

Grzegorz JARZYŃSKI, Sławomir LUFT, Andrzej RÓŻYCKI, Tomasz SKRZEK

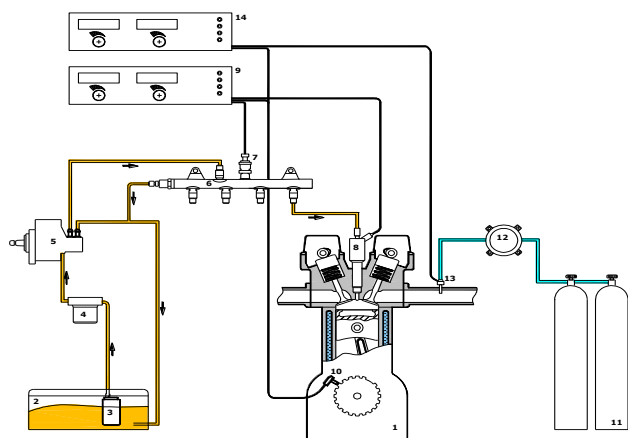
## BADANIA WPŁYWU POŁOŻENIA WTRYSKIWACZA PALIWA LPG NA SPRAWNOŚĆ, ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW W SPALINACH ORAZ PODSTAWOWE PARAMETRY PROCESU SPALANIA W DWUPALIWOWYM SILNIKU SPALINOWYM O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

### Streszczenie

W artykule przedstawione są wyniki badań dwupaliwowego silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym w zakresie wpływu położenia wtryskiwacza paliwa LPG w kolektorze dolotowym na sprawność, zawartość składników w spalinach oraz podstawowe parametry procesu spalania. W trakcie badań przyjęto trzy różne położenia wtryskiwacza i pomierzono lub też wyliczono wymienione parametry pracy silnika dla różnych udziałów energetycznych stosowanych paliw (inicjującej zapłon dawki oleju napędowego oraz LPG) dla różnych obciążeń silnika. Wyniki zaprezentowane w niniejszym artykule dotyczą jednej stałej wartości prędkości obrotowej  $n=2000\text{obr/min}$ .

### WSTĘP

W Instytucie Eksploatacji Pojazdów i Maszyn Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu od szeregu lat prowadzone są badania nad dwupaliwowym systemem zasilania silnika o zapłonie samoczynnym. Przyjęty system pozwala na spalanie różnych paliw (ciekłych lub gazowych) dostarczonych wtryskowo do kolektora dolotowego. Zapłon inicjowany jest od niewielkiej dawki oleju napędowego. Ogólny schemat takiego systemu przedstawiony został na rys. 1.



Rys. 1. Ogólny schemat dwupaliwowego systemu zasilania silnika o zapłonie samoczynnym.

1. silnik dwupaliwowy
2. zbiornik oleju napędowego
3. elektryczna pompa paliwa
4. filtr paliwa
5. wysokociśnieniowa pompa paliwa
6. zasobnik
7. czujnik ciśnienia paliwa
8. wtryskiwacz oleju napędowego
9. sterownik układu zasilania Common Rail
10. czujnik położenia i prędkości wału korbowego
11. zbiorniki gazu
12. reduktor gazu
13. wtryskiwacz gazu
14. sterownik układu zasilania gazem

Wcześniejsze badania [1] [2] wykonywane na prostym silniku badawczym starszej generacji wykazały szereg zalet takiego rozwiązania ale także pozwoliły na określenie kolejnych obszarów badań, które wynikają z ciągłego rozwoju tłokowego silnika o zapłonie samoczynnym.

Jednym z takich obszarów badawczych jest dobór korzystnego położenia wtryskiwania paliwa do kolektora dolotowego w aspekcie możliwości uzyskania dużej sprawności silnika, korzystnej zawartości składników w spalinach a także dopuszczalnych parametrów procesu spalania.

Prezentowane w artykule wyniki dotyczą zasilania paliwem LPG, odparowanym wcześniej w odparowywaczu i wtryskiwanym jak już wspomniano do kolektora dolotowego.

Omawiany wyżej zakres badań wynika z dotychczasowych doświadczeń, potrzeb i sugestii firmy ELPIGAZ, z którą od szeregu lat współpracuje Uczelnia.

### 1. OPIS PROCEDURY BADAWCZEJ.

W niniejszym artykule przedstawiono jedynie wyniki badań uzyskane dla stałej przyjętej prędkości obrotowej silnika  $n=2000\text{ obr/min}$ , mimo że badania obejmowały pełny zakres prędkości obrotowych.

W trakcie badań zastosowano fabryczną regulację parametrów pracy silnika, stosowaną w rozwiązaniu standardowym silnika o zapłonie samoczynnym w tym dawki oleju napędowego.

Nie stosowano recyrkulacji spalin oraz doładowania silnika.

Autorzy mają świadomość konieczności przeprowadzenia badań z zastosowaniem wyżej wymienionych systemów oraz doboru właściwych ich regulacji.

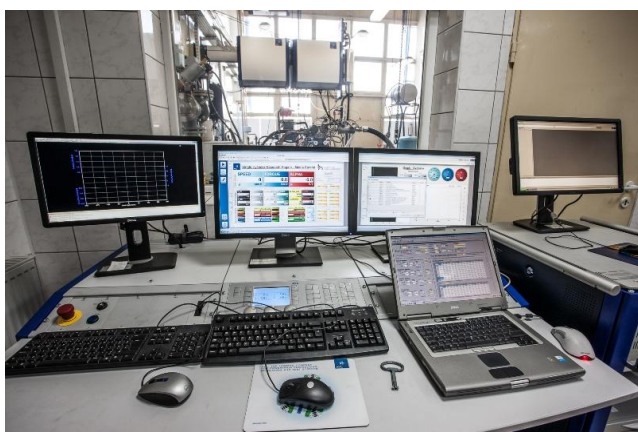
Badania wykonano na stanowisku badawczym firmy AVL wyposażonym w aparaturę umożliwiającą pomiar:

- zużycia masowego obu paliw
  - momentu obrotowego silnika
  - rejestrowania parametrów szybkozmiennych (min. ciśnień w komorze spalania)
  - stężenia podstawowych składników w spalinach
  - temperatur w różnych elementach silnika
- a także wyliczenia takich wielkości jak:
- sprawność cieplna
  - sprawność mechaniczna
  - sprawność ogólna

- maksymalne ciśnienie spalania
  - maksymalny przyrost ciśnienia
  - początek spalania
  - stopień wypalenia dawki paliwa
- Ogólny widok stanowiska przedstawiony został na rys. 2 i 3.

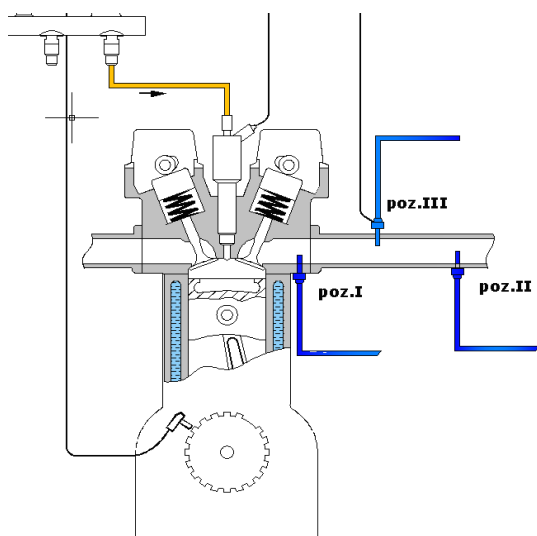


Rys. 2. Widok stanowiska badawczego AVL.



Rys. 3. Widok sterowni hamowni silnikowej.

Schemat obrazujący ustawienie wtryskiwacza LPG przedstawiono na rys. 4



Rys. 4. Schemat obrazujący ustawienie wtryskiwacza LPG.

## 2. UZYSKANE WYNIKI BADAŃ SILNIKA DWUPALIWOWEGO

### 2.1. Wyniki badań silnika w zakresie sprawności.

W wyniku pomiarów i przeliczeń uzyskano zależności przedstawiające zmienność wartości sprawności cieplnej  $\eta_c$ , mechanicznej  $\eta_m$  oraz ogólnej  $\eta_o$  dla dawki oleju napędowego określonej 40%, uchyleniem dźwigni dozującej. Należy zauważyć, że dla tego przypadku uchylenia dźwigni (najmniejszej dawki oleju napędowego) silnik dwupaliwowy pracował poprawnie w zakresie proporcji udziałów energetycznych LPG/ON od 20/80 ÷ 60/40.

Potwierdza to przyjęte kryterium nieprzekroczenia wskaźnika maksymalnego przyrostu ciśnienia  $R_x=10 \left[ \frac{\text{bar}}{c_{\text{OWK}}} \right]$  (rys.7 d).

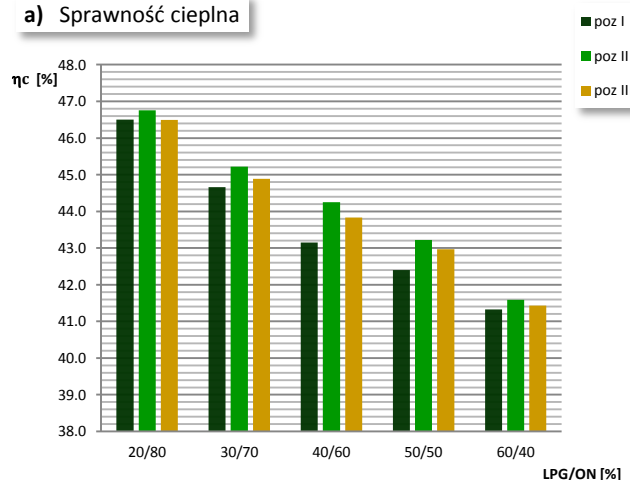
Zależności zmian wartości sprawności cieplnej  $\eta_c$ , sprawności mechanicznej  $\eta_m$  oraz sprawności ogólnej  $\eta_o$  zestawiono na rys. 5.

W pozostałych przypadkach obciążen tj. 60% i 80% uchylenia przepustnicy LPG udział energetyczny tego paliwa nie mógł być zwiększony ponad skład 20/80 ze względu na gwałtowny wzrost wskaźnika maksymalnego przyrostu ciśnienia do wartości  $R_x=10 \left[ \frac{\text{bar}}{c_{\text{OWK}}} \right]$  dla udziału LPG 80/20 i  $R_x=12,4 \div 14,2 \left[ \frac{\text{bar}}{c_{\text{OWK}}} \right]$  dla udziału LPG 60/40.

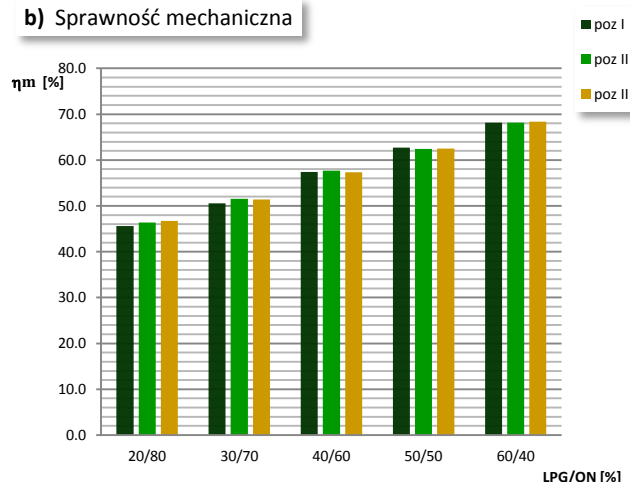
Tak duża wartość ciśnienia może skutkować wyraźnie przyspieszonym zużyciem elementów silnika (np. wyłamywaniem pól podpiersieniowych).

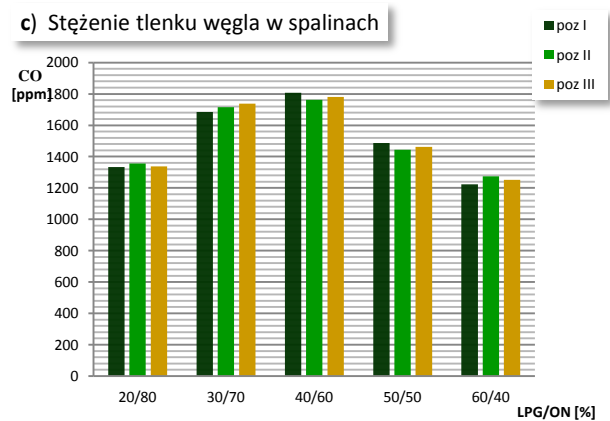
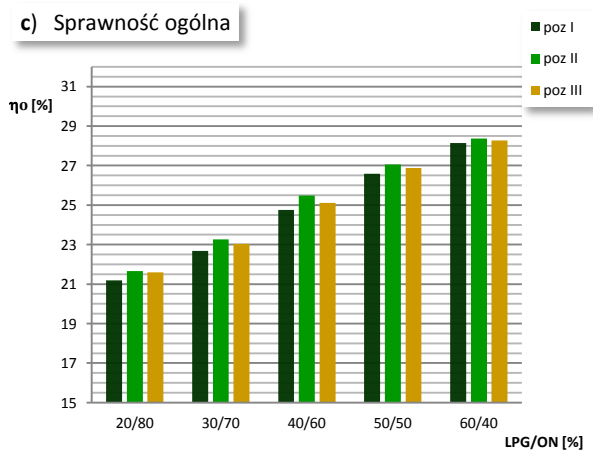
Prezentowane wyniki dotyczą zatem tylko 40% uchylenia dźwigni dozującej olej napędowy.

a) Sprawność cieplna



b) Sprawność mechaniczna

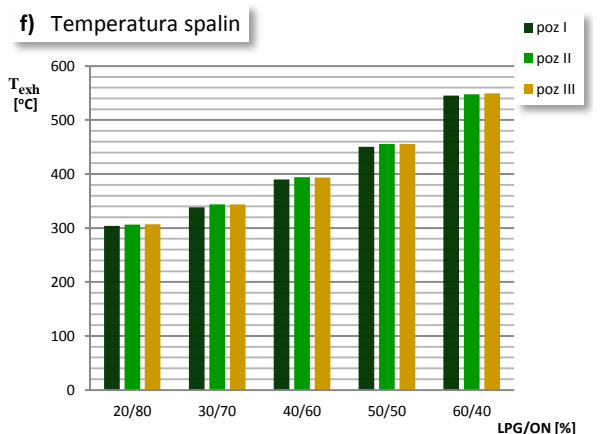
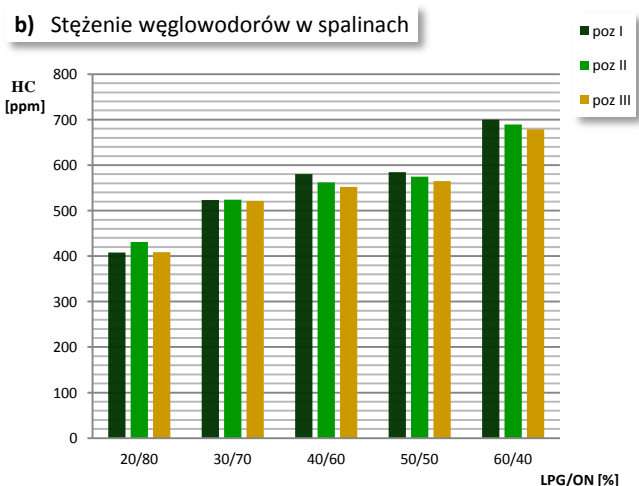
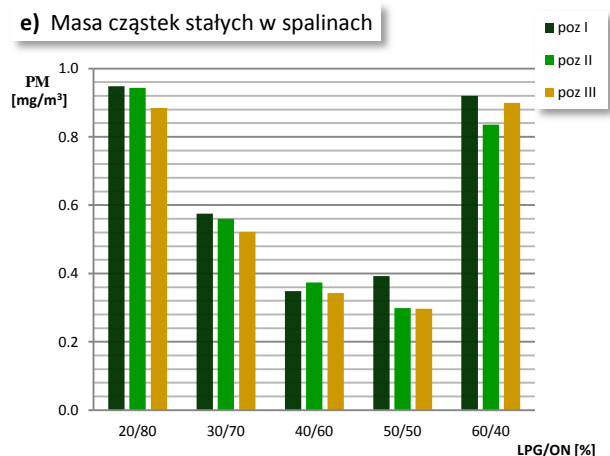
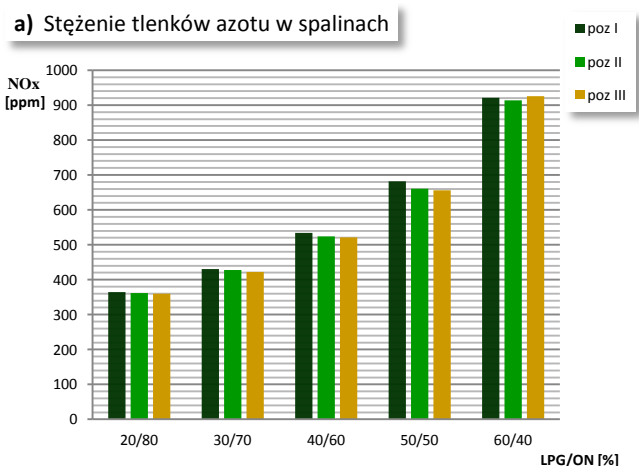
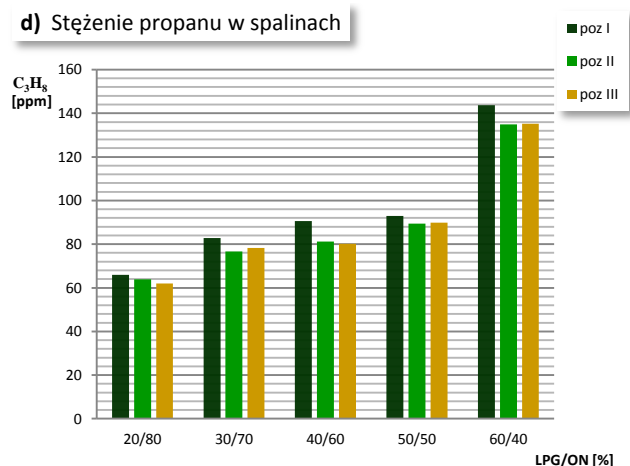




**Rys. 5.** Zestawienie wyników zmian wartości sprawności cieplnej  $\eta_c$ , mechanicznej  $\eta_m$  i ogólnej  $\eta_o$  dla różnych obciążeń silnika różnych udziałów LPG/ON oraz różnych położeń wtryskiwacza LPG.

Analiza zestawionych diagramów wykazuje, że z punktu widzenia uzyskania możliwości dużej sprawności ogólnej badanego silnika, wpływ usytuowania wtryskiwacza LPG jest minimalny. Przy usytuowaniu możliwie najdalszym od głowicy (poz. 2) obserwuje się wzrost sprawności ogólnej na poziomie ON 0,5% w porównaniu do położenia pozostałych.

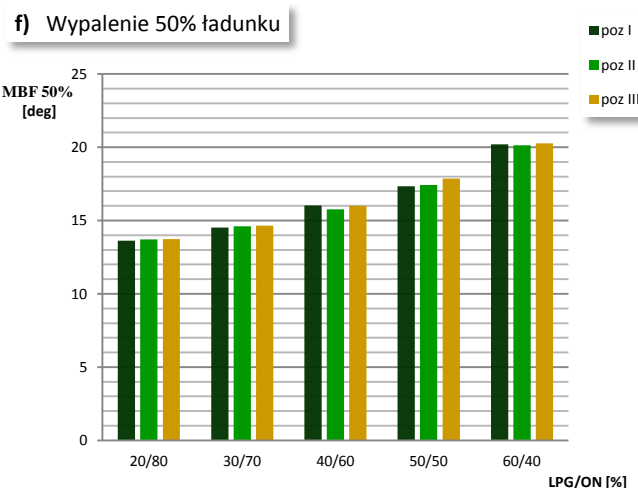
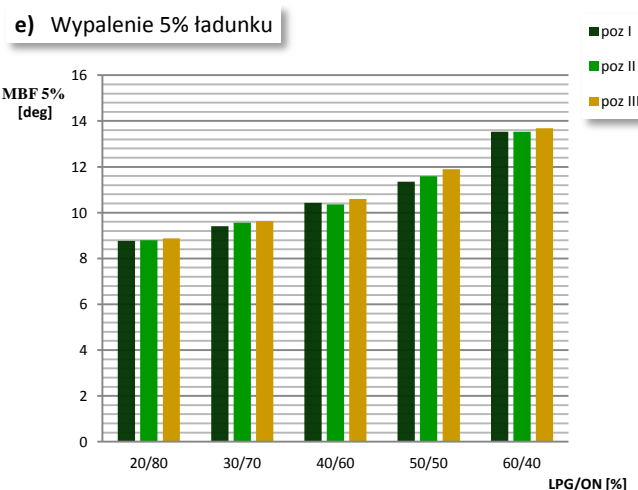
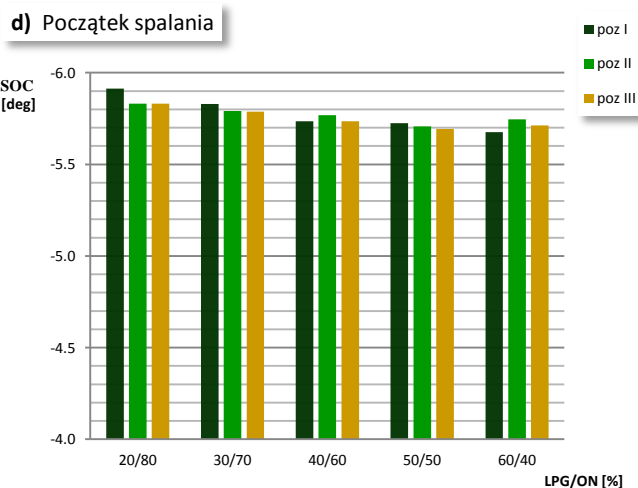
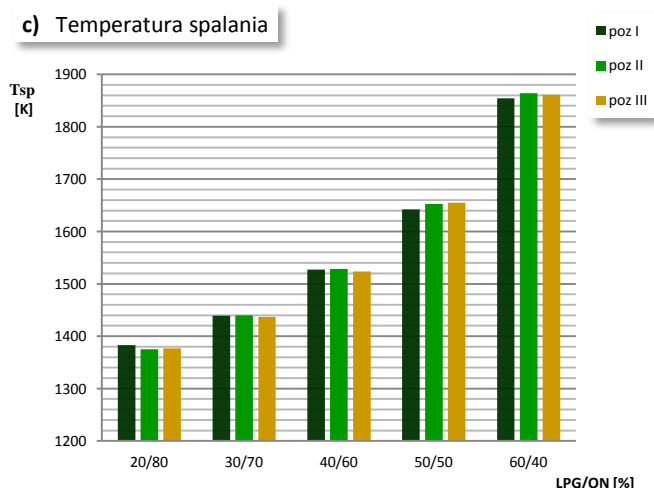
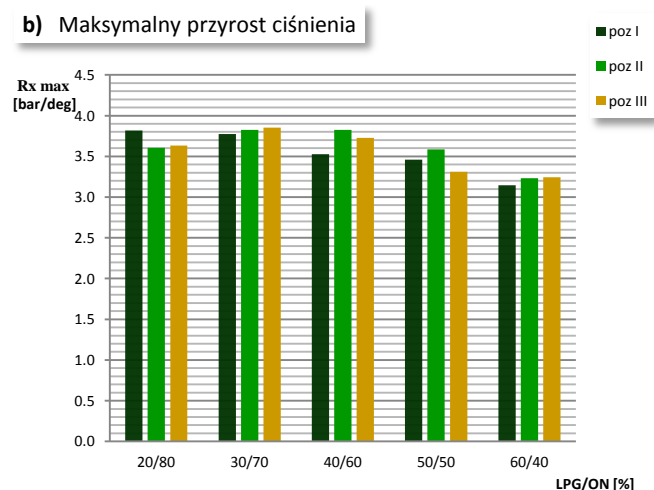
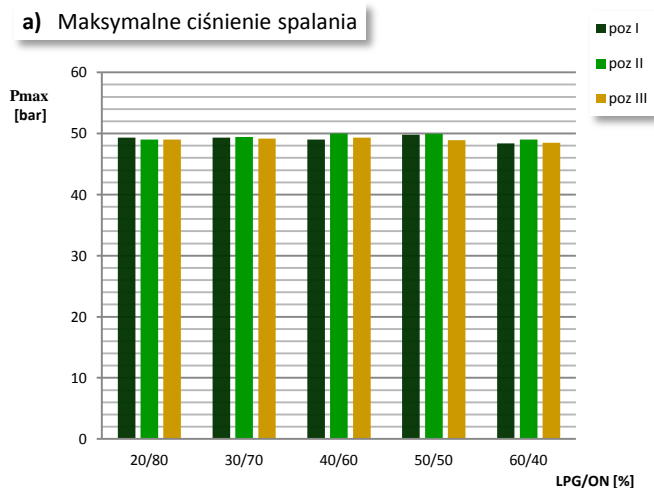
**2.2. Wyniki pomiarów zawartości składników w spalinach**



**Rys. 6.** Zestawienie wyników zmian zawartości składników w spalinach dla różnych obciążeń silnika oraz różnych pozycji wtryskiwacza LPG

Analiza zestawionych wyników badań wykazuje również, że zmiana położenia wtryskiwacza LPG wywiera niewielki wpływ na zawartość podstawowych składników w spalinach. Wydaje się, że minimalne zmniejszenie zawartości analizowanych składników uzyskuje się przy usytuowaniu wtryskiwacza w pozycji II – (najdalej od głowicy silnika).

### 2.3. Wyniki pomiarów parametrów charakteryzujących proces spalania.



**Rys. 7.** Zestawienie wyników pomiarów parametrów charakteryzujących proces spalania.

Analiza przedstawionych wyników wskazuje, że zmiana położenia wtryskiwacza LPG w badanym silniku wywołuje nieznaczne zmiany istotnych parametrów procesu spalania takich jak: maksymalne ciśnienie  $P_{max}$  [bar], maksymalny przyrost ciśnienia  $Rx_{max}$   $\left[\frac{bar}{deg}\right]$ , oraz temperatury spalania  $T_{sp}$  [K]. W tym przypadku minimalnie korzystniejszym byłby wybór położenia I (najbliższego głowicy silnika).

## PODSUMOWANIE.

1. Zmiana położenia wtryskiwacza LPG w badanym dwupaliwowym silniku (jednocylindrowym) w sposób nieznaczny wpływa na sprawność ogólną, zawartość składników w spalinach oraz parametry procesu spalania.
2. Przy większych obciążeniach silnika dwupaliwowego pojawia się bariera uniemożliwiająca zwiększenie udziału paliwa LPG a wynikające z gwałtownego zwiększenia wskaźnika Rx (maksymalnego przyrostu ciśnienia).
3. Możliwość zwiększenia udziałów paliwa LPG upatruje się w zastosowaniu zmian w regulacji parametrów wtrysku inicjującej zapłon dawki oleju napędowego, co będzie przedmiotem kolejnych badań.

## BIBLIOGRAFIA

1. Luft Sławomir: „Dwupaliwowy silnik o zapłonie samoczynnym z wtryskiem ciekłego LPG do kolektora dolotowego”- monografia nr 103, wyd. Politechniki Radomskiej 2007r.
2. Andrzej Różycki: „Dobór parametrów regulacyjnych dwupaliwowego silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego wybranymi paliwami alternatywnymi z uwzględnieniem zjawiska stuku” – monografia nr 176, wyd. UT-H Radom 2013r.
3. Skrzek T.: Wpływ podziału dawki oraz kąta początku wtrysku dawki inicjującej na parametry pracy dwupaliwowego silnika o zapłonie samoczynnym. - Combustion Engines. 2015, 162(3), 886-892. ISSN 2300-9896

## STUDY ON THE EFFECT OF LPG INJECTOR POSITION ON ENGINE EFFICIENCY, EXHAUST EMISSIONS AND BASIC COMBUSTION PARAMETERS IN A DUAL-FUEL COMPRESSION IGNITION ENGINE

### Abstract

*The paper presents results of investigation on a dual-fuel compression ignition engine concerning the effect of LPG injector position in the manifold on efficiency, exhaust emissions and basic combustion parameters. In the course of investigation, three various injector positions were studied. The above mentioned engine operating parameters were measured or calculated for various energy shares of the applied fuels (diesel oil pilot dose and LPG) and for various engine load. The presented results refer to a one constant engine speed  $n = 2000$  rpm.*

### Autorzy:

mgr inż. **Grzegorz Jarzyński** – Prezes ELPIGAZ Sp.z o.o. ul Perseusza 9 Gdańsk

prof. dr hab. inż. **Sławomir Luft** – profesor na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu, dr hab. inż. **Andrzej Różycki** – prof. ndzw. na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu,

dr inż. **Tomasz Skrzek** –Instytutu Eksploatacji Pojazdów i Maszyn na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu.