

Martynika Pałuchowska  
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

## Ograniczanie emisji szkodliwych składników w transporcie lotniczym – aktualne i perspektywiczne rozwiązania prawne i organizacyjne

### Wstęp

Obecnie głównym paliwem stosowanym w silnikach lotniczych tłokowych jest benzyna lotnicza etylizowana typu Avgas 100LL. Najważniejszymi jej światowymi producentami są British Petroleum, Shell, Total i Exxon [19]. Obecnie 70% benzyny lotniczej Avgas 100LL jest używane przez 30% samolotów całej floty lotniczej, które nie są przystosowane do stosowania paliw alternatywnych [16].

Jakkolwiek na świecie podejmowanych jest jeszcze niewiele działań na większą skalę w kierunku eliminacji związków ołowiu z benzyny lotniczej, to badania w za-

kresie technologii bezołowiowych benzyn lotniczych prowadzone są od lat siedemdziesiątych XX wieku. Wobec światowych zmian w jakości benzyn silnikowych i wycofania z nich czteroetylku ołowiu, szkodliwego dla środowiska naturalnego, jedynym paliwem etylizowanym pozostaje benzyna lotnicza. Stwarza to określone trudności w logistyce. Wobec wzrastającego ruchu lotniczego, także w segmencie samolotów wykorzystujących benzynę lotniczą, nie pozostaje to również bez wpływu na zanieczyszczenie środowiska.

### Przygotowania do ograniczania szkodliwych składników emisji w transporcie lotniczym

Coraz większa dostępność podróżowania samolotami jest dodatkowym czynnikiem zwiększającym emisję gazów cieplarnianych. Transport lotniczy to obecnie najszybciej rosnące źródło emisji ditlenku węgla. W okresie 1998–2006 transport lotniczy, generując wzrost z 12,4% do 14% ilości zużywanej energii, plasował się na drugim miejscu [2].

Dla Polski, zobowiązanej do inwentaryzacji emisji krajowej gazów cieplarnianych z sektora lotniczego według metodologii 1) IPCC (1997) Revised 1996-IPCC *Guide-*

*lines for National Greenhouse Gas Inventories Reference Manual IPCC* oraz 2) IPCC (2006) *2006-IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, podano w tabeli 1 dane dotyczące wskaźników emisji [8].

Zużycie energii w odniesieniu do benzyn lotniczych i paliwa lotniczego w Polsce według [8] w 2007 r. wyniosło odpowiednio 176,00 TJ i 928,80 TJ.

Komisja Europejska, mając na uwadze powyższe, już w 1999 r. przygotowała dla Rady Europy, Parlamentu Euro-

Tablica 1. Wskaźniki emisji GHG z paliw sektora lotniczego

Paliwo	Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub> [kg/GJ]	Wskaźnik emisji CH <sub>4</sub> [kg/GJ]	Wskaźnik emisji N <sub>2</sub> O [kg/GJ]
Paliwo lotnicze w lotnictwie międzynarodowym – bunkier	73,26	0,0005	0,0023
Paliwo lotnicze w lotnictwie cywilnym krajowym	73,26	0,0005	0,0023
Benzyna lotnicza	72,10	0,0600	0,0009

pejskiego, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów komunikat w sprawie wpływu transportu lotniczego na środowisko naturalne z propozycjami rozwiązań w zakresie zrównoważonego rozwoju [7].

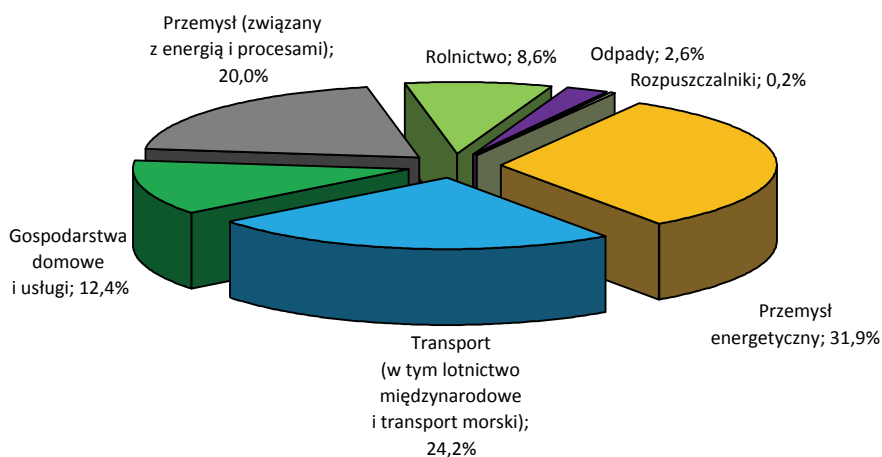
Jednym z rozwiązań jest postulowane przez Unię Europejską ustalenie limitów emisji ditlenku węgla z przelotów, np. na poziomie 2005 r., i stopniowe, rok po roku ich ograniczanie (system *cap&trade*). Osiągnięcie celu nastąpi w pierwszej kolejności poprzez regulację liczby przelotów (cena przelotu), tak aby wielkość ta zapewniła spełnienie ustalonych limitów emisji. Ma to na celu stymulowanie rozwoju technologii silników lotniczych o dwukrotnie niższym spalaniu, co z kolei pozwoli dwukrotnie zwiększyć liczbę przelotów. W następnej kolejności opracowanie silników lotniczych np. z wykorzystaniem ogniw paliwowych może prowadzić do przywrócenia nieograniczonej możliwości przelotów bez negatywnego wpływu na środowisko, z jednoczesną zmianą procesów przemysłowych i energetycznych, które odpowiadają za znaczą część emisji związanej z budową samolotów i utrzymaniem infrastruktury.

Przyjęty przez Parlament Europejski pakiet klimatyczny obejmuje dyrektywę RED, która dotyczy trzech sektorów gospodarki: produkcji energii elektrycznej, ciepłownictwa oraz transportu [4, 20]. Państwa członkowskie same decydują o tym, jaki wkład będą mieć poszczególne sektory w osiągnięciu ogólnego celu 20% udziału, ale sugeruje się, aby państwa członkowskie zapewniły 10-proc. udział energii odnawialnej w sektorze transportowym do 2020 r. Przegląd systemu ETS wprowadzonego dyrektywą 2003/87/EC [10] w stosunku do sektora lotniczego wskazuje, że od 2012 r. system ten obejmie również emisję ditlenku węgla generowaną przez samoloty lotnictwa cywilnego. To oznacza, że linie lotnicze realizujące loty na

terenie Europy oraz do i z Europy będą zobowiązane do uzyskania uprawnień na emisje wygenerowane podczas tych lotów. Wykorzystanie handlu emisjami do zmierzenia się z kwestią szybko rosnących emisji w przemyśle lotniczym jest w pełni zgodne z międzynarodowymi zobowiązaniami UE oraz z decyzjami podjętymi na zgromadzeniu Międzynarodowej Organizacji Lotnictwa Cywilnego w 2004 r. Na rysunku 1 przedstawiono za [14] dane z 2007 r. dotyczące całkowitego poziomu emisji gazów cieplarnianych w 27 państwach członkowskich Unii Europejskiej, w podziale na sektory gospodarki.

W odniesieniu do paliw lotniczych pierwsze kroki w zakresie ograniczania emisji szkodliwych składników z transportu lotniczego w UE podjęto w stosunku do paliwa lotniczego JetA. Komisja Europejska wraz z Airbusem i przedstawicielami lotnictwa cywilnego oraz producentów biopaliw zainicjowali działanie pod nazwą Europejska Droga Wykorzystania Biopaliw w Lotnictwie (*Launch of the European Advanced Biofuels Flightpath*) [1, 18]. Jego zadaniem jest zapewnienie komercjalizacji proekologicznych biopaliw parafinowych w sektorze lotnictwa poprzez osiągnięcie zużycia 2 mln ton/rok w 2020 r. W tym celu konieczne jest połączenie sił w tworzeniu właściwych i skutecznych mechanizmów finansowych, by wesprzeć budowę zaawansowanych, innowacyjnych przemysłowych zakładów produkcji biopaliw. Akcja koncentruje się na następujących zagadnieniach:

- ułatwianiu postępu w normalizacji dla rozwijanych biopaliw i ich certyfikacji do użytku w komercyjnych samolotach;
- współpracy całego łańcucha dostaw w celu dalszego rozwoju powszechnie przyjętych ram certyfikacji zrównoważonego rozwoju;
- uzgodnieniu systemu logistyczno-ekonomicznego wprowadzania biopaliw w określonym czasie;
- promowaniu odpowiednich publicznych i prywatnych działań w celu zapewnienia wprowadzania na rynek parafinowych biopaliw w sektorze transportu lotniczego;
- ustanowieniu struktury finansowania przedsięwzięć w celu ułatwienia realizacji projektów biopaliw drugiej generacji (2G);
- przyspieszeniu badań i innowacji ukierunkowanych na zaawanso-



Rys. 1. Całkowity poziom emisji GHG w EU27 w 2007 r.

Źródło: Europejska Agencja Środowiskowa (EEA), w oparciu o szacunkowe dane z 2007 r.

wane technologie związane z biopaliwami, a zwłaszcza związanych z wykorzystaniem alg;

- podjęciu działań w celu informowania obywateli europejskich o korzyściach z zastępowania paliwa naftowego przez certyfikowane, zrównoważone biopaliwa.

Metody pracy i zarządzania zawarto w Strategicznym Planie Technologii Energetycznych (SET-P) Unii Europejskiej, przedstawionym przez Komisję i zatwierdzonym przez Parlament Europejski oraz szefów państw i rządów 4 lutego 2011 r.

Tablica 2. Harmonogram działań w zakresie biopaliw w lotnictwie

Czas realizacji	Działanie	Cel/wynik
Krótkoterminowy (następne 0–3 lat)	Ogłoszenie działań na międzynarodowym pokazie lotniczym w Paryżu	Zaangażowanie wszystkich zainteresowanych podmiotów, w tym państw członkowskich
	Rozmowy na wysokim szczeblu z instytucjami finansowymi, aby rozwiązać mechanizmy finansowania	Uzyskanie porozumienia w sprawie funduszu „biopaliwa w lotnictwie”
	Wyprodukowanie powyżej 1000 ton biopaliwa metodą Fischera-Tropscha	Weryfikacja jakości produktu Fischera-Tropscha. Znaczne ilości syntetycznego biopaliwa będą dostępne do lotów testowych
	Produkcja lotniczej klasy biopaliwa w instalacjach hydorafinacji oleju roślinnego (HVO) pochodzącego z surowca spełniającego kryteria zrównoważonego rozwoju	Prowadzenie badań w celu odbycia kilku regularnych lotów na biopaliwie HVO pochodzącym z surowca spełniającego kryteria zrównoważonego rozwoju
	Zabezpieczenie publicznych oraz prywatnych mechanizmów finansowych i prawnych dla rozwoju przemysłowych zakładów produkcji biopaliw drugiej generacji	Zapewnienie środków finansowych na inwestycje oraz umożliwienie korzystania z biopaliwa lotniczego na warunkach ekonomicznie akceptowalnych
	Umowa kupna biopaliwa podpisana pomiędzy sektorem lotnictwa i producentami biopaliw	Zapewnienie rynku dla produkcji biopaliwa lotniczego oraz ułatwienie inwestowania w produkcję przemysłową biopaliw drugiej generacji (2G)
	Rozpoczęcie budowy pierwszej serii obiektów 2G	Rozruch obiektów w latach 2015–2016
Średnioterminowy (4–7 lat)	Dostępność 2000 ton oleju algowego	Pierwsze ilości oleju algowego zastosowane do produkcji paliwa lotniczego
	Dostawa 1,0 mln ton hydorafinowanych olejów i 0,2 mln ton syntetycznego biopaliwa lotniczego na rynek lotniczy	1,2 mln ton biopaliw jest mieszane z paliwem naftowym
	Rozpoczęcie budowy drugiej serii obiektów 2G, w tym biopaliw algowych oraz olejów pirolitycznych z pozostałości	Uruchomienie do 2020 r.
Długoterminowy (do 2020 r.)	Dostawa dodatkowych 0,8 mln ton biopaliw lotniczych na bazie biopaliw syntetycznych, olejów pirolitycznych i biopaliw algowych	2,0 mln ton biopaliw jest mieszane z paliwem naftowym
	Dalsze dostawy biopaliw dla lotnictwa. Biopaliwa wykorzystywane są w większości portów lotniczych UE	Osiągnięcie komercjalizacji biopaliw lotniczych

### Działania w UE sprawie wycofywania ołowiu z benzyny lotniczej

W skali całego świata zużycie benzyny lotniczej wynosi około 2 mln ton/rok, z czego ponad połowa zużywana jest w USA, a w Europie około 120÷130 tys. ton rocznie [15]. W odniesieniu do benzyn lotniczych, których zużycie jest nieporównywalnie mniejsze niż paliw lotniczych, Unia Europejska na razie nie podejmuje tak jasno sprecyzowanych działań jak w przypadku paliwa lotniczego JetA.

W Europie od 1999 r. obowiązuje *Dyrektywa Rady 1999/30/WE z dnia 22 kwietnia 1999 r. odnosząca się do*

*wartości dopuszczalnych dla dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i tlenków azotu oraz pyłu i ołowiu w otaczającym powietrzu* [13]. Dyrektywa ta określa wartości dopuszczalne dla zawartości ołowiu w powietrzu w bezpośrednim pobliżu źródeł przemysłowych zlokalizowanych na terenach zanieczyszczonych na skutek prowadzonej przez dziesiątki lat działalności przemysłowej. Dotyczy ona także tych źródeł w odniesieniu do nowo tworzonych obszarów, w których wykorzystywane będą szkodliwe związki ołowiu.

Z kolei *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/1/WE z dnia 15 stycznia 2008 r. dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli* [11] wyznacza cele i zasady wspólnotowej polityki ochrony środowiska, polegające w szczególności na zapobieganiu, zmniejszaniu oraz, w miarę możliwości, na unieszkodliwianiu zanieczyszczeń poprzez przyznanie priorytetu dla interwencji u źródła i zapewnieniu rozsądnej gospodarki zasobami naturalnymi, zgodnie z zasadą „zanieczyszczający płaci” oraz z zasadą zapobiegania zanieczyszczeniom. Wdrażanie zintegrowanego podejścia na rzecz zmniejszenia zanieczyszczeń wymaga działań na poziomie wspólnotowym, w celu zmiany i uzupełnienia istniejącego ustawodawstwa wspólnotowego dotyczącego zapobiegania zanieczyszczeniom pochodzącym z zakładów przemysłowych i ich ograniczania.

W *Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy* [12] stwierdzono konieczność redukcji zanieczyszczeń do poziomów, które minimalizują skutki ich szkodliwego działania na zdrowie ludzkie, ze szczególnym uwzględnieniem populacji wrażliwych oraz środowiska jako całości, oraz potrzebę poprawy monitorowania i oceny jakości powietrza, w tym również depozycji zanieczyszczeń, a także potrzebę informowania społeczeństwa. Mając na względzie ochronę zdrowia ludzkiego i środowiska jako całości, szczególnie ważna jest walka z emisjami zanieczyszczeń u źródła oraz identyfikacja i wdrażanie na szczeblu lokalnym, krajowym i wspólnotowym najskuteczniejszych środków mających na celu redukcję emisji. Z tego względu powinno się zapobiegać lub ograniczać emisję szkodliwych zanieczyszczeń powietrza oraz ustanowić właściwe cele dotyczące jego jakości, z uwzględnieniem odpowiednich norm, wytycznych i programów Światowej Organizacji Zdrowia.

Komunikat Komisji Europejskiej w sprawie planu utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu [6] mówi w punkcie 7, że mimo znacznego postępu technicznego oraz potencjału w zakresie oszczędnych pod względem kosztów i energii rozwiązań i działań politycznych, system transportowy praktycznie się nie zmienił. Transport jest co prawda bardziej energooszczędny, ale 96% potrzeb energetycznych UE w tym sektorze nadal zależy od ropy i produktów ropopochodnych. Sektor jest też bardziej ekologiczny, ale jego wzrost oznacza, że pozostaje on znaczącym źródłem hałasu i zanieczyszczenia powietrza w skali lokalnej. W punkcie 8 stwierdza się, że nowe technologie w zakresie pojazdów i zarządzania ruchem będą kluczem do obniżenia emisji pochodzących z transportu w UE i na świecie. Ze względu

na to, że planowanie, budowa i wyposażenie infrastruktury trwa latami, zaś pociągi, samoloty i statki są wykorzystywane przez dziesięciolecia, podejmowane obecnie wybory będą decydować o transporcie w 2050 r. Rozwiązanie powyższych problemów oznacza, że do 2050 r. zrealizowane zostaną bardzo trudne cele, zaś do lat 2020/2030 – ambitne cele pozwalające na zapewnienie właściwego kierunku działań. Wizja Komisji dotyczy trzech głównych segmentów sektora: transportu na średnie odległości, dalekie odległości i transportu miejskiego. W drugiej części dokumentu, pt.: *Innowacje z myślą o przyszłości: technologia i zachowanie* – zgodnie z europejską polityką badań i innowacji w dziedzinie transportu przedstawiono plan działania w zakresie technologii. Celem są ekologiczne, bezpieczne i ciche pojazdy we wszystkich rodzajach transportu, od pojazdów drogowych przez statki, barki, tabor kolejowy, po statki powietrzne (w tym nowe materiały, układy napędowe i narzędzia informatyczne oraz narzędzia pozwalające na zarządzanie kompleksowymi systemami transportu i na ich integrację). Kolejnym celem jest zrównoważona alternatywna strategia w zakresie paliw, obejmująca również stosowną infrastrukturę.

Dokumenty powyższe wyznaczają jednak kierunki rozwoju w zakresie technologii zarówno silników lotniczych, jak i paliw lotniczych, które muszą być dostosowane do możliwości zastosowania ich jako napędu.

Przykładem jest silnik ROTAX® typu 912/914, stosowany w płatowcach, dla którego w instrukcji serwisowej [17] podano, że może być eksploatowany na bezołowiowej benzynie silnikowej E10, po upewnieniu się przez producenta i użytkownika statku powietrznego co do zdolności elementów systemu paliwowego. Silnik ten może pracować na paliwach podanych w tablicy 3.

Silniki lotnicze Rotax zostały opracowane i certyfikowane z myślą o możliwości zastosowania do ich napędu benzyny silnikowej. Użytkownicy tych silników stosujący do ich napędu benzynę lotniczą Avgas 100 LL zauważyli wiele problemów technicznych, których przyczyny związane z obecnością związków ołowiu w paliwie. Dlatego też producent silników Rotax informował o konieczności zdecydowanie częstszych prac serwisowych przy silnikach stosujących tradycyjną benzynę lotniczą Avgas 100LL [15].

Odnosząc się do benzyny lotniczej Avgas niezawierającej związków ołowiu, należy wspomnieć, że od ponad 25 lat jej producentem jest szwedzka firma Hjelmeo. Avgas 91/96 UL, jako druga generacja benzyny lotniczej, jest sprzedawana na około 100 lotniskach w Skandynawii, a jej zużycie na terenie Szwecji jest ilościowo takie samo jak benzyny lotniczej Avgas 100LL [15, 24].



Tablica 3. Rodzaje paliw dla silnika ROTAX® typu 912/914

	Silnik	
	912 UL/A/F	912 ULS/S–914 UL/F
MOGAS (benzyna silnikowa)		
Norma europejska	benzyna silnikowa typu Normal wg EN 228 <sup>1</sup>	
	benzyna silnikowa typu Super wg EN 228 <sup>1</sup>	benzyna silnikowa typu Super wg EN 228 <sup>2</sup>
	benzyna silnikowa typu Super Plus wg EN 228 <sup>1</sup>	benzyna silnikowa typu Super Plus wg EN 228 <sup>2</sup>
Norma kanadyjska	CAN/CGSB 3.5 Quality 1 <sup>3</sup>	CAN/CGSB 3.5 Quality 3 <sup>4</sup>
Norma amerykańska	ASTM D4814 <sup>3</sup>	ASTM D4814 <sup>4</sup>
Avgas (benzyna lotnicza)		
Norma lotnicza	Avgas 100LL (ASTM D910)	Avgas 100LL (ASTM D910)
Dopuszczone gatunki		
	HJELMCO Avgas 91/96 UL <sup>5</sup>	HJELMCO Avgas 91/96 UL <sup>5</sup>
	HJELMCO Avgas 91/98 UL <sup>5</sup>	HJELMCO Avgas 91/98 UL <sup>5</sup>

<sup>1</sup> min. RON 90<sup>2</sup> min. RON 95<sup>3</sup> min. AKI 87<sup>4</sup> min. AKI 91<sup>5</sup> benzyny lotnicze bezołowiowe dostępne w krajach skandynawskich

Szwedzkie bezołowiowe benzyny lotnicze Avgas 91/96 UL i Avgas 91/98 UL są certyfikowane przez EASA [23] w zakresie norm ASTM D7547-09 *Standard Specification for Unleaded Aviation Gasoline*; ASTM D910-07 *Standard Specification for Aviation Gasoline*; *Defence Standard 91-90 Issue 3*; *Military Specification MIL-G-5572* dla silników typu Rotax, Lycoming, PZL Kalisz (Kalisz Service Bulletin 129/S/2006). W celu ekonomicznej zachęty do stosowania ekologicznej benzyny lotniczej, Stowarzyszenie Właścicieli i Pilotów (*Aircraft Owner and Pilots Association – AOPA*) w Szwecji wystąpiło do ministra finansów o całkowite zwolnienie lotniczej benzyny bezołowiowej z akcyzy, ze względu na to, że jest to nowy rodzaj czystego, przyjaznego środowisku paliwa. Wniosek szwedzki ma szansę powodzenia ze względu na deklaracje władz Unii Europejskiej promowania paliw ekologicznych. Działanie takie mogłoby zostać rozszerzone na inne kraje Unii Europejskiej, jeśli przyłączy się do tej inicjatywy.

Firma TOTAL, największy producent paliw lotniczych w Europie, w tym benzyny lotniczej Avgas 100LL, w ostatnim dziesięcioleciu wybudowała około 100 instalacji do tankowania benzyny silnikowej Super 98 przez samoloty z silnikami Rotax na lotniskach we Francji i Niemczech, niezależnie od istniejących wcześniej instalacji dla benzyny lotniczej etylizowanej [15]. Jednak około 6 lat temu podjęto decyzję o zamknięciu wszystkich zbiorników i dys-

trybutorów tej benzyny silnikowej. Powodem była obawa przed utratą dobrego imienia firmy, poprzez ewentualne procesy o odszkodowania przy świadomej sprzedaży benzyny silnikowej, której skład chemiczny nie był odpowiedni dla silników lotniczych. Skład chemiczny benzyny silnikowej, wraz z dyrektywą 98/70/WE z późniejszymi zmianami, został bowiem zmodyfikowany ze względu na wprowadzenie do formuły związków tlenowych. Jednak w 2010 r. firma TOTAL rozpoczęła kampanię informacyjną, głównie we Francji i Niemczech, dotyczącą nowego produktu – bezołowiowej benzyny lotniczej Avgas 91UL. Początek sprzedaży tego produktu we Francji datuje się na połowę 2010 r. Benzyna jest dostępna na coraz większej liczbie lotnisk, gdzie dystrybuowana jest z wykorzystaniem zbiorników i dystrybutorów przeznaczonych uprzednio do przechowywania benzyny silnikowej Super 98. Benzyna lotnicza Avgas 91UL, jak wspomniano wyżej, może być stosowana do silników Rotax, ale także do prawie wszystkich innych samolotów z polskiego rejestru statków powietrznych [15].

Kolejny potentat w produkcji paliw lotniczych, firma SHELL [25], oprócz tradycyjnych dwóch gatunków etylizowanych, Avgas 100 i Avgas 100LL, niedawno wprowadziła nowy gatunek benzyny lotniczej: bezołowiową Avgas 82UL. Jest to gatunek do zasilania silników lotniczych o niskim stopniu sprężania, przeznaczonych do pracy na paliwie bezołowiowym. Jakość tego gatunku bezołowiowej ben-

zyny lotniczej opisuje norma ASTM D6227-12 *Standard Specification for Unleaded Aviation Gasoline Containing a Non-hydrocarbon Component*. Benzyna ta barwiona jest na kolor fioletowy. Benzyna lotnicza Avgas 82UL charakteryzuje się wyższą prężnością par i może być produkowana z komponentów stosowanych do benzyny silnikowej. Używana jest w samolotach, które mają certyfikat dopuszczający stosowanie benzyny silnikowej samochodowej.

Z kolei firma British Petroleum [23] na swojej witrynie zamieszcza informacje o problemach występujących przy stosowaniu dodatku antydetonacyjnego ołowiowego TEL w wysokooktanowych benzynach lotniczych Avgas 100 i Avgas 100LL. Dodatki ołowiowe mogą powodować zanieczyszczanie świec zapłonowych i oddziaływać agresywnie na niektóre metalowe składniki materiałów konstrukcyjnych zaworów. Z drugiej strony istnieje presja, by chronić środowisko naturalne i zdrowie człowieka

przed działaniem szkodliwych chemikaliów, takich jak TEL, i przemysł rafineryjny świadomy tej presji aktywnie poszukuje bezołowiowego zamiennika etylizowanej benzyny lotniczej Avgas. Poszukiwania te stanowią wyzwanie, ponieważ każdy produkt musi spełniać rygorystyczne kryteria w celu zapewnienia bezpieczeństwa lotu oraz zagwarantowania prawidłowej pracy silnika lotniczego. Firma BP aktywnie uczestniczy w programie, współpracując z lotniczymi organami regulacyjnymi, producentami silników i samolotów. Przemysł lotniczy bada obecnie możliwości rozwoju bezołowiowej benzyny lotniczej, która mogłaby zastąpić najbardziej popularny gatunek 100LL. Air BP podjęło się wiodącej roli w tym programie i związane z nim rozwoju specyfikacji.

Firma Exxon od lat prowadzi badania z zakresu technologii bezołowiowej benzyny lotniczej. Owocem tych poszukiwań są zgłoszone patenty w tej dziedzinie.

### Plan wycofywania związków ołowiu z benzyny lotniczej w USA

W 1996 r. amerykańska EPA (Agencja Ochrony Środowiska) ustawowo zleciła usunięcie czteroetylku ołowiu (TEL) ze wszystkich gatunków benzyny [3]. Etylizowaną benzynę lotniczą EPA uznała jako specjalny przypadek i zastosowała dla niej ulgę, pod warunkiem dalszego postępu w kierunku opracowania odpowiedniego paliwa alternatywnego niezawierającego ołowiu. Każde nowo opracowane paliwo bezołowiowe musi być z definicji mniej szkodliwe niż to zawierające ołów. Problem uzyskania mniej szkodliwego paliwa o takiej samej charakterystyce oktanowej powstał, gdy jako zamienniki czteroetylku ołowiu zaproponowano niektóre związki aromatyczne i eter metylo-*tert*-butylowy (MTBE). Obecnie nie znaleziono jeszcze odpowiedniego rozwiązania tego problemu dla benzyny lotniczej Avgas 100LL. Silniki tłokowe stosowane w większości istniejącej floty samolotów zostały certyfikowane właśnie dla etylizowanego paliwa Avgas 100LL. Interesującym jest fakt, że paliwo to faktycznie zawiera cztery razy więcej ołowiu niż benzyna silnikowa Sunoco-260, która była jednym z najwyższych oktanowych paliw, jakie kiedykolwiek wyprodukowano dla zastosowania w samochodach. W przypadku decyzji o wycofaniu wysokooktanowej benzyny Avgas 100LL większość istniejących silników lotniczych będzie musiała być poddana ponownej certyfikacji w zakresie poziomu mocy, w celu spełnienia wymagań organu nadzoru lotniczego FAA (Federal Aviation Administration) odnośnie limitów liczb oktanowych. Obniżenie liczb oktanowych benzyny lotniczej wiązać się będzie z ogranicze-

niem przydatności samolotów wykorzystywanych głównie w rolnictwie i leśnictwie. Ponadto problemy zużycia gniazd zaworów wydechowych i problemy erozji, które wystąpiły podczas eksploatacji silników samochodowych na benzynie bezołowiowej, będą musiały zostać rozwiązane dla istniejącej floty silników lotniczych.

Poniżej za [21] podano niektóre z czynników wskazujących na coraz bardziej prawdopodobne wycofywanie benzyny lotniczej Avgas 100LL, bez względu na odroczenie EPA:

- obecnie na świecie jest tylko jeden producent płynu etylowego (TEL);
- chociaż w USA istnieje kilkaset rafinerii produkujących benzyny silnikowe, to niewielka ich liczba produkuje benzynę lotniczą Avgas 100LL;
- cykl produkcji benzyny lotniczej Avgas 100LL w USA wymaga bardzo kosztownego czyszczenia urządzeń rafineryjnych przed wznowieniem produkcji bezołowiowej benzyny silnikowej;
- benzyna lotnicza etylizowana Avgas 100LL w USA wymaga oddzielnej infrastruktury do magazynowania, transportu i dystrybucji;
- wielkość produkcji benzyny lotniczej Avgas 100LL stanowi bardzo niewielką część (mniej niż 1%) rynku paliw benzynowych.

Działania w kierunku wycofywania ołowiu z benzyn lotniczych wynikają z przygotowanej przez EPA 15.10.2008 r. nowej normy dotyczącej czystości powietrza atmosferycznego, ograniczającej zawartość ołowiu do 0,15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , z poprzedniej 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

W USA [9] powstała Koalicja Przemysłu na rzecz Benzyny Lotniczej (Industry Avgas Coalition), która skupia następujących członków:

- General Aviation Aircraft Operators (operatorzy floty samolotów lotnictwa ogólnego):
  - AOPA – Aircraft Owners and Pilots Association,
  - EAA – Experimental Aircraft Association,
  - NBAA – National Business Aviation Association;
- General Aviation Aircraft Manufacturers (producenci floty samolotów lotnictwa ogólnego):
  - GAMA – General Aviation Manufacturers Association;
- Avgas Point of Sale – Fixed Based Operators (punkty sprzedaży benzyny lotniczej – wytypowane przez operatorów):
  - NATA – National Air Transportation Association;
- Avgas Producers (producenci benzyny lotniczej):
  - API – American Petroleum Institute,
  - NPRA – National Petrochemical & Refiners Association.

Autorzy [9] podkreślają, że obecnie brak jest zamiennika benzyny lotniczej Avgas 100LL, który byłby w stanie spełnić wymagania większości silników samolotowych. Czynnikiem ekonomicznym wpływającym na długoterminową dostępność benzyny lotniczej Avgas 100LL jest to, że według danych z 2008 r. produkcja tej benzyny w USA stanowi 0,1% wszystkich paliw transportowych i jest specjalnym, niszowym gatunkiem chemicznym. Jednak obecnie na rynku działa tylko jeden dostawca dodatku ołowiuwego TEL, co powoduje wzrost cen tego specyfiku. Czynnikiem środowiskowym sprzyjającym wycofaniu związków ołowiu z benzyny lotniczej jest fakt, że transport lotniczy stanowi obecnie największe źródło ołowiu (powyżej 45%). Stąd organizacja Friends of Earth w 2006 r. wniosła petycję do GA z propozycją regulacji emisji ołowiu w *Clean Air Act*, a w 2011 r. zwróciła się do EPA. Podjęte działania państwa i EPA przyniosły ustalenie *National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for Lead*.

Podjęte działania regulacyjne EPA w sprawie wycofywania ołowiu przebiegają według następującego harmonogramu:

- 1 rok po ogłoszeniu NAAQS (październik 2009 r. lub grudzień 2011 r.) – przeprowadzenie monitoringu w zakresie obszarów działania;
- 2 lata po ogłoszeniu NAAQS (październik 2010 r. lub grudzień 2012 r.) – wyznaczenie przez EPA obszarów działań zrealizowanych i działań niezrealizowanych;
- 3 lata po ogłoszeniu NAAQS (październik 2011 r. lub grudzień 2013 r.) – zatwierdzenie przez EPA Krajowego

Planu Realizacji (*State Implementation Plan (SIP)*) dla obszarów działań niezrealizowanych;

- lata 2016–2017 – termin realizacji NAAQS; w przypadku braku realizacji przedstawiony zostanie nowy Krajowy Plan Realizacji do EPA w celu zatwierdzenia. Strategia i plan wprowadzenia lotniczej benzyny bezołowiowej są następujące:
  - a) w krótszej perspektywie czasowej: redukcja emisji ołowiu w lotnictwie ogólnym w celu zapewnienia zgodności z NAAQS:
    - 2010: raport z badań benzyny lotniczej 100VLL o niższej zawartości ołowiu;
    - 2011: włączenie do bieżącej specyfikacji ASTM D910 nowego gatunku benzyny lotniczej 100VLL (*very-low-lead*):
      - 19-proc. redukcja maks. zawartości ołowiu,
      - spełnienie wymagań jak dla Avgas 100LL, z wyjątkiem maks. zawartości ołowiu,
      - brak działań operatorów;
    - 2012–2015: dostępność gatunku benzyny lotniczej 100VLL:
      - państwo/lotniska rozważa(ją) zastosowanie 100VLL w celu zapewnienia zgodności z NAAQS,
      - EPA/FAA rozważa wydanie regulacji dla paliwa 100VLL;
  - b) w dłuższej perspektywie czasowej: identyfikacja i przejście na bezołowiową benzynę lotniczą:
    - faza 1: stworzenie struktury partnerstwa publiczno-prywatnego pod kierunkiem FAA:
      - opracowanie i wdrożenie zintegrowanego programu dotyczącego lotniczej benzyny bezołowiowej;
    - faza 2: ustalenie rodzaju paliwa bezołowiowego w celu określenia rentowności przedsięwzięcia:
      - perspektywa dostępności samolotu i paliwa;
    - faza 3: opracowanie i zatwierdzenie specyfikacji ASTM;
    - faza 4: certyfikacja nowo produkowanych samolotów do możliwości stosowania paliwa bezołowiowego;
    - faza 5: mandat EPA/FAA dla bezołowiowej benzyny lotniczej:
      - wprowadzenie zależy od perspektywy dostępności samolotu i paliwa.

Za [9] podano przykłady potencjalnych opcji lotniczej benzyny bezołowiowej.

W kwietniu 2010 r. EPA ogłosiła bieżący raport w sprawie proponowanych regulacji prawnych dotyczących emi-

Tablica 4. Potencjalne opcje bezołowiowej benzyny lotniczej

Paliwo	Z perspektywy możliwości technicznych samolotu	Z perspektywy dostępności
Benzyna silnikowa (około 87÷90 MON)	<ul style="list-style-type: none"> <li>paliwo nieopłacalne w długim czasie stosowania z powodu braku kontroli nad osiąganymi i bezpieczeństwem lotu;</li> <li>niższa liczba oktanowa to znaczący wpływ na 30÷50% floty</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>produkcja i dystrybucja benzyny silnikowej:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>niektórzy producenci silników samolotów nie dopuszczają do stosowania,</li> <li>– dodatki, np. etanol, i sezonowe zmiany właściwości nie są akceptowalne w lotnictwie;</li> </ul> </li> <li>ekonomika paliwa silnikowego jest znacząca dla operatora</li> </ul>
UL-91/94 (100LL bez ołowiu, specyfikacja ASTM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>znaczący wpływ na około 30% floty, która zużywa 70% benzyny Avgas 100LL:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– modyfikacja pozwoli większości latać, lecz wpłynie także na osiągi,</li> <li>– w niektórych samolotach modyfikacja będzie nieopłacalna;</li> </ul> </li> <li>do zastosowania w około 70% floty</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ograniczone zmiany dla producentów i dystrybutorów;</li> <li>dostępna specyfikacja ASTM;</li> <li>ekonomika podobna jak w przypadku Avgas 100LL</li> </ul>
Swift 702 (badania prywatne na Uniwersytecie Purdue)  GAMI G 100UL (wytwórca silnika modyfikowanego)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wysokooktanowe (100+) paliwo opracowane i testowane w silnikach;</li> <li>nie do zastosowania ze względu na charakterystykę różną od 100LL (ASTM D910), wymaga certyfikacji FAA;</li> <li>ograniczone informacje techniczne, pozostaje w trakcie badań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>w fazie badań i rozwoju                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– nieznaną wielkość produkcji,</li> <li>– nieznaną metodę dystrybucji,</li> <li>– nieznaną ekonomikę przedsięwzięcia;</li> </ul> </li> <li>prawnie zastrzeżone i opatentowane</li> </ul>

sji ołowiu z samolotów z silnikami tłokowymi stosującymi benzynę lotniczą etylizowaną [3]. W raporcie tym znalazły się dane do oceny emisji ołowiu i narażenia na ołów w związku z używaniem lotniczej benzyny etylizowanej w samolotach z silnikami tłokowymi. Przedstawiono również zagadnienia dotyczące standardów emisji z silników tłokowych oraz możliwości przechodzenia floty silników tłokowych na zasilanie lotniczą benzyną bezołowiową Avgas. W kolejnej części raportu odniesiono się do wniosku Stowarzyszenia Przyjaciół Ziemi (Friends of Earth) w sprawie uregulowania emisji ołowiu lub podjęcia badań w tym zakresie. Kolejnym krokiem w działaniu EPA będzie analiza informacji zawartych w tym raporcie oraz uwag z konsultacji społecznych, w celu ustalenia, czy ołów zawarty w używanej benzynie lotniczej przyczynia się do zanieczyszczenia powietrza, które może zagrażać zdrowiu społeczeństwa i środowisku. EPA weźmie też pod uwagę opinie społeczeństwa oraz wyniki ustawicznych konsultacji z FAA i przemysłem na temat kwestii związanych z potencjalnymi przyszłymi normami emisji. Jeśli EPA uzna, że emisje z samolotów zasilanych benzyną etylizowaną powodują lub przyczyniają się do zanieczyszczenia powietrza, które może zagrażać zdrowiu publicznemu lub dobrostanowi zwierząt, w porozumieniu z FAA ustali normy kontrolowania emisji ołowiu z silni-

ka tłokowego samolotu. FAA będzie również zobowiązana do ustalenia standardów dla składu paliwa lotniczego do silników tłokowych.

Niedawno dla bezołowiowej benzyny lotniczej opracowano w USA trzy normy:

- 1) ASTM D7592-10 *Standard Specification for Specification for Grade 94 Unleaded Aviation Gasoline Certification and Test Fuel*, która określa jakość gatunku stosowanego do kalibracji silnika i certyfikacji FAA,
- 2) ASTM D7547-11 *Standard Specification for Unleaded Aviation Gasoline*, która określa wymagania i metody badań dla gatunku 91UL,
- 3) ASTM D6227-12 *Standard Specification for Unleaded Aviation Gasoline Containing a Non-hydrocarbon Component*, która z kolei określa wymagania i metody badań dla gatunków 82UL i 87UL.

Normę ASTM D6227 *Standard Specification for Grade 82 Unleaded Aviation Gasoline* ze specyfikacją ASTM zatwierdzono już w 1998 r. [5]. Niskooktanowa lotnicza benzyna bezołowiowa (82UL) nie jest zamiennikiem gatunku etylizowanego Avgas 80. Jest ona przeznaczona tylko dla lotniczych silników tłokowych specjalnie opracowanych do stosowania tego gatunku lotniczej benzyny bezołowiowej. Komercjalizacja tego paliwa zależeć będzie od tempa rozwoju nowych silników i popytu na paliwo.



## Alternatywne benzyny lotnicze

Mimo że benzyna lotnicza etylizowana Avgas nie została włączona do zakazu EPA, obawy, że stosowanie związków ołowiu w benzynie lotniczej zostanie ograniczone spowodowały, że producenci już od początku lat 90. ub. wieku zaczęli poszukiwać alternatywnych rozwiązań, które mogłyby zastąpić gatunek 100LL. Benzyna bezołowiowa, która umożliwi pracę najbardziej wymagających silników tłokowych w istniejącej flocie samolotów, musiałaby charakteryzować się takimi samymi właściwościami oktanowymi jak benzyna lotnicza klasy 100LL. Koordynacyjna Rada ds. Badań Naukowych (CRC) prowadzi badania potencjalnych składników formuły takiego paliwa [22]. Wyzwanie pozostaje trudne, ponieważ właściwości oktanowe czteroetylku ołowiu są wyjątkowe. Poszukiwania rozwiązań obejmują:

- zastosowanie różnych związków tlenowych lub amin aromatycznych w celu uzupełnienia deficytu oktanowego bazowego paliwa węglowodorowego; były brane pod uwagę takie związki jak: eter metylo-tert-butyłowy (MTBE), eter etylo-tert-butyłowy (ETBE) oraz m-toluidyna (aminy aromatyczne były używane w benzynie lotniczej Avgas podczas II wojny światowej);
- zastosowanie manganu jako dodatku antydetonacyjnego w postaci metylocyklopentadienu trikarbonilu manganu (MMT);
- etanol był także oceniany jako przyszłe paliwo lub jego komponent w zastosowaniu do samolotów z napędem tłokowym, jednak na razie proponowane rozwiązania pozostają w sferze badań.

## Procedury uzyskiwania certyfikacji w lotnictwie

Silniki i kadłuby samolotów są certyfikowane do potrzeb lotu przez organ lotnictwa cywilnego. W Europie organem tym jest Europejska Agencja Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA), a w Stanach Zjednoczonych to Federal Aviation Administration (FAA) [5]. Rozporządzenia Federal Aviation (FAR) wydane przez FAA obejmują procedury postępowania w sprawie wydania świadectwa zdolności do lotu. Badania są przeprowadzane przez producentów sprzętu i poświadczane przez FAA. Gdy badania są

pomyślnie zakończone, dla kombinacji silnik/kadłub wydawany jest certyfikat typu. Certyfikat ten obejmuje, między innymi, specyfikację paliwa (paliw) zatwierdzonego do użytku w tym samolocie. Wszelkie zmiany w zakresie certyfikowanego silnika lub kadłuba wymagają zatwierdzenia przez FAA. Po demonstracji zdolności do lotu FAA może wydać certyfikat uzupełniający typu (STC), obejmujący zakres modyfikacji. W wielu krajach obowiązują umowy dwustronne, które wzajemnie uznają certyfikaty [5].

## Metody badań benzyny lotniczej

W specyfikacji benzyny lotniczej metody badań ASTM określone są dla każdego wyszczególnionego parametru. Metody te są jedynymi dopuszczalnymi dla ustalenia zgodności produktu z wymaganiami specyfikacji w zakresie określonej precyzji. Do specyfikacji nie są wprowadzane nowe wymagania dla produktu, dopóki nie zostanie opracowana standardowa metoda pomiaru. Wiele z metod ASTM zostało opracowanych w latach 1920–1940. Ze względu na pojawiające się nowe rozwiązania technologiczne, ASTM co pięć lat dokonuje przeglądu każdej me-

tody, w następstwie którego jest ona albo nowelizowana, albo zmieniona, albo unieważniona.

W wielu przypadkach metody badań parametrów jakościowych innych organizacji normalizacyjnych są zbliżone lub identyczne z ASTM. Brytyjska specyfikacja DEF STAN zazwyczaj powołuje normy metod badań IP (Institute of Petroleum) jako identyczne z odpowiednimi normami ASTM, i posiadają one status zamiennika. Często obie organizacje gwarantują techniczną równoważność metod badawczych i wówczas są one uważane za metody „wspólne”.

## Podsumowanie

Ograniczanie emisji szkodliwych składników z transportu lotniczego będzie postępowało także w kierunku wycofywania ołowiu z benzyny lotniczej. Na świecie prowadzone są działania i realizuje się projekty badawcze skoncentrowane na poszukiwaniu zarówno od-

powiedniego składu komponentowego bezołowiowej benzyny lotniczej, jak i konstrukcji lub rekonstrukcji silników tłokowych przystosowanych do jej spalania. Wynikiem tych badań jest już kilkanaście patentów dotyczących formuły bezołowiowej benzyny lot-

niczej, a także dostępność silników tłokowych dostosowanych do pracy na tych formułach. Sukces w eliminacji ołowiu z ostatniego produktu paliwowego po-

jawi się, gdy w proces przejścia na stosowanie lotniczej benzyny bezołowiowej zaangażowani będą wszyscy uczestnicy rynku lotniczego.

## Literatura

- [1] *2 million tons per year: A performing biofuels supply chain for EU aviation*. Czerwiec 2011.
- [2] *2008 Environment Policy Review*. European Communities, 2009, <http://ec.europa.eu/environment/pdf/policy/EPR%202008.pdf>, dostęp: lipiec 2012 r.
- [3] *Advance Notice of Proposed Rulemaking on Lead Emissions from Piston-Engine Aircraft Using Leaded Aviation Gasoline: Regulatory Announcement*. EPA420-F-10-013, April 2010, [www.epa.gov/nonroad/aviation/420f10013.pdf](http://www.epa.gov/nonroad/aviation/420f10013.pdf), dostęp: czerwiec 2012 r.
- [4] Antoszek A., Syrek H.: *Emisje gazów cieplarnianych w procesach wydobywania i transportu ropy naftowej*. „Nafta-Gaz”, kwiecień 2012, s. 233–240.
- [5] *Aviation Fuels Technical Review*. Chevron Corporation, 2006, [www.chevronglobalaviation.com/ga/ga\\_operational.asp](http://www.chevronglobalaviation.com/ga/ga_operational.asp), dostęp: maj 2012 r.
- [6] *BIALA KSIĘGA. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*. Komunikat (2011) 144 Komisji Europejskiej z 28.03.2011 r.
- [7] *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Air Transport and the Environment. Towards meeting the Challenges of Sustainable Development*. Brussels, 1.12.1999 COM (1999) 640 final.
- [8] Dębski B.: *Inwentaryzacja emisji krajowej gazów cieplarnianych z lotnictwa*. Zespół Krajowego Centrum Inwentaryzacji Emisji, Warszawa 30.06.2009.
- [9] Desrosier W. (GAMA), M. France (NATA): *Beyond 100LL, Next Steps in Addressing Leaded Aviation Gasoline*. GA Avgas Coalition – 2011 ACI-NA Environmental Affairs Conference; 27 June 2011.
- [10] *Dyrektywa 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 r. ustanawiająca system handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych we Wspólnocie oraz zmieniająca dyrektywę Rady 96/61/WE*.
- [11] *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/1/WE z dnia 15 stycznia 2008 r. dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli*.
- [12] *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszego powietrza dla Europy*.
- [13] *Dyrektywa Rady 1999/30/WE z dnia 22 kwietnia 1999 r. odnosząca się do wartości dopuszczalnych dla dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i tlenków azotu oraz pyłu i ołowiu w otaczającym powietrzu*.
- [14] *Działania UE przeciw zmianom klimatu. Europejski System Handlu Emisjami (ETS)*. Komisja Europejska, 2009, [http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/ets\\_pl.pdf](http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/ets_pl.pdf), dostęp: czerwiec 2012 r.
- [15] <http://dlapilota.pl/wiadomosci/dlapilota/blazej-krupa-odpowiada-na-pytania-o-stosowanie-avgas-u-w-rotaxach-i-przepisy-ak>, dostęp: czerwiec 2012 r.
- [16] Informacje z International Fuels Quality Center.
- [17] *Instrukcja Serwisowa. Wybór odpowiednich płynów eksploatacyjnych dla silników ROTAX® typu 912/914 (wszystkie wersje)*. Powertrain GmbH&CO KG, 8.04.2009.
- [18] *Launch of the European Advanced Biofuels Flight-path*. [http://ec.europa.eu/energy/technology/initiatives/doc/20110622\\_biofuels\\_flight\\_path\\_launch.pdf](http://ec.europa.eu/energy/technology/initiatives/doc/20110622_biofuels_flight_path_launch.pdf), dostęp: lipiec 2012 r.
- [19] Malone P.: *Avgas – don't panic yet*. General Aviation, October 2006, [www.iaopa.eu/mediaServlet/storage/gamag/oct06/Avgas.pdf](http://www.iaopa.eu/mediaServlet/storage/gamag/oct06/Avgas.pdf), dostęp: marzec 2012 r.
- [20] Syrek H., Rogowska D.: *Development of refining industry and reduction of greenhouse gas emission*. „Nafta-Gaz”, lipiec 2011, s. 474–482.
- [21] *The Need For Leaded Avgas. Availability Declining Worldwide*. [www.epi-eng.com/aircraft\\_engine\\_products/demise\\_of\\_avgas.htm](http://www.epi-eng.com/aircraft_engine_products/demise_of_avgas.htm), dostęp: marzec 2012 r.
- [22] Wilkinson R.E.: *Research results unleaded high octane aviation gasoline. Final report CRC Project no. AV-7-07*. Coordinating Research Council, Inc., June 2010, <http://www.crcao.org/reports/recentstudies2010/AV-7-07/AV-7-07%20Final%20Report%206-18-10.pdf>, dostęp: lipiec 2012 r.
- [23] [www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=4503701&contentId=57723#726141](http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=4503701&contentId=57723#726141), dostęp: lipiec 2012 r.
- [24] [www.hjelmco.com/pages.asp?r\\_id=14006](http://www.hjelmco.com/pages.asp?r_id=14006), dostęp: lipiec 2012 r.
- [25] [www.shell.com/home/content/aviation/products/fuels/types/avgas/#subtitle\\_5](http://www.shell.com/home/content/aviation/products/fuels/types/avgas/#subtitle_5), dostęp: lipiec 2012 r.



Dr inż. Martynika PAŁUCHOWSKA – główny specjalista badawczo-techniczny, lider kierunku: paliwa do silników o zapłonie iskrowym w Zakładzie Paliw i Procesów Katalitycznych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. Absolwentka Wydziału Chemicznego Politechniki Krakowskiej. Zajmuje się tematyką związaną z technologią paliw i biopaliw ciekłych do silników o zapłonie iskrowym.