

## INVESTIGATIONS OF EFFICIENCY OF ACTION MODULAR CARBON BLACK FILTER

Czesław Kolanek, Zbigniew Sroka  
Katarzyna Topolska, Wojciech Walkowiak

Politechnika Wroclawska  
Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn  
50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 7/9  
tel./fax: +48 71 347-79-18  
e-mail: czeslaw.kolanek@pwr.wroc.pl,  
zbigniew.sroka@pwr.wroc.pl,  
katarzyna.topolska@pwr.wroc.pl,  
wojciech.walkowiak@pwr.wroc.pl

### Abstract

*In this work are presented results of exhaust gas cleaning system investigation. This system contains two monolithic - ceramic modular filters in parallel configuration. Modular carbon black filter conception enables select size of filter's active surface, which depends on an engine cubic capacity, by application proper numbers standard- filtering modules. In considered case were used two modules which dimensions were LxB and mesh density 150/cal<sup>2</sup>. Filters regeneration was catalyze way process. Investigations were doing making on engine test station, with 6.5dm<sup>3</sup> engine capacity, 90 kW engine power, CO, NO and smokiness in exhaust gas before and after filter was analysed too. Was made thermovision's analysis of temperature profile on outlet's module surface. It was found that high efficiency smokiness in exhaust gas was decreased, simultaneous CO and NO reduction, too. Non-uniform temperature profile in filtering modules indicates that is necessity of hospitalization filtering modules in engine's outlet system development.*

## BADANIA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA MODUŁOWEGO FILTRA SADZY

### Streszczenie

*W pracy przedstawiono wyniki badań systemu oczyszczania spalin, składającego się z dwu monolitycznych – ceramicznych modułów filtracyjnych zbudowany w układzie równoległym. Koncepcja modułowego filtra sadzy miała na celu umożliwienie doboru wielkości powierzchni czynnej filtra zależnie od pojemności skokowej silnika, przez zastosowanie odpowiedniej liczby standardowych modułów filtracyjnych. W rozważanym przypadku zastosowano dwa moduły o wymiarach LxB i gęstości oczek 150/cal<sup>2</sup>. Regeneracja filtrów przebiegała na drodze katalitycznej. Badania wykonano na stanowisku hamownianym z silnikiem o pojemności 6,5 dm<sup>3</sup> i mocy około 90kW. Analizą objęto stężenie CO i NO oraz stopień zadymienia spalin przed i za filtrem. Przeprowadzono również termowizyjną analizę rozkładu temperatur na powierzchni wylotowej modułów filtracyjnych. Stwierdzono wysoką skuteczność obniżenia zadymienia spalin, przy równoczesnym obliczenia stężenia CO i NO w spalinach. Nierównomierny rozkład temperatur modułów wskazuje na konieczność optymalizacji rozbudowy modułów w układzie wylotowym silnika.*

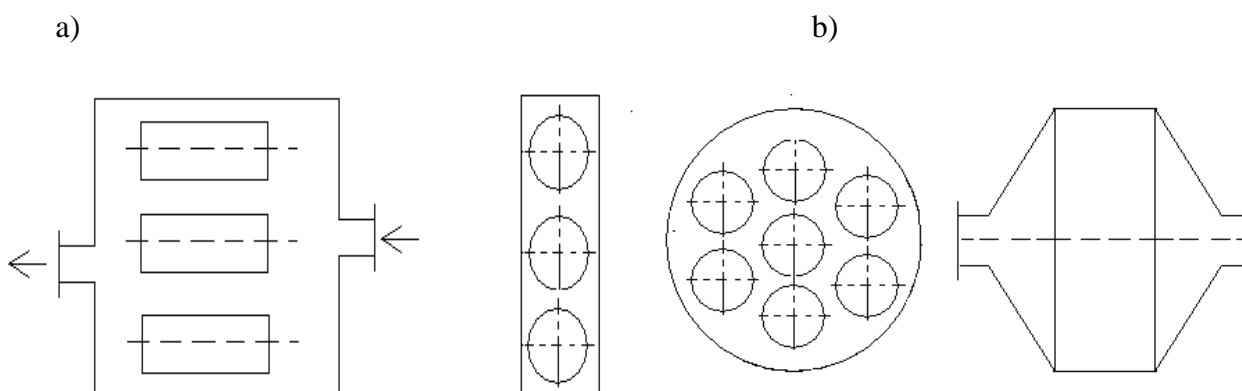
### 1. Wstęp

Emisja sadzy silnikowej i związanych z jej powstawaniem cząstek stałych jest zjawiskiem występującym głównie w silnikach o zapłonie samoczynnym. Cząstki stałe emitowane przez silniki, a szczególnie cząstki o bardzo małych wymiarach, występujące w powietrzu w postaci aerozolu, mogą być przyczyną wielu schorzeń górnych dróg oddechowych. Konieczność eliminowania cząstek stałych ze spalin prowadzi do stosowania systemów filtracyjnych,

będących elementem układów wylotowych silników. Relatywnie wysokie koszty tych systemów w połączeniu z ich oddziaływaniem na parametry pracy silnika powoduje konieczność precyzyjnego doboru wielkości filtra i systemu jego regeneracji, zależnie od wielkości i przeznaczenia silnika. Jednym z rozwiązań, umożliwiających stosunkowo łatwe dopasowanie wielkości filtra do pojemności skokowej i prędkości obrotowej silnika, jest zastosowanie modułowego filtra sadzy, tworzących zespół filtracyjny umieszczony we wspólnej obudowie i zamontowany w układzie wylotowym silnika.

## 2. Koncepcja filtra modułowego

Typowy, współczesny filtr sadzy składa się z monolitu filtrującego, wykonanego zazwyczaj z kordierytu lub spieku węgla krzemowego. Porowatość otwarta monolitu wynosi ok. 50%, a rozmiary porów umożliwiają zatrzymywanie cząstek sadzy. Schemat budowy monolitu filtra przedstawia rys.2.1. Typowa objętość całkowita monolitu wynosi ok. 2,5 dm<sup>3</sup>. Ilość kanałów na cm<sup>2</sup> równa jest 31, grubość ścianki 0,305mm, porowatość – 48%, średnia średnica porów - 13µm. Produkowane są monolity o wymiarach od 5,66\*6cal do 12\*15 cala, które mogą znaleźć zastosowanie do silników o dużej pojemności skokowej, jednak ze wzrostem objętości monolitu wzrasta jego podatność na uszkodzenia – szczególnie w trakcie procesu regeneracji. Jak wykazują dotychczasowe doświadczenia – podatność na uszkodzenia monolitów o małej objętości jest wyraźnie mniejsza. Mając na uwadze konieczną wysoką trwałość filtra oraz potrzebną trwałość dostosowania pojemności filtra do wielkości i przeznaczenia silnika, opracowano koncepcję filtra złożonego z szeregu monolitów, umieszczonych we wspólnej obudowie – przykłady rys. 2.1.

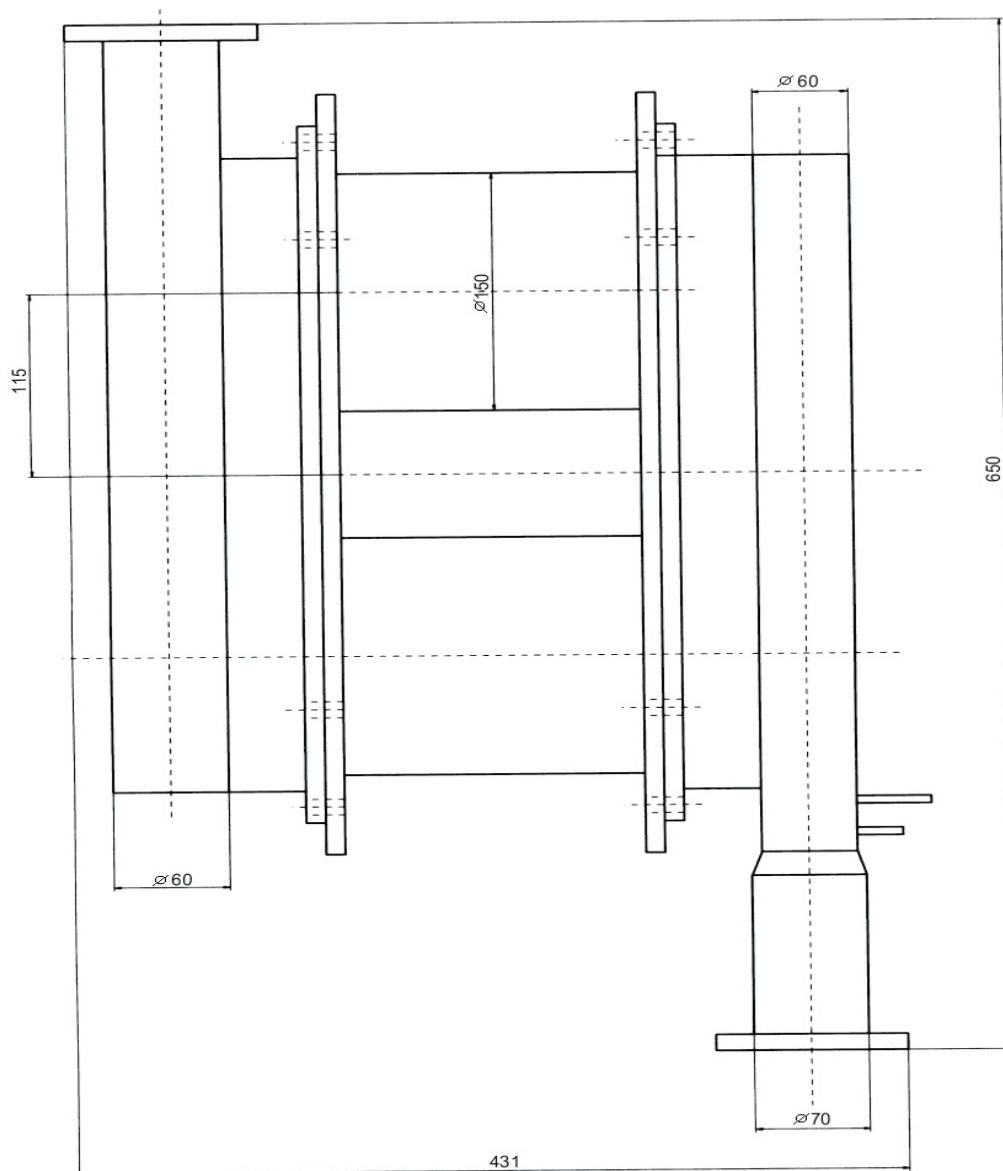


Rys. 2.1. Przykłady rozwiązań filtra modułowego  
Fig. 2.1. The instances of modular filter solutions

Do celów badawczych wykonano filtr złożony z 2 monolitów, wykonany wg. schematu przedstawionego na rys. 2.3.

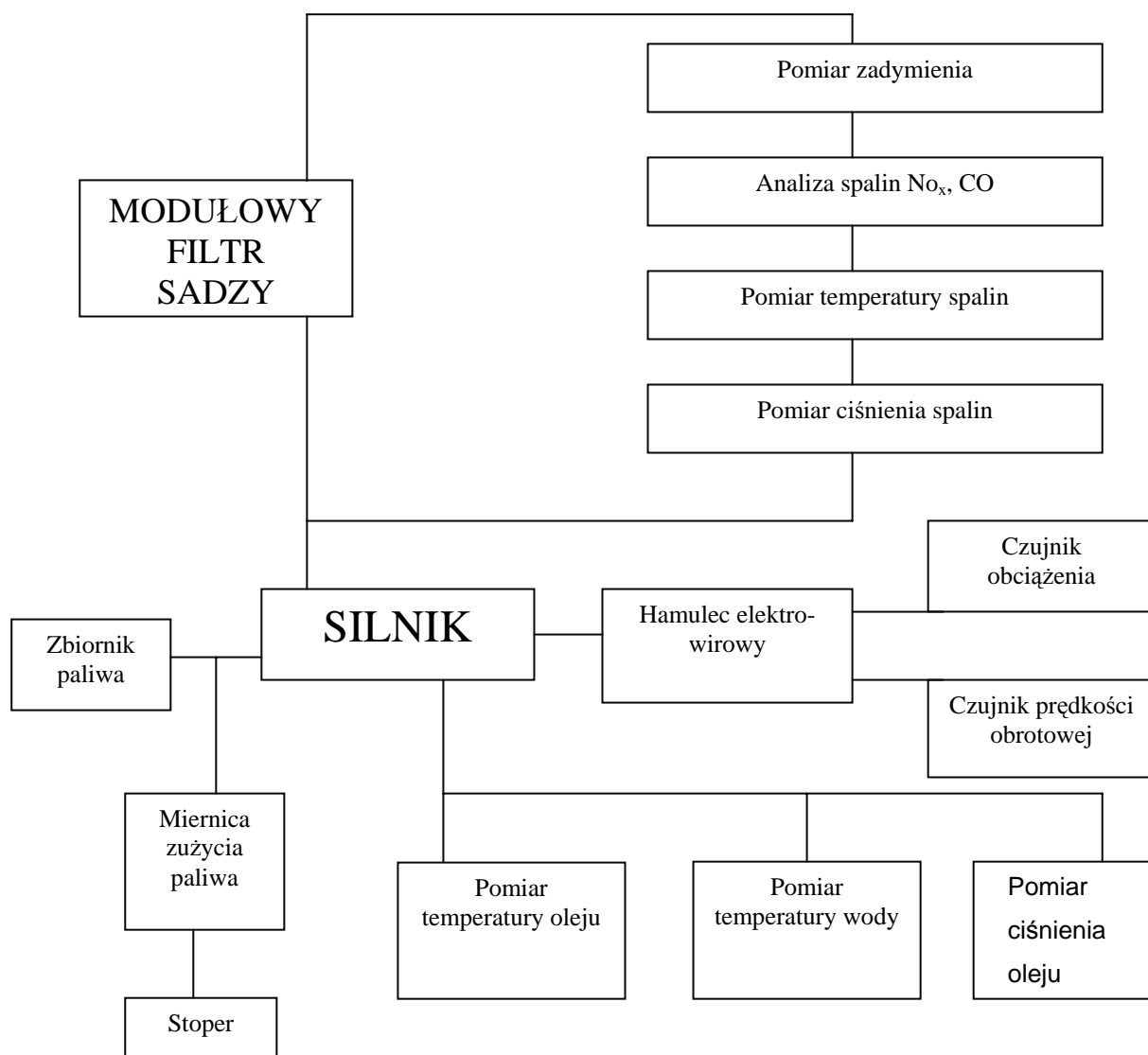
## 3. Stanowisko badawcze

Badania stanowiskowe filtra modułowego były prowadzone w Zakładzie Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Politechniki Wrocławskiej. Wykorzystano stanowisko hamowniane wyposażone w popularny silnik wysokoprężny SW 400. Schemat stanowiska pomiarowego oraz jego fotografia znajdują się na rysunkach 3.1. oraz 3.2.

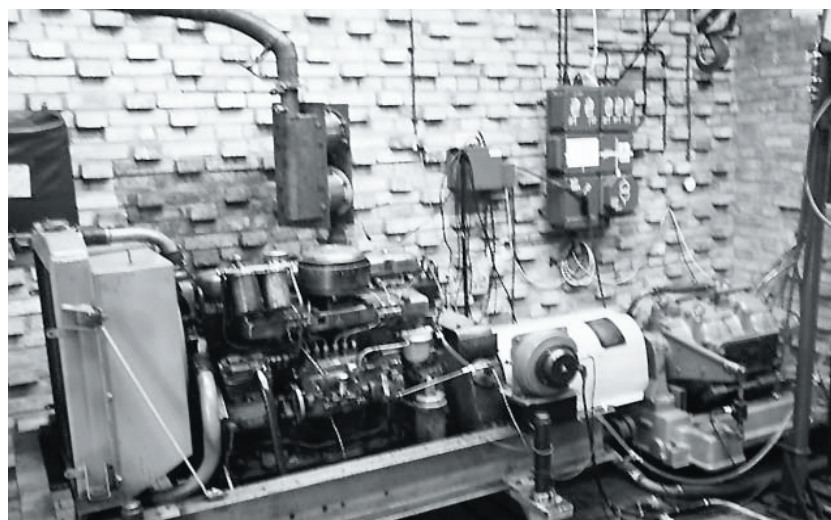


Rys. 2.2. Schemat konstrukcji filtra modułowego  
 Fig. 2.2. Scheme of modular filter construction

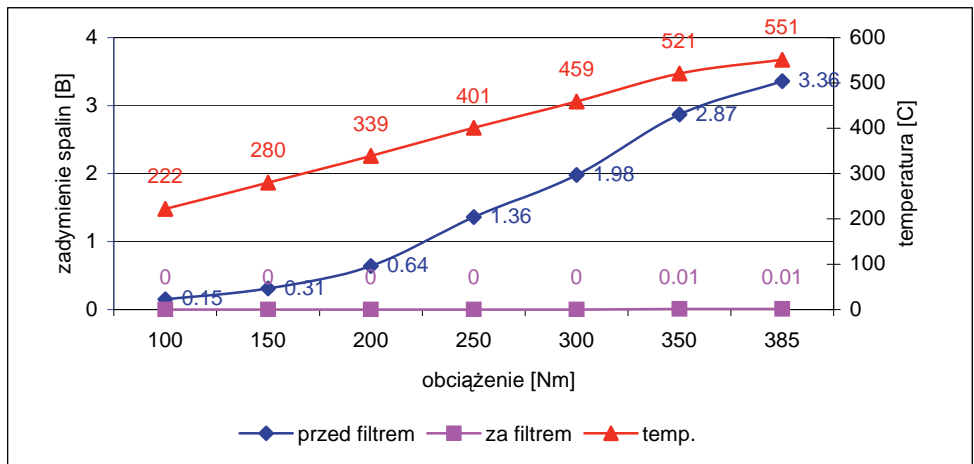
- W skład stanowiska wchodziły następujące elementy:
- silnik wysokoprężny SW 400,
  - hamulec elektrowirowy z czujnikiem pomiaru momentu obrotowego i prędkości obrotowej silnika,
  - modułowy filtr sadzy,
  - zbiornik paliwa z miernicą jego zużycia,
  - czujniki ciśnienia i temperatury oleju silnikowego oraz temperatury wody w układzie chłodzenia
  - dymomierz AVL 415 (skala Boscha)
  - analizator spalin – CO, NO<sub>x</sub> (firmy Hartmann & Brown – Uras 10)
- termopara żelazo – konstantan z miliwoltomierzem (do pomiaru temperatury spalin)



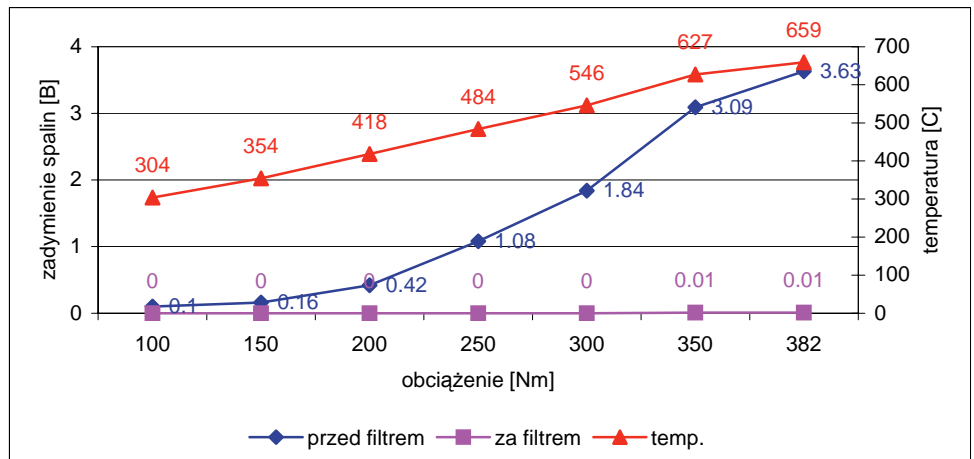
Rys. 3.1. Schemat stanowiska pomiarowego  
 Fig. 3.1. Scheme of measurement facility



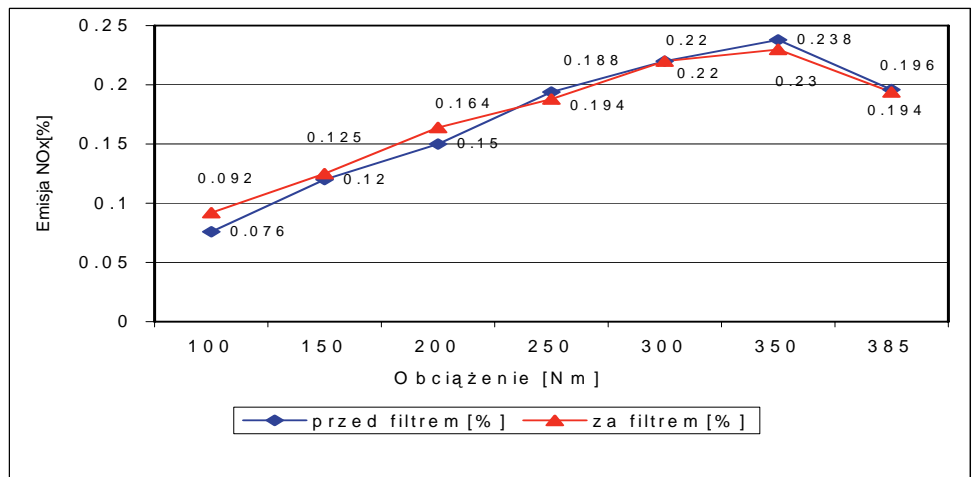
Rys. 3.2. Fotografia stanowiska badawczego  
 Fig. 3.2. View of measurement facility



Rys. 4.1. Zadywienie i temperatura w funkcji obciążenia silnika;  $n=1200$  obr/min; ( $P^1$ ,  $Z^2$ )  
 Fig. 4.1 Smokiness and temperature versus the engine load;  $n=1200$  obr/min; ( $P^3$ ,  $Z^4$ )



Rys. 4.2. Zadywienie i temperatura w funkcji obciążenia silnika;  $n=2000$  obr/min; ( $P$ ,  $Z$ )  
 Fig. 4.2 Smokiness and temperature versus the engine load;  $n=2000$  obr/min; ( $P$ ,  $Z$ )



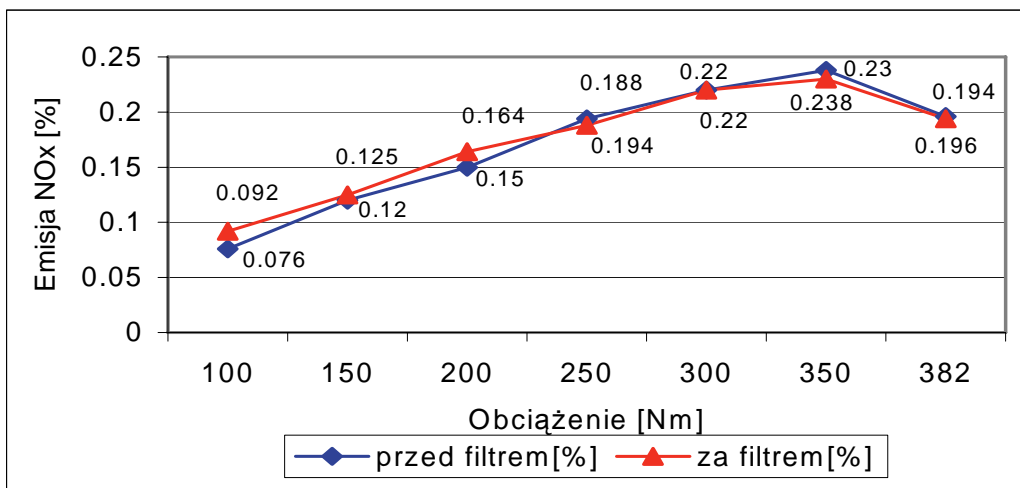
Rys. 4.3. Emisja  $NO_x$  przy prędkości obrotowej  $n=1200$  [obr/s]  
 Fig. 4.3  $NO_x$  emission at rotational speed  $n=1200$  [obr/s]

<sup>1</sup> P – pomiar przed filtrem

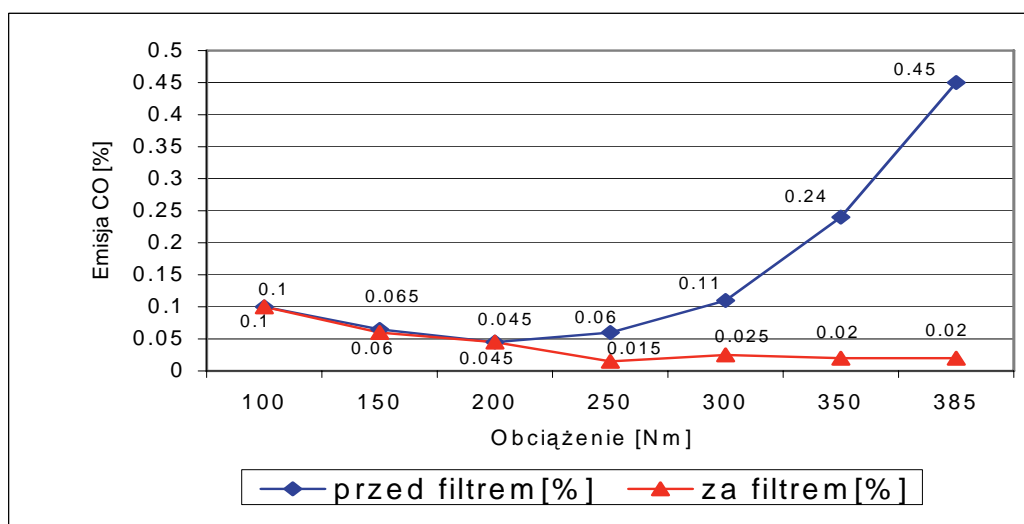
<sup>2</sup> Z – pomiar za filtrze

<sup>3</sup> P – pomiar przed filtrem

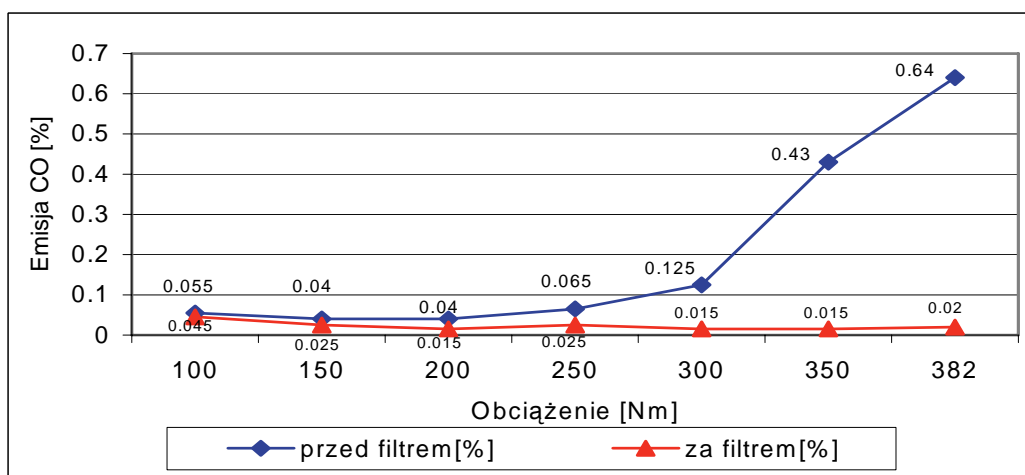
<sup>4</sup> Z – pomiar za filtrem



Rys. 4.4. Emisja NO<sub>x</sub> przy prędkości obrotowej n=2000 [obr/s]  
 Fig. 4.4 NO<sub>x</sub> emission at rotational speed n=2000 [obr/s]



Rys. 4.5. Emisja CO przy prędkości obrotowej n=1200 [obr/s]  
 Fig. 4.5 CO emission at rotational speed n=1200 [obr/s]



Rys. 4.6. Emisja CO przy prędkości obrotowej n=2000 [obr/s]  
 Fig. 4.6. NO<sub>x</sub> emission at rotational speed n=2000 [obr/s]

#### **4. Wnioski**

- Przeprowadzone badania potwierdziły słuszność koncepcji modułowego filtra sadzy.
- Skuteczność działania modułowego filtra sadzy jest wysoka.
- Zastosowanie metody katalitycznej regeneracji filtra oprócz usuwania sadzy z modułu filtracyjnego, powoduje obniżenie stężenia tlenu w spalinach.
- Problemem wymagającym rozwiązania jest uzyskanie równomiernego obniżenia cieplnego poszczególnych modułów filtracyjnych.

#### **Literatura**

- [1] Ekert K., Zawadzki A., Stopniowe zmniejszanie emisji zanieczyszczeń z silników produkcji polskiej do wymagań EURO 3. EKODIESEL '96, Warszawa 1996.
- [2] Struś i in., Efektywność pojazdów wojskowych i agregatów prądotwórczych w aspekcie stosowania paliwa oxydiesel i katalizatorów spalin oraz zmian konstrukcyjnych. WSO TK Wrocław 2000.
- [3] Struś M., Diesel motors of combat vehicles in the aspect of their alternative feeding by vegetable fuels. 8 th European Automotive Congress: "Europe and the Second Century of Auto Mobility. Conference C Bratislava 2001.

