości tych parametrów jakościowych

konieczna jest znajomość składu węglowodorowego LPG, wyznaczonego metodą chromatograficzną, oraz współczynników przeliczeniowych, umożliwiających obliczenie liczby oktanowej motorowej i absolutnej prężności par w różnych temperaturach. Współczynniki charakteryzujące poszczególne składniki węglowodorowe LPG zamieszczono w normie PN-EN 589:2006.

Głównymi składnikami węglowodorowymi handlowego paliwa LPG są: propan, n-butan i izobutan. Oprócz wymienionych węglowodorów, w LPG obecne są w niewielkich ilościach: etan i etylen oraz buteny (buten-1, izobuten, trans-, i cis-buten-2).

W tablicy 6 porównano współczynniki przeliczeniowe charakteryzujące propan, butan, i izobutan, służące do wyznaczania istotnych parametrów użytkowych LPG w zależności od udziałów tych składników, wyrażonych w ułamkach molowych [10].

Tablica 6. Wartości współczynników przeliczeniowych dla propanu i butanu, wykorzystywanych w metodach obliczeniowych (dla składu LPG wyrażonego w ułamkach molowych)

Współczynniki	Propan	Butan	Izobutan
Do obliczania LOM	95,4	89,0	97,2
Do obliczania absolutnej prężności par*			
- w temp. $-10^{\circ}\text{C}$ (gatunek A)	346,37	71,26	109,95
- w temp. $+10^{\circ}\text{C}$ (gatunek D)	630,67	149,22	221,45

\* Metodą obliczeniową wyznacza się absolutną prężność par LPG. Względna prężność par jest różnicą absolutnej prężności par i ciśnienia atmosferycznego.

Tablica 7. Właściwości mieszaniny propan – n-butan, wyznaczone metodą obliczeniową

Zawartość [% (m/m)]		LOM	Względna prężność par w temp. $-10^{\circ}\text{C}$ gatunek A	Względna prężność par w temp. $+10^{\circ}\text{C}$ gatunek D
propanu	n-butanu			
0	100	89	—*	48
10	90	89,8	5	109
17	83	90,4	28	150
20	80	90,6	38	167
30	70	91,3	69	222
40	60	92,0	99	273
50	50	92,6	126	322
59	41	93,2	150	363
60	40	93,2	153	368
70	30	93,8	178	411
80	20	94,4	201	453
90	10	94,9	224	492
100	0	95,4	245	529

\* Wynik obliczeń ujemny.

Biorąc pod uwagę wartości wszystkich współczynników wymienionych w tablicy 6, najbardziej korzystnym składnikiem gazu skroplonego LPG jest propan, natomiast n-butan – ze względu na niskie współczynniki względnej prężności par w obu wskazanych temperaturach – jest komponentem najmniej korzystnym.

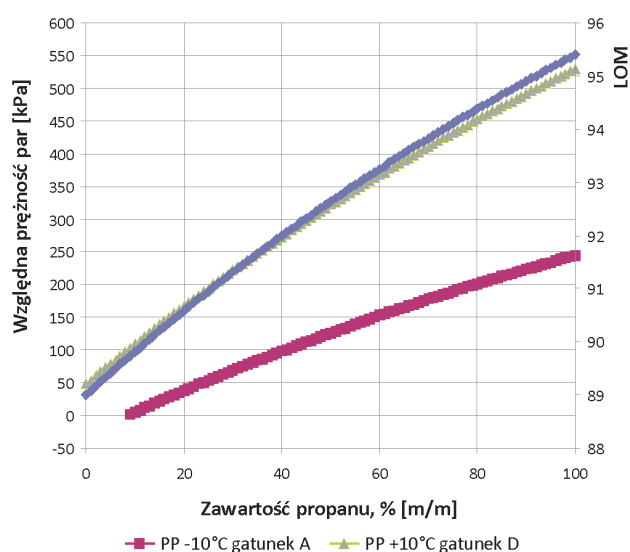
Norma PN-EN 589:2006 nie określa w sposób bezpośredni granic udziałów poszczególnych węglowodorów w LPG. Jednak sformułowanie wymagań jakościowych w zakresie podstawowych parametrów użytkowych dotyczących liczby oktanowej motorowej i temperatury, w której względna prężność par jest nie mniejsza niż 150 kPa, w sposób pośredni wymusza odpowiedni skład komponentowy tego paliwa. W składzie węglowodorowym LPG konieczny jest taki udział propanu, który będzie gwarantował spełnienie wymagań umożliwiających zaliczenie produktu handlowego do jednego z dwóch gatunków: **A** – obowiązującego w sezonie zimowym lub **D** – obowiązującego w sezonie letnim. Kryterium pozwalającym na określenie gatunku LPG jest temperatura, w której prężność par jest nie mniejsza niż 150 kPa.

Zbyt niski udział ilościowy propanu w składzie komponentowym LPG skutkować może zaniżoną względną prężnością par, w porównaniu do wartości wymaganej dla gatunku A w okresie zimowym.

Zbyt niski udział ilościowy propanu w składzie komponentowym LPG skutkować może zaniżoną względną prężnością par, w porównaniu do wartości wymaganej dla gatunku A w okresie zimowym.

Wpływ zmiany zawartości propanu do zawartości n-butanu w mieszaninie, na podstawowe parametry użytkowe LPG, wyznaczone metodą obliczeniową, przedstawiono w tablicy 7 i na rysunku 1.

Analiza właściwości dwuskładnikowej mieszaniny propan-butan wskazuje, że przy minimalnej zawartości 17% propanu w okresie letnim oraz przy minimalnej zawartości 59% propanu w okresie zimowym, w mieszaninie z n-butanem, możliwe jest spełnienie minimalnych kryteriów jakościowych (LOM-89



Rys. 1. Wpływ zmiany zawartości propanu do n- butanu w mieszaninie na podstawowe parametry użytkowe LPG

jednostek, względna prężność par – 150 kPa), wymaganych dla LPG. Powyższe dane mają charakter poglądowy. Ich celem jest pokazanie kierunku zmian obliczanych właściwości mieszaniny skroplonych gazów węglowodorowych, w zależności od jej składu komponentowego.

Jak uprzednio wspomniano, handlowy produkt LPG jest mieszaniną bogatszą pod względem składu węglowodorowego. Każdy składnik węglowodorowy, występujący w ilości co najmniej 0,1% molowego, będzie wpływał na finalne właściwości paliwa, a szczególnie udziały tych węglowodorów, które charakteryzują się bardzo wysokimi współczynnikami prężnościowymi (np. współczynnik absolutnej prężności par dla etanu w temperaturze  $-10^{\circ}\text{C}$  wynosi 1873,94).

Propan jest komponentem droższym niż frakcje butanowe (n-butan + izobutan) [5]. Czynniki ekonomiczne może więc w sposób pośredni decydować o jakości finalnego LPG. Zwiększanie ze względów ekonomicznych udziału frakcji  $\text{C}_4$  w skroplonym gazie węglowodorowym – zwłaszcza w okresie zimowym – skutkować może pogorszeniem jakości tego paliwa; szczególnie niekorzystny wpływ będzie to miało na właściwości użytkowe.

#### Zagrożenia jakości LPG spowodowane zanieczyszczeniami

Stwierdzone w handlowym LPG odstępstwa od wymagań jakościowych, w zakresie całkowitej zawartości siarki i działania korodującego na miedzi, mogą być powodowane obecnością zanieczyszczeń. Do związków chemicznych i substancji stanowiących zanieczyszczenia tego paliwa zaliczane są [6]:

- amoniak,
- metanol,
- woda,
- związki siarki,
- fluorki,
- cząstki metali (Cu, Zn, Pb, Fe) z systemu dystrybucji LPG,
- zanieczyszczenia mechaniczne,
- ciężkie węglowodory (ze środków smarowych),
- plastyfikatory wmywane z węży przesyłowych.

Do niepożądanych związków siarki znajdujących się w LPG należą: siarkowodor, merkaptany, siarczek karbonylu oraz organiczne siarczki i dwusiarczki [2, 3, 9, 7]. Związki te mogą oddziaływać korozyjnie na miedź, a tym samym powodować odstępstwa od wymagań specyfikacji w zakresie tego parametru. Do grupy tej nie są wliczane związki siarki, które stosuje się jako środki nawaniające LPG (np. merkaptan etylowy).

Część z wymienionych powyżej zanieczyszczeń (punkty: c, f, g, h, i) pochodzi prawdopodobnie z elementów sieci dystrybucyjnej (rurociągów, zbiorników, pomp), natomiast źródłem niepożądanych zanieczyszczeń w postaci ww. związków chemicznych (punkty: a, b, d, e) mogą być strumienie komponentów LPG.

W procesach rafineryjnych podczas procesów konwersji, hydroodsiarczania, hydroodazotowania i hydroodtlenniania dochodzi do przekształcenia złożonych związków siarki, azotu i tlenu – zawartych w surowcu – w siarkowodor, amoniak i wodę, które to składniki są potem obecne w lekkich produktach węglowodorowych.

Źródłem najbardziej zsiarczonych frakcji  $\text{C}_3\text{-C}_4$  są instalacje DRW i izomeryzacji, z powodu dużej ilości siarki występującej w surowcach kierowanych do tych instalacji (ropa naftowa i jej nierafinowane destylaty).

Surowiec dla FKK może być częściowo odsiarczony w procesie hydrokrakingu, dlatego frakcja  $\text{C}_3\text{-C}_4$  może zawierać mniej siarki niż komponenty z DRW i izomeryzacji.

We frakcji  $\text{C}_3\text{-C}_4$  z reformingu możliwa jest obecność siarkowodoru, amoniaku i chlorków (tworzących się podczas aktywacji katalizatora reformingu), które powstają jako produkty uboczne w procesie reformingu [16].

Frakcja rafinatu  $\text{C}_4$  z instalacji produkcji eterów zawierać może związki tlenowe – produkty główne i uboczne procesu eteryfikacji, takie jak: metanol, etanol, eter metylo-tert-butyloowy, czy też eter etylo-tert-butyloowy.

Jeżeli do produkcji LPG stosowana jest frakcja n-butanowa z alkilacji, prowadzonej w obecności HF, to w komponencie tym mogą być obecne fluorki. Ewentualność taką przewiduje australijska specyfikacja dla LPG,

wprowadzająca wymaganie ograniczające maksymalną zawartość tych związków [1].

Frakcje C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> pochodzące z DRW, izomeryzacji, fluidalnego krakingu katalitycznego, alkilacji, reformingu i produkcji eterów, przed procesem komponowania LPG poddawane są procesom oczyszczania, które powinny doprowadzić do eliminacji wymienionych powyżej związków chemicznych w produkcie finalnym. Nie można jednak wykluczyć, że śladowe ilości zanieczyszczeń znajdują się w produkcie handlowym LPG – np. wskutek wadliwie działających procesów oczyszczania strumieni komponentów LPG – i będą powodować niedotrzymanie parametrów

jakościowych tego paliwa, szczególnie w zakresie działania korodującego na miedzi.

Skład komponentowy LPG, obejmujący udział typowych składników węglowodorowych i związków chemicznych stanowiących zanieczyszczenia tego paliwa, może stanowić zagrożenia dla jakości produktu finalnego. Aby minimalizować te zagrożenia należy:

- w sposób optymalny dla sezonu letniego i zimowego dobierać proporcje ilościowe między propanem a frakcjami butanowymi,
- wprowadzić obligatoryjny wymóg uszlachetniania LPG już na etapie produkcji.

### Podsumowanie

LPG jest produktem stosunkowo nowym na rynku paliw ciekłych, w porównaniu z paliwami klasycznymi. Dane literaturowe wskazują zanieczyszczenia chemiczne spotykane w składzie handlowego LPG jako jedno ze źródeł pogorszenia jego jakości. Kolejną przyczyną

niewłaściwej jakości tego produktu może być jego nieprawidłowy skład, uniemożliwiający spełnienie wymagań specyfikacji związanych z okresem letnim bądź zimowym, właściwych dla obowiązującego wtedy gatunku paliwa.

Artykuł nadesłano do Redakcji 11.08.2009 r. Przyjęto do druku 29.10.2009 r.

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski

### Literatura

- [1] Australian Liquefied Petroleum Association LTD. Liquefied Petroleum Gas for Automotive Use. Specification 2004. [http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/retail/retail\\_australia/STAGING/local\\_assets/downloads\\_pdfs/Aust\\_autogas\\_ALPGA\\_Spec2004](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/retail/retail_australia/STAGING/local_assets/downloads_pdfs/Aust_autogas_ALPGA_Spec2004)
- [2] Contaminated gas; [http://www.shell.com/home/content/innovation/meeting\\_demand/finding\\_new/contaminated\\_gas/contaminated\\_gas.html](http://www.shell.com/home/content/innovation/meeting_demand/finding_new/contaminated_gas/contaminated_gas.html)
- [3] Habibi S., Nava J.: *Update hydrotreating methods for LPG*. Hydrocarbon Processing, July 2007.
- [4] [http://www.pogp.pl/public/folder.php?folder\\_id=22](http://www.pogp.pl/public/folder.php?folder_id=22)
- [5] Internetowy portal paliwowy; <http://www.e-petrol.pl>
- [6] Investigation of Portable of Handheld Devices for Detecting Contaminants In LPG; [http://www.propanecouncil.org/uploadedFiles/11296\\_SwRI\\_Handheld\\_FinalReport\\_rev2.pdf](http://www.propanecouncil.org/uploadedFiles/11296_SwRI_Handheld_FinalReport_rev2.pdf)
- [7] LPG Contaminations by Interactions of Sulphur Compounds; <http://www.witherbyseamanship.com/product/LPG-Contaminations-by-Interactions-of-Sulphur-Compounds.htm>
- [8] Maciejowski W.: *Inne spojrzenie na kontrole jakości paliw przeprowadzane przez Inspekcję Handlową w 2007 r.* Paliwa Płynne, luty 2008.
- [9] Nielsen R.B., Rogers J., Bullin J. A., Duewall K.J.: *Treat LPGs with amines*. Hydrocarbon Processing, September 1997.
- [10] Norma PN-EN 589:2006, *Paliwa do pojazdów samochodowych. LPG. Wymagania i metody badań*.
- [11] Norma PN-EN 589:2009, *Paliwa do pojazdów samochodowych. LPG. Wymagania i metody badań*.
- [12] Polska Organizacja Gazu Płynnego: *Raport Roczny 2004*. Warszawa 2005.
- [13] Polska Organizacja Gazu Płynnego: *Raport Roczny 2008*. Warszawa 2009.
- [14] Raport UOKiK, *Wyniki kontroli jakości paliw ciekłych realizowanych przez Inspekcję Handlową w okresie styczeń-grudzień 2008*. Warszawa, luty 2009.
- [15] Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 grudnia 2006 r. w sprawie wymagań jakościowych dla gazu skroplonego (LPG).
- [16] Suarez F.J.: *Eliminating Chloride Corrosion and Fouling of Reformer Stabilizer Columns*, [http://www.merichem.com/products\\_services/refining\\_technology/product\\_literature/chloride/index.php](http://www.merichem.com/products_services/refining_technology/product_literature/chloride/index.php)



Mgr inż. Bogusława DANEK – starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Paliw i Procesów Katalitycznych INiG. Od ponad 25 lat zajmuje się tematyką technologii benzyn silnikowych, w tym zawierających biokomponenty, a także tematyką związaną z biopaliwami.