

## Badanie wpływu domieszki bioetanolu w benzynie silnikowej na właściwości przeciwstukowe utworzonego paliwa

### Testing the influence of bioethanol admixture in gasoline engine on the anti-knock properties of the fuel created

Kornel Dybich, Tomasz Łaczek, Marek Przybek

*Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

**STRESZCZENIE:** Rynek bioetanolu w UE nieodwołalnie wkroczył w nową erę biopaliw poprzez wdrożenie unijnej dyrektywy biopaliwowej RED III, czyli dyrektywy o odnawialnych źródłach energii. Większość rządów zdecydowała się na wprowadzenie obowiązkowego dodawania biokomponentów do paliw, kontynuując polityczne wsparcie dla odnawialnych źródeł energii. Przykładem może tu być wprowadzenie do sprzedaży w transporcie samochodowym benzyny E10, zawierającej 10% (V/V) bioetanolu. Bioetanol wykorzystywany jako paliwo do silników benzynowych może być stosowany poprzez bezpośrednie zmieszanie z benzyną lub przerobiony na eter etylowo-tert-butyłowy (ETBE). Pierwsze rozwiązanie, bezpośrednie dodanie do benzyny pod postacią bezwodnego etanolu o 99-proc. zawartości czystego alkoholu, jest proste do zastosowania, gdyż silniki spalinowe ZI mogą działać bez potrzeby ich modyfikacji przy zawartości w paliwie do 10% (V/V) etanolu – większe domieszki wymagają przystosowania silnika. Natomiast ETBE powstający przez syntezę bioetanolu (49%) i izobutyleny (51%) miesza się z benzyną silnikową w ilości do 15% (V/V). W artykule przedstawiono wpływ bazowych benzyn silnikowych zawierających bioetanol na parametry eksploatacyjne utworzonego biopaliwa. Procentową zawartość bioetanolu w benzynie silnikowej ustalono w granicach 15–25% (V/V). Przed rozpoczęciem badań silnikowych wykonano kontrolę parametrów jakościowych bioetanolu zastosowanego do badań liczby oktanowej na zgodność z wymaganiami normy PN-EN 15376:2014-11, poprzez analizę fizykochemiczną przeprowadzoną w INiG – PIB. Wykonano oznaczenia liczb oktanowych badawczej (LOB) i motorowej (LOM) próbek benzyn silnikowych zawierających bioetanol w zakresie 15–25% (V/V) i porównawczo oznaczono próbkę o zawartości bioetanolu na poziomie 10% (V/V), czyli maksymalnym dopuszczalnym przez normę PN-EN 228+A1:2017-06. Następnie na podstawie wyników oznaczeń liczb oktanowych próbek benzyn silnikowych z zawartością 15%, 20% i 25% (V/V) bioetanolu, podjęto odpowiednie działania w zakresie wyposażenia i pracy stanowisk silnikowych CFR Dresser Waukesha (USA) służącego do oznaczania liczby oktanowej. W zależności od zawartości bioetanolu w benzynie bazowej zgodnej z wymaganiami normy PN-EN 228+A1:2017-06 zweryfikowano zakres powtarzalności oznaczanych liczb oktanowych według najnowszych wydań norm PN-EN ISO 5164:2014-08 (LOB) i PN-EN ISO 5163:2014-08 (LOM) oraz określenie źródła niepewności wynikającego z precyzji wyznaczonej liczby oktanowej i parametrów pracy silników badawczych CFR.

Słowa kluczowe: etanol, bioetanol, benzyna silnikowa, liczba oktanowa, biopaliwa.

**ABSTRACT:** The bioethanol market in the EU has irrevocably entered a new era of biofuels with the implementation of the EU Biofuel Directive RED III, which promotes renewable energy sources. Many governments have decided to introduce the mandatory blending of biocomponents into fuels, thereby providing policy support for renewable energy sources. One example is the introduction of E10 gasoline, which contains 10% (V/V) bioethanol, for road transport. Bioethanol, used as a fuel for gasoline engines, can be blended directly with gasoline or converted into ethyl tert-butyl ether (ETBE). The first solution, direct blending with gasoline in the form of anhydrous ethanol with 99% pure alcohol content, is a simple one, as SI combustion engines can operate without the need for modification with up to 10% (V/V) ethanol content in the fuel – higher blends require engine modifications. However, ETBE, which is produced by the synthesis of bioethanol (49%) and isobutylene (51%), can be blended with motor gasoline at up to 15% (V/V). The article presents the behavior of base motor gasoline containing bioethanol on the operational parameters of the biofuel produced. The percentage of bioethanol in motor gasoline was set at 15–25% (V/V). Before starting the engine tests, the quality parameters of the bioethanol used for octane number tests were checked for compliance with the requirements of the PN-EN 15376:2014-11 standard by means of a physicochemical analysis carried out at INiG – PIB. Test research octane numbers (RON) and motor octane numbers (MON) were determined for samples of motor gasoline containing bioethanol in the range of 15–25% (V/V) and, for a comparison, a sample with a bioethanol content of 10% (V/V), i.e. the maximum allowed by the PN-EN 228+A1:2017-06 standard. Then, based on the results of

Autor do korespondencji: K. Dybich, e-mail: [kornel.dybich@inig.pl](mailto:kornel.dybich@inig.pl)

Artykuł nadesłano do Redakcji: 05.07.2024 r. Zatwierdzono do druku: 19.09.2024 r.

octane number determination of samples of motor gasoline containing 15, 20 and 25% (*V/V*) of bioethanol, appropriate measures were taken regarding the equipment and operation of the CFR Dresser Waukesha USA engine stations for the octane number determination. Depending on the content of bioethanol in the base gasoline according to the requirements of the PN-EN 228+A1:2017-06 standard, the repeatability range of the determined octane numbers was verified according to the latest editions of the PN-EN ISO 5163:2014-08 (MON) and PN-EN ISO 5164:2014-08 (RON) standards and the source of uncertainty resulting from the precision of the determined octane numbers and operating parameters of the CFR research engines was determined.

Key words: ethanol, bioethanol, motor gasoline, octane number, biofuels.

## Wstęp

Opierając się na najnowszych światowych informacjach o kierunkach badań i zastosowań bioetanolu do benzyn silnikowych (Devi et al., 2023), zaproponowano badania, które pozwolą uzyskać wiedzę, jak zmieniają się parametry eksploatacyjne benzyny silnikowej, jakimi są liczby oktanowe (badawcza, motorowa), przy zastosowaniu zwiększonej w granicach 15–25% (*V/V*) zawartości bioetanolu.

W Brazylii do zasilania silników o zapłonie iskrowym (ZI) z powodzeniem od wielu lat stosuje się czysty bioetanol i benzynę silnikową zawierającą do 25% bioetanolu, a w USA od stycznia 2011 roku amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) podwyższyła zakres udziału bioetanolu w benzynie silnikowej sprzedawanej na stacjach paliw do 15% (Stacje benzynowe). W Polsce dopuszczone są do obrotu benzyny silnikowe z zawartością do 10% (*V/V*) biokomponentów, co ma przyczynić się do ułatwienia realizacji obowiązku spełnienia Narodowego Celu Wskaźnikowego (NCW), który nakazuje producentom paliw systematyczne zwiększanie udziału biokomponentów i biopaliw ciekłych na krajowym rynku paliwowym (Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska, 2023). Tak samo Unia Europejska dopuszcza sprzedaż paliwa E10 (benzyny silnikowej z 10-procentowym udziałem bioetanolu), ale trwają już prace dotyczące możliwości dalszego systematycznego zwiększania udziału bioetanolu w benzynie silnikowej. Przykładem może tu być program Horyzont 2020, zaproponowany przez Europejski Komitet Normalizacyjny. Program ten zakładał przeprowadzenie badań wpływu zwiększonych udziałów bioetanolu na parametry eksploatacyjne benzyny silnikowej E20/25, w szczególności na wartość liczby oktanowej (Horizon 2020). Mając powyższe na uwadze, w ramach przeprowadzonej pracy badawczej został zbadany wpływ różnych zawartości bioetanolu w zakresie 15–25% (*V/V*) i porównawczo 10% (*V/V*) na parametry (LOB, LOM) bazowej benzyny węglowodorowej.

Proponowane badania związane z wpływem dodatku bioetanolu w benzynie silnikowej na wartość liczby oktanowej przeprowadzono na podstawie najnowszych wydań norm na oznaczanie odporności benzyny silnikowej na spalanie stukowe PN-EN ISO 5163:2014-08 (metoda motorowa) i PN-EN ISO 5164:2014-08 (metoda badawcza). Wyniki badań liczb

oktanowych pozwolą na określenie zakresu zmienności tych parametrów eksploatacyjnych benzyny silnikowej w zależności od wielkości udziału bioetanolu.

## Część teoretyczna

Na podstawie analiz światowego rozwoju benzyn silnikowych o zwiększonej zawartości bioetanolu oraz obserwacji podejmowanych przez polityków działań ekologicznych we wszystkich państwach członkowskich Unii Europejskiej w kierunku zwiększania zawartości bioetanolu w benzynie silnikowej tworzone są specyfikacje jakościowe dla paliw etanolowych, aby umożliwić danemu krajowi wywiązanie się z przyjętych zobowiązań w zakresie energii odnawialnej. Powszechnie stosowanie paliw etanolowych w silnikach o zapłonie iskrowym wymaga przeprowadzenia badań w szerokim zakresie, nie tylko w celu oceny tych paliw pod względem spełnienia właściwości normowanych, ale także dla oceny wpływu etanolu na właściwości użytkowe paliw, ujęte m.in. w Światowej Karcie Paliw (Pałuchowska i Jakóbiec, 2011).

Bioetanol to odwodniony alkohol etylowy otrzymywany z produktów roślinnych (zboża, ziemniaków, buraków cukrowych itp.), a w klimacie ciepłym produkowany głównie z trzciny cukrowej. Bioetanol może być stosowany jako samoistne paliwo w specjalnie przystosowanych silnikach lub mieszany z benzyną. Dodatkowy tlen występujący w alkoholu zwiększa liczbę oktanową paliwa oraz może przyczynić się do zmniejszenia w gazach spalinowych stężenia tlenu węgla o 20–30% i stężenia węglowodorów do 10% w gazach spalinowych w stosunku do składu spalin pochodzących ze spalania benzyn niezawierających etanolu (Technologia Produkcji Rolniczej).

Prawo europejskie dopuszcza sprzedaż paliwa E10 (benzyny silnikowej z 10-procentowym udziałem bioetanolu), co jest też zgodne z przepisami dyrektywy 2009/30/WE z dnia 23 kwietnia 2009 roku w zakresie wprowadzenia wymagań jakościowych dla benzyn silnikowych z maksymalną zawartością tlenu do 3,7% (*m/m*) oraz od 5 do 10% (*V/V*) bioetanolu (PN-EN 228+A1:2017-06).

W Unii Europejskiej trwają już jednak konsultacje dotyczące możliwości dalszego systematycznego zwiększania udziału bioetanolu w benzynie silnikowej (WNP), co

znalazło odzwierciedlenie w programie Horyzont 2020 zaproponowanym przez Europejski Komitet Normalizacyjny (*Comité Européen de Normalisation*, CEN) i Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki (*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*, CENELEC) (Europejski Komitet Normalizacyjny). Podstawowym zadaniem CEN-CENELEC jest opracowywanie, przyjmowanie i rozpowszechnianie norm europejskich oraz innych dokumentów normalizacyjnych we wszystkich obszarach gospodarki. Członkami i partnerami Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego Elektrotechniki są krajowe jednostki (organy, instytucje), w tym od 1 stycznia 2004 roku Polski Komitet Normalizacyjny (PKN). CEN-CENELEC ma obowiązek wprowadzania norm EN do systemów norm krajowych i wycofywania dotychczasowych norm sprzecznych z wprowadzanymi, tworząc tym samym jednolity i spójny europejski system normalizacyjny. 4 czerwca

2014 roku Europejski Komitet Normalizacyjny przedstawił projekt Horyzont 2020, obejmujący program badań silnikowych dla nowych rodzajów biopaliw oraz rozwój norm dla biopaliw w ramach umowy partnerskiej CEN-CENELEC (Horizon 2020). Wskazano, że głównym tematem możliwym do realizacji w tego typu projekcie powinny być badania wpływu zawartości bioetanolu w benzynie silnikowej E20/25 (benzyna silnikowa zawierająca od 20% do 25% (V/V) bioetanolu) na liczby oktanowe i zmiany lotności benzyny w zależności od procentowego udziału związku tlenowego z zaznaczeniem, że prowadzone prace powinny mieć charakter badawczy albo związany z poprawą odpowiednich istniejących już norm (Warsztaty CEN).

Ponadto CEN-CENELEC, bazując na własnych doświadczalnych badaniach prowadzonych w ramach warsztatów Business Plan for the CEN Workshop dla paliwa E20, zaproponował przykładowy zakres badań parametrów fizykochemicznych

**Tabela 1.** Zakres badań parametrów fizykochemicznych według EN 228 dla potencjalnej specyfikacji paliwa E20/25 na podstawie właściwości fizykochemicznych paliwa E20 według Business Plan for the CEN Workshop (Warsztaty CEN)

**Table 1.** Scope of physicochemical parameter testing according to EN 228 for the potential specification of E20/25 fuel, based on the physicochemical properties of E20 fuel according to the CEN Workshop Business Plan (Warsztaty CEN)

Parametr	Zakresy		Metody badań według EN 228
	minimum	maksimum	
LOB – liczba oktanowa badawcza	98,0	–	EN ISO 5164
LOM – liczba oktanowa motorowa	85,0	–	EN ISO 5163
Gęstość (w 15°C) [kg/m <sup>3</sup> ]	720,0	775,0	EN ISO 3675
Prężność par (metoda DVPE) [kPa]	60,0 (A)*	100,0 (F/F1)*	EN ISO 13016-1
Destylacja:	w trakcie specyfikacji		EN ISO 3405
– do 70°C odparowuje [% (V/V)]			
– do 100°C odparowuje [% (V/V)]			
– do 150°C odparowuje [% (V/V)]			
– koniec destylacji (FBP) [°C]			
– pozostałość po destylacji [% (V/V)]			
Zawartość węglowodorów			EN 15553 EN ISO 22854
– olefinowych [% (V/V)]	–	15,0	
– aromatycznych [% (V/V)]	–	30,0	
Zawartość benzenu [% (V/V)]	–	1,0	EN 238
Zawartość tlenu [% (m/m)]	5,5	8,2	EN 1601
Związki tlenowe			EN 1601 EN 13132 EN ISO 22854**
– metanol [% (V/V)]	–	3,0	
– etanol [% (V/V)]	15,0	20,0	
– alkohol izopropylowy [% (V/V)]	–	12,0	
– alkohol tert-butyłowy [% (V/V)]	–	15,0	
– alkohol izobutyłowy [% (V/V)]	–	15,0	
– etery zawierające 5 lub więcej atomów węgla w cząsteczce [% (V/V)]	–	22,0	
– inne związki organiczne zawierające tlen [% (V/V)]	–	15,0	
Zawartość siarki [mg/kg]	–	10,0	EN ISO 13032
Zawartość ołowiu [mg/l]	–	5,0	EN 237
Zawartość manganu [mg/l]	–	2,0	EN ISO 16135

\* Parametr powinien spełniać wymagania odpowiedniej klasy lotności (A – F/F1) w zależności od krajowych warunków klimatycznych.

\*\* Preferowana metoda badawcza.

według EN 228+A1:2017-06 dla potencjalnej przyszłej specyfikacji benzyny silnikowej E20/25 zawierającej od 20% do 25% (*V/V*) bioetanolu (tabela 1) (Warsztaty CEN).

Liczba oktanowa (LO) stanowi miarę odporności na spalanie stukowe (detonacyjne) paliw przeznaczonych do zasilania silników o zapłonie iskrowym (ZI) i stanowi ostateczną jego weryfikację na stanowiskach badawczych z silnikami spalinywymi jako obiektem rzeczywistym (Dybich, 2015).

Liczba oktanowa benzyn silnikowych jest określana przez dwie wartości liczbowe: LOB i LOM. LOB (liczba oktanowa badawcza) charakteryzuje właściwości paliwa do zasilania silników ZI przy małym obciążeniu i małej prędkości obrotowej silnika, gdzie podczas przyspieszania może wystąpić spalanie stukowe (PN-EN ISO 5164:2014-08), natomiast LOM (liczba oktanowa motorowa) charakteryzuje właściwości paliwa do zasilania silników ZI przy większym obciążeniu i większej prędkości obrotowej silnika, gdzie może wystąpić spalanie stukowe związane z dużą wartością prędkości obrotowej silnika.

Liczba oktanowa motorowa umożliwia też pomiar odporności na spalanie stukowe paliw do tłokowych silników lotniczych, przez przeliczenie na liczbę oktanową według Aviation Method lub liczbę wyczynową – badanie ubogiej mieszanki paliwa lotniczego (PN-EN ISO 5163:2014-08).

Oznaczanie odporności benzyn na spalanie stukowe odbywa się poprzez badania liczby oktanowej badawczej (LOB) i motorowej (LOM) w silnikach stanowiskowych typu CFR

(ang. *co-operative fuel research unit*). Są to znormalizowane jednocylindrowe, czterosuwowe silniki spalinowe wyprodukowane przez amerykańską firmę Dresser Waukesha (rysunek 1), charakteryzujące się zmiennym stopniem sprężania i stałą prędkością obrotową, zależną od metody badania.

Stanowiska badawcze z silnikami do oznaczania liczb oktanowych są pod względem konstrukcyjnym zbudowane tak samo i zasada metody oznaczania liczb oktanowych paliw silnikowych jest identyczna dla liczby oktanowej badawczej i motorowej. Różnica między nimi wynika z innych, charakterystycznych dla danej metody znormalizowanych parametrów pracy silników badawczych CFR Dresser Waukesha (USA) i osprzętu obu silników (Dybich, 2015).

Liczba oktanowa paliw silnikowych oznaczana jest przez porównanie odporności na spalanie stukowe badanego paliwa z odpornością na spalanie stukowe mieszanin paliw wzorcowych o znanych liczbach oktanowych w znormalizowanych warunkach badania. Porównanie przeprowadza się elektro-mechanicznym czujnikiem spalania przy znormalizowanym natężeniu stukania osiąganym przez zmianę stopnia sprężania.

Według ustalonego przez grupę EC, CONCAWE i ACEA zakresu badań, niezbędnego do realizacji programu Horyzont 2020, oprócz metod badawczych stosowanych w laboratoriach chemicznych określono, że ostateczna weryfikacja jakości paliwa powinna odbywać się na stanowiskach badawczych z silnikami spalinowymi do badań liczb oktanowych. Dlatego



**Rysunek 1.** Stanowiska silnikowe CFR firmy Dresser Waukesha (USA) do oznaczania liczb oktanowych motorowej i badawczej (fot. INiG – PIB)

**Figure 1.** CFR engine units from Dresser Waukesha USA for determining motor and research octane numbers (photo: INiG – PIB)

też założono harmonogram badań, na podstawie którego zaplanowano przeprowadzenie wielokrotnych oznaczeń liczby oktanowej badawczej i motorowej benzyn silnikowych zawierających bioetanol w zakresie 15%, 20%, 25% (*V/V*) i porównawczo 10% (*V/V*) celem zbadania wpływu różnych zawartości bioetanolu na eksploatacyjne parametry (LOB, LOM) typowej benzyny bazowej węglowodorowej.

### Część doświadczalna

Przed przystąpieniem do badań ustalono, że planowany zakres oznaczeń liczb oktanowych badawczej i motorowej będzie zgodny z normami PN-EN ISO 5164:2014-08 – metoda badawcza (LOB) i PN-EN ISO 5163:2014-08 – metoda motorowa (LOM). Normy te mogą być stosowane do paliw zawierających związki tlenowe o zawartości tlenu nie większej niż 4% (*m/m*) i do benzyn zawierających do 25% (*V/V*) etanolu (PN-EN ISO 5164, 5163:2014-08), przy czym w porównaniu z poprzednimi wydaniem norm z 2007 roku określona była tylko zawartość tlenu do 4% (*m/m*) bez dopuszczalnej procentowej zawartości etanolu w benzynie silnikowej. Ponadto w normach PN-EN ISO z 2014 roku na oznaczanie odporności benzyny silnikowej na spalanie stukowe metodą badawczą i motorową – oszacowano powtarzalność i odtwarzalność wyników oznaczanych liczb oktanowych paliw zawierających od 15% do 25% (*V/V*) etanolu (tabela 2).

Dla porównania w tabeli 3 przedstawiono precyzję metod badawczych LOB i LOM w przypadku pozostałych paliw zawierających związki tlenowe, o zawartości tlenu nie większej niż 4% (*m/m*), badanych przy ciśnieniu atmosferycznym 94,6 kPa i wyższym.

W ramach realizacji pracy badawczej polegającej na ustaleniu wpływu zwiększonego udziału bioetanolu w benzynie silnikowej na wartość liczby oktanowej przygotowano trzy partie paliw silnikowych o zawartości 15%, 20% i 25% (*V/V*) bioetanolu w bazowej benzynie silnikowej i porównawczo partię bazowej benzyny silnikowej zawierającej 10% (*V/V*) bioetanolu.

Poniżej podano opis i skład próbek paliw stanowiących mieszanki bazowej benzyny silnikowej i etanolu przygotowanych do oznaczenia liczby oktanowej badawczej i motorowej w dziesięciu powtórzeniach dla każdej partii badanych paliw:

- E10 – bazowa benzyna silnikowa zawierająca 10% (*V/V*) bioetanolu;
- E15 – bazowa benzyna silnikowa zawierająca 15% (*V/V*) bioetanolu;
- E20 – bazowa benzyna silnikowa zawierająca 20% (*V/V*) bioetanolu;
- E25 – bazowa benzyna silnikowa zawierająca 25% (*V/V*) bioetanolu.

**Tabela 2.** Powtarzalność i odtwarzalność wyników oznaczeń liczb oktanowych (LOB, LOM) paliw zawierających od 15% do 25% (*V/V*) etanolu (PN-EN ISO 5164, 5163:2014-08)

**Table 2.** Repeatability and reproducibility of the results of determination of octane number of fuels containing from 15 to 25% (*V/V*) of ethanol (PN-EN ISO 5164, 5163:2014-08)

Liczba oktanowa	Powtarzalność ( <i>r</i> )	Odtwarzalność ( <i>R</i> )	Norma PN-EN ISO
LOB	$r = 0,3$	$R = 0,8$	5164:2014-08
LOM	$r = 0,4$	$R = 1,1$	5163:2014-08

**Tabela 3.** Powtarzalność i odtwarzalność wyników oznaczeń liczb oktanowych (LOB, LOM) dla paliw zawierających związki tlenowe, o zawartości tlenu nie większej niż 4% (*m/m*), badanych przy ciśnieniu atmosferycznym 94,6 kPa i wyższym (PN-EN ISO 5164, 5163:2014-08)

**Table 3.** Repeatability and reproducibility of the results of determination of octane number containing oxygen compounds with an oxygen content of not more than 4% (*m/m*), tested at atmospheric pressure of 94.6 kPa and higher (PN-EN ISO 5164, 5163:2014-08)

Liczba oktanowa	Średni poziom liczby oktanowej	Powtarzalność ( <i>r</i> )	Odtwarzalność ( <i>R</i> )	Norma PN-EN ISO
LOB	poniżej 90,0	aktualnie brak danych		5164:2014-08
	od 90,0 do 100,0	$r = 0,2$	$R = 0,7$	
	101,0	aktualnie brak danych		
LOM	poniżej 80,0	aktualnie brak danych		5163:2014-08
	od 80,0 do 90,0	$r = 0,2$	$R = 0,9$	
	od 90,0 do 102,0	aktualnie brak danych		

W tabeli 4 zamieszczono wyniki badań otrzymane w INiG – PIB dla parametrów bazowej benzyny silnikowej (E0) o klasie lotności odpowiadającej okresowi przejściowemu i zimowemu, pochodzącej z kavern solnych. Efekty badań właściwości fizykochemicznych próbek paliw etanolowych E15–E25 i porównawczo E10 wykonanych w INiG – PIB, zgodnie z Business Plan for the CEN Workshop (tabela 1) i normą PN-EN 228+A1:2017-06, zestawiono w tabeli 5.

Na podstawie zamieszczonej w tabeli 5 analizy własności fizykochemicznych oraz bazując na wstępnych oznaczeniach liczb oktanowych dla zestawionych paliw E10–E25, ustalono przewidywany zakres oznaczalności LOB od 95 do 100 i LOM od 85 do 90, który wyklucza stosowanie mieszanin podstawowych paliw wzorcowych (PRF) i rozcieńczonego tetraetylu ołowiu (TEL). Podstawowe paliwa wzorcowe (ang. *primary reference fuels*, PRF), jakimi są izooktan o LO = 100 i *n*-heptan o LO = 0, oraz rozcieńczony tetraetylu ołowiu (ang. *tetraethyl*

**Tabela 4.** Wymagania jakościowe i wyniki badań otrzymane w INiG – PIB dla parametrów bazowej benzyny silnikowej (E0)

**Table 4.** Quality requirements and test results obtained at INiG – PIB for the base motor gasoline (E0) parameters

Parametr		Wyniki badań INiG – PIB dla benzyny bazowej (E0)	Wymagania według PN-EN 228+A1:2017-06	Metoda badania	
1	Liczba oktanowa LOB	95,0	min. 95,0	PN-EN ISO 5164	
2	Liczba oktanowa LOM	85,1	min. 85,0	PN-EN ISO 5163	
3	Prężność par (DVPE) [kPa]	87,8	45,0–60,0* 45,0–90,0** 60,0–90,0***	PN-EN 13016-1	
4	Gęstość w 15°C [kg/m <sup>3</sup> ]	737	720–775	PN-EN ISO 12185	
5	Destylacja:				
	– początek destylacji IBP [°C]	30,8	–	PN-EN ISO 3405	
	– do 70°C odparowuje [% (V/V)]	39,00	22,0–50,0* 24,0–52,0** 24,0–52,0***		
	– do 100°C odparowuje [% (V/V)]	58,10	46,0–72,0		
	– do 150°C odparowuje [% (V/V)]	90,00	min. 75,0		
	– koniec destylacji FBP [°C]	186,9	max. 210		
	– pozostałość [% (V/V)]	1,60	max. 2,0		
6	Zawartość węglowodorów:				
	– olefinowych [% (V/V)]	11,80	max. 18,0	PN-EN 15553	
	– aromatycznych [% (V/V)]	30,20	max. 35,0		
7	Zawartość benzenu [% (V/V)]	0,89	max. 1,0		PN-EN 238
8	Zawartość tlenu [% (m/m)]	0,10	max. 3,7	PN-EN 1601	
9	Związki tlenowe:				
	– metanol [% (V/V)]	<0,17	max. 3,0		
	– etanol [% (V/V)]	<0,17	max. 10,0		
	– alkohol izopropylowy [% (V/V)]	<0,17	max. 12,0		
	– alkohol tert-butyłowy [% (V/V)]	<0,17	max. 15,0		
	– alkohol izobutyłowy [% (V/V)]	<0,17	max. 15,0		
	– etery zawierające 5 lub więcej atomów węgla w cząsteczce [% (V/V)]	<0,17	max. 22,0		
– inne związki organiczne zawierające tlen [% (V/V)]	<0,17	max. 15,0			
10	Zawartość siarki [mg/kg]	8,4	max. 10,0	PN-EN ISO 20884	
11	Zawartość ołowiu [mg/l]	<2,5	max. 5	PN-EN 237	
12	Zawartość manganu [mg/l]	paliwo technologiczne, do którego nie dodawano manganu	max. 2,0	PN-EN 16135	

\* Okres letni od 1 maja do 30 września.

\*\* Okres przejściowy od 1 marca do 30 kwietnia oraz od 1 października do 31 października.

\*\*\* Okres zimowy od 1 listopada do końca lutego.

lead, TEL) nazywane są paliwami „nawiasującymi” i stanowią niezbędny materiał do prowadzenia oznaczeń liczb oktanowych badawczej i motorowej benzyny silnikowych na stanowiskowych jednostkach badawczych CFR. Paliwa nawiasujące dobiera się na podstawie otrzymanych przybliżonych wartości liczb oktanowych dla badanej próbki, zestawiając je w ten sposób, żeby największa dopuszczalna różnica pomiędzy ich wartościami była zgodna z wytycznymi zamieszczonymi w tabeli 6.

Opisane powyżej odpowiednie przygotowanie warsztatu badawczego oraz określenie zakresu oznaczalności LO i zestawienie odpowiednich znormalizowanych paliw wzorcowych umożliwiają przystąpienie do prowadzenia wielokrotnych oznaczeń liczb oktanowych dla przygotowanych paliw E15–E25 i porównawczo E10, zgodnie z metodyką badań zawartą w normach PN-EN ISO 5164:2014-08 (LOB) i PN-EN ISO 5163:2014-08 (LOM).

**Tabela 5.** Zestawienie wyników badań fizykochemicznych próbek paliw etanolowych E15–E25 i porównawczo E10 na podstawie wymagań CEN-CENELEC (tabela 1) i normy PN-EN 228+A1:2017-06

**Table 5.** Summary of the results of physicochemical tests of ethanol fuel samples E15–E25 and comparatively E10 based on the requirements of the CEN-CENELEC Business Plan for the CEN Workshop (Table 1) and PN-EN 228+A1:2017-06 standard

Parametr	Wyniki badań INiG – PIB dla paliwa E15	Wyniki badań INiG – PIB dla paliwa E20	Wyniki badań INiG – PIB dla paliwa E25	Wymagania CEN-CENELEC tabeli 1	Wyniki badań INiG – PIB dla paliwa E10	Wymagania według PN-EN 228	Metody badań paliw E10-E25	
1	Gęstość w 15°C [kg/m <sup>3</sup> ]	743	745	749	742	720–775	PN-EN ISO 12185	
2	Prężność par (DVPE) [kPa]	81,6	82,6	81,0	60,0 (A) – 100,0 (F/ F1)	45,0–60,0* 45,0–90,0*** 60,0–90,0****	PN-EN 13016-1	
3	Destylacja:							
	a) do 70°C odparowuje [% (V/V)]	53,4	50,6	47,0	w trakcie specyfi- kacji	51,1	22,0–50,0* 24,0–52,0** 24,0–52,0***	PN-EN ISO 3405
	b) do 100°C odparowuje [% (V/V)]	68,3	73,2	77,9		63,6	46,0–72,0	
	c) do 150°C odparowuje [% (V/V)]	91,3	91,9	92,3		91,1	min. 75,0	
	d) koniec destylacji FBP [°C]	185,1	183,5	181,7		185,9	max. 210	
e) pozostałość [% (V/V)]	1,6	1,5	1,4	1,7		max. 2		
Zawartość węglowodorów:								
4	– olefinowych [% (V/V)]	8,4	7,4	8,1	max. 15,0	max. 18,0	PN-EN 15553	
	– aromatycznych [% (V/V)]	25,3	26,2	22,8	max. 30,0	max. 35,0		
5	Zawartość benzenu [% (V/V)]	0,76	0,72	0,67	max. 1,00	max. 1,00	PN-EN 238	
6	Zawartość tlenu [% (m/m)]	5,61	7,22	9,21	5,5–8,2	max. 3,7		
Związki tlenowe:								
7	a) metanol [% (V/V)]	<0,17	<0,17	<0,17	max. 3,0	max. 3,0	PN-EN 1601-1	
	b) etanol [% (V/V)]	15,1	19,5	25,0	15–20	max. 10,0		
	c) alkohol izopropylowy [% (V/V)]	<0,17	<0,17	<0,17	max. 12,0	max. 12,0		
	d) alkohol tert-butylowy [% (V/V)]	<0,17	<0,17	<0,17	max. 15,0	max. 15,0		
	e) alkohol izobutyloowy [% (V/V)]	<0,17	<0,17	<0,17	max. 15,0	max. 15,0		
	f) etery zawierające 5 lub więcej atomów węgla w cząsteczce [% (V/V)]	<0,17	<0,17	<0,17	max. 22,0	max. 22,0		
8	g) inne związki organiczne zawierające tlen [% (V/V)]							
	Zawartość siarki [mg/kg]	4,6	3,9	3,3	max. 10,0	max. 10,0	PN-EN ISO 20884	
9	Zawartość ołowiu [mg/l]	<2,5	<2,5	<2,5	max. 5,0	max. 5,0	PN-EN 237	
10	Zawartość manganu [mg/l]	–	–	–	max. 2,0	max. 2,0	PN-EN 16135	

\* Okres letni od 1 maja do 30 września; \*\* Okres przejściowy od 1 marca do 30 kwietnia oraz od 1 października do 31 października; \*\*\* Okres zimowy od 1 listopada do końca lutego. A–F/F1: klasy lotności dla parametru prężność par, zależne od krajowych warunków klimatycznych panujących w danym państwie.

**Tabela 6.** Największe dopuszczalne różnice liczb oktanowych (badawczej, motorowej) nawiasujących mieszanin podstawowych paliw wzorcowych PRF i TEL (PN-EN ISO 5164, 5163:2014-08)

**Table 6.** The largest permissible differences in octane numbers (research, motor) of bracketed mixtures of basic reference fuels PRF and TEL (PN-EN ISO 5164, 5163:2014-08)

Zakres LOB/LOM próbki paliwa	Największa dopuszczalna różnica LO pomiędzy mieszaninami podstawowych paliw wzorcowych PRF i TEL
od 40 do 72	dopuszczalna różnica LOB/LOM dla mieszanin PRF do 4,0
od 72 do 80	dopuszczalna różnica LOB/LOM dla mieszanin PRF do 2,4
od 80 do 100	dopuszczalna różnica LOB/LOM dla mieszanin PRF do 2,0
od 100,0 do 100,7	stosować tylko mieszaniny PRF o LOB/LOM 100,0 i 100,7
od 100,7 do 101,3	stosować tylko mieszaniny PRF o LOB/LOM 100,7 i 101,3
od 101,3 do 102,5	stosować tylko mieszaniny PRF o LOB/LOM 101,3 i 102,5
od 102,5 do 103,5	stosować tylko mieszaniny PRF o LOB/LOM 102,5 i 103,5
od 103,5 do 108,6	stosować mieszaniny LOB/LOM z TEL zawierające 0,053 ml/litr (0,2 ml/US gal.)
od 108,6 do 115,5	stosować mieszaniny LOB/LOM z TEL zawierające 0,132 ml/litr (0,5 ml/US gal.)
od 115,5 do 120,3	stosować mieszaniny LOB/LOM z TEL zawierające 0,264 ml/litr (1,0 ml/US gal.)

Badanie wpływu zwiększonego udziału bioetanolu w benzynie silnikowej na wielkość liczby oktanowej postanowiono ocenić w warunkach powtarzalności, czyli warunkach, w których niezależne wyniki takich samych jednostek badania są otrzymywane dla tej samej próbki paliwa, za pomocą tej samej metody, w tym samym laboratorium, przez tego samego operatora, z użyciem tego samego wyposażenia, w krótkich odstępach czasu (Szkolenie CE2).

Przed rozpoczęciem badań badawczej i motorowej liczby oktanowej dla każdej przygotowanej serii próbek paliw etanolowych sprawdzano, czy silniki badawcze LOB i LOM spełniają wszystkie wymagania dotyczące regulacji i warunków użytkowania oraz czy znajdują się one w stanie ustabilizowanym i zgodnym z wymaganiami odpowiednich norm PN-EN ISO i instrukcji technicznych silników CFR.

Priorytetem było wzorcowanie jednostek badawczych dla każdego poziomu oznaczalności LO, zależnego od przybliżonej liczby oktanowej oznaczanej dla danej serii próbek paliw E10–E25, gdzie kwalifikowano silniki LOB i LOM jako nadające się do wykonywania oznaczeń poprzez ocenę odpowiedniej znormalizowanej mieszaniny paliwa toluenowego. Mieszaninę tę zestawia się w proporcjach objętościowych następujących składników: wzorcowego toluenu, izooktanu i n-heptanu, które mają wywzorcowane liczby oktanowe badawczą i motorową i oznaczone granice tolerancji wartości wzorcowania. Skład mieszaniny i związaną z nią wielkość liczby oktanowej dobiera się każdorazowo dla zakresu LOB i LOM, w którym oznaczane są próbki paliw silnikowych.

Wykonane wcześniej badania wstępne liczb oktanowych dla przygotowanych próbek paliw E10–E25 pozwoliły wyznaczyć odpowiednie przedziały liczb oktanowych, w zależności od których wzorcowano silniki badawcze CFR i prowadzono standardowe badania LOB i LOM. Po każdej

serii wielokrotnych oznaczeń liczb oktanowych dla danej partii paliw E10–E25 przeprowadzano czynności obsługowe układów dolotowych silników badawczych CFR, kontrolując wszystkie zespoły i podzespoły zasilające silniki w badane paliwo i mieszaninę paliwowo-powietrzną. Zabiegi te były związane z oceną i wyeliminowaniem nalotów, osadów i laków powstających po badaniach LO dla każdej partii paliwa bioetanolowego, które mogłyby prowadzić do nieprawidłowej pracy jednostek badawczych CFR i przekładać się w sposób znaczący na jakość i wielkość oznaczanych liczb oktanowych.

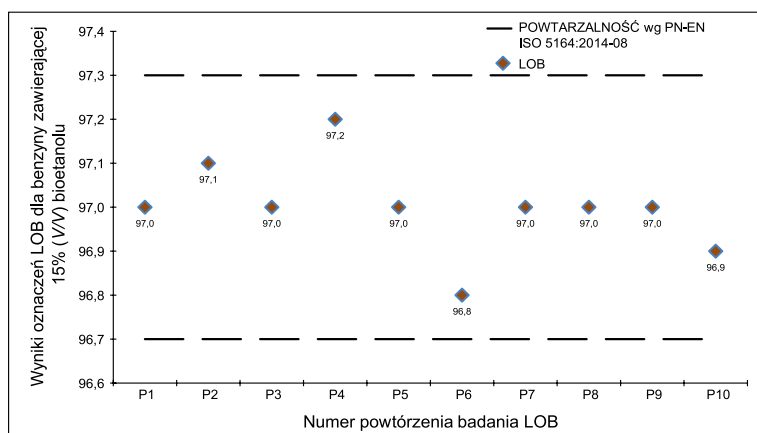
Uzyskane w Laboratorium Badań Silnikowych i Trybologicznych INiG – PIB wyniki badań liczb oktanowych dla benzyn silnikowych zawierających bioetanol w zakresie 15–25% (V/V) i porównawczo 10% (V/V) zamieszczono w tabelach 7a i 7b oraz przedstawiono graficznie na rysunkach 2–6.

### Podsumowanie

Dobranie odpowiedniej bazy paliwowej o stosunkowo małej wartości liczby oktanowej badawczej i motorowej umożliwia prowadzenie badań LOB i LOM benzyn silnikowych zawierających do 25% (V/V) bioetanolu bez konieczności stosowania mieszanin wzorcowych PRF/TEL (tabela 7), co wiąże się z dodatkowymi wymaganiami norm PN-EN ISO 5164:2014-08 (LOB), PN-EN ISO 5163:2014-08 (LOM).

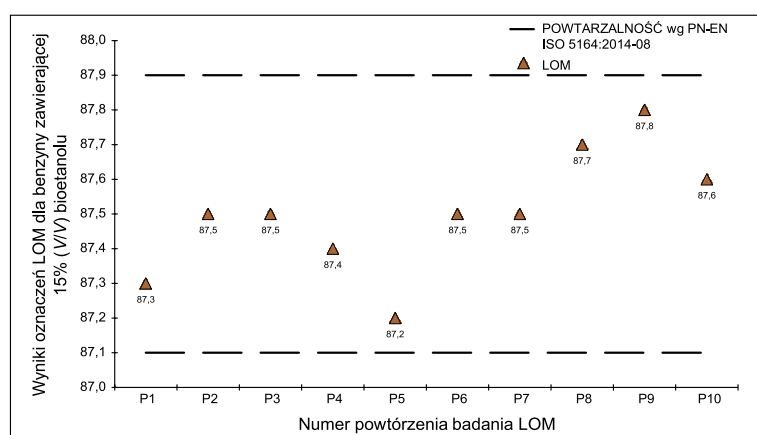
Przy zastosowaniu standardowego osprzętu technicznego silników badawczych CFR do oznaczeń LO paliw E0–E10 możliwe jest prowadzenie badań liczb oktanowych paliw E15–E25, gdzie w porównaniu z liczbami oktanowymi dla paliw o zawartości powyżej 25% (V/V) bioetanolu w benzynie silnikowej wymagane jest odpowiednie wyposażenie silników





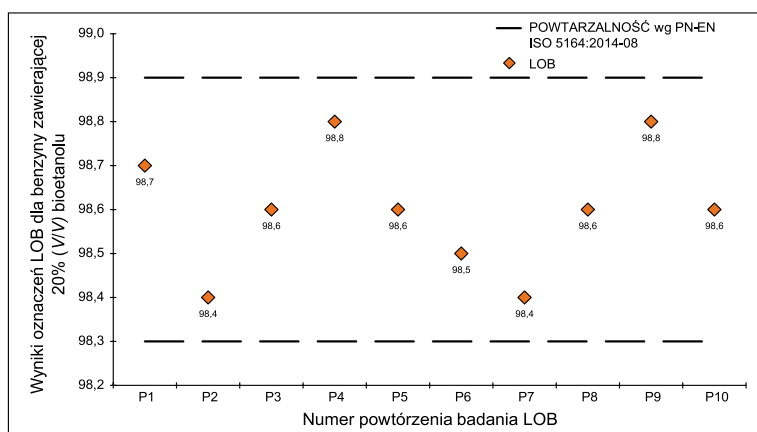
**Rysunek 2a.** Wyniki oznaczeń liczb oktanowych badawczych (LOB) dla paliwa E15

**Figure 2a.** Results of research octane numbers (RON) for E15 fuel



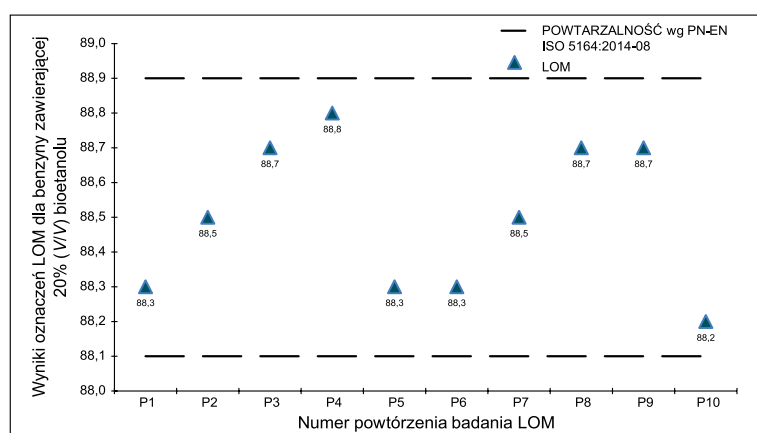
**Rysunek 2b.** Wyniki oznaczeń liczb oktanowych motorowych (LOM) dla paliwa E15

**Figure 2b.** Results of determining motor octane numbers (MON) for E15 fuel



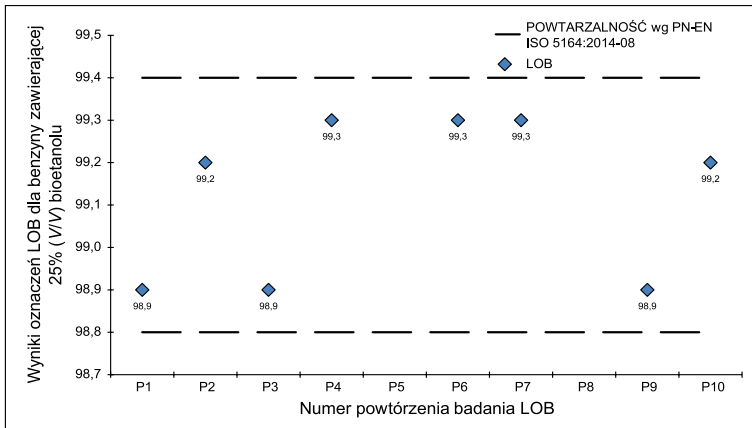
**Rysunek 3a.** Wyniki oznaczeń liczb oktanowych badawczych (LOB) dla paliwa E20

**Figure 3a.** Results of determination of research octane numbers (RON) for E20 fuel



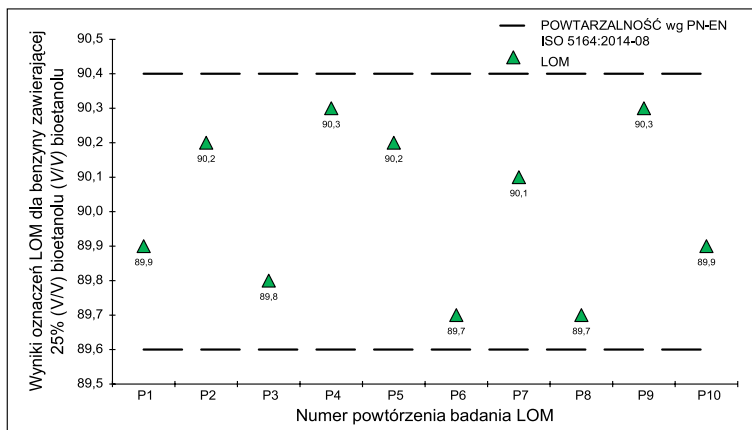
**Rysunek 3b.** Wyniki oznaczeń liczb oktanowych motorowych (LOM) dla paliwa E20

**Figure 3b.** Results of determination of motor octane numbers (MON) for E20 fuel



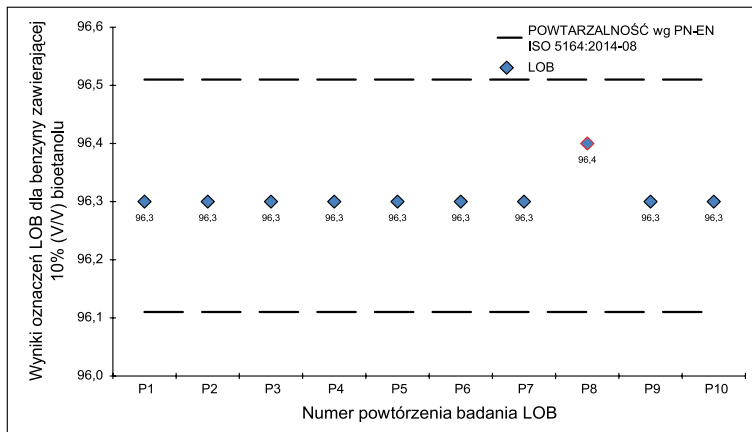
**Rysunek 4a.** Wyniki oznaczeń liczb oktanowych badawczych (LOB) dla paliwa E25

**Figure 4a.** Results of research octane numbers (RON) for E25 fuel



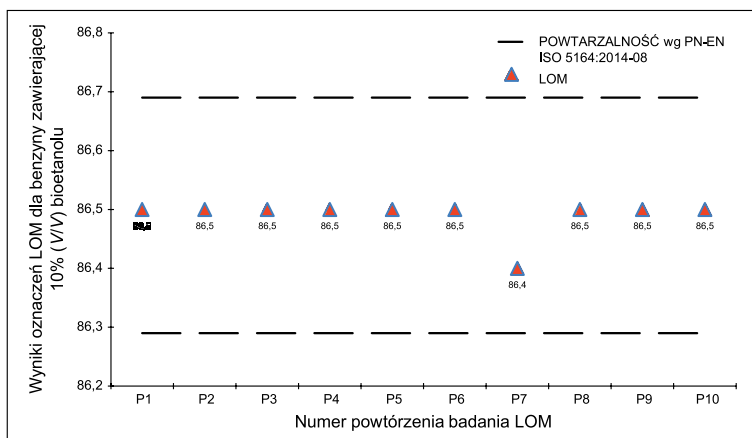
**Rysunek 4b.** Wyniki oznaczeń liczb oktanowych motorowych (LOM) dla paliwa E25

**Figure 4b.** Results of determination of motor octane numbers (MON) for E25 fuel



**Rysunek 5a.** Wyniki oznaczeń liczb oktanowych badawczych (LOB) dla paliwa E10

**Figure 5a.** Results of determination of research octane numbers (RON) for E10 fuel



**Rysunek 5b.** Wyniki oznaczeń liczb oktanowych motorowych (LOM) dla paliwa E10

**Figure 5b.** Results of determination of motor octane numbers (MON) for E10 fuel

**Tabela 7a.** Zestawienie otrzymanych wyników dla badań wpływu zwiększonego udziału bioetanolu w benzynie silnikowej na wielkość liczby oktanowej badawczej

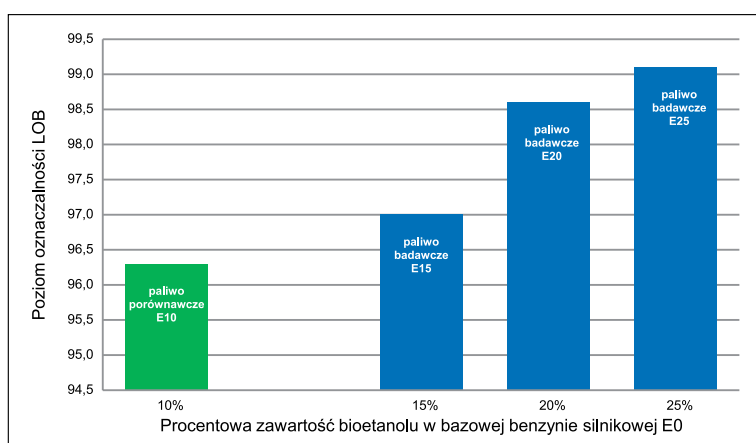
**Table 7a.** Summary of the results obtained for research on the impact of an increased share of bioethanol in motor gasoline on the research octane number

LOB	LOB badanego paliwa			LOB porównawczego paliwa E10
	E15	E20	E25	
Średnia uzyskana w 10 oznaczeniach	97,0	98,6	99,1	~96,3

**Tabela 7b.** Zestawienie otrzymanych wyników dla badań wpływu zwiększonego udziału bioetanolu w benzynie silnikowej na wielkość liczby oktanowej motorowej

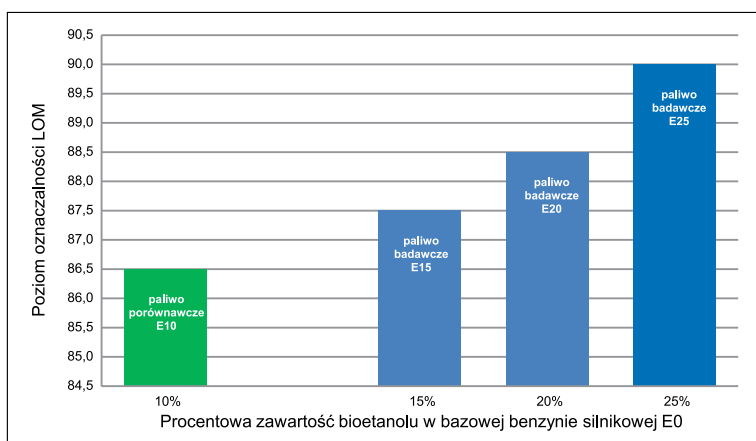
**Table 7b.** Summary of the results obtained for research on the impact of an increased share of bioethanol in motor gasoline on the motor octane number

LOM	LOM badanego paliwa			LOM porównawczego paliwa E10
	E15	E20	E25	
Średnia uzyskana w 10 oznaczeniach	87,5	88,5	90,0	~86,5



**Rysunek 6a.** Poziom oznaczalności liczby oktanowej badawczej w zależności od udziału bioetanolu w bazowej benzynie silnikowej

**Figure 6a.** The level of determination of the research octane number depending on the share of bioethanol in the base motor gasoline



**Rysunek 6b.** Poziom oznaczalności liczby oktanowej motorowej w zależności od udziału bioetanolu w bazowej benzynie silnikowej

**Figure 6b.** The level of motor octane number determination depending on the share of bioethanol in the base motor gasoline

badawczych CFR w dysze gaźnikowe o większym jednostkowym przepływie paliwa.

Wzrost zawartości do 25% (V/V) bioetanolu w bazowej benzynie silnikowej powoduje większy rozrzut wyników liczb oktanowych, ale w konsekwencji nie wpływa na powstanie odstępstw uzyskanych wyników w zakresie przekroczenia dopuszczalnych przez odpowiednie normy granic

powtarzalności. Na podstawie norm i analizy danych z badań zawartych w tabelach 1–7 oraz przedstawionych graficznie na rysunkach 2–6 stwierdzono, że badania liczb oktanowych zestawionych paliw silnikowych E10–E25 prowadzone zgodnie z normami PN-EN ISO 5164:2014-08 (LOB), PN-EN ISO 5163:2014-08 (LOM) i podaną w nich precyzją oznaczeń LO benzyn silnikowych zawierających do 25% (V/V) bioetanolu

pozwołyły wykazać, że wszystkie otrzymane wyniki liczb oktanowych mieszczą się w normowanych granicach powtarzalności. Na podstawie wyników badań zamieszczonych w tabelach 4–7 i przedstawionych na rysunkach 2–6 można wytypować procentowy skład mieszaniny bazowej benzyny i bioetanolu dla uzyskania paliwa przeznaczonego do zasilania silników o zapłonie iskrowym spełniającego według normy PN-EN 228+A1:2017-06 minimalne wymagania jakościowe dotyczące liczb oktanowych benzyn silnikowych 95 i 98.

Zgodnie z programem Horyzont 2020 i wytypowanym na podstawie warsztatów Business Plan for the CEN Workshop zakresem badań parametrów fizykochemicznych według EN 228+A1:2017-06 dla potencjalnej specyfikacji benzyny silnikowej zawierającej od 20% do 25% (V/V) bioetanolu paliwem spełniającym wszystkie podane kryteria oceny jest bazowa benzyna silnikowa zawierająca 20% (V/V) bioetanolu (paliwo E20) – tabela 1. Ponadto z przedstawionej analizy fizykochemicznej przeprowadzonej dla próbek paliw etanolowych E15–E25 wynika, że parametry tych paliw w większości spełniają jakościowe wymagania normy PN-EN 228+A1:2017-06, stosowanej do oceny wymagań jakościowych paliwa E10. Parametry, których wartości przekraczają dopuszczalne normowane granice, ściśle natomiast zależą od zwiększonej procentowej zawartości bioetanolu w benzynie silnikowej (tabela 5, pkt 6 i 7b). Natomiast w przypadku paliwa E15 przekroczenie wartości parametru destylacji (tabela 5, pkt 3a) może prowadzić do wytwarzania niepożądanych korków paliwowych w układzie zasilania paliwem, a przekroczenie wartości parametru destylacji dla paliw E20–E25 (tabela 5, pkt 3b) może skutkować brakiem płynności pracy silnika ZI w warunkach nieustalonych, na przykład podczas przyspieszania, może powodować ograniczenia w możliwości osiągnięcia maksymalnej mocy silnika (Waqas et al., 2016).

Porównując wpływ procentowego udziału bioetanolu w silnikowej benzynie bazowej na wielkości otrzymywanych parametrów jakościowych założonych na potrzeby przedmiotowej pracy naukowej mieszanin E15 do E25, można stwierdzić, że zaobserwowano nieliniowy przyrost liczby oktanowej badawczej (tabela 7a; rys. 6a), jak i występowanie zarówno dodatnich, jak i ujemnych efektów mieszania w przypadku prężności par (tabela 5, pkt 2).

Z badań prowadzonych nad jakością benzyn silnikowych wiadomo, że bioetanol powoduje nieaddytywne zmiany właściwości takich parametrów jak m.in. liczby oktanowe, prężność par czy skład frakcyjny, co finalnie może prowadzić do niespełnienia wymagań jakościowych zmieszanego paliwa (Alimin i Babalola, 2023).

Badania wpływu procentowej zawartości bioetanolu w benzynie silnikowej na wielkości otrzymywanych liczb oktanowych (badawczej, motorowej) umożliwiają gruntowne

i kompleksowe rozeznanie tej zależności, a otrzymane wyniki mogą ułatwić efektywniejsze zarządzanie strumieniami komponentów kierowanych do produkcji benzyny silnikowej z domieszkami bioetanolu.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Badanie wpływu zwiększonego udziału bioetanolu w benzynie silnikowej na wielkość liczby oktanowej*, praca INiG – PIB; nr zlecenia 0008/TE/2015, nr archiwalny DK-4100-0008/2015.

### Literatura

- Alimin A.J., Babalola O.K., 2023. A review on the performance of non-additive blended fuel (ethanol-gasoline) in spark ignition engines. *IOP Conference Series. 6<sup>th</sup> International Conference on Clean Energy and Technology*, 1281, 012002. DOI: 10.1088/1755-1315/1281/1/012002.
- Devi A., Bajar S., Sihag P., Sheikh Z.U.D., Singh A., Kaur J., Bishnoi N.R., Pant D., 2023. A panoramic view of technological landscape for bioethanol production from various generations of feedstocks. *Bioengineered*, 14(1): 81–112. DOI: 10.1080/21655979.2022.2095702.
- Dybich K., 2015. Wpływ zawartości i jakości bioetanolu w paliwach do silników ZI na oznaczenie liczby oktanowej. *Nafta-Gaz*, 71(7): 520–528.
- Europejski Komitet Normalizacyjny. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Europejski\\_Komitet\\_Normalizacyjny](https://pl.wikipedia.org/wiki/Europejski_Komitet_Normalizacyjny) (dostęp: styczeń 2024).
- Horizon 2020. Proposed Project Horizon 2020 Programme. Dokument CEN nr N 1690 z dnia 2014-06-04.
- Pałuchowska M., Jakóbiec J., 2011. Specyfikacje jakościowe benzyny silnikowej E10. *Nafta-Gaz*, 67(11): 825–830.
- Stacje benzynowe. <http://www.stacjebenzynowe.pl> (dostęp: sierpień 2020).
- Szkolenie CE2. Walidacja i potwierdzenie metod badań chemicznych i mechanicznych oraz szacowanie niepewności. *CE2 Centrum Edukacji*. Materiały szkoleniowe CE2 dla INiG – PIB, Kraków 2013.
- Technologia Produkcji Rolniczej. <https://technologia.kpodr.pl/index.php/2020/11/03/rosliny-energetyczne> (dostęp: sierpień 2024).
- Waqas M., Naser N., Sarathy M., Morganti K., Al-Qurashi K., Bengt Johansson B., 2016. Blending Octane Number of Ethanol in HCCI, SI and CI Combustion Modes. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, 9(3): 659–682. DOI: 10.4271/2016-01-2298.
- Warsztaty CEN. Business Plan for the CEN Workshop z dnia 2014-06-27. Mid-blend ethanol petrol (E20-E25) fuel – Requirements and test methods.
- WNP. <http://www.wnp.pl> (dostęp: sierpień 2023).

### Akty prawne i dokumenty normatywne

- Norma PN-EN 228+A1:2017-06 Paliwa do pojazdów samochodowych – Benzyna bezołowiowa – Wymagania.
- Norma PN-EN 15376:2014-11 Paliwa do pojazdów samochodowych – Etanol jako komponent benzyny silnikowej – Wymagania i metody badań
- Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 21 czerwca 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych (Dz.U. z 2023 r. poz. 1314, wersja od 11 lipca 2023 r.).

PN-EN ISO 5163:2014-08 Przetwory naftowe – Oznaczanie odporności benzyny samochodowej i benzyny lotniczej na spalanie stukowe – Metoda motorowa.

PN-EN ISO 5164:2014-08 Przetwory naftowe – Oznaczanie odporności benzyny samochodowej na spalanie stukowe – Metoda badawcza.



Mgr inż. Tomasz ŁACZEK  
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Produkcji Doświadczalnej i Małotonażowej oraz Sprzedaży  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A, 31-503 Kraków  
E-mail: [tomasz.laczek@inig.pl](mailto:tomasz.laczek@inig.pl)



Mgr inż. Kornel DYBICH  
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [kornel.dybich@inig.pl](mailto:kornel.dybich@inig.pl)



Mgr inż. Marek PRZYBEK  
Główny specjalista inżynierijno-techniczny w Zakładzie Oceny Właściwości Eksploatacyjnych  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [marek.przybek@inig.pl](mailto:marek.przybek@inig.pl)

## OFERTA ZAKŁADU PRODUKCJI DOŚWIADCZALNEJ I MAŁOTONAŻOWEJ ORAZ SPRZEDAŻY

- produkcja małotonażowa i sprzedaż specyfików naftowych w ilościach od 10 do 25 000 kg/ szarżę:
  - » olejów i środków smarowych,
  - » zaawansowanych technologicznie specyfików dla wojska,
  - » preparatów myjących,
  - » inhibitorów korozji i rdzewienia,
  - » dodatków i pakietów dodatków uszlachetniających (dobieranie do paliw indywidualnie):
    - do przerobu ropy naftowej (procesowe),
    - do benzyn silnikowych,
    - do paliw lotniczych,
    - do olejów napędowych,
    - do olejów opałowych,
    - do paliw alternatywnych (biopaliw),
    - biocydów do paliw naftowych i biopaliw,
  - » opracowywanie kart charakterystyki substancji i mieszanin niebezpiecznych, zgodnie z obowiązującymi przepisami praw.



Kierownik: dr Winicjusz Stanik Adres: ul. Łukasiewicza 1, 31-429 Kraków  
Telefon: 12 617 75 25 Faks: 12 617 75 22 E-mail: [winicjusz.stanik@inig.pl](mailto:winicjusz.stanik@inig.pl)



INSTYTUT NAFTY I GAZU  
– Państwowy Instytut Badawczy