

Wiesław PIEKARSKI

Grzegorz ZAJĄC

ANALIZA DOBORU MIESZANEK PALIWOWYCH BIOPALIWA I OLEJU NAPĘDOWEGO W ASPEKCIE EMISJI SPALIN

AN ANALYSIS OF THE SELECTION OF BIOFUEL AND ENGINE OIL MIXTURES IN VIEW OF EXHAUST FUMES EMISSION

W artykule przedstawiono wyniki badań toksyczności spalin silnika S-4002 zasilanego mieszankami oleju napędowego i estru metylowego oleju rzepakowego. Celem pracy było określenie składu mieszanek pod względem toksyczności spalin.

Słowa kluczowe: paliwa silnikowe, biopaliwa, spaliny, emisja substancji toksycznych

The paper presents results of research on the toxicity of fumes from an S-4002 engine driven by mixtures of engine oil and methyl ester of rape oil. It has aimed at the determination of mixture contents in view of the fumes toxicity.

Keywords: fuels, biofuels blends, exhaust emissions

1. Wprowadzenie

Ograniczenia poziomu zawartości substancji toksycznych emitowanych przez silniki spalinowe powoduje, że coraz większego znaczenia nabiera ekologiczny aspekt eksploatacji pojazdów i maszyn samobieżnych, w tym szczególnie obiektów znajdujących się na obszarach wiejskich. Od dłuższego czasu niebezpiecznie wzrasta zanieczyszczenie środowiska, co powoduje bardziej zdecydowane podejście do źródeł tych zanieczyszczeń. Konieczność spełnienia coraz ostrzejszych wymagań dotyczących ekologii środowiska zmusza z jednej strony do poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych, a z drugiej do poszukiwania nowych źródeł energii które ograniczają emisję szkodliwych substancji.

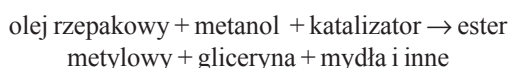
Jednym z elementów może być wykorzystanie biopaliw do zasilania silników jako biokomponentów paliw konwencjonalnych zmniejszających zagrożenie dla

środowiska przyrodniczego, tak w ujęciu globalnym jak w miejscu pracy pojazdu. Na ekologiczne zastosowanie biopaliwa nakładają się czynniki gospodarcze związane z wzrostem cen ropy naftowej, a co za tym idzie paliw ropopochodnych, jak i poszukiwań rynków zbytu dla produktów rolniczych. Polityka rolna zarówno w Unii Europejskiej jak i w Polsce zmierza do wykorzystania nie przeznaczonych do konsumpcji nadwyżek tłuszczów roślinnych jako biopaliw.

2. Analiza możliwości wykorzystania biopaliw i mieszanek paliwowych w silnikach spalinowych

Możliwość zastosowania OR do napędu swoich silników wykazał już Robert Diesel w patencie z 1892 r. Od tego momentu datować można zainteresowanie zastosowaniem ciężkich olejów roślinnych do zasila-

nia silników wysokoprężnych. Jednak olej rzepakowy sprawia pewne trudności w bezpośrednim zastosowaniu, wynika to z kilku istotnych cech różniących go od oleju napędowego, do których należą między innymi lepkość, lotność, liczba cetanowa. Badania wykazują, że zastosowanie OR powoduje zazwyczaj tworzenie się osadów sadzy wokół otworów wtryskowych rozpylaczy, zmieniając ich charakterystykę. Dlatego olej rzepakowy poddawany jest chemicznej modyfikacji, polegającej na wymianie chemicznie związanej gliceryny na dodany alkohol metylowy lub etylowy w obecności katalizatora w wyniku czego powstaje ester metylowy (EM) oraz gliceryna:



W okresie ostatnich kilkunastu lat wytwarzanie paliwa z rzepaku według różnych technologii i skali produkcji, stało się w Europie dość powszechne. Pierwszym krajem europejskim, który rozpoczął program badawczy była Austria. W Europie opracowano ponad 130 projektów celowych związanych z paliwem rzepakowym, obejmujących próby na kilku tysiącach pojazdów, a także taborze rzeczny i portowy. Obecnie wiele krajów stosuje już paliwa pochodzenia roślinnego na szeroką skalę, szczególnie Francja, Austria, Włochy, Niemcy, USA, Czechy, Słowacja, Szwajcaria, Belgia, Szwecja [1].

Biopaliwo można stosować jako odrębny gatunek paliwa bądź jako mieszanekę oleju napędowego i określonej ilości biopaliwa, w obu przypadkach możliwe jest zasilanie silników spalinowych bez konieczności ich modyfikacji. W porównaniu do oleju napędowego umożliwia on uzyskanie podobnej sprawności i podobnych parametrów pracy w zakresie mocy i momentu. Musimy się jednak liczyć w przypadku stosowania mieszanek lub czystego RME z niewielkim kilkuprocentowym spadkiem mocy. Jest to związane z mniejszą wartością opałową RME, mimo większej gęstości paliwa roślinnego (większy wydatek pompy wtryskowej). Przy stosowaniu mieszanek daje się zauważyć tendencję wzrostową godzinowego G_p i jednostkowego g_e zużycia paliwa. Łączy się to zarówno z obniżeniem wartości opałowej paliwa, jak i wpływem większej lepkości paliwa RME na pogorszenie procesów wytwarzania mieszaniny palnej i spalania [6].

Biopaliwo ze względu na budowę chemiczną cechuje się bardzo dobrymi własnościami smarnościowymi. Właściwości te są dużo lepsze niż w przypadku niskosiarkowych olejów napędowych. Dodatek kilku procent RME poprawia znacząco własności smarne paliwa.

Stosowanie biopaliwa w silnikach stwarza jednak przy eksploatacji pewne problemy związane z jego negatywnym oddziaływaniem na elastomery. Silniki

z uszczelniającymi niekompatybilnymi z RME mogą szybciej się uszkadzać, dotyczy to jednakże tylko starszych silników. Innym zagadaniem jest skłonność RME do rozpuszczania osadów i zanieczyszczeń, estryfikat jest lepszym rozpuszczalnikiem niż ON. Osady rozpuszczone przez RME mogą spowodować zatykanie wkładów filtracyjnych. Oba te zjawiska w dużym stopniu będą zależne od rodzaju paliwa, a w przypadku stosowania mieszanek o niewielkim udziale RME mogą one nawet nie występować.

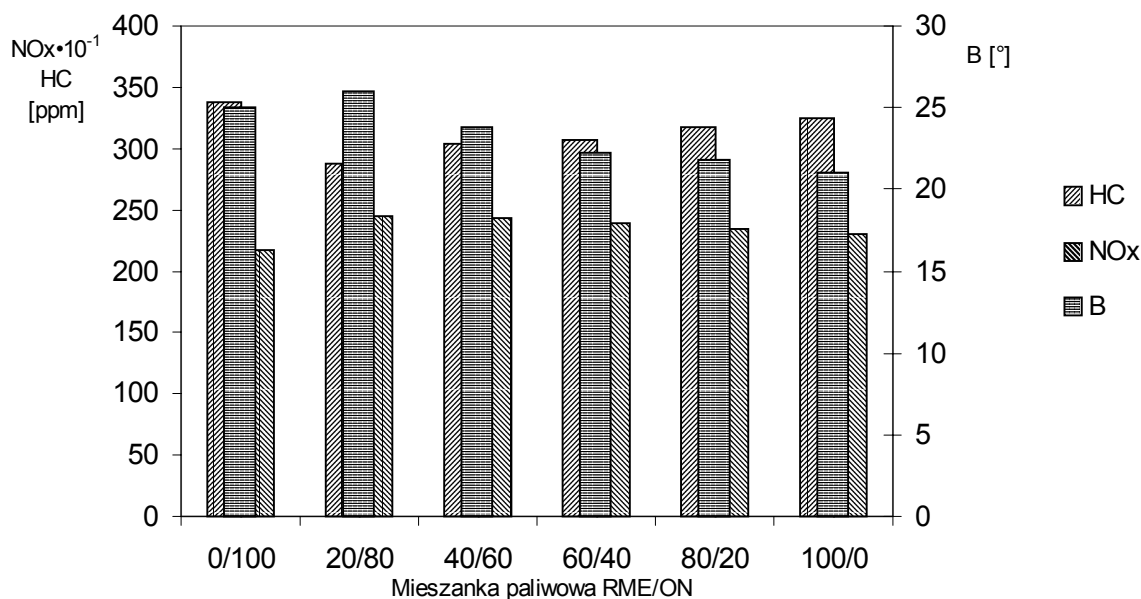
Wykorzystanie biopaliwa wpływa również na poziom emisji spalin. Silniki zasilane mieszankami bądź czystym RME cechują się mniejszą emisją CO, HC oraz niższym zadymieniem spalin. Jednak ze względu na wyższą temperaturę spalania charakteryzują się wyższą emisją NO_x. Jednakże odpowiedni dobór mieszanek RME/ON może wpłynąć na znaczną ogólną poprawę parametrów ekologicznych [2].

3. Badania eksperymentalne

Badania przeprowadzono na stanowisku dynamometrycznym wyposażonym w silnik S-4002, pomiary obejmowały czyste paliwa ON i RME oraz ich mieszaniny. Podczas badań oceniono poddano parametry energetyczno-ekologiczne silnika ciągnikowego ze szczególnym zwróceniem uwagi na toksyczność i zadymienie spalin. Z zakresu parametrów energetycznych silnika wybrano następującą wielkość: moc $N = f(n)$, natomiast z zakresu parametrów ekologicznych HC, NO_x i zadymienie spalin B.

Wyniki uzyskano z badań przeprowadzonych na charakterystykach obciążeniowych odpowiadających prędkości momentu maksymalnego (1600 obr/min) i mocy maksymalnej (2000 obr/min), przy zasilaniu standardowym olejem napędowym i biokomponentem oraz mieszanekami tych paliw. Do badań użyto następujących rodzajów paliw: paliwa wzorcowego – oleju napędowego IZ-35, czystego estru oleju rzepakowego RME, mieszanek 20% RME i 80% ON; mieszanek 40% RME i 60% ON, mieszanek 60% RME i 40% ON, oraz mieszanek 80% RME i 20% ON. Podczas badań eksperymentalnych silnik zasilano wyżej wymienionymi rodzajami paliw, nie dokonywano zmian nastaw regulacyjnych w stosunku do fabrycznych.

Przebieg zmian koncentracji toksycznych składników spalin, w postaci histogramu przy prędkości 1600 obr/min przedstawiono na rys. 1. Przy wzroście udziału paliwa RME w mieszance w początkowej fazie koncentracja HC wyraźnie spada, natomiast NO_x wyraźnie rośnie. Z chwilą przekroczenia 20% RME w mieszance tendencja jest odwrotna: HC ma tendencję wzrostową, a NO_x spadkową. Stopień zadymienia spalin B uzyskuje tylko wyższą wartość dla mieszaniny 20%



Rys. 1. Zależność zmian toksyczności spalin od składu mieszanki paliwowej RME/ON (1600 obr/min)

Fig. 1. Dependence of fumes toxicity change on the content of RME/ON fuel mixture (1600 rpm)

RME i 80% ON, natomiast w pozostałych wyraźnie spada, uzyskując najniższe wartości przy czystym RME.

Prezentowane na rys. 2 wyniki w postaci krzywych dotyczą analizy zależności zmian parametrów pracy i poziomu emisji zanieczyszczeń w funkcji rozwijanej mocy przez silnik dla pięciu rodzajów paliw, przy charakterystyce obciążeniowej odpowiadającej prędkości obrotowej M_{omax} (1600 obr/min). Z rys 2 b i c wynika że przebieg NO_x i zadymienia B ma tendencję wzrostową, zaś koncentracja HC zmniejsza się w funkcji mocy. Na obu rysunkach widzimy bardzo korzystny przebieg dla paliwa 40% ON i 60% RME.

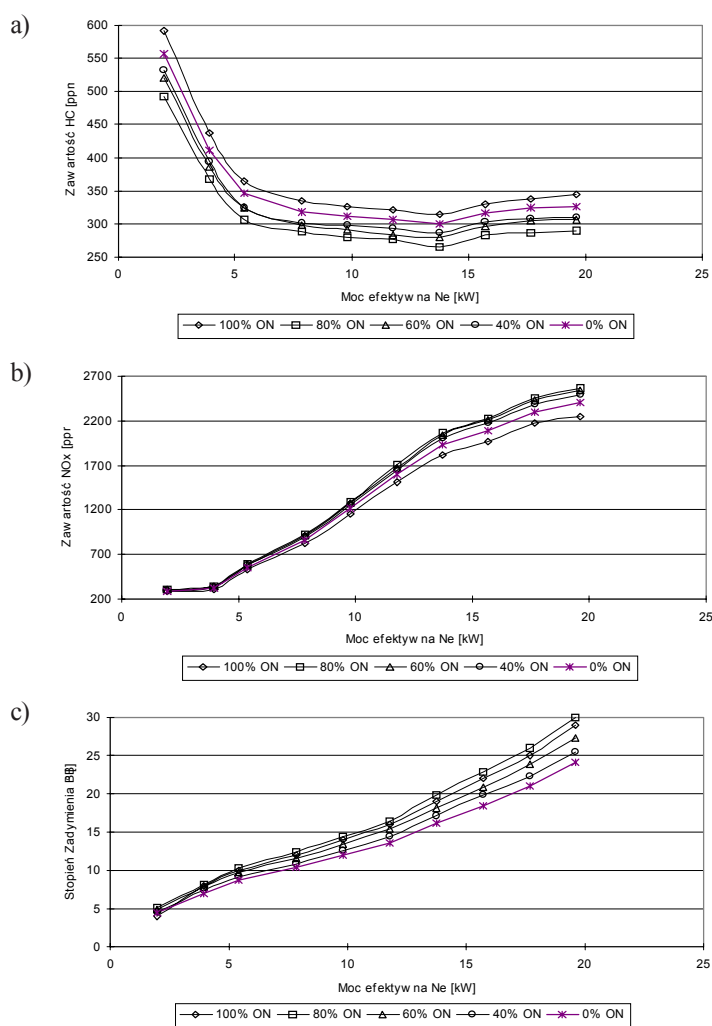
Generalnie rzecz biorąc stosowanie paliw odnawialnych jest pożądane. Jak wynika z rys. 1, prowadzi to do znacznego obniżenia emisji tlenków węgla i sumarycznej ilości węglowodorów oraz dwutlenku węgla, przy nieznacznym wzroście emisji tlenu azotu.

Wyniki badań w postaci histogramu dotyczące toksyczności spalin sporządzone na charakterystyce obciążeniowej przy $N_{e,max}$ (2000 obr/min), zostały przedstawione na rys. 3. Jak wynika z rys. 3 emisja nie spalonych węglowodorów HC i zadymienie spalin, zmniejsza się w miarę zwiększania RME w mieszance. Diametralnie przeciwną tendencję wykazują tlenki azotu NO_x – gdzie widoczny jest wzrost ich zawartości w spalinach.

Analizując poziom emisji spalin HC, NO_x , oraz zadymienia B, które zostały przedstawione na rys. 4 (charakterystyka obciążeniowa przy $N_{e,max} = 2000$ obr/min) należy stwierdzić, że przy wyższych prędkościach obrotowych na charakterystyce obciążeniowej większe jest zadymienie B (rys. 4c). Podobnie poziom emisji HC (rys. 4a) dla prędkości obrotowej 2000 obr/min jest znacznie wyższy niż dla 1600 obr/min. Natomiast poziom emisji NO_x (rys. 4b) wykazuje dla obu prędkości zbliżone przebiegi, jak i zbliżone wartości.

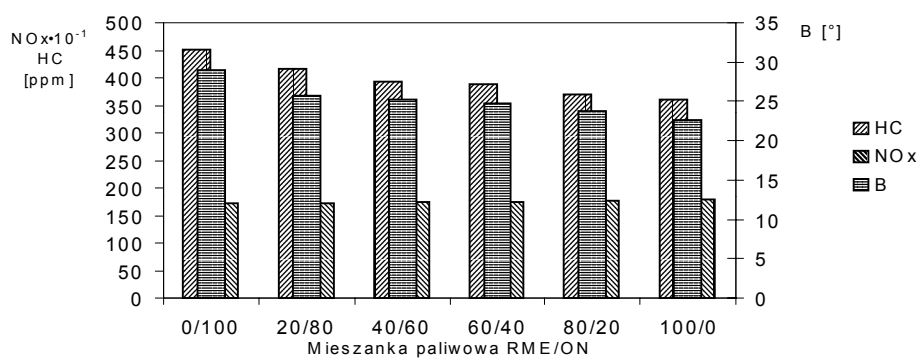
Podsumowując wyniki badań należy stwierdzić, że stosowanie paliw odnawialnych jest pożądane. Jak wynika z rys. 1 i 3, prowadzi to do znacznego obniżenia emisji cząstek stałych i sadzy, jak i sumarycznej ilości węglowodorów przy nieznacznym wzroście emisji tlenu azotu.

Równania regresji opisujące zmienność poziomu emisji spalin (B, HC, NO_x) w funkcji rozwijanej mocy N_e zostały przedstawione w tab. 1. W tabeli ponadto zamieszczono współczynnik R^2 , określający miarę prawdopodobieństwa wyznaczenia podanych wartości zmiennych oraz wartość testu F.



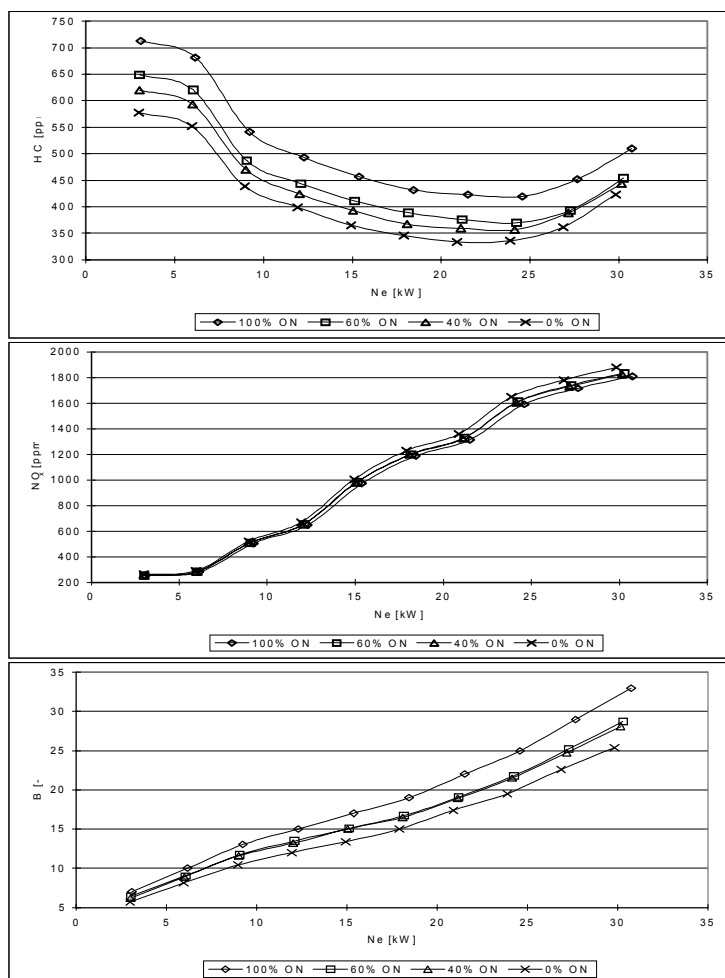
Rys. 2. Zależność zmienności wskaźników pracy i składu spalin dla czterech wariantów paliwa ekologicznego, sporządzonych na charakterystyce obciążeniowej przy $n = 1600$ obr/min: a) HC – węglowodory, b) NO_x - tlenki azotu, c) B – stopień zadymienia spalin

Fig. 2. Dependence of changeability of work indices and fumes contents for four variants of ecological fuel, prepared on the loading characteristics at $n = 1600$ rpm: a) HC – hydrocarbons, b) NO_x - nitric oxides, c) B – degree of fume smokiness



Rys. 3. Zmiana toksyczności spalin w zależności od składu mieszanki paliwowej RME/ON z badań przy prędkości obrotowej mocy maksymalnej (2000 obr/min)

Fig. 3. Change of fumes toxicity depending on the content of the fuel mixture RME/ON from tests at the maximum power rotation speed (2000 rpm)



Rys. 4. Zależność zmienności wskaźników pracy i składu spalin dla czterech wariantów paliwa ekologicznego, sporządzonych na charakterystyce obciążeniowej przy $n = 2000$ obr/min: a) HC – węglowodory, b) NO_x - tlenki azotu, c) B – stopień zadymienia spalin

Fig. 4. Dependence of changeability of work indices and fumes contents for four variants of ecological fuel, prepared on the loading characteristics at $n = 2000$ rpm: a) HC – hydrocarbons, b) NO_x - nitric oxides, c) B – degree of fume smokiness

Tab. 1. Równania regresji dla zmiennych zależnych y oraz wartości determinacji R^2 i wartość testu F , obliczone na podstawie wyników badań uzyskanych na charakterystykach obciążeniowych

Tab. 1. Regression equations for dependent variables y as well as determination values R^2 and the value of the test F , calculated on the basis of the research results obtained on the loading characteristics.

Zmienna zależna y	Równanie regresji (dla 1600 obr/min)	Współczynnik determinacji R^2	Zmienna niezależna x	Wartość testu F_{obl}
B	$y = 2,0674 + 1,0326 \cdot x$	0,9878	N_e (kW)	649,8
HC	$y = 6,368 \cdot 10^2 - 4,0589 \cdot 10x + 1,2137x^2$	0,8927	N_e (kW)	473,3
NO_x	$y = -9,1632 \cdot 10 + 1,0182 \cdot 10^2 x$	0,9783	N_e (kW)	361,0
(dla 2000 obr/min)				
B	$y = 1,9992 + 1,1043 \cdot x$	0,9872	N_e (kW)	618,3
HC	$y = 5,2546 \cdot 10^2 - 3,2837 \cdot 10x + 9,9795 \cdot 10^{-1} x^2$	0,8857	N_e (kW)	491,0
NO_x	$y = -1,1528 \cdot 10^2 + 1,1836 \cdot 10^2 x$	0,9793	N_e (kW)	378,0

4. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie analizy badań eksperymentalnych i przeprowadzonych ogólnych rozważań, można sformułować następujące wnioski:

- Stosowanie estryfikatu oleju rzepakowego jako biokomponentu do paliw ropopochodnych stosowanych do napędu ciągników i maszyn jest pożądane, gdyż prowadzi do znacznego zmniejszenia emisji toksycznych składników spalin (z wyjątkiem NO_x), co potwierdzają wyniki badań. Bardzo istotnym czynnikiem przemawiającym za

możliwością wykorzystania biopaliw jest to, że parametry pracy uzyskane podczas badań są tylko nieznacznie mniejsze o kilka procent w stosunku do czystego oleju napędowego.

- Z badań wynika, że bardzo korzystnym jest stosowanie mieszanek paliwowych 60% ON i 40% RME (olej napędowy i estryfikat oleju rzepakowego), gdyż uzyskiwane parametry pracy są zbliżone, jak przy stosowaniu czystego oleju napędowego, a emisja HC i zadymienie spalin B znacznie niższa.

5. Literatura

- [1] Jakubowski A., Piłat K.: *Niektóre problemy otrzymywania paliwa silnikowego z oleju rzepakowego*. Problemy Inżynierii Rolniczej 2/94.
- [2] Lotko W.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami węglowodorowymi i roślinnymi*. WNT, Warszawa 1997.
- [3] Piekarski W.: *Analiza oddziaływania agregatów ciągnikowych na środowisko przyrodnicze*. Rozprawy naukowe Akademi Rolniczej w Lublinie nr 203. WAR Lublin 1997.
- [4] Roszkowski A.: *Płynne paliwa roślinne – ocena stanu badań i perspektywy*. Problemy Inżynierii Rolniczej 4/98
- [5] Roszkowski A.: *Biopaliwa z rzepaku a ekologia*. Problemy Inżynierii Rolniczej 4/98.
- [6] Szlachta Z.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi*. WKŁ Warszawa 2002.

Prof. dr hab. inż. Wiesław Piekarski

Mgr inż. Grzegorz Zajac

Akademia Rolnicza w Lublinie

Katedra Pojazdów i Silników

ul. Głęboka 28

20-612 Lublin

gzaja@hortus.ar.lublin.pl
