

## Research of the influence non-conventional fuels on the pollutant emission from an engine to a generating set

*Abstract: This research focuses on pollutant emission from a CI engine used as a power feed of electric generating set. During test, the engine was supplied with different fuels: commercial diesel fuel and non-conventional fuels – pure rape-seed oil and liquid animal fat. Tested fuels were qualified as a partly alternative, so it was decided not to change essentials of engine regulations. In the research measurements were performed in order to register effective power, inlet air consumption, fuel consumption and emissions of carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen oxides (reduced to nitrogen oxide), particulate matter and carbon dioxide. The engine was tested under conditions of D2 test ISO 8178. It was found that overall efficiency is not so sensitive to usage of different fuels. It can be said that the most objective advantage of using non-conventional fuels is decrease of particulate matter emission and organic compounds. In connection with lower price of non-conventional fuels it is a positive result.*

Key words: pollutant emission, self-ignition engines, generating set, non-conventional fuels.

### Badania wpływu paliw niekonwencjonalnych na emisję zanieczyszczeń z silnika agregatu prądotwórczego

*Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań emisji zanieczyszczeń z silnika o zapłonie samoczynnym, napędzającego agregat prądotwórczy. Silnik był zasilany następującymi paliwami: handlowym olejem napędowym oraz paliwami niekonwencjonalnymi – czystym olejem rzepakowym i ciekłym tłuszczem zwierzęcym. Badane paliwa traktowano jako częściowo zastępcze, a więc nie wprowadzano zasadniczych zmian regulacyjnych przy zasilaniu silnika paliwami niekonwencjonalnymi. W czasie pomiarów badano: moc użyteczną, zużycie paliwa i powietrza oraz emisję tlenku węgla, węglowodorów, tlenków azotu, sprowadzonych do tlenku azotu, oraz cząstek stałych i dwutlenku węgla. Silnik badano w warunkach testu D2 zgodnie z normą ISO 8178. Stwierdzono, że sprawność ogólna jest mało wrażliwa na zastosowanie różnych paliw. Ogólnie można stwierdzić, że najbardziej obiektywną zaletą zastosowania paliw niekonwencjonalnych jest zmniejszenie emisji cząstek stałych i związków organicznych. W związku z niższą ceną badanych paliw względem ceny oleju napędowego jest to wynik pozytywny.*

Słowa kluczowe: emisja zanieczyszczeń, silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym, agregat prądotwórczy, paliwa niekonwencjonalne

## 1. Wprowadzenie

Dla niektórych zastosowań silników spalinowych podstawowym kryterium są koszty eksploatacji, znacznie ważniejszym niż np. moc użyteczna. Do takich zastosowań można zaliczyć wykorzystanie silników do napędu agregatów prądotwórczych. Dominującym składnikiem kosztów eksploatacji intensywnie użytkowanych silników spalinowych, a do takich zalicza się silniki agregatów prądotwórczych o zastosowaniu podstawowym a nie awaryjnym, są koszty zużywanego paliwa. W związku z tym istotną rolę odgrywa sprawność ogólna silników w warunkach typowych dla ich użytkowania oraz cena paliwa. Istnieje zatem celowość analizy możliwości zastosowania paliw o szczególnie niskiej cenie. Oczywiście zastosowanie to nie powinno zasadniczo kolidować z priorytetami ochrony środowiska. Paliwami takimi mogą być

m.in. oleje roślinne i zwierzęce, często zużyte w innych procesach technologicznych. W literaturze spotyka się wiele doniesień o właściwościach silników, zasilanych różnego rodzaju paliwami niekonwencjonalnymi, nie tylko klasycznymi już estrami olejów roślinnych [1–3], ale i m.in. olejami roślinnymi i zwierzęcymi [5–16].

W niniejszej pracy zajęto się badaniami właściwości ekonomicznych ze względu na zużycie paliwa oraz właściwości ekologicznych ze względu na emisję zanieczyszczeń silnika spalinowego agregatu prądotwórczego, zasilanego paliwami niekonwencjonalnymi.

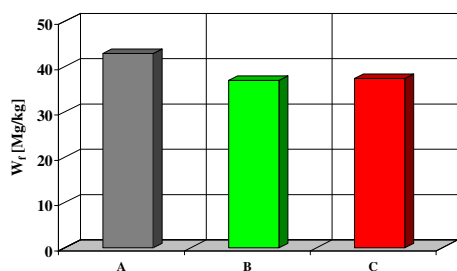
## 2. Badania empiryczne silnika agregatu prądotwórczego

Objektem badań był silnik o zapłonie samoczynnym, napędzający agregat prądotwórczy. Silnik był zasilany następującymi paliwami:

- klasycznym olejem napędowym – oznaczenie „A”,
- olejem rzepakowym – „B”,
- olejem zwierzęcym – „C”.

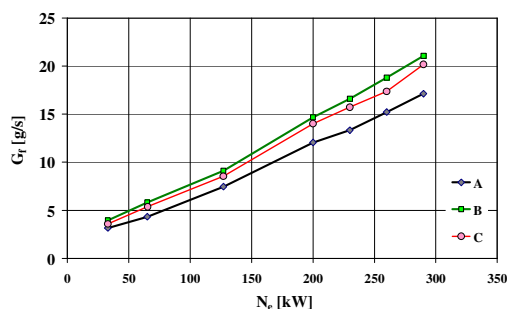
Badane paliwa traktowano jako częściowo zastępcze, a więc nie wprowadzano zasadniczych zmian regulacyjnych przy zasilaniu silnika paliwami niekonwencjonalnymi. Ze względów eksploatacyjnych zastosowano podgrzewanie paliw niekonwencjonalnych w układzie paliwowym silnika: oleju rzepakowego do temperatury 65°C, a tłuszczu zwierzęcego do 90°C. W czasie pomiarów badano: moc użyteczną, zużycie paliwa i powietrza oraz emisję tlenku węgla, węglowodorów, tlenków stałych i dwutlenku węgla. Silnik badano w warunkach testu D2 zgodnie z normą ISO 8178. W tym celu wykonywano badania w warunkach charakterystyki obciążeniowej dla znamionowej prędkości obrotowej. Obciążenie silnika zostało zrealizowane za pomocą opornicy. Do badań wykorzystano analizator MEXA 7200 firmy Horiba oraz dymomierz Opacimetr AVL 4390-G003. Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono emisję jednostkową poszczególnych zanieczyszczeń i sprawność ogólną silnika na charakterystyce obciążeniowej, a także wartości uśrednione emisji jednostkowej i sprawności ogólnej w teście D2. Do wyznaczania natężenia emisji cząstek stałych wykorzystano metody korelacyjne badania cząstek stałych na podstawie badań zaciemnienia spalin. Zgodnie z tą metodą natężenie emisji cząstek stałych jest wprost proporcjonalne do natężenia przepływu spalin oraz rosnącej funkcji współczynnika ekstynkcji promieniowania świetlnego przez spaliny, wyznaczonego przy użyciu dymomierza [4].

Na rysunku 1 przedstawiono wartość opałową badanych paliw. Oczywiście dla paliw olejowych, będącymi paliwami z udziałem tlenu, wartość opałowa jest mniejsza niż dla oleju napędowego.



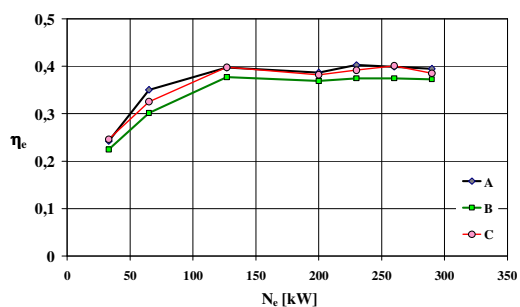
Rys. 1. Wartość opałowa badanych paliw

Na rysunku 2 przedstawiono natężenie przepływu paliwa zużywanego przez silnik na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej.

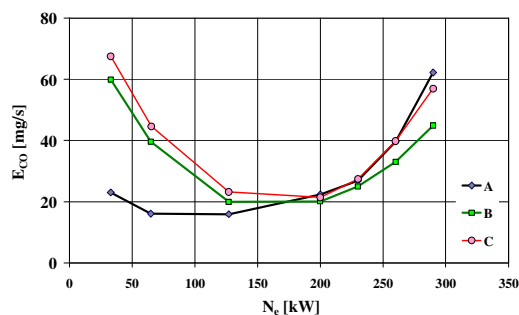


Rys. 2. Natężenie przepływu paliwa zużywanego przez silnik na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej

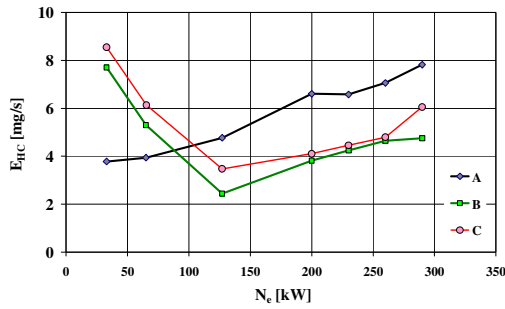
Na rysunkach 3–8 przedstawiono sprawność ogólną oraz natężenie emisji składników spalin na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej



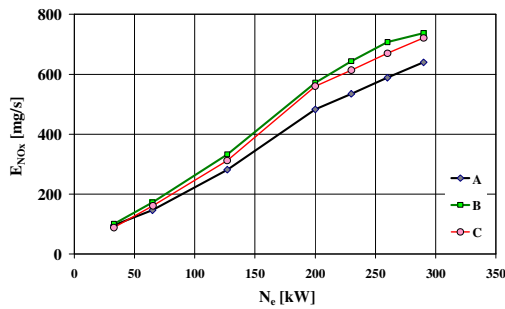
Rys. 3. Sprawność ogólna na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej



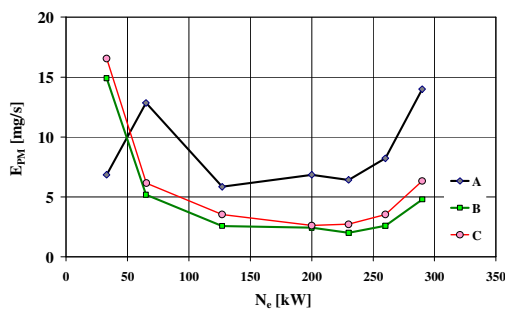
Rys. 4. Natężenie emisji tlenku węgla na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej



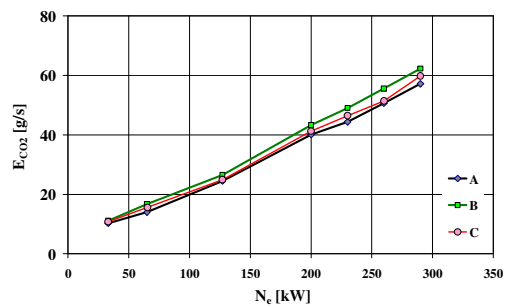
Rys. 5. Natężenie emisji węglowodorów na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej



Rys. 6. Natężenie emisji tlenków azotu na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej



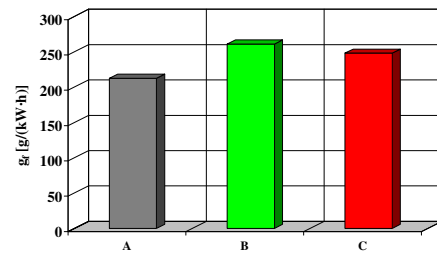
Rys. 7. Natężenie emisji cząstek stałych na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej



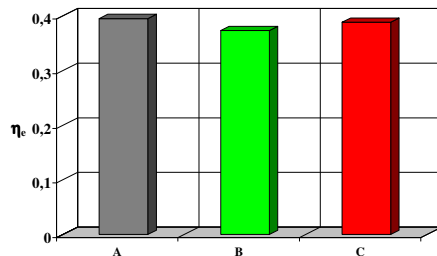
Rys. 8. Natężenie emisji dwutlenku węgla na charakterystyce obciążeniowej przez znamionowej prędkości obrotowej

Istnieje pewna regularność w uzyskanych wynikach badań. Głównie z powodu mniejszej wartości opałowej sprawność ogólna silnika, pracującego na badanych biopaliwach jest mniejsza niż dla oleju napędowego. Dla małych obciążeń większe jest natężenie emisji tlenku węgla dla paliw niekonwencjonalnych. Charakterystyki natężenia emisji węglowodorów wykazują znaczną nieregularność z ogólną zasadą mniejszego natężenia emisji dla oleju napędowego przy małych obciążeniach oraz mniejszego natężenia emisji dla biopaliw przy dużych obciążeniach. Przeciętnie w całym zakresie obciążeń zastosowanie biopaliw powoduje zwiększenie natężenia emisji tlenków azotu. Zastosowanie biopaliw powoduje przeciętnie znaczne zmniejszenie natężenia emisji cząstek stałych.

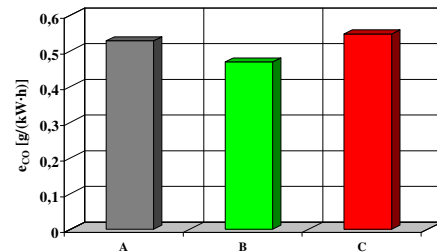
Na rysunkach 9–15 przedstawiono jednostkowe zużycie paliwa i sprawność ogólną oraz emisję jednostkową składników spalin w teście D2.



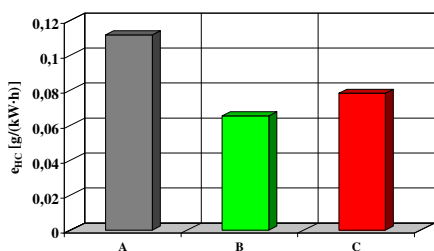
Rys. 9. Jednostkowe zużycie paliwa przez silnik w teście D2



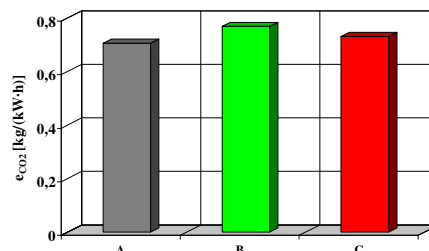
Rys. 10. Sprawność ogólna silnika w teście D2



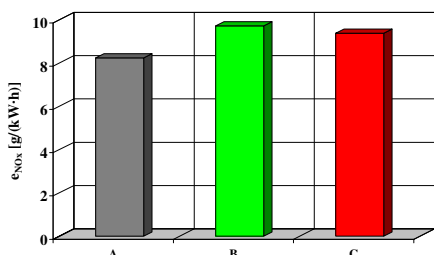
Rys. 11. Jednostkowa emisja tlenku węgla z silnika w teście D2



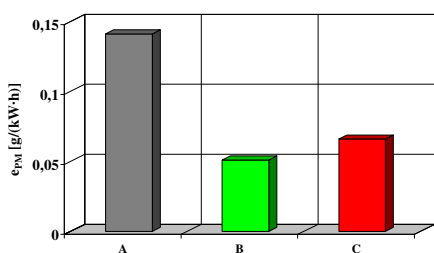
Rys. 12. Jednostkowa emisji węglowodorów z silnika w teście D2



Rys. 15. Jednostkowa emisji dwutlenku węgla z silnika w teście D2



Rys. 13. Jednostkowa emisji tlenków azotu z silnika w teście D2



Rys. 14. Jednostkowa emisji cząstek stałych z silnika w teście D2

### 3. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- 1) Stwierdzono, że największe zmniejszenie emisji jednostkowej tlenku węgla wystąpiło w wypadku zastosowanie oleju rzepakowego przy dużych obciążeniach.
- 2) Duże zmniejszenie emisji jednostkowej węglowodorów stwierdzono w wypadku zastosowania oleju rzepakowego i tłuszczu zwierzęcego.
- 3) Zgodnie z oczekiwaniami zastosowanie olejów sprzyja zwiększonej emisji jednostkowej tlenków azotu.
- 4) Zastosowanie wszystkich paliw niekonwencjonalnych powoduje znaczne zmniejszenie emisji jednostkowych cząstek stałych.
- 5) Sprawność ogólna jest mało wrażliwa na zastosowanie różnych paliw. Największa sprawność ogólna wystąpiła dla oleju napędowego, co jest zrozumiałe, gdyż jest to paliwo podstawowe dla badanego silnika.

Ogólnie można stwierdzić, że najbardziej obiektywną zaletą zastosowania paliw niekonwencjonalnych jest zmniejszenie emisji cząstek stałych i związków organicznych. W związku z niższą ceną badanych paliw względem ceny oleju napędowego jest to wynik pozytywny.

### Bibliography/Literatura

- [1] Chłopek Z., Bardziński W., Jarczewski M., Sar H.: Influence of fatty acid methyl esters' additive to diesel engine on ecology, fuel consumption and vehicle's performance. *Journal of KONES* 2006. 1. 261–268.
- [2] Chłopek Z., Bardziński W., Jarczewski M., Sar H.: Emission of pollution from engine powered by the fuel with additive of methyl ester of rape oil in dynamic tests. *Journal of KONES* 2005. 63–70.
- [3] Chłopek Z., Bardziński W., Jarczewski M., Sar H.: Influence of adding fatty acid methyl esters to the diesel fuel on pollutants emission from diesel engine in dynamic road test cycles. *International Congress on Combustion Engines*. Szczyrk 2005.
- [4] Chłopek Z., Darkowski A., Piaseczny L.: Influence of metalloorganic additive to the fuel on the pollution emission from the SI engine. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 14, No 5(2005). 559–567.
- [5] Dorn B. et al.: Particle and gaseous emissions of diesel engines fuelled by different non-esterified plant oils. *SAE-NA Techn. Papers Series* 2007–24–0127.
- [6] Dukulis I. et al.: Adapting of automobile VW Golf for using pure rapeseed oil as a fuel. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development”*. Jelgava. LUA. 2009.

- 
- [7] He Y., Bao Y.D.: Study on rapeseed oil as alternative fuel for a single-cylinder diesel engine. *Renewable Energy* 28/2003. 1447–1453.
- [8] Kumar M.S. et al.: Experimental investigations on the use of preheated animal fat as fuel in a compression ignition engine. *Renew Energy* 30/2005. 1443–1456.
- [9] Labeckas G., Slavinskas S.: Performance of direct-injection off-road diesel engine on rapeseed oil. *Renewable Energy* 31/2006. 849. – 863.
- [10] McDonnell K.P.: Results of engine and vehicle testing of semirefined rapeseed oil. *ASAE* 43(6)/2000. 1309–16.
- [11] Nwafor O.M.I., Rice G., Ogbonna A.: Effect of advanced injection timing on the performance of rapeseed oil in diesel engines. *Renewable Energy* 21/2000. 433–444.
- [12] Nwafor O.M.I.: Effect of advanced injection timing on the performance of rapeseed oil in diesel engine. *Renewable Energy* 21/2000. 433–44.
- [13] Nwafor O.M.I.: Emission characteristics of diesel engine running on vegetable oil with elevated fuel inlet temperature. *Biomass Bioenergy* 27(5)/2004. 507–511.
- [14] Pramanik K.: Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable Energy* 28/2000. 239–248.
- [15] Thuneke K. et al.: Mutagenität der Partikelemissionen eines mit Rapsöl und Dieselkraftstoff betriebenen Traktors. *Berichte aus dem TFZ 14. Technologie- und Förderzentrum Bayern. Straubing.* 2007.
- [16] Vajling I. et al.: Vegetable oils and animal fats as diesel fuel. *Motor Fuels 2008. 8th International Symposium, Tatranské Matliare. June 23–26 2008. Slovak Republic.* 732–746.

Mr Zdzisław Chłopek, DSc., DEng. – Professor in the Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering at Warsaw University of Technology.



*Dr hab. inż. Zdzisław Chłopek – profesor na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej*

Mr Jacek Biedrzycki, Eng. – Engineer in the Automotive Industry Institute in Wasaw.



*Inż. Jacek Biedrzycki – inżynier w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji w Warszawie.*

Mr Piotr Stasiak – Eng. – Engineer in the Automotive Industry Institute in Wasaw.



*Mgr inż. Piotr Stasiak – inżynier w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji w Warszawie.*

Mr Piotr Wójcik – Eng. – Engineer in the Automotive Industry Institute in Wasaw.

*Mgr inż. Piotr Wójcik – inżynier w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji w Warszawie.*