



Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych  
Politechnika Warszawska

## Ocena wybranych parametrów spalania w silniku o zapłonie samoczynnym zasilanym uwodornionym olejem roślinnym (HVO)

Mateusz Bednarski, Piotr Oliński, Mieczysław Sikora, Piotr  
Laskowski

14.11.2023 Young Scientist  
Academy

Grant nr 15/ILGiT/2023 wspieranie działalności naukowej w dyscyplinie Inżynieria lądowa, Geodezja i Transport.



# HVO jako paliwo

HVO (ang. Hydrogenated Vegetable Oil) uwodorniony olej roślinny, wykonany w całości z surowców odnawialnych - olejów roślinnych i odpadów tłuszczowych,

HVO może być sprzedawany w czystej postaci lub zmieszany z tradycyjnym olejem napędowym w różnych proporcjach, np. HVO30, HVO50, itd. W czystej postaci ogranicza emisje CO<sub>2</sub> o ok. 90%.

Zgodność standardów dla całej swojej floty ogłosił niedawno DAF, a od kilku lat deklarują ją Scania, MAN, Volvo, Mercedes-Benz, Renault Trucks czy Iveco.



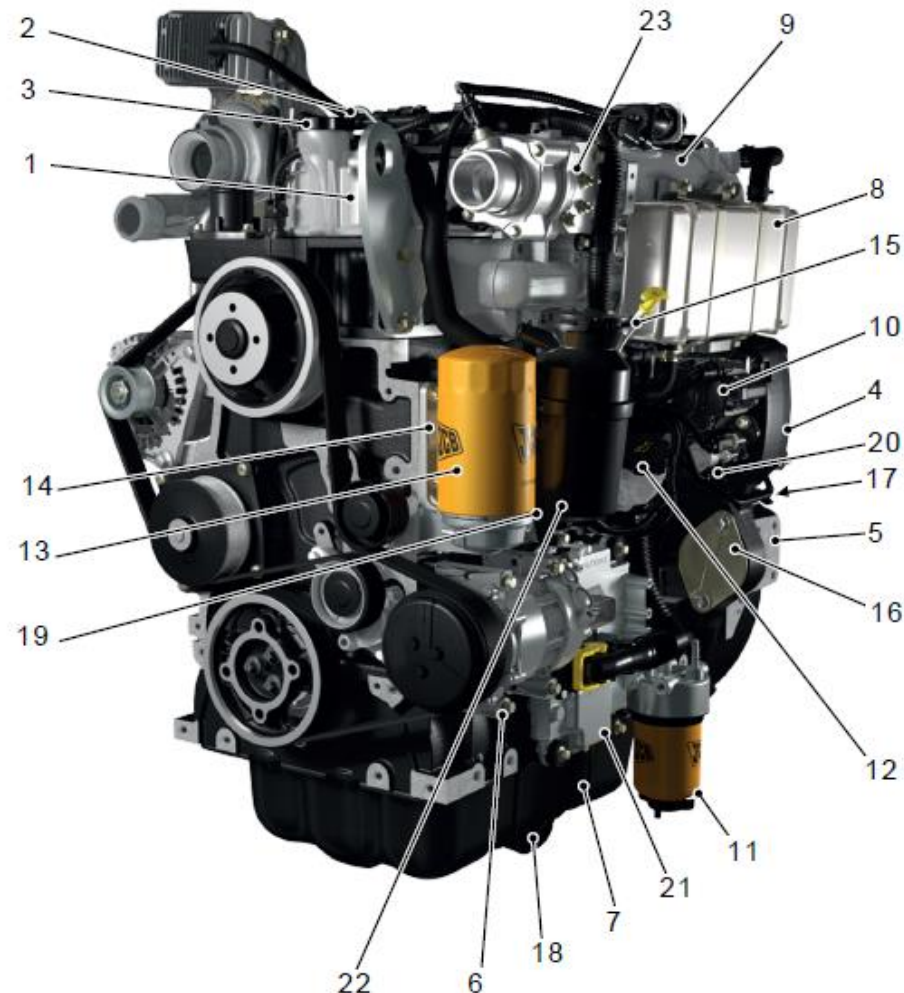
# Ocena wybranych parametrów spalania w silniku o zapłonie samoczynnym zasilanym uwodornionym olejem roślinnym (HVO)

Properties	Method	Unit	HVO	Diesel oil
Density at 15°C	–	kg/m <sup>3</sup>	777.8	830.6
Kinematic viscosity	–	mm <sup>2</sup> /s	2.646	2.969
Dynamic viscosity	–	Pa·s	2.06·10 <sup>-3</sup>	2.47·10 <sup>-3</sup>
Cetane number	ASTM D613	–	79.6	54.6
Pour point	ISO 3016	°C	-58	-39
Flash point	ISO 2719	°C	66.3	70.5
Cold filter plugging point	EN 116	°C	-44	-22
Monoaromatic	–	%v/v	0.50	20.1
Polyaromatic	–	%v/v	0	3.0
Total aromatic	–	%v/v	0	23.1
Flammability	–	°C	60.5	74.0
Lower Heating Value	–	MJ/kg	44.35	42.65
Hydrogen	–	%m/m	15.00	13.72
Carbon	–	%m/m	85.00	85.67
Oxygen	–	%m/m	0	0.61
Sulphur	–	%m/m	0.53	6.50
Ash content	EN ISO 6245	%v/v	0.002	0.014
FAME	–	%v/v	0.05	5.00
Approx. formula	–	–	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O <sub>0.06</sub>



# Obiekt badań

Engine Variant	-	Turbocharged with Intercooler
Emission compliance	-	US-EPA Tier 4i, EU Stage IIIB
Rated speed	RPM	2200
Weight (Dry)	kg	496
Number of cylinders	-	4
Nominal bore size	mm	103
Stroke	mm	132
Cylinder arrangement	-	In line
Combustion Cycle	-	4-stroke
Firing order	-	1-3-4-2
Compression ratio	-	16.7: 1
Direction of rotation (viewed from front {crankshaft pulley} end)	-	Clockwise
Valves	-	4 per cylinder
Valve clearances measured at the tapet end of the rockers (measured cold)		
- Inlet	mm	0.23–0.04
- Exhaust	mm	0.6–0.04
Lubricating oil pressure (Dependent on engine temperature and speed)	bar	1.6–6.5
Filter type	-	Screw-on canister (with drain facility)
Pressure to open by-pass valve	bar	1.6
Oil pressure relief valve setting	bar	6
Oil pressure switch setting	bar	0.6 (falling)
Oil pump	-	Integral unit with relief valve
Combustion system	-	Common rail direct Injection
High pressure fuel pump	-	High pressure with electron cally controlled fuel metering

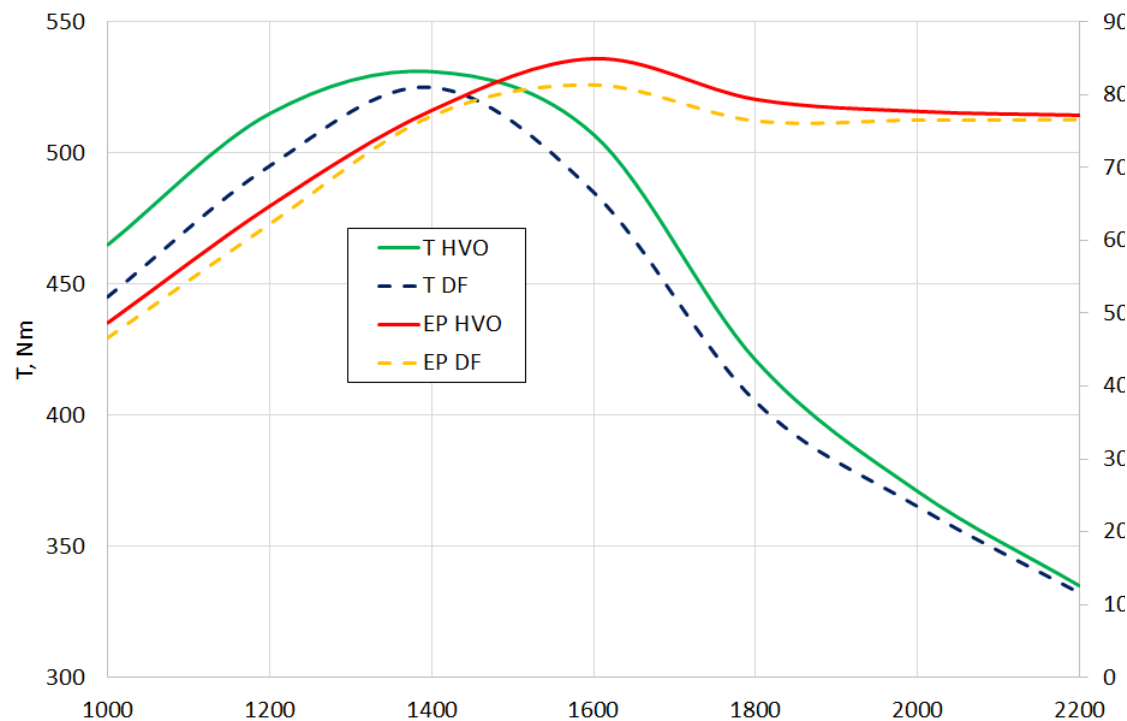


Rys.1 Silnik JCB 444 TA4i-81

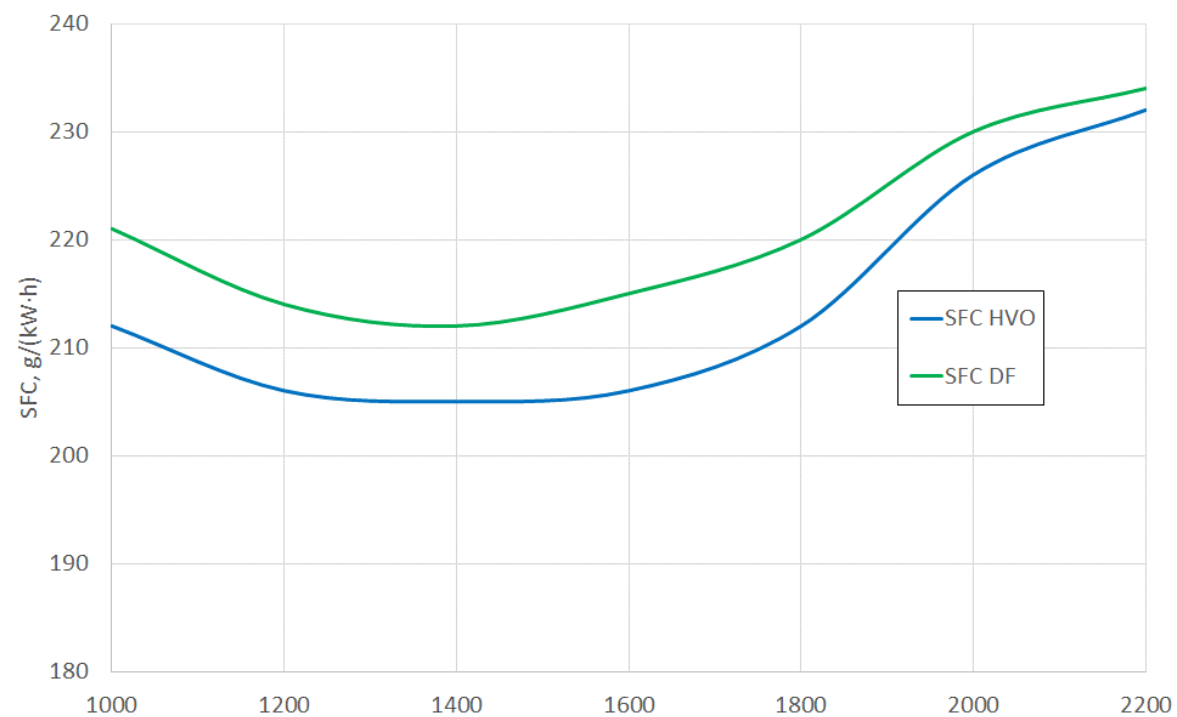
- |    |                            |    |   |
|----|----------------------------|----|---|
| 1  | Rocker cover               | 2  | Fuel injectors and high pressure fuel pipes |
| 3  | Lubrication oil filler cap | 4  | Timing gear case                            |
| 5  | Flywheel housing           | 6  | Bedplate                                    |
| 7  | Lubrication oil sump       | 8  | EGR (Exhaust Gas Recirculation) cooler      |
| 9  | Air inlet manifold         | 10 | High pressure fuel pump                     |
| 11 | Fuel filter                | 12 | Lubrication oil filler cap                  |
| 13 | Lubrication oil filter     | 14 | Lubrication oil cooler housing              |



## Wybrane wyniki

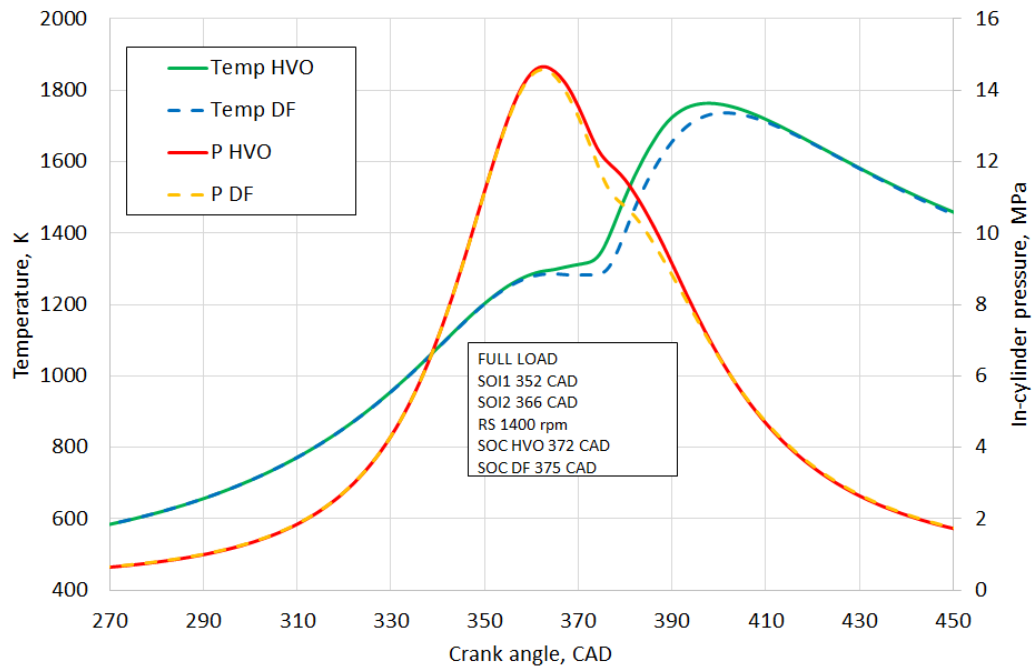


Rys. 2 Przebieg maksymalnego momentu oraz mocy maksymalnej dla oleju napędowego (DF) oraz uwodornionego oleju roślinnego (HVO) – ch. prędkościowa

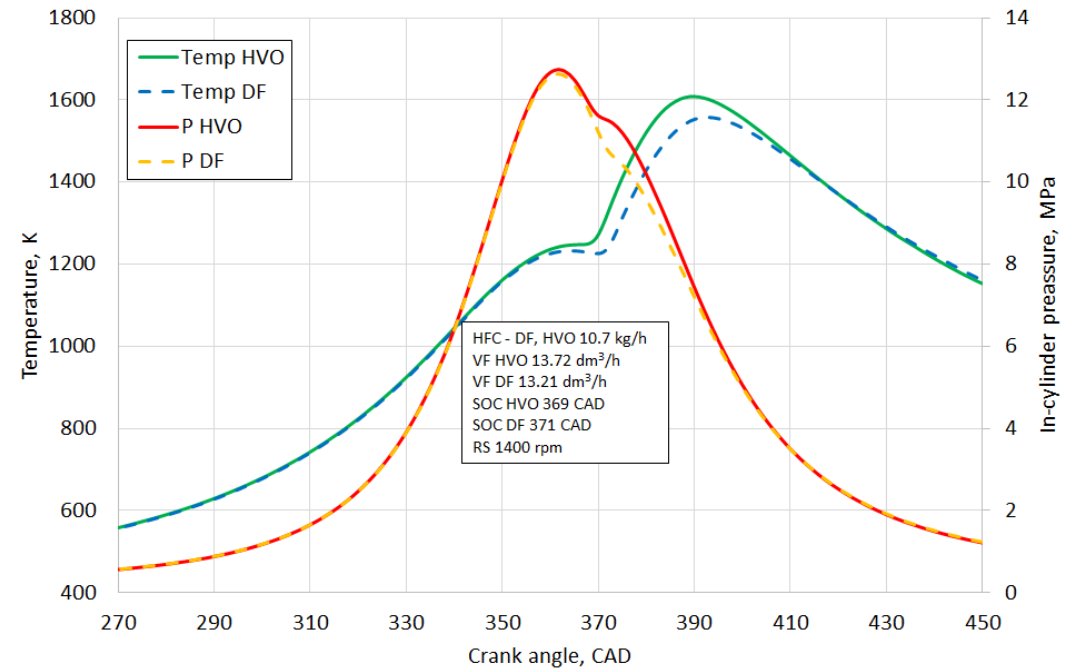


Rys. 3 Przebieg jednostkowego zużycia paliwa dla oleju napędowego (DF) oraz uwodornionego oleju roślinnego (HVO) – ch. prędkościowa

## Wybrane wyniki

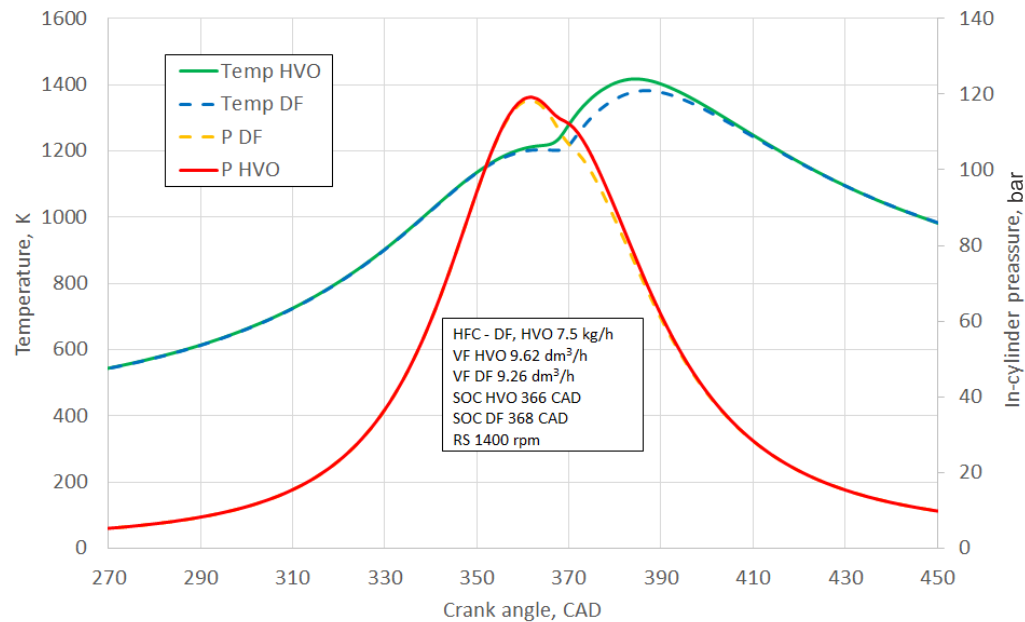


Rys. 4 Przebieg ciśnienia i temperatury w komorze spalania w funkcji kąta obrotu wału korbowego – przy pełnym obciążeniu i prędkości obrotowej 1400 obr/min

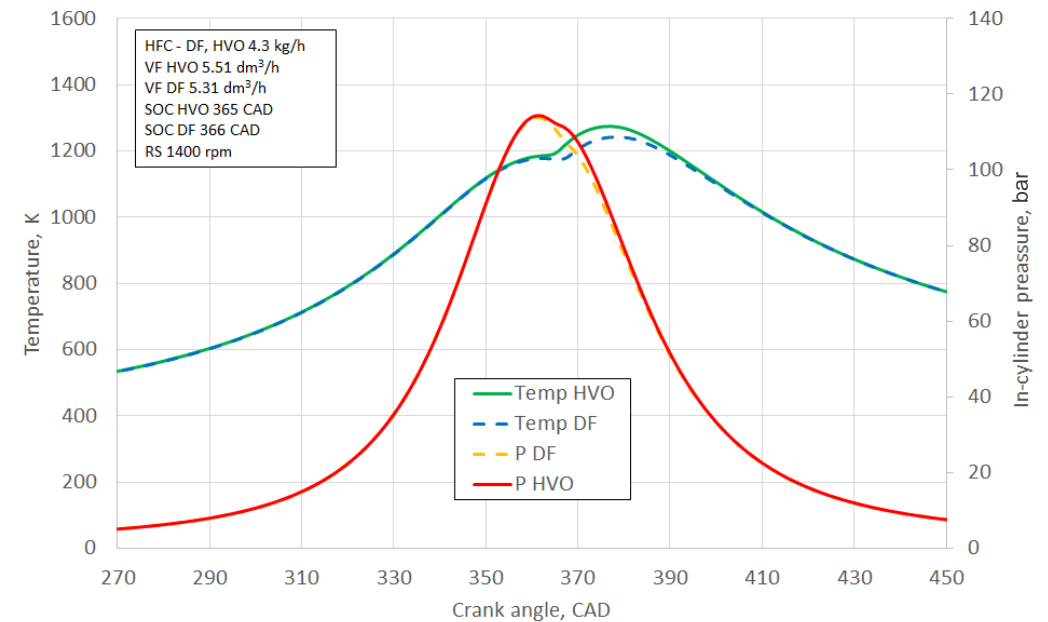


Rys. 5 Przebieg ciśnienia i temperatury w komorze spalania w funkcji kąta obrotu wału korbowego – przy stałym przepływie paliwa – 10,7 kg/h i prędkości obrotowej 1400 obr/min

## Wybrane wyniki

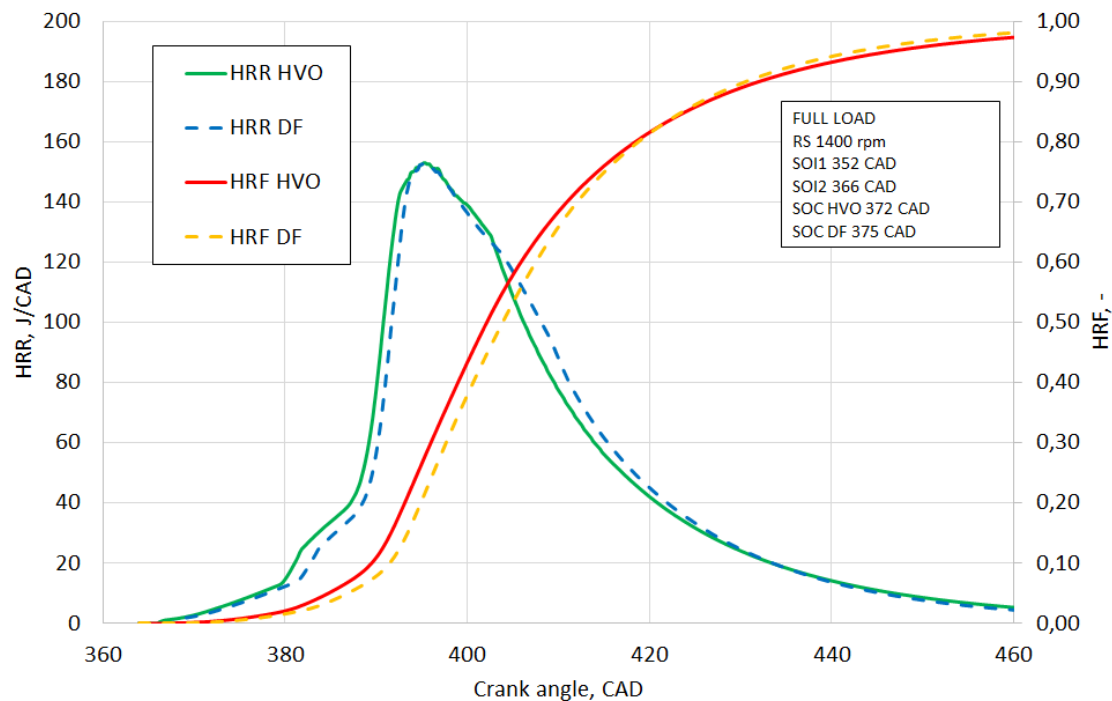


Rys. 6 Przebieg ciśnienia i temperatury w komorze spalania w funkcji kąta obrotu wału korbowego – przy stałym przepływie paliwa – 7,5 kg/h i prędkości obrotowej 1400 obr/min

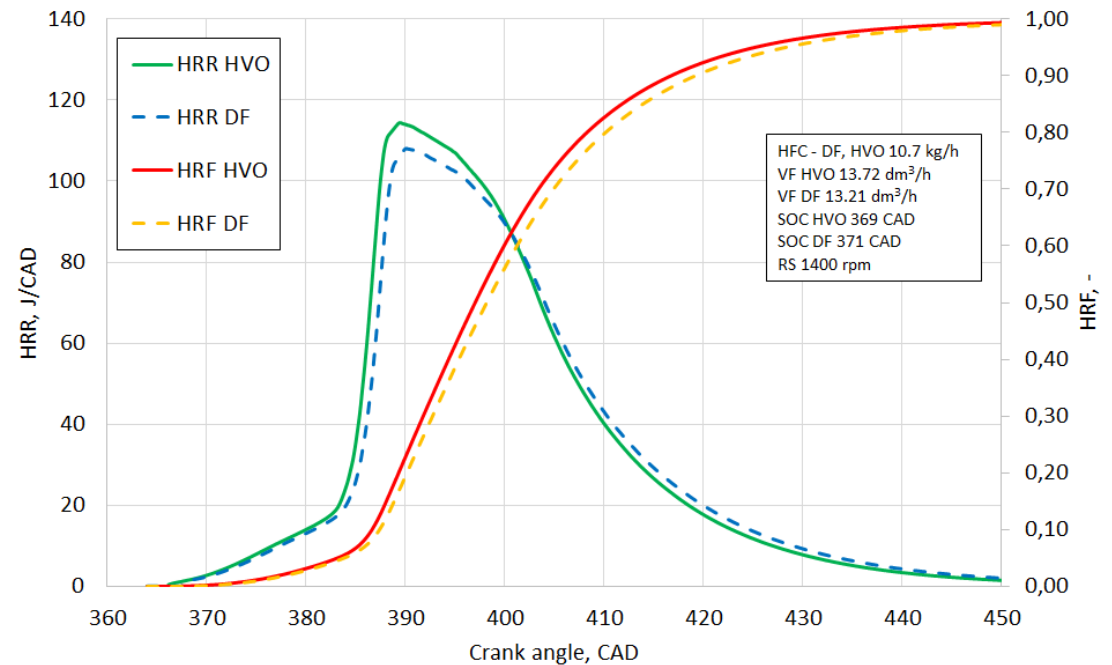


Rys. 7 Przebieg ciśnienia i temperatury w komorze spalania w funkcji kąta obrotu wału korbowego – przy stałym przepływie paliwa – 4.3 kg/h i prędkości obrotowej 1400 obr/min

## Wybrane wyniki



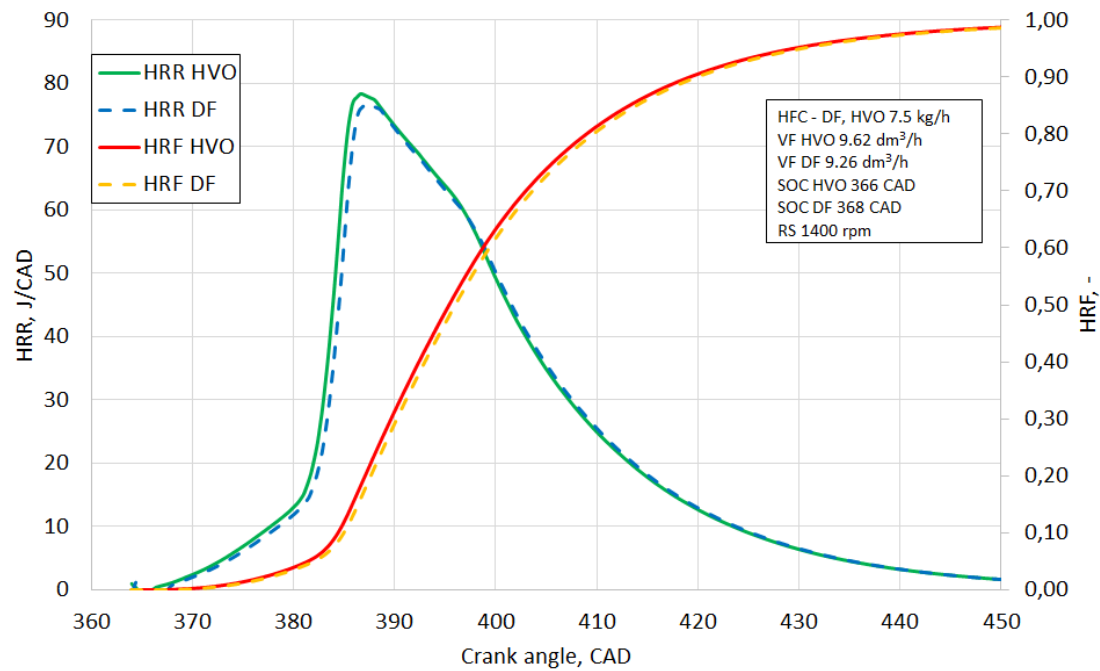
Rys. 8 Szybkość wywiązywania się ciepła HRR i HRF w funkcji obrotu wału korbowego – przy pełnym obciążeniu silnika i prędkości obrotowej 1400 obr/min



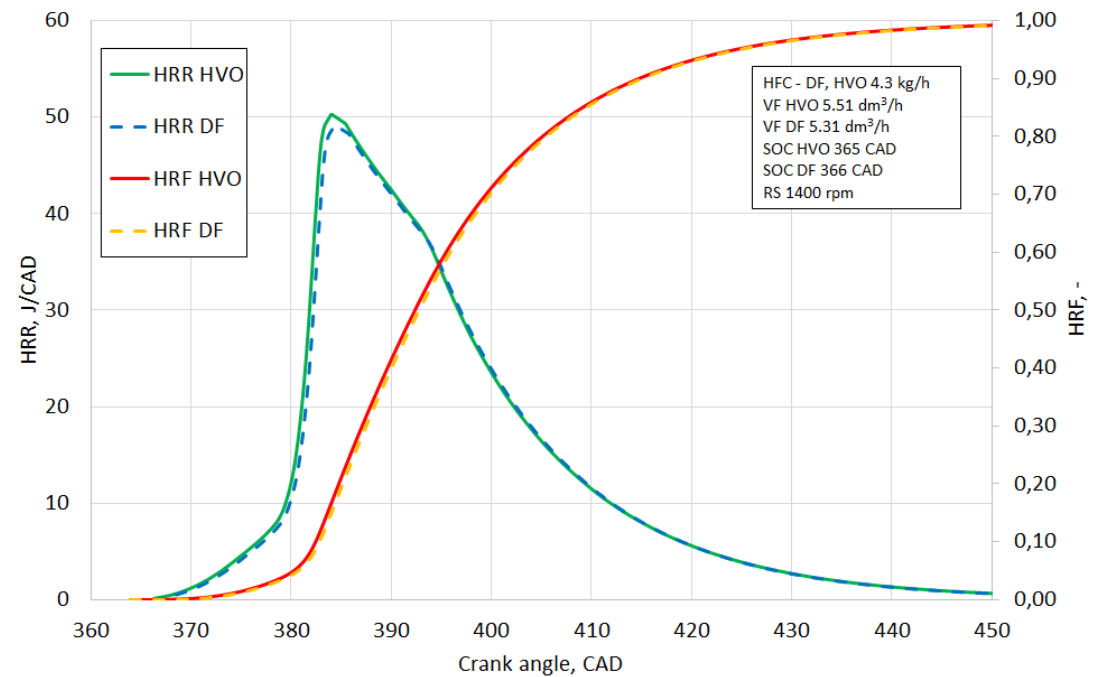
Rys. 9 Szybkość wywiązywania się ciepła HRR i HRF w funkcji obrotu wału korbowego – przy stałym przepływie paliwa – 10,7 kg/h i prędkości obrotowej 1400 obr/min



## Wybrane wyniki



Rys. 10 Szybkość wywiązywania się ciepła HRR i HRF w funkcji obrotu wału korbowego – przy stałym przepływie paliwa – 7,5 kg/h i prędkości obrotowej 1400 obr/min



Rys. 11 Szybkość wywiązywania się ciepła HRR i HRF w funkcji obrotu wału korbowego – przy stałym przepływie paliwa – 4,3 kg/h i prędkości obrotowej 1400 obr/min



## Podsumowanie i wnioski

- Wzrost maksymalnego momentu obrotowego i mocy – ch. prędkościowe przy maksymalnej dawce paliwa HVO – do 5%;
- Spadek jednostkowego zużycia paliwa (do 4%) – ch. prędkościowa cały zakres prędkości obrotowej;
- Analiza przebiegów ciśnień szybkozmiennych dla pełnego obciążenia silnika wykazuje:
  - wcześniejsze rozpoczęcie procesu spalania ( $3^\circ$ ) dla paliwa HVO,
  - wzrost temperatury w komorze spalania o około 40K;
- Analiza przebiegów ciśnień szybkozmiennych dla częściowych obciążeń silnika wykazuje:
  - wcześniejsze rozpoczęcie procesu spalania o odpowiednio  $2^\circ$  i  $1^\circ$  OWK,
  - niższe wzrosty maksymalnej temperatury w komorze spalania o odpowiednio 35K i 10K,
  - w przypadku najniższego obciążenia w trakcie badań zaobserwowano praktycznie brak różnic dla obu paliw;
- Analizując HRR oraz HFR można zaobserwować:
  - wcześniejsze rozpoczęcie procesu spalania wyższe maksymalne wartości HRR oraz wcześniejsze zakończenie procesu spalania.



## Podsumowanie i wnioski

Analizując HRR oraz HFR można zaobserwować:

- wcześniejsze rozpoczęcie procesu spalania wyższe maksymalne wartości HRR oraz wcześniejsze zakończenie procesu spalania.

Właściwości fizykochemiczne:

Liczba cetanowa, wartość opałowa, gęstość paliwa.

Liczba cetanowa – krótszy okres opóźnienia samozapłonu i wcześniejsze rozpoczęcie procesu spalania

Wartość opałowa – spadek SFC oraz poprawa parametrów pracy przy częściowych obciążeniach

**Paliwo HVO może zastąpić olej napędowy nawet bez większych przeróbek i zmian w ustawieniach silnika.**



# Dziękuję za uwagę

Mateusz Bednarski  
YSA 2023