

Stanisław KRUCZYŃSKI¹
Piotr ORLIŃSKI²
Stanisław ORLIŃSKI³

**WPLYW ZASTOSOWANIA MIESZANIN OLEJU NAPĘDOWEGO, ESTRU
FAME Z 10 % DODATKIEM ETANOLU NA EKOLOGICZNE WSKAŹNIKI
PRACY SILNIKA PERKINS-1104C-44**

W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań hamownianych silnika PERKINS 1100 zasilanego ekologicznym paliwem węglowodorowym, estrem FAME oraz porównawczo mieszaninami (v/v) paliwa węglowodorowo i roślinnego z alkoholem etylowym. Zastosowanie alkoholu etylowego powodowało zmiany różnych właściwości fizykochemicznych badanych paliw. Spełnianie coraz bardziej rygorystycznych norm w emisji składników toksycznych spalin zmusza użytkownika silników spalinowych o ZS do posiadania szybkich i precyzyjnych metod oceny jego stanu technicznego, a szczególnie stanu technicznego aparatury wtryskowej. Wykazano, że rodzaj paliwa o różnych właściwościach fizykochemicznych ma istotny wpływ na wskaźniki ekologiczne, zużycie paliwa, a przede wszystkim emisję toksycznych składników ze spalinami.

**INFLUENCE OF USING MIXTURES OF DIESEL, THE FAME ESTER AROUND
20 % WITH SUPPLEMENT OF THE ETHANOL TO ECO-FRIENDLY POINTERS
OF THE PERKINS-1104C-44 WORK OF AN ENGINE**

In the article chosen research findings were introduced hamownianych of engine Perkins 1100 fed with eco-friendly hydrocarbon fuel, the FAME ester and comparatively with mixtures (v/v) fuels hydrocarbon and plant with the ethyl alcohol. Using the ethyl alcohol caused changes in all sorts properties physicochemical of examined fuels. Fulfilling rigorous norms more and more in emission of elements of the toxic exhaust fumes is forcing the user to internal-combustion engines about ZS for having fast and precise methods of estimation of his technical profession particularly the technical profession of injection apparatus. They demonstrated, as kind of fuel about all sorts properties physicochemical has the essential influence on eco-friendly pointers, the fuel consumption but first of all the broadcasting of toxic ingredients with the exhaust fumes.

¹ Instytut Energii Odnawialnej i Paliw. Warszawa. skruczyn@simr.pw.edu.pl

¹ Politechnika Warszawska, Wydział SiMR, Instytut Pojazdów, p.orlinski@simr.pw.edu.pl

¹ Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, e-mail: walorl@wp.pl

1. WSTĘP

W ostatnich latach mamy do czynienia z ciągłym wzrostem wymagań dotyczących energetycznych, ekonomicznych, a głównie ekologicznych wskaźników pracy silników spalinowych, co wpływa na duży wzrost zapotrzebowania, na paliwa alternatywne [1].

Rozwiązaniem tego problemu jest wykorzystanie paliw roślinnych i ich estrów oraz etanolu. Daje to możliwość dalszego rozwoju naszego kraju nowych technologii produkcji paliw, dodatkowe miejsca pracy i pozytywne efekty ekologiczne.

Paliwa roślinne charakteryzują się innymi właściwościami fizykochemicznymi w stosunku do paliw węglowodorowych. Powodują one występowanie różnic w procesie tłoczenia i rozpylania paliwa oraz ich spalania w cylindrze silnika [2].

Postęp w zakresie konstrukcji silników o ZS sprawił, że dużą uwagę zwrócono także na zasilanie tych silników różnymi paliwami o ściśle określonych, powtarzalnych właściwościach fizykochemicznych. Rodzaj paliwa i jego właściwości fizykochemiczne determinują jakość rozdrobnienia i wymieszania paliwa z powietrzem w komorze spalania. Paliwo przeznaczone do zasilania silników o ZS powinno zapewniać [3]:

- prawidłowe funkcjonowanie całego układu zasilania, w tym szczególnie zespołu wtryskowego,
- prawidłowy efektywny proces spalania,
- tworzenie możliwie jak najmniejszej ilości szkodliwych składników spalin.

Głównymi czynnikami determinującymi obecny rozwój silników o ZS są [7]:

- minimalizacja jednostkowego zużycia paliwa obniżająca koszty eksploatacji i ograniczająca emisję dwutlenku węgla do atmosfery,
- zapewnienie możliwie najmniejszej emisji składników spalin tj.: CO₂, CH, NO_x, aldehydów, a przede wszystkim cząstek stałych PM.

2. CEL BADAŃ

Celem badań była ocena wpływu zasilania silnika Perkins 1104C-44 pracującego w ustalonych warunkach pracy według zewnętrznej charakterystyki prędkościowej w przedziale prędkości obrotowej wału korbowego silnika od 1000 ÷ 2200 obr/min, bez zmian regulacyjnych silnika, na wskaźniki ekonomiczne i ekologiczne pracy silnika.

Podczas badań silnik zasilany był czterema rodzajami paliw ekologicznych tj.: węglowodorowym, niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B (ON) oraz porównawczo: estrem metylowym kwasów oleju rzepakowego BIODIESEL FAME-100B (FAME) i mikroemulsją węglowodorowo-etanolową E1 (80% ON + 10% ETANOL), estrowo-etanolową E2 (80% FAME +10% ETANOL).

3. STANOWISKO BADAWCZE ORAZ PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE PALIW ZASILAJĄCYCH SILNIK

Badania przeprowadzono na typowym, zbudowanym wg PN-88/S-02005 stanowisku hamownianym z silnikiem o zapłonie samoczynnym typu Perkins 1104C-44 z wtryskiem bezpośrednim. Wyboru badanych paliw dokonano ze względu na ich dostępność na rynku oraz na niejednorodne właściwości fizykochemiczne. Wybrane właściwości fizykochemiczne badanych paliw w tabeli 1.

Stanowisko wyposażone było w system pomiarowy umożliwiający pomiar parametrów wolno, szybko zmiennych oraz analizatory spalin firmy AVL. Zastosowane w badaniach to mieszaniny objętościowe: etanolu z niskosiarkowym olejem napędowym EKODIESEL PLUS 50B i estru FAME przedstawiono w tabeli 2. Tabela 3 przedstawia wybrane dane techniczne silnika Perkins 1104C-44 (EU Stage II G) [4]

Tabela 1. Wybrane właściwości fizykochemiczne badanych paliw [7, 8]

Właściwości fizykochemiczne	ON Ekodiesel Plus-50B	E1 (80% ON-10% ETANOL)	FAME B-100	E2 (80% FAME-10% ETANOL)
Gęstość [kg/m ³]	837,7	832,5	878	866,2
Lepkość kinematyczna [mm ² /s]	2,91	2,34	4,64	2,98

Tabela 2: Oznaczenia badanych paliw[3]

ON Ekodiesel Plus-50B	ON-100%
E1	90% ON + 10% ETANOL
FAME B-100	FAME 100%
E2	90% FAME + 10% ETANOL

Tabela 3. Wybrane dane techniczne silnika Perkins 1104C-44 (EU Stage II G) [4]

Liczba cylindrów	4
Pojemność skokowa	4400, cm ³
Maksymalna moc	60, kW przy 2200, obr./min.
Maksymalny moment obrotowy	294, Nm przy 1400, obr./min.
Stopień sprężania	19,3
Prędkość biegu jałowego	750 ± 50, obr./min
Kąt dynamicznego początku tłoczenia paliwa	12 °OWK

4. OPIS METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono dla danych regulacyjnych silnika określonych wg. zaleceń producenta, a dotyczących pomiaru: ciśnienia sprężania i szczelności przestrzeni nadłokowej, dawkowania pompy wtryskowej, ciśnienia roboczego wtryskiwaczy. Przed przystąpieniem do pomiarów, silnik doprowadzono do stanu równowagi cieplnej, a następnie sprawdzono ustawienie kąta dynamicznego początku tłoczenia paliwa, równego

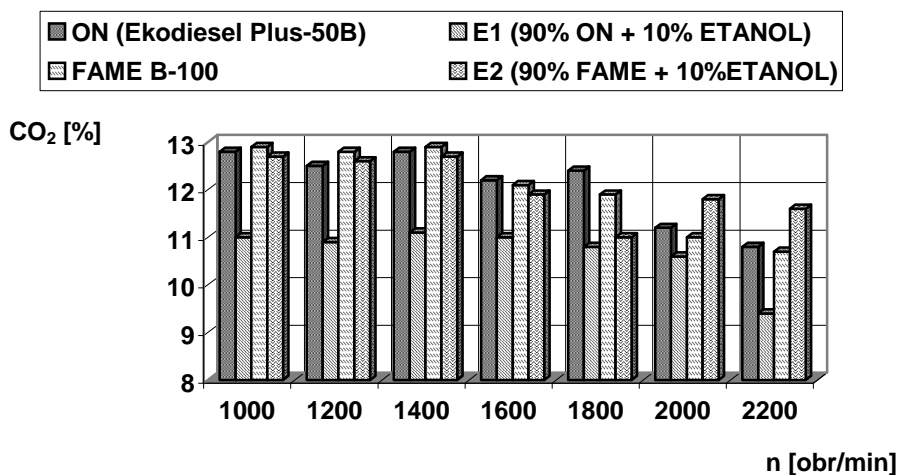
$\alpha_{dpt} = 12$ °OWK [4]. Podczas sporządzania zewnętrznej charakterystyki prędkościowej silnika w przedziale od 1000-2200 obr/min, rejestrowano, co 200 obr/min: emisję składników spalin. Na podstawie wyników badań hamownianych i ich rejestracji dokonano wyznaczenia ekologicznych wskaźników pracy silnika [2]:

Wybrane zarejestrowane wskaźniki ekologiczne:

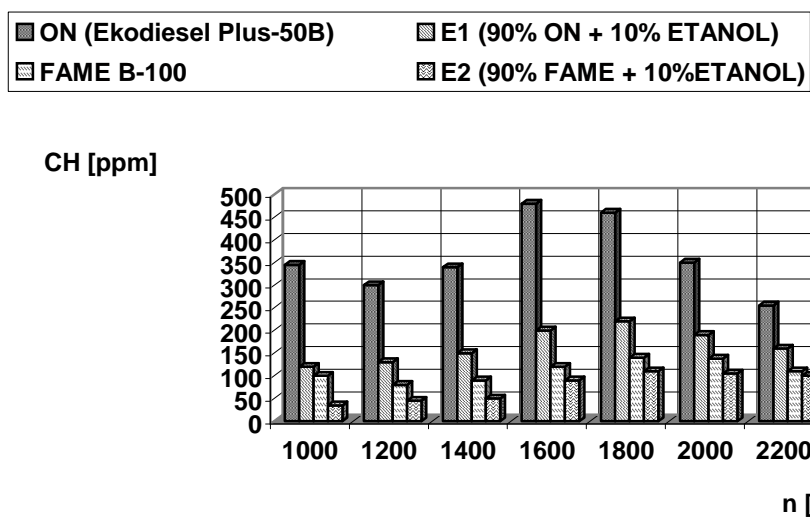
- dwutlenek węgla: CO₂-%,
- węglowodory: CH-ppm,
- cząstki stałe: PM-mg/cm³,
- tlenki azotu: NO_x-ppm.

5. GRAFICZNE PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ

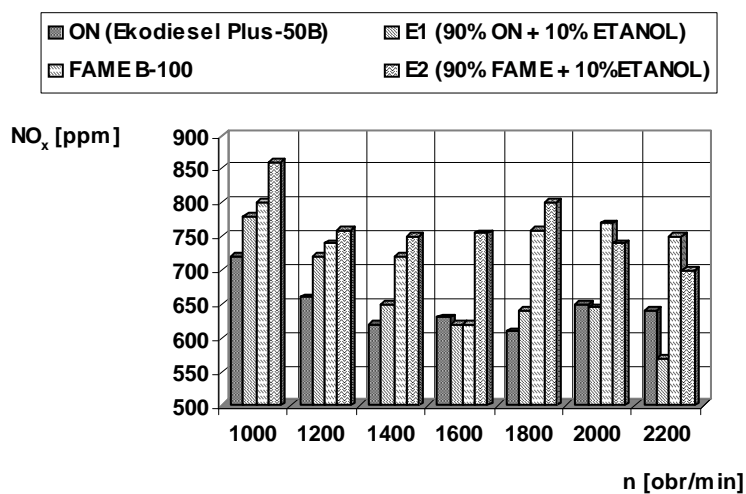
Na rys.1 pokazano porównanie graficzne emisji dwutlenków węgla, (CO₂, %) dla badanych paliw w przedziale prędkości obrotowych wału korbowego silnika od 1000 – 2200 obr/min przy sporządzaniu zewnętrznej charakterystyki zewnętrznej, na rys. 2 porównanie emisji węglowodorów (CH, ppm), na rys.3 porównanie emisji tlenków azotu (NO_x, ppm), na rys.4 porównanie cząstek stałych (PM, mg/cm³).



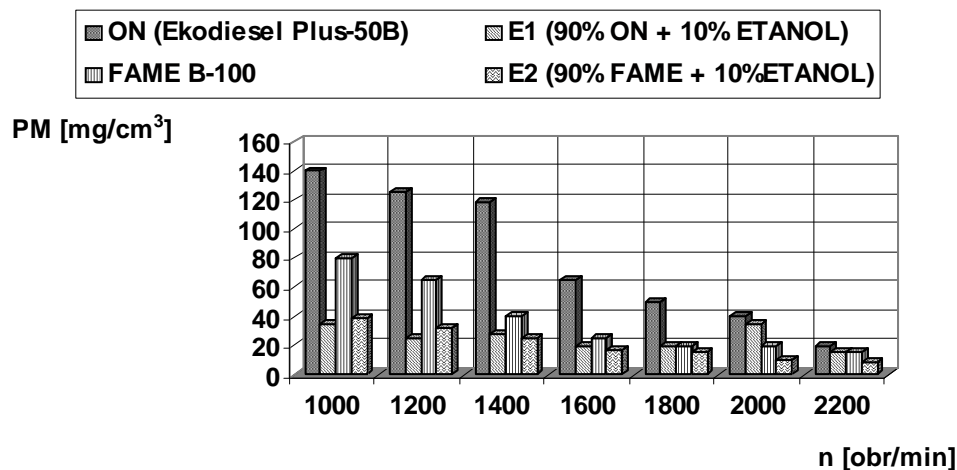
Rys. 1. Zbiorcze porównanie emisji dwutlenków węgla, (CO₂,%) dla badanych paliw w przedziale prędkości obrotowych wału korbowego silnika od 1000 – 2200 obr/min



Rys. 2. Zbiornicze porównanie emisji węglowodorów (CH, ppm) dla badanych paliw w przedziale prędkości obrotowych wału korbowego silnika od 1000 – 2200 obr/min

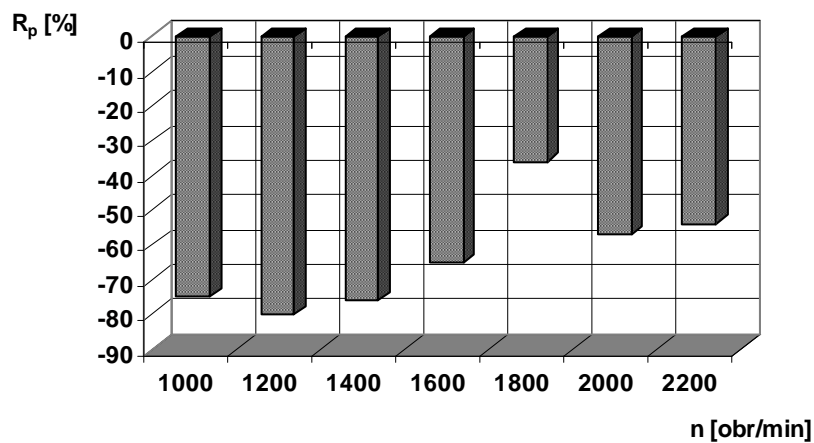


Rys. 3. Zbiornicze porównanie emisji tlenków azotu (NO_x, ppm) dla badanych paliw w przedziale prędkości obrotowych wału korbowego silnika od 1000 – 2200 obr/min

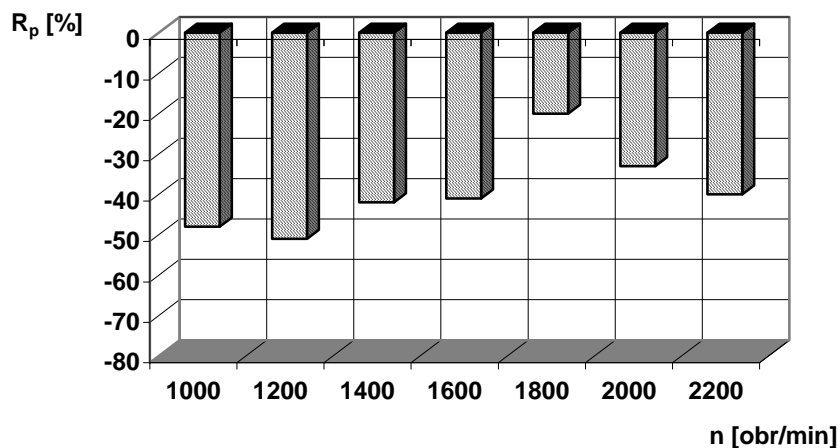


Rys. 4. Zbiorcze porównanie emisji cząstek stałych (PM, mg/cm^3) dla badanych paliw w przedziale prędkości obrotowych wału korbowego silnika od 1000 – 2200 obr/min

Dla porównania graficznego wyników z badań z emisji składników toksycznych spalin na rys.5 i rys.6 pokazano przykładowe porównanie bezwzględnych różnic procentowych (R_p) pomiędzy olejem napędowym, a jego mieszaniną z etanolem (E1) oraz pomiędzy paliwem FAME i jego mieszaniną z etanolem (E2) dla emisji cząstek stałych PM.



Rys. 5. Porównanie bezwzględnych różnic procentowych (R_p) pomiędzy (ON), a jego mieszaniną z etanolem (E1) dla emisji cząstek stałych PM



Rys. 6. Porównanie bezwzględnych różnic procentowych (R_p) pomiędzy FAME, a jego mieszaniną z etanolem (E1) dla emisji PM dla emisji PM

6. WNIOSKI

Na podstawie wyników otrzymanych z przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- w zakresie prędkości obrotowych $n = 1000\text{--}2200$ obr/min, emisja dwutlenku węgla (CO_2 -%) była największa dla paliw FAME i mieszaniny E2, emisja węglowodorów CH była największa dla paliw ON i jego mieszaniny z etanolem paliwo E1, emisja tlenków azotu (NO_x -ppm) była największa dla paliw FAME i mieszaniny E2 zaś emisja cząstek stałych PM była najmniejsza dla mieszanin E1 i E2 zaś największe wskazania były dla paliwa(ON,
- emisja CO_2 -% dla mieszaniny E1 w stosunku do ON była mniejsza przy $n = 1000$ obr/min $R_p = 10\%$ zaś przy $n = 2200$ obr/min o 12%, mieszanina E2 również wykazała mniejszą emisję od paliwa FAME przy $n = 1000$ obr/min $R_p = 7\%$ zaś przy $n = 2200$ obr/min o 9%,
- emisja CH dla mieszaniny E1 w stosunku do ON była mniejsza przy $n = 1000$ obr/min $R_p = 65\%$ zaś przy $n = 2200$ obr/min o 34%, mieszanina E2 również wykazała mniejszą emisję od paliwa FAME przy $n = 1000$ obr/min $R_p = 68\%$ zaś przy $n = 2200$ obr/min o 15%,
- emisja NO_x wykazała mniejsze stężenia dla paliwa bazowego ON od 10 – 4% w zakresie prędkości $n = 1000 - 1600$ obr/min w stosunku do mieszaniny E1 zaś od prędkości 1800 – 2200 obr/min mieszanina E1 wykazywała mniejsze stężenia od 4-8%, natomiast paliwo FAME w stosunku do mieszaniny E2 również wykazywało mniejsze stężenia od $n = 1000$ do 1800 obr/min od 9-5%, zaś od $n = 1800$ do 2200 obr/min wskazania mieszaniny E2 były mniejsze paliwa od paliwa FAME od 6-8%,
- emisja PM dla mieszaniny E1 w stosunku do ON była mniejsza przy $n = 1000$ obr/min $R_p = 78\%$ zaś przy $n = 2200$ obr/min o 55%, mieszanina E2 również wykazała mniejszą

emisję od paliwa FAME przy $n = 1000$ obr/min $R_p = 55\%$ zaś przy $n = 2200$ obr/min o 46%.

Wnioski podsumowujące:

- zastosowanie 10% dodatku etanolu do paliw bazowych: ON i FAME spowodowało znaczne zmniejszenie emisji składników toksycznych spalin oraz ograniczenie cząstek stałych szczególnie widoczne przy najniższych prędkościach obrotowych silnika prawie o 55%.
- paliwo roślinne stosowane w badaniach tj. FAME, jest paliwem poddanym procesom reestryfikacji w celu otrzymania właściwości fizykochemicznych porównywalnych do paliw węglowodorowych. Badania wykazały, że paliwo roślinne spełnia te wymagania.
- przy ocenie ekonomicznego aspektu stosowania węglowodorowych i roślinnych paliw ekologicznych i ich mieszanin z etanolem jest kluczowym zadaniem w celu zmniejszenia kosztów ich wytwarzania i dystrybucji poprzez dotacje państwowe, tak aby ceny tych paliw były porównywalne do cen paliw pochodzenia naftowego.
- celem jest prowadzenie dalszych badań procesów wtrysku paliwa silnika zasilanego zarówno paliwami pochodzenia mineralnego jak i roślinnego posiadającymi różne właściwości fizykochemiczne.

7. LITERATURA

- [1] Ambrozik A., Kruczyński S., Orliński S.: Wpływ zasilania silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym paliwem naturalnym i roślinnym na parametry układu zasilania i procesów spalania. XIII Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe "Motoryzacyjne Problemy Ochrony Środowiska" organizowane przy współpracy z KONES, PTNSS i PTPE, SiMR Politechniki Warszawskiej, 2 grudnia 2005 r. w Warszawa.
- [2] Ambrozik A., S Kruczyński., Orliński S.: INFLUENCE OF DIESEL ENGINE FUELLING WITH SELECTED HYDROCARBON AND VEGETABLE FUELS ON INJECTION AND SELF IGNITION ANGLE DELAY. P05-C024, PTNSS-KONGRES Międzynarodowy Kongres Silników Spalinowych, Bielsko-Biała/Szczyrk 25–28 września, 2005.
- [3] Bielaczyc P., Merkisz J., Kozak M., Analysis of the Influence of Fuel Sulphur Content on Diesel Engine Particulate Emissions. SAE Paper 2002.01.2219,
- [4] Dokumentacja techniczna stanowiska badawczego. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych. Politechnika Warszawska, Warszawa 2008,
- [5] Łuksa A., Kruczyński S., Orliński P., Orliński S.: Wpływ składu paliwa mikroemulsyjnego węglowodorowo-estrowo-etanolowego na wskaźniki pracy silnika o zapłonie samoczynnym. Zeszyty Naukowe IP PW, Warszawa 2009,
- [6] Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A, Świadectwa jakości paliw, Płock 2009 i Rafineria Trzebinia.: Właściwości fizykochemiczne estrów metylowych kwasów oleju rzepakowego paliwa FAME, Trzebinia 2008.
- [7] Zakład Produktów Naftowych, WMTiW, Politechnika Radomska, Świadectwo Jakości emulsji paliwowych, 2010.