

Paliwa roślinne a emisja składników toksycznych spalin

WINCENTY LOTKO

Politechnika Radomska

W artykule przedstawiono wyniki badań nad wpływem zastosowania paliw roślinnych na ograniczenie skażenia środowiska naturalnego. Wyjaśniono, dlaczego istnieje duże zainteresowanie paliwami roślinnymi i ich estrami w zastosowaniu do silników wysokoprężnych. Podano podstawowe własności fizykochemiczne paliw roślinnych i ich estrów i porównano z olejem napędowym. Podano przykłady emisji składników toksycznych spalin silników zasilanych paliwami roślinnymi i ich estrami. Emisję limitowanych składników toksycznych spalin odniesiono do emisji aldehydów, wielopierścieniowych węglowodorów nienasyconych i nielimitowanych specyficznych aldehydów. Podano aspekty eksploatacyjne wynikające ze stosowania estru metylowego oleju rzepakowego. Przedstawiono zjawisko efektu cieplarnianego. Omówiono aspekt gospodarczy i społeczny wynikający ze stosowania paliw roślinnych.

1. Dlaczego paliwa roślinne

Ostatnie dziesięciolecie charakteryzują się dużym wzrostem zapotrzebowania na surowce i energię. Wynika to z dynamiki przyrostu ludności w świecie i rosnącego poziomu gospodarczego prawie we wszystkich krajach świata. W latach siedemdziesiątych naszego stulecia byliśmy świadkami skokowego wzrostu cen ropy naftowej i był to chyba okres przełomowy, który uświadomił, że niebezpieczne jest opieranie gospodarki krajów na jednym, głównym surowcu energetycznym — ropie naftowej.

Coroczne zapotrzebowanie na ropę naftową jest zmienne i zależy wprost od koniunktury w gospodarce światowej. Jedno jest pewne, obserwujemy permanentny wzrost cen tego podstawowego surowca energetycznego paliw silnikowych. Właściciele złóż ropy naftowej mając świadomość, że ich sytuacja może odgrywać dominującą rolę w polityce światowej, realizują obecnie politykę oszczędzania zasobów. Długotrwałe prognozy przewidują, że przy nieprzerwanym wzroście zużycia naturalnych zasobów energetycznych będzie postępował dalszy wzrost stężenia CO₂ w atmosferze (efekt cieplarniany). Taki stan postrzegany jest jako bardzo niepokojące zjawisko i dlatego konieczne są poszukiwania nowych, alternatywnych źródeł energii, m.in. paliw roślinnych. Ostatnie badania z kilku lat wykazują, że postępuje podwyż-

szanie się temperatury atmosfery ziemskiej wskutek tzw. efektu cieplarnianego. Efekt ten jest wywołany m.in. przez CO_2 . Gaz ten ogranicza emisję ciepła (w postaci promieniowania podczerwonego) w przestrzeń kosmiczną. Ocieplanie się akwenów wodnych powoduje przyrost masy planktonu, a w konsekwencji zjawisko transgresji mórz. CO_2 wyemitowany przez silnik do atmosfery jest z niej pochłaniany przez rośliny oleiste, jest więc to obieg zamknięty CO_2 . Zastępowanie ropy naftowej paliwami roślinnymi wynika również i z innych przesłanek, a mianowicie bezpieczeństwa w zapewnieniu dostaw. Główne zasoby ropy naftowej znajdują się w krajach o niestabilnej polityce (Bliski Wschód). Rozwój produkcji paliw roślinnych w krajach nie posiadających własnych złóż ropy naftowej — odsuwa groźbę politycznego szantażu.

W artykule przedstawiono głównie niektóre wyniki badań autora nad zastosowaniem paliw roślinnych: oleju sojowego (OS), oleju palmowego (OP) i jego estrów Crude Palm Oil (CPO) i Crude Palm Stearin (CTS), oleju słonecznikowego (OSł), oleju rzepakowego (OR) i jego estru (EMKOR) do silników spalinowych o zapłonie samoczynnym w ustalonych warunkach pracy i mieszanin oleju rzepakowego ze standardowym olejem napędowym w nieustalonych warunkach pracy silnika.

2. Źródła paliw roślinnych

Na Ziemi istnieje szereg obszarów klimatycznych, w których udaje się uprawa roślin oleistych, będących źródłem do produkcji olejów oleistych i ich estrów. Strefą do uprawy rzepaku jest Środkowa Europa i część terenów Azji. Z 1 ha uprawy rzepaku można uzyskać 1000 kg estru metylowego kwasów oleju rzepakowego (EMKOR). Do grona czołowych producentów soi należą: Brazylia, USA, Argentyna i Chiny. Plony soi w zależności od regionu uprawy wynoszą 1600÷2700 kg/ha [4]. Z kolei nasiona słonecznika w ilości 2400÷3200 kg/ha można uzyskiwać z upraw w Australii, Afryce Południowej, USA, Kanadzie i Hiszpanii. Natomiast uprawy palm kokosowych występują w strefach podzwrotnikowych kuli ziemskiej.

3. Własności fizykochemiczne paliw roślinnych

W tabeli 1 zamieszczono podstawowe, wybrane własności fizykochemiczne paliw roślinnych. Na parametry procesu tłoczenia i spalania wśród przytoczonych własności fizykochemicznych badanych paliw największy wpływ będzie miała ich lepkość i gęstość, w mniejszym stopniu napięcie powierzchniowe. Natomiast w tabeli 2 zestawiono podstawowe własności fizykochemiczne badanych mieszanin oleju rzepakowego OR ze standardowym olejem napędowym ON.

Tabela 1. Niektóre własności fizykochemiczne badanych paliw [1, 2, 3]
 Table 1. Some physico-chemical properties of investigated fuels [1, 2, 3]

Lp.	Nazwa parametru	Rodzaj paliwa						
		ON	Paliwa roślinne					
			OSI	OS	OR	EMKOR	CPS	CPO
1.	Gęstość [kg/cm ³]	0,8392	0,9172	0,9166	0,9140	0,8820	0,8713	0,8700
2.	Lepkość kinematyczna -40°C [mm ² /s]	2,84	31,54	31,98	34,56	4,61	4,60	4,50
3.	Liczba oktanowa LC	48	~ 50	~ 50	49	52	—	62,4
4.	Temperatura zapłonu [°C]	40	200+25 0	200+25 0	200	130	165	174
5.	Wartość opałowa w [MJ/kg]	43,84	36+38	36+39	37,1	36,7	39,8	40,1
6.	Napięcie pow. 10 ² [N/m]	3,71	3,22	3,33	3,38	—	—	—

Tabela 2. Wybrane własności fizykochemiczne mieszanin oleju rzepakowego z olejem napędowym (ON i OR z innej partii dostaw) [5]

Table 2. Some physico-chemical properties of rape oil — diesel oil mixtures (ON and OR from different delivery lots) [5]

Lp.	Mieszanina skład obj. [%]	Nazwa parametru 7			
		Gęstość w temp. 20°C [g/cm ³]	Lepkość w temp. 40°C [mm ² /s]	Napięcie pow. × 10 ⁻² [N/m]	Wartość opałowa W [MJ/kg]
1.	ON (0% OR)	0,8400	3,04	3,71	43,8
2.	20% OR	0,8610	5,52	3,59	43,12
3.	30% OR	0,8683	6,95	3,55	42,89
4.	40% OR	0,8743	8,49	3,52	41,97
5.	60% OR	0,8883	13,26	3,44	40,38
6.	80% OR	0,8990	17,09	3,39	39,53
7.	100% OR	0,900	19,85	3,38	37,10

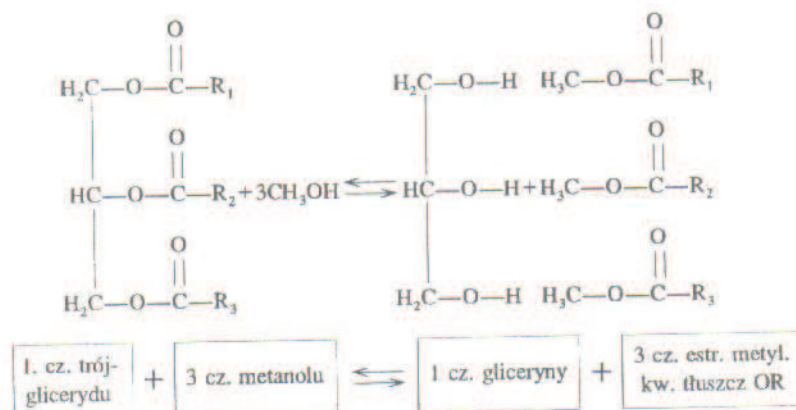
* Badania wykonano zgodnie z normą PN-90/C-04004, PN-81/C-04011.

4. Oleje roślinne i ich estry

Oleje roślinne są glicerydami (glicerynowymi estrami nienasyconych kwasów tłuszczowych) i są otrzymywane w procesie hydraulicznego wyciskania roślin. Pod względem chemicznym różnią się jedynie zawartością węgla i poziomem nasycenia kwasów tłuszczowych, które są estrowo połączone z gliceryną. Z tego powodu wszystkie oleje roślinne są palne i mogą być stosowane do zasilania silników wysokoprężnych. Do

najczęściej stosowanych olejów roślinnych, nad których zastosowaniem prowadzone są badania, należą: olej rzepakowy, sojowy, słonecznikowy, palmowy. Wysoka niestabilność termiczna i lepkość olejów roślinnych jest znacznym utrudnieniem w stosowaniu ich jako paliw alternatywnych. Dlatego też produkuje się ich estry. Estry metylowe kwasów tłuszczowych, np. oleju rzepakowego, otrzymuje się w skali przemysłowej z wykorzystaniem procesu alkoholizy estrów, tzn. w przypadku tłuszczów — za pomocą reakcji trójglicerydów z alkoholami w obecności katalizatorów kwasowych lub zasadowych. Przy otrzymywaniu estrów olejów roślinnych w wyniku procesu hydrolizy i przy stosowanych katalizatorach, np: zasadowych, napięcie powierzchniowe paliw roślinnych jest mniejsze niż olejów napędowych, pomimo ich znacznie większej lepkości. Wynika to z tego, że powstałe sole kwasów tłuszczowych są związkami powierzchniowo czynnymi, zmniejszającym napięcie powierzchniowe paliw roślinnych.

Na rys. 1 przedstawiono schemat reakcji otrzymywania estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego. W wyniku tej reakcji powstają trzy cząsteczki estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Przy tej reakcji alkohol metylowy jest dodawany do oleju w ilości 10%. Za pomocą katalizatorów, np. potasowych, ester metylowy oddzielony jest od produktów ubocznych, w których największy udział ma gliceryna. Nadmiar alkoholu metylowego usuwany jest za pomocą destylacji. W procesie produkcji estrów nie ma produktów ubocznych, których nie da się zagospodarować (gliceryna, pasza). Mamy tu do czynienia z zamkniętym cyklem produkcji roślinnej w rolnictwie i w przemyśle chemicznym. Według szacunków niemieckich, gdzie w 500 stacjach na terenie całego kraju można kupić ester metylowy kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego — koszt produkcji 1 litra (bez surowca) wynosi $0,15 \div 0,20$ DM. Innym krajem, w którym na skalę przemysłową produkuje się estry metylowe kwasów tłuszczowych, ale oleju palmowego, jest Malezja. Są one stosowane jako paliwo do autobusów Mercedes-Benz w komunikacji miejskiej w stolicy kraju [7].



Rys. 1. Reakcja otrzymania estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ — reszta kwasów tłuszczowych, OR — olej rzepakowy [6].

Fig. 1. Synthesis of rape oil fat acid methyl esters, $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ — fat acid radicals, OR — rape oil [6]

Natomiast w przeróbce oleju palmowego stosuje się dwa etapy produkcji:

- estyfikacji kwasów tłuszczowych obecnych w oleju palmowym na estry metylowe,
- transestryfikacji glicerydów na estry metylowe.

Oddzielenie glicerydów od estrów metylowych powoduje powstanie metanolu w procesie transestryfikacji. W końcowej fazie procesu otrzymuje się ester metylowy oleju palmowego Crude Palm Oil (CPO) i ester metylowy palmowej stearyny Crude Palm Stearin (CPS). Należy tu podkreślić, że w procesie otrzymywania estrów kwasów tłuszczowych z roślin oleistych produktem ubocznym jest gliceryna, niezwykle cenny produkt dla przemysłu farmaceutycznego.

5. Porównanie własności fizykochemicznych paliw roślinnych i ich estrów

Porównując własności fizykochemiczne paliw roślinnych i ich estrów w stosunku do oleju napędowego można zauważyć, że:

- paliwa roślinne i ich estry mają o ok. $8 \div 17\%$ mniejszą wartość opałową (ok. 36 przy 43,84 MJ/kg),
- paliwa roślinne i ich estry mają o ok. 9% większą gęstość, co wyrównuje większą dawkę masową częściowo mniejszą wartość opałową (ok. 0,9172 przy 0,8392 kg/dm³),
- liczba cetanowa poszczególnych paliw roślinnych jest porównywalna, natomiast estrów jest nieco wyższa, estru EMKOR o 8%, a estru CPO wynosi 62,4 (przy czym liczba cetanowa estru CPO była wyznaczona wg metody ASTM D613),
- estry oleju rzepakowego zawierają kilkakrotnie razy mniej siarki niż olej napędowy (0,02 do 0,05% wobec ok. 0,1%), a estry oleju palmowego 0,04% w CPO do 0,002% w CPS,
- estry olejów roślinnych mają kilkanaście procent więcej związanego tlenu w kwasach tłuszczowych, co poprawia proces spalania uwidaczniając się w mniejszej emisji sadzy i cząstek stałych (PM) przy zasilaniu nimi silnika,
- paliwa roślinne mają ok. 10 razy większą lepkość, która wpływa zdecydowanie na parametry procesu tłoczenia i wtrysku paliwa. Lepkość ogranicza stosowanie tych paliw w niskich temperaturach otoczenia,
- lepkość estrów olejów roślinnych jest tylko o ok. 60% większa i decyduje to o szerszych możliwościach stosowania ich do zasilania silników wysokoprężnych w klimacie o temperaturze nawet do ok. -20°C [6].

Pozytywną cechą paliw roślinnych i ich estrów jest to, że mogą one być mieszane z olejem napędowym w dowolnych proporcjach.

Oleje roślinne mają mniejsze napięcie powierzchniowe niż ON o ok. $8 \div 13\%$. Ma to wpływ na proces rozpylania paliwa w komorze spalania silnika [8, 9].

6. Zastosowanie olejów roślinnych i ich estrów

Analiza właściwości fizykochemicznych olejów roślinnych i ich estrów, a także mieszanin olejów roślinnych i estrów napędowym wskazuje, że mogą one mieć zastosowanie do zasilania silników wysokoprężnych z wtryskiem bezpośrednim, pośrednim i w silnikach wysokoprężnych z doładowaniem. Najbardziej rozpowszechnione są badania nad zastosowaniem tych paliw w pojazdach komunikacji miejskiej, pojazdach wojskowych, silnikach samochodów osobowych i dostawczych [7, 10–15].

7. Emisja składników toksycznych spalin

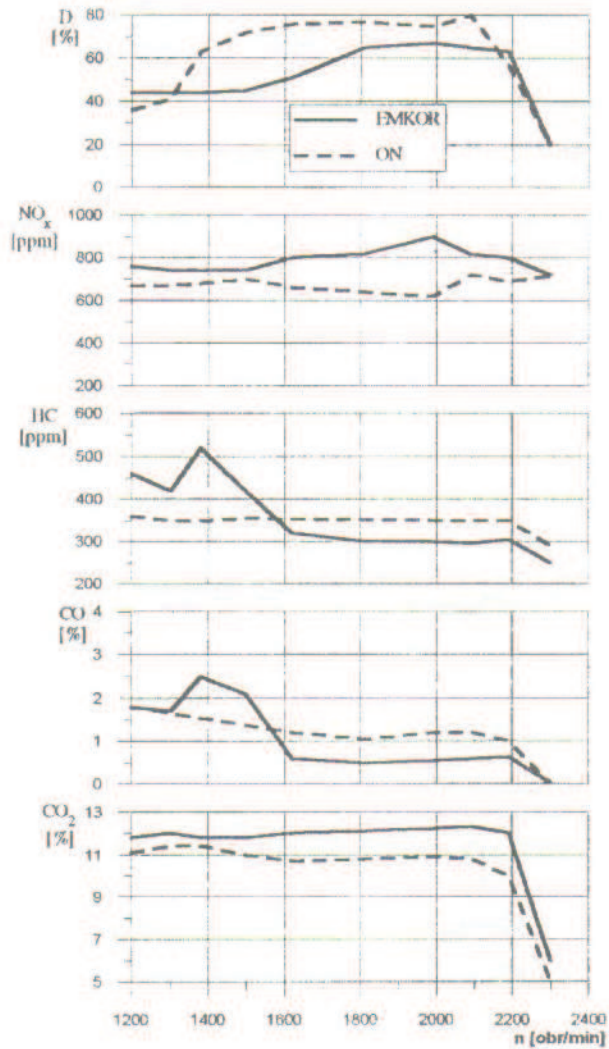
Na podstawie przeprowadzonych badań własnych stwierdzono, że zasilanie silnika IHC.102 (z wtryskiem bezpośrednim) estrem metylowym oleju rzepakowego powoduje zmniejszenie emisji węglowodorów HC, tlenku węgla CO, zadymienia spalin D, natomiast uzyskano większą emisją tlenku azotu NO_x i dwutlenku węgla CO_2 w stosunku do emisji, gdy silnik zasilany był olejem napędowym (rys. 2).

Wykonane badania silnika 1.6 VW z komorą wstępną zasilanego paliwem EMKOR i porównawczo olejem napędowym ON pozwoliły na przedstawienie wyników emisji składników toksycznych spalin na rys. 3. Silnik obciążono wg testu badawczego US-FTP 75. Również w tym przypadku uzyskano mniejszą emisję węglowodorów HC, tlenku węgla CO, a także cząstek stałych PM i większą emisję tlenków azotu NO_x (rys. 3). Na rys. 4 pokazano zbiorcze zestawienie porównawcze emisji podstawowych składników toksycznych spalin wydzielanych przez przebadane 54 różne silniki z wtryskiem bezpośrednim i z komorą wstępną, w porównaniu z emisją przy ich zasilaniu olejem napędowym i porównawczo estrem metylowym kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego.

Na podstawie badań przedstawionych na rys. 4 można stwierdzić, że stosowanie estru metylowego oleju rzepakowego powoduje zmniejszenie emisji składników toksycznych spalin, głównie CO, HC, cząstek stałych i sadzy, natomiast zwiększenie tlenków azotu w stosunku do zasilania silników olejem napędowym. Bardziej „czyste spaliny” uzyskiwane są w silnikach z komorą wstępną.

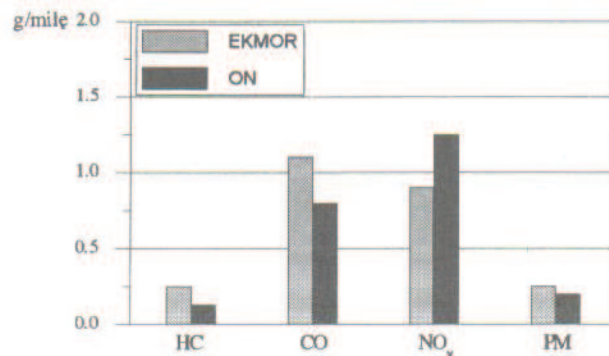
Jeśli chodzi o emisję aldehydów i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA, to, na podstawie badań VW/Audi [14], ilość emitowanych aldehydów przy zasilaniu silnika estrem OR rośnie dwukrotnie, natomiast WWA maleje blisko dwukrotnie w porównaniu z ON, przy porównywalnym zużyciu paliwa (rys. 5).

Dla porównania Nielimitowanych specyficznych aldehydów w spalinach silnika MWMD-916-6 o $V_s = 6,24 \text{ dm}^3$; $\varepsilon = 21$; $N_{e\text{max}} = 74 \text{ kW}$ przy $n = 2500 \text{ obr/min}$, pokazano wyniki na rys. 6 i 7. Silnik był zasilany kolejno olejem napędowym, estrem EMKOR, olejem rzepakowym i olejem sojowym. Największą emisję poszczególnych specyficznych aldehydów w spalinach w grupie 1+8 uzyskano przy zasilaniu silnika olejem rzepakowym i sojowym. Natomiast sumaryczna emisja Nielimitowanych aldehydów była największa, gdy silnik zasilano olejem rzepakowym. Charakterystyczne jest to, że przy pełnym obciążeniu silnika emisja wszystkich aldehydów zmalała kilka



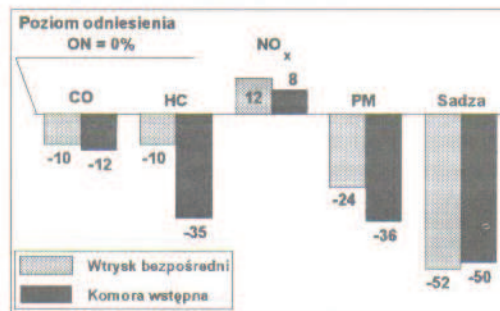
Rys. 2. Porównanie emisji składników toksycznych spalin silnika IHC.102 zasilanego estrem metylowym oleju rzepakowego i porównawczo ON dla parametrów charakterystyki prędkościowej [17].

Fig 2. Comparison of toxic component emission in exhaust gas of the engine IHC.102 fuelled with rape oil methyl ester and comparatively — with diesel oil (ON) for the engine speed performance parameters [17]



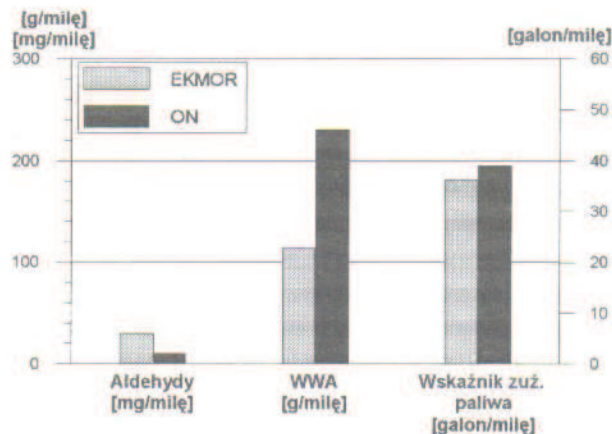
Rys. 3. Emisja składników toksycznych spalin wg testu US-FTP 75 silnika zasilanego olejem napędowym ON i estrem EKMOR [14].

Fig. 3. Toxic component emission in exhaust gas, according to the US-FTP 75, of an engine fuelled with diesel oil (ON) and the EKMOR ester [14]



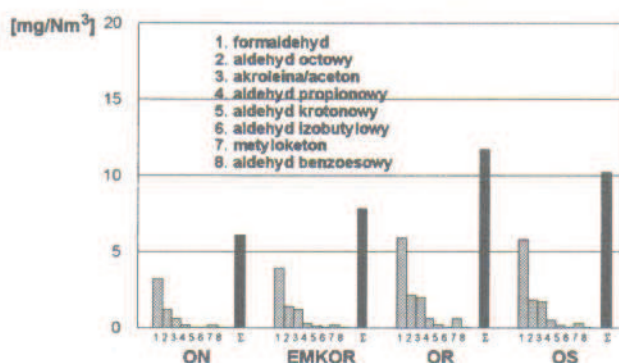
Rys. 4. Zestawienie porównawcze emisji składników toksycznych spalin silników zasilanych estrem metylowym oleju rzepakowego w stosunku do oleju napędowego [6].

Fig. 4. Comparison of toxic component emission in exhaust gas of engines fuelled with rape oil methyl ester versus diesel oil [6]



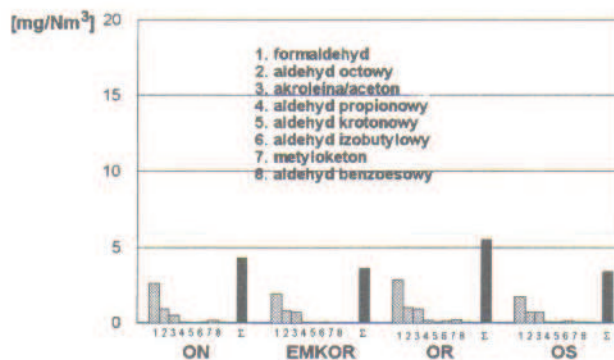
Rys. 5. Porównywanie emisji nielimitowanych składników spalin i zużycia paliwa wg testu badawczego US-FTP 75 silnika zasilanego olejem napędowym i estrem metylowym oleju rzepakowego [14].

Fig. 5. Comparison of non-limited component emission in exhaust gas and fuel consumption, according to the test US-FTP 75, of an engine fuelled with diesel oil and the rape oil methyl ester [14]



Rys. 6. Emisja specyficznych aldehydów przy $n = 1500$ obr/min i 10% obciążeniu silnika MWMD-961-6 zasilanego kolejno ON, EMKOR, OR i OS [15].

Fig. 6. Emission of specific aldehydes at $n = 1500$ rpm and 10% load of the engine MWMD-916-6 fuelled with: ON, EMKOR, OR and OS [15]



Rys. 7. Emisja specyficznych aldehydów przy $n = 1500$ obr/min i pełnym obciążeniu silnika MWMD-961-6 zasilanego kolejno ON, EMKOR, OR i OS [15].

Fig. 7. Emission of specific aldehydes at $n = 1500$ rpm and the full load of the engine MWMD-916-6 fuelled with: ON, EMKOR, OR and OS [15]

mayı. Tłumaczy się to tym, że przy pełnym obciążeniu silnika występowały znacznie wyższe temperatury spalania i wyższa temperatura spalin. Wyższa temperatura w komorze spalania sprzyja spalaniu zupełnemu, tj. obniżeniu emisji produktów niezupełnego spalania.

8. Podsumowanie

Na podstawie badań własnych [16] i raportu UFOP (Union zur Förderung von Oel und Proteinpflanzen) [6] można stwierdzić, że paliwo EMKOR (ester metylowy kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego):

- ma ujemny wpływ na elastyczność przewodów układu zasilania,
- wykazuje niszczący wpływ na lakier pojazdu,

- ma czasookres wymiany oleju smarującego podobny jak przy stosowaniu oleju napędowego,
- można go stosować zamiennie z olejem napędowym lub jako mieszaninę z olejem napędowym w dowolnej proporcji,
- przy stosowaniu czystego estru zamiennie z olejem napędowym po 1000 km przebiegu należy wymienić filtry paliwa,
- stosowanie estru nie wpływa na przyspieszone zużycie silnika (niektóre silniki miały przebieg 300 tys. km).

Stosowanie paliw roślinnych daje także możliwości rozwoju nowych technologii ich produkcji i dodatkowe miejsca pracy. Ponadto na skażonych terenach, gdzie zabronione są uprawy roślin oleistych dla celów spożywczych z uwagi na występowanie pierwiastków metali ciężkich, można uprawiać rośliny do produkcji paliw alternatywnych. Mamy tu do czynienia z pozyskiwaniem nowych miejsc pracy i ochroną środowiska naturalnego. Można również w rolnictwie sterować nadmiernymi zapasami roślin oleistych w przypadku nadprodukcji, kierując je do przetwórstwa na paliwa roślinne.

Bardzo istotnym, pozytywnym zjawiskiem w stosowaniu paliw roślinnych jest również to, że w przypadku dostania się ich do gleby, następuje biodegradacja w ciągu trzech tygodni.

Wreszcie często podnoszona sprawa ceny paliw roślinnych. Aktualnie nie jest ona konkurencyjna do ceny paliw węglowodorowych. Przy ich stosowaniu muszą mieć miejsce subwencje państwa.

Zastosowanie paliw roślinnych do silników wysokoprężnych ma szereg aspektów badawczych, dlatego w ostatnim okresie badaniami tymi zajmowało się wiele ośrodków naukowych, w tym m.in. Politechnik: Krakowskiej, Poznańskiej, Łódzkiej, Lubelskiej, Szczecińskiej, Wrocławskiej i Radomskiej [3, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 20, 21], a także Instytut Lotnictwa w Warszawie [22].

Literatura

- [1] TRITTHART P., ZELENKA P.: *Oleje roślinne i alkohole — dodatkowe paliwa do silników wysokoprężnych* AUTO — Technika Motoryzacyjna Nr 11–90.
- [2] *Materiały informacyjne OBR Zakładów Chemicznych w Brzegu Dolnym n/Odra*, 1993.
- [3] ZABŁOCKI M.: *Olej rzepakowy jako paliwo do szybkoobrotowych silników wysokoprężnych*. PAN, zeszyt Nr 2, Kraków 1990.
- [4] NIEWIADOMSKI H.: *Surowce tłuszczowe*. WNT, Warszawa 1994.
- [5] LOTKO W., LONGWIC R.: *Study of Chosen Parameter of the Combustion Process of Vegetable Fuel in Transient Conditions*. ISATA 98, Düsseldorf, Germany 1998 (w druku).
- [6] LANGER M.: *Erfahrungen mit Biodiesel, Union zur Förderung von Oel und Proteinpflanzen und Biodiesel Tanken?! E. V, Bonn, Deutschland*, 1997.
- [7] MAY Ch., AGRON M., BASIRON Y.: *Palm Oil Methyl Esters as Fuel: Palm Diesel*. Porim Information Series No. 17 October 1993.
- [8] CISEK J., SZLACHTA Z.: *Wpływ oleju rzepakowego i jego mieszanin z olejem napędowym na własności robocze, rozruchowe i eksploatacyjne silnika wysokoprężnego*. Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, Monografia Nr 210, Kraków 1996.
- [9] LOTKO W.: *Wybrane zagadnienia tworzenia mieszanki palnej silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego paliwami roślinnymi*. Materiały 23rd International Scientific Conference on Combustion Engines KONES 97. Politechnika Łódzka, Filia w Bielsku-Białej, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Bielsko-Biała 1997.

- [10] LOTKO W.: *Zasilanie silników spalinowych paliwami alternatywnymi*. Wyd. Instytutu Eksploatacji Pojazdów, Radom 1995.
- [11] SYGNIEWICZ J.: *Badania silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego olejem napędowym i rzepakowym*. Materiały z Konferencji KONMOT 96, Politechnika Krakowska, Polskie Towarzystwo Naukowe Motoryzacji, Kraków 1996.
- [12] MYSŁOWSKI J.: *Możliwości produkcji paliw proekologicznych*. Materiały I Ogólnopolskiego Seminarium nt. „Proekologiczne silniki spalinowe”. Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1995.
- [13] STRUŚ M., KOWALSKI K.: *Paliwo rzepakowe w zastosowaniach do silników pojazdów wojskowych*. Materiały I Ogólnopolskiego Seminarium nt. „Proekologiczne silniki spalinowe”. Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1995.
- [14] WEIDEMAN K., HEINRICH H.: *Einsatz von Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen im VW/Audi Dieselmotor*, VDI Berichte 1020. Düsseldorf 1992.
- [15] MAY R., HATTINDEN U., BIRKNER C., ADT H.U.: *New Results on Environmental Effects and Endurability of Prechamber and DI Diesel Engines Driven by Rape-Oil and Rapeoil-Methyl-Ester*. VDI Berichte 1020. Düsseldorf 1992.
- [16] LOTKO W.: *Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami węglowodorowymi i roślinnymi*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
- [17] KOWALEWICZ A., LOTKO W.: *Performances and Same Combustion Characteristics of CI Engines Fuelled with Rape Oil and Its Ester*. CIMAC, Szwajcaria, Interlaken 1995.
- [18] LOTKO W.: *Influence of Physico-Chemical Fuel Properties on Combustion Process Parameters of DI Diesel Engine*. 1 st International Colloquium Fuels. Technische Akademie Esslingen, 1997.
- [19] KOWALEWICZ A.: *Pojazd a oszczędność zasobów energetycznych i odnowa środowiska*. Motoryzacyjny Kwartalnik Naukowo-Techniczny II, 1992.
- [20] REKSA M., SITNIK L.: *Perspektywy zastosowania estrów metylowych oleju rzepakowego jako paliwa w Polsce*. Journal of KONES 94, Part 1, Warszawa—Lublin 1994.
- [21] EDZIOR M., MERKISZ J.: *Olej rzepakowy jako ekologiczno-energetyczna alternatywa paliw silników wysokoprężnych*. Konferencja IMBER, Warszawa 1993.
- [22] WIŚLICKI B., KRZYŻANOWSKI R., WOLAŃSKA M.: *Fizykochemiczne właściwości użytkowych estrów metylowych kwasów oleju rzepakowego paliwa dla silników Diesla*. Konferencja „Paliwa alternatywne do silników spalinowych”, IMBER, Warszawa 1993.

Vegetable fuels and the toxic component emission in exhaust gas

Summary

The paper presents investigation results on the influence of vegetable fuels application on limiting the environmental contamination. Author explains why vegetable fuels and their esters application in a diesel engine is of a great interest. Fundamental physico-chemical properties of vegetable fuels and their esters are given in comparison with diesel oil. Examples of toxic component emission in exhaust gas of engines fuelled with vegetable fuels and their esters are given. The limited toxic component emission in exhaust gas is compared with the emission of aldehydes, polynuclear unsaturated hydrocarbons and non-limited specific aldehydes. The paper presents operational aspects that results from application of the rape oil methyl ester. The greenhouse effect is presented. Economic and social aspects that result from vegetable fuels application are described.