

**Dr inż. Andrzej Kuranc**

Katedra Energetyki i Pojazdów  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin  
E-mail: andrzej.kuranc@up.lublin.pl

## **EKSPLOATACYJNE BADANIA EMISJI SPALIN Z WYKORZYSTANIEM SYGNAŁU Z PRZEPEŁYWOMIERZA POWIETRZA**

### **EXHAUST EMISSION TEST PERFORMANCE WITH THE USE OF THE SIGNAL FROM AIR FLOW METER**

**Słowa kluczowe:** *badania emisji spalin, mobilne systemy pomiarowe, emisja CO<sub>2</sub>, testy jezdne*

**Streszczenie:** W pracy omawiane są wybrane rozwiązania techniczne w zakresie badań emisji spalin w warunkach rzeczywistej eksploatacji pojazdu. Autor opisuje własną metodykę drogowych badań emisji spalin z wykorzystaniem informacji o wydatku powietrza zasilającego silnik (OBD II) i zmierzonych udziałów objętościowych poszczególnych składników (analyzer spalin). Wyniki badań potwierdzają możliwość stosowania opisanej metody pomiarowej, a ich analiza wskazuje ponadto na nieadekwatność testów homologacyjnych w odniesieniu do realnej eksploatacji pojazdu.

#### **1. Wstęp**

Wysokie tempo rozwoju motoryzacji oprócz szeregu zalet pociąga za sobą zagrożenia ekologiczne. Doniesienia literaturowe podkreślają istotność negatywnego oddziaływania motoryzacji na środowisko przyrodnicze szczególnie w zakresie emisji hałasu, zagrożenia metalami ciężkimi, jak również jakości powietrza atmosferycznego, która jest traktowana priorytetowo [5,22,23]. W ogólnym bilansie europejskim ok. 20 % antropogenicznej emisji CO<sub>2</sub> pochodzi ze źródeł transportowych. Szkodliwe działanie silników spalinowych na środowisko naturalne określane jest między innymi poprzez ocenę poziomu emisji szkodliwych zanieczyszczeń w odniesieniu do limitów określonych w obowiązujących aktach prawnych [21]. Dla przykładu, do roku 2012 JRC (Joint Research Centre) przeprowadziło badania emisji w rzeczywistych warunkach ruchu dla 16 nowych pojazdów z grupy LDV (Light Duty Vehicle). Wyniki badań potwierdziły spełnienie wymagań norm Euro 5 i Euro 6 prawie we wszystkich przypadkach, wyjątek stanowiła emisja NO<sub>x</sub> z pojazdów z silnikami ZS, która znacząco przekraczała dopuszczalne limity [21,26]. Związane jest to między innymi z problematyką regulacji silnika w pojeździe. Trudno jest bowiem osiągnąć niskie zużycie paliwa i wysoką moc przy jednoczesnej niskiej emisji NO<sub>x</sub>, czy PM (Particle Matter).

Ze względu na emisję spalin nowe rozwiązania silników badane są wstępnie na stanowisku hamowni silnikowej. Następnie dokonywana jest analiza ich wyników i wprowadzane są zmiany korygujące w algorytmie sterowania. Następnie przeprowadzane są kolejne próby i korekty, a po nich następne. Do niedawna taka procedura była zadowalająca, jednakże złożoność nowoczesnych systemów sterowania silnikami spalinowymi sprawia, że ich optymalizacja staje się bardziej skomplikowana [7,12]. Przykładem takich systemów o dużym potencjale w zakresie obniżenia emisji NO<sub>x</sub> i PM oraz zużycia paliwa są silniki bazujące na samozapłonie mieszanek jednorodnych HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition). Wymagają one precyzyjnego sterowania zmiennymi fazami rozrządu,

stopniem sprężania, a przede wszystkim recyrkulacją spalin i bezpośrednim wtryskiem paliwa [7]. Wzajemne powiązania między zmiennymi parametrami sprawiają, że trudno jest o wypracowanie spójnej strategii.

Kolejnym etapem po badaniach na stanowisku hamowni silnikowej są badania silnika w pojeździe na stanowisku hamowni podwoziowej, a na koniec w warunkach ruchu drogowego. Te ostatnie dają najwięcej informacji na temat rzeczywistego oddziaływania pojazdu na środowisko oraz faktycznej emisji spalin i zużycia paliwa, odzwierciedlają bowiem realne warunki eksploatacji pojazdu [15-17,24-26].

Producenci pojazdów, dbając o spełnienie wymagań emisyjnych, bazują głównie na oficjalnych testach jezdnych. Siłą rzeczy stosują warunki pomiarów, które z założenia miały zapewniać bazę do oceny pojazdów, ale niestety odbiegają od warunków późniejszej rzeczywistej ich eksploatacji. Może to prowadzić do zniekształcenia obrazu oferowanego produktu, szczególnie z punktu widzenia jego użytkownika.

Przykładem wyjątkowo problematycznych badań są badania hybrydowych układów napędowych, których parametry mogą być obiektywnie weryfikowane jedynie w warunkach ruchu drogowego [15].

Przegląd literatury w tematyce badań emisji w warunkach naturalnej eksploatacji pojazdów [1,12,14-17] wskazuje, że dostępna jest wysoce wyspecjalizowana aparatura pomiarowa, określana ogólnie jako PEMS (Portable Emission Measurement System), jednakże jest ona bardzo kosztowna. Badania drogowe z wykorzystaniem PEMS wykazują, że w przypadku niektórych składników spalin ich emisja jest o kilkaset procent większa niż w dla badań homologacyjnych [13,17].

Zaprezentowana teza skłoniła autora do przeprowadzenia badań emisji spalin w warunkach eksploatacji pojazdu, ale z wykorzystaniem uproszczonej w odniesieniu do badań homologacyjnych metody pomiarowej oraz ogólnie dostępnego sprzętu. Metodyka badań oraz opracowanie kompletu wyników jest dosyć pracochłonne, lecz umożliwia uzyskanie informacji nt. emisji lub zużycia paliwa. Ponadto wskazuje na możliwość konstrukcji uproszczonych systemów lub odrębnych urządzeń pomiarowych, które mogą znaleźć zastosowanie w badaniach porównawczych.

## **2. Eksploatacyjne badania emisji spalin**

Badania emisji spalin z wykorzystaniem analizatora diagnostycznego są od lat jednym z podstawowych rodzajów badań emisji, które realizuje się podczas okresowego przeglądu technicznego pojazdu na stacji kontroli lub w warsztacie samochodowym dokonującym instalacji systemu zasilania gazem (LPG lub CNG). Do pomiarów używane są czteroskładnikowe analizatory spalin. Umożliwiają one określenie w spalinach zawartości: tlenku węgla CO, dwutlenku węgla CO<sub>2</sub>, tlenu O<sub>2</sub>, węglowodorów HC (czasami dodatkową opcją jest pomiar tlenków azotu NO<sub>x</sub>) [10]. Urządzenia tego typu są wykorzystywane także w badaniach naukowych, czego przykłady opisano w literaturze [8,9,18,19].

Zdecydowanie bardziej skomplikowane są badania homologacyjne. Są one realizowane w laboratoryjnych hamowniach podwoziowych w oparciu o specjalne cykle jezdne, stanowiące podstawę do porównań pojazdów, jak również ich oceny w odniesieniu do przyjętych limitów emisji spalin [1,3,13,20]. W tym przypadku aparatura pomiarowa jest bardziej skomplikowana. Stosuje się tunele rozcieńczające dla spalin przy zachowaniu systemu próbkowania o stałej objętości CVS (Constant Volume Sample) oraz korzysta się z podgrzewanych torów pomiarowych, zapobiegających powstawaniu skroplin, natomiast detektory obecności badanych składników dostosowane są do ich właściwości fizykochemicznych [1,20].

Ze względu na dane o rzeczywistej emisji spalin do otaczającego nas środowiska najbardziej pożądane są testy realizowane w warunkach ruchu drogowego.

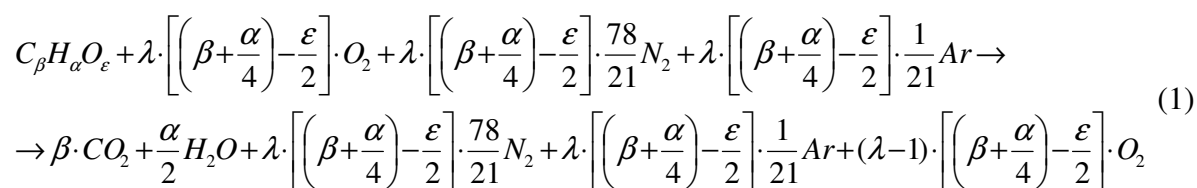
Wcześniejsze badania własne realizowane podczas prób drogowych, a także prezentowane w literaturze [4,11,28] wykazały, że rejestracja poszczególnych parametrów pracy silnika za pośrednictwem złącza DLC (Data Link Connector) może być bardzo przydatna do oceny warunków pracy silnika, a w opisywanym przez autora przypadku również do obliczeń ilościowych emitowanych przez niego spalin i ich szkodliwych składników.

### 3. Metodyka badań

Z uwagi na fakt, iż analizator spalin mierzy udziały objętościowe wybranych składników spalin bez możliwości określania ich wydatku, należy budowany system uzupełnić o element umożliwiający jego określenie. W związku z tym można poprzez DLC zarejestrować wydatek powietrza przepływającego przez kolektor dolotowy.

Aby wyznaczyć wydatek masowy danego składnika spalin należy określić udziały objętościowe głównych składników spalin, wyznaczyć ich relacje w odniesieniu do udziałów masowych oraz przyjąć, że masa spalin jest sumą masy powietrza i masy paliwa poddanego procesowi spalania. W rzeczywistości masa spalin jest mniejsza o masę (ewentualnie) wykroplonych składników.

Informacje na temat udziałów objętościowych kilku składników uzyskano w wyniku pomiaru analizatorem, jednakże potrzebne były także dane na temat udziałów  $N_2$ ,  $H_2O$  i  $Ar$ . W tym celu przeanalizowano reakcję procesu spalania (1).



gdzie:

$C_{\beta}H_{\alpha}O_{\varepsilon}$  – paliwo,

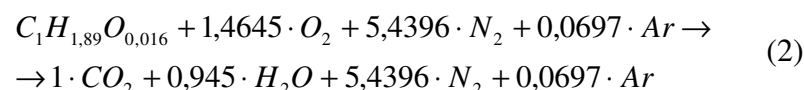
$\beta, \alpha, \varepsilon$  – stosunek molowy węgla, wodoru, tlenu do węgla w zastępczej cząsteczce paliwa  $C_{\beta}H_{\alpha}O_{\varepsilon}$ ,

$\lambda$  – współczynnik nadmiaru powietrza,

$O_2, N_2, Ar$  – wyodrębnione składniki powietrza,

$CO_2, H_2O, O_2, N_2, Ar$  – wyodrębnione składniki spalin.

Dane literaturowe różnie wskazują skład cząsteczkowy benzyn [7,10,20]. Do obliczeń ostatecznie przyjęto zastępczy wzór  $C_1H_{1,89}O_{0,016}$  [20]. Wstępnie przyjęto, że dla silnika o zapłonie iskrowym spalanie przebiega stechiometrycznie ( $\lambda = 1$ ) i jest spalaniem całkowitym i zupełnym. Na podstawie wyznaczonych współczynników przy produktach procesu spalania (2) określono ich udziały objętościowe.



Tym sposobem uzyskano: 12,68% -  $H_2O$ , 13,42% -  $CO_2$ , 72,97% -  $N_2$  i 0,94% -  $Ar$ . Są to główne składniki spalin silnika zasilanego benzyną i pracującego na mieszance stechiometrycznej. Niestety nie ma tu informacji o emisji innych składników spalin powstających w wyniku niedoskonałości przebiegu rzeczywistego procesu spalania. Upraszczając przyjęto, że ich udział jest stosunkowo niewielki i nie wpływa w znaczący sposób na dalsze kalkulacje.

Do dalszych analiz wykorzystywano obliczane wartości udziałów objętościowych N<sub>2</sub> i Ar (2), a w przypadku pozostałych składników posłużono się danymi pomiarowymi. Udziały H<sub>2</sub>O potraktowano jako wynikowe.

Należy zauważyć, że dla mieszanki stechiometrycznej masa emitowanych spalin jest większa od masy powietrza o masę podawanego paliwa, która stanowi 1/14,28 masy powietrza. Ostatecznie uwzględniono również niewielkie zmiany współczynnika nadmiaru powietrza  $\lambda$  wykorzystując wzór Brettschneidera (3) [10,20] oraz zmierzone udziały objętościowe CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>.

$$\lambda = \frac{c_{CO_2} + \frac{c_{CO}}{2} + c_{O_2} + \frac{c_{NO}}{2} + \left[ \frac{\alpha}{4} \cdot \frac{3,5}{3,5 + \frac{c_{CO}}{c_{CO_2}}} - \frac{\varepsilon}{2} \right] \cdot (c_{CO_2} + c_{CO})}{\left[ 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} \right] \cdot (c_{CO_2} + c_{CO} + K1 \cdot c_{HC})} \quad (3)$$

gdzie:

$\lambda$  - współczynnik nadmiaru powietrza,

$c_{CO}, c_{CO_2}, c_{HC}, c_{O_2}, c_{NO_x}$  – udziały objętościowe składników spalin [%],

Do obliczeń przyjęto:

$\alpha = 1,89$  – stosunek molowy wodoru do węgla w paliwie

$\varepsilon = 0,016$  – stosunek molowy tlenu do węgla w paliwie

$K1 = 6$  – współczynnik przeliczeniowy dla HC z pomiaru wg metody FID (Flame Ionisation Detector) na NDIR (Non-Dispersive Infrared) [20].

Następnie wyznaczono zależność określającą wydatek spalin i wydatki poszczególnych składników (4).

$$q_i = q_{air} \cdot \left( 1 + \frac{1}{\lambda \cdot AFR} \right) \cdot x_{mi} \quad (4)$$

$q_i$  – masowy wydatek i-tego składnika [g·s<sup>-1</sup>],

$q_{air}$  – masowy wydatek powietrza [g·s<sup>-1</sup>],

$x_{mi}$  – udział masowy i-tego składnika [-].

Uzupełniając zapisy w oparciu o zależność (5) określono relacje pomiędzy udziałami objętościowymi i masowymi poszczególnych składników wykorzystując ich masy molowe.

$$x_{mi} = \frac{c_i \cdot \mu_i}{\sum_{j=n}^{j=1} c_j \cdot \mu_j} \quad (5)$$

gdzie:

$c_i$  – udział objętościowy i-tego składnika [-]

$\mu_i$  – masa molowa danego składnika [g·mol<sup>-1</sup>]

$$\sum_{j=n}^{j=1} c_j \cdot \mu_j = \mu_{CO} \cdot c_{CO} + \mu_{HC} \cdot c_{HC} + \mu_{CO_2} \cdot c_{CO_2} + \mu_{O_2} \cdot c_{O_2} + \mu_{NO_x} \cdot c_{NO_x} + \mu_{N_2} \cdot c_{N_2} + \mu_{Ar} \cdot c_{Ar} + \mu_{H_2O} \cdot (1 - (c_{CO} + c_{HC} + c_{CO_2} + c_{O_2} + c_{NO_x} + c_{N_2} + c_{Ar})) \quad (6)$$

Tab. 1. Masa molowa wybranych składników spalin wyrażona w [g·mol<sup>-1</sup>]

$\mu_{CO} = 28,01$	$\mu_{CO_2} = 44,009$	$\mu_{O_2} = 31,999$	$\mu_{H_2O} = 18,015$
$\mu_{HC} = 86,202$ <sup>(1)</sup>	$\mu_{NO_x} = 38,006$ <sup>(2)</sup>	$\mu_{N_2} = 28,013$	$\mu_{Ar} = 39,948$

<sup>1</sup> – dane dla heksanu C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>, <sup>2</sup> – dane dla NO<sub>x</sub> w składzie (NO - 50%, NO<sub>2</sub> - 50%)

Opisane w ten sposób zależności wykorzystano do dalszych obliczeń i dzięki temu wyznaczono emisję poszczególnych składników spalin w warunkach jazdy miejskiej.

### 3.1. Obiekt badań

Obiektem badań był nowy pojazd marki Toyota Corolla Verso z roku 2013 o przebiegu 16500 km, wyposażony w silnik benzynowy 2ZR-FAE o wtrysku wielopunktowym i zmiennych fazach rozrządu Valvematic [29], wyposażony w system EOBD i złącze DLC umożliwiające podłączenie rejestratora parametrów pracy silnika.

Tab. 2. Toyota Verso Minivan Facelifting 1.8 Valvematic 147KM [29]

zużycie paliwa	(dyrektywa UE 80/1268-1999/100 WE)
Średnie (cykl mieszany)	6,8 l/100km
W trasie (na autostradzie)	5,7 l/100km
W mieście	8,7 l/100km
Emisja CO <sub>2</sub>	158 g/km
Norma emisji spalin	Euro 5
Paliwo	benzyna bezołowiowa 95
masa własna pojazdu	1430-1525kg (1500kg)
silnik	2ZR-FAE
liczba i układ cylindrów	4, rzędowy
mechanizm zaworowy	16 v, DOHC, Valvematic
system wtrysku paliwa	MPI
pojemność skokowa	1798 cm <sup>3</sup>
maksymalna moc silnika	108 kW (147 KM) przy 6400 obr/min
maksymalny moment obrotowy	180 Nm przy 4000 obr/min
rok modelowy	2013
rodzaj napędu, skrzynia biegów	oś przednia, 6-biegowa - manualna
prędkość maksymalna	190 km/h
przyspieszenie (0 do 100km/h)	10,4 s

Przed wprowadzeniem na rynek pojazd podlegał badaniom homologacyjnym, w wyniku których stwierdzono zgodność z wymaganiami emisji spalin wg normy Euro 5, której limity dla wspomnianego pojazdu zestawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Limity emisji toksycznych składników spalin dla badanego pojazdu [21]

Masa własna kg	Rodzaj silnika	Rodzaj paliwa	Limity emisji mg/km				Obowiązki
			CO	NMHC	HC	NO <sub>x</sub>	
poniżej 2620	PI, MPI	benzyna, gaz ziemny, gaz płynny	1000	68	100	60	od 01.09.2009 r. w zakresie homologacji

### 3.2. Aparatura pomiarowa

Podstawowe urządzenia wykorzystane w badaniach to analizator spalin typu MGT5 (MAHA) klasy 0 wg OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale),

diagnostyczny rejestrator parametrów pracy silnika oraz telefon z systemem GPS i możliwością rejestracji przebytej trasy.



Rys. 1. Widok analizatora MGT5 przygotowanego do badań

Tab. 4. Wybrane dane techniczne analizatora MGT5 [10]

Mierzony parametr	Metoda pomiaru	Zakres	Rozdzielczość wskazań
Tlenek węgla CO	NDIR	0-15% obj.	0,001%
Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub>	NDIR	0-20 % obj.	0,01%
Węglowodory HC	NDIR	1). 0 - 4000 ppm	0,1 ppm
Węglowodory HC	NDIR	2). 0 - 20000 ppm	1 ppm
Tlen O <sub>2</sub>	elektrochemiczna	0-15 % obj.	0,01%
	elektrochemiczna	4-25 % obj.	0,01%
NO <sub>x</sub>	elektrochemiczna	0-5000 ppm	1 ppm
$\lambda$	obliczeniowa	0,5-9,99	0,01

Do odczytania i rejestracji wybranych parametrów pracy silnika wykorzystano urządzenie o nazwie OBD Log firmy Texa, którego podstawowe dane zestawiono w tabeli 5.

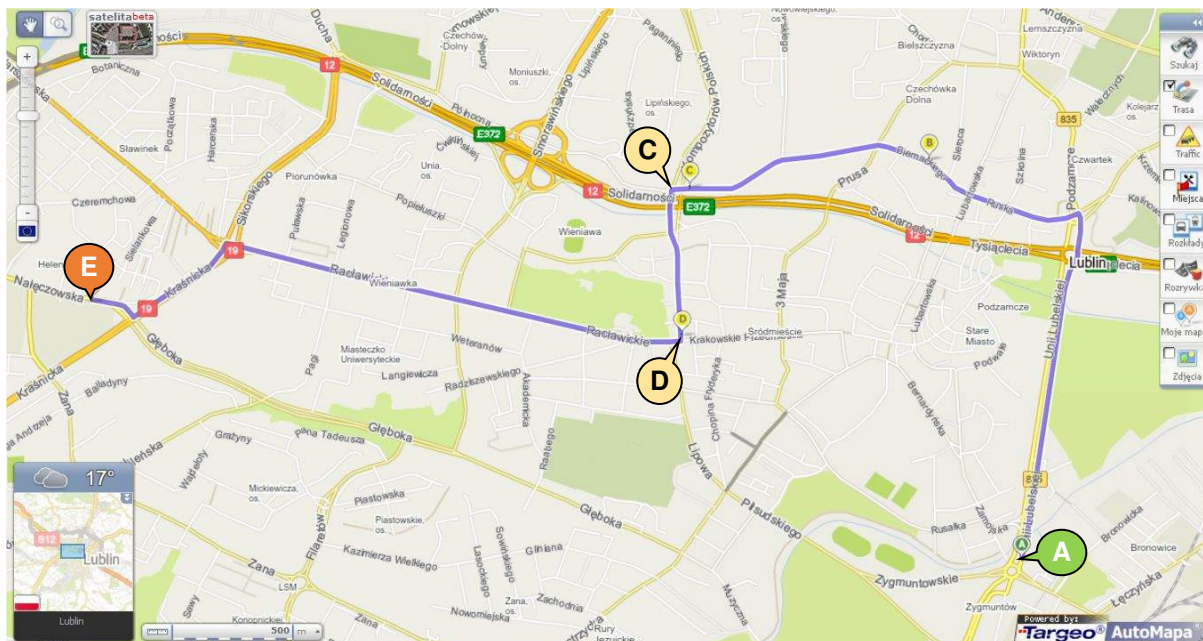
Tab. 5. Wybrane parametry techniczne rejestratora OBD Log [28]

Interfejs pojazdu	Gniazdo EOBD
Obsługiwane protokoły EOBD	J1850-41.6, J1850-10.4, ISO9141-2 K/L, ISO 11898
Zasilanie	złącze OBD, USB z PC
Częstotliwość próbkowania	1 sekunda
Czas pracy	do 90 godz.
Temperatura robocza	-40°/+85°C

### 3.3. Pomiary drogowe

Badania prowadzono w sposób dostosowany do jazdy innych uczestników ruchu podczas jazdy miejskiej w Lublinie na trasie o dł. 6,95 km, ze średnią prędkością  $v = 25,8$  km/h. Początkowy punkt trasy (A) (rys. 2) położony jest na wysokości ok. 168 m n.p.m. natomiast jej koniec (E) o około 50 metrów wyżej. Największy gradient zmian wysokości znajduje się w środkowej części trasy, pomiędzy punktami C i D (ok. 30 m). Temperatura, ciśnienie atmosferyczne oraz wilgotność względna wynosiły średnio 18°C, 981 hPa oraz 67%. Pojazd obciążony był masą własną, masą sprzętu pomiarowego, oraz kierowcy i pasażera. Przed pomiarem obiekt badań zważono wagą samochodową i stwierdzono masę 1726 kg. Silnik pojazdu w chwili rozpoczęcia pomiarów był rozgrzany.

Podobne badania realizowane były również dla jazdy podmiejskiej, jednakże ze względu na ich bardziej ustabilizowany charakter ograniczono się do zaprezentowania badań miejskich.

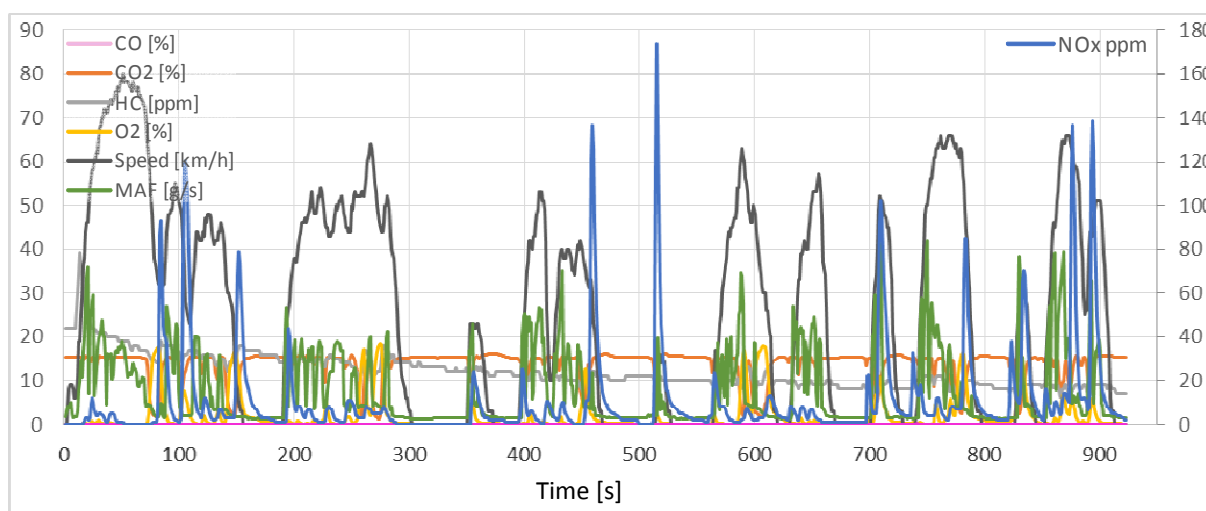


Rys. 2. Plan trasy przejazdu dla pomiaru drogowego [27]

#### 4. Wyniki badań

Znając przebieg zmian masowego wydatku poszczególnych składników spalin w funkcji czasu oraz długość trasy i czas przejazdu można wyrazić emisję w g/km, analogicznie jak dla badań homologacyjnych (tab. 3). Jednakże, aby było to możliwe należy zmierzyć i zarejestrować wydatek powietrza oraz udziały objętościowe składników spalin.

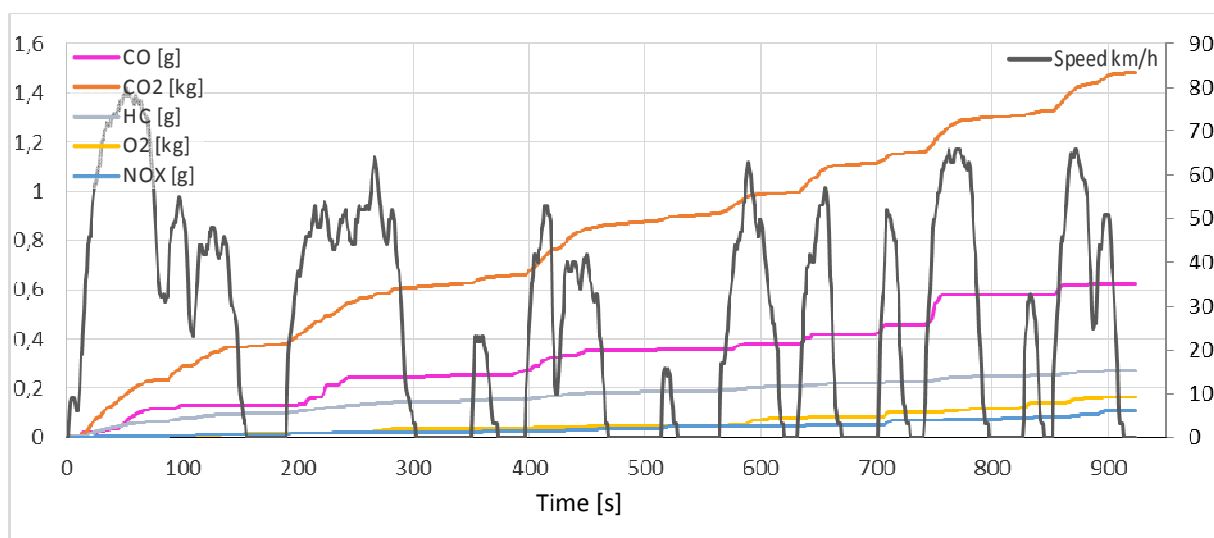
Z uwagi na długość przewodu pomiarowego analizatora spalin, jego bieżące wskazania dotyczą stanu silnika sprzed kilku sekund. Ze względu na dokładność obliczeń emisji spalin istotne jest zatem właściwe zestawienie wyników wskazań analizatora i danych o przepływie powietrza. Po zsynchronizowaniu tych danych można przyjąć, że ze względu na dokładności pomiarowe wykorzystywanych urządzeń i czujników błąd tej metody będzie kilkuprocentowy, a jego wartość będzie malała w miarę stabilizacji prędkości jazdy.



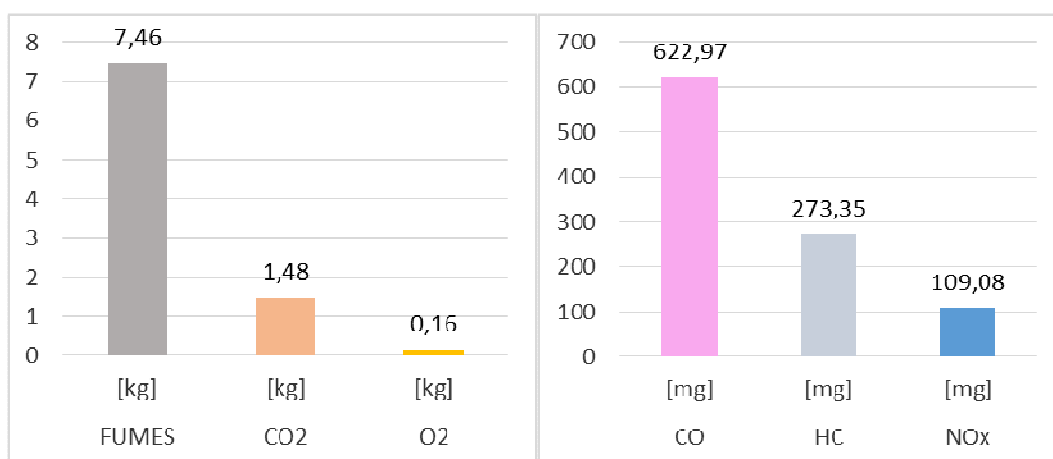
Rys. 3. Udziały objętościowe wybranych składników spalin zarejestrowane podczas próby drogowej na tle prędkość jazdy

Rysunek 3 obrazuje wartości udziałów emisji na tle prędkości jazdy i masowego wydatku powietrza. Zależność wydatku i prędkości jazdy, związana jest z obciążeniem i prędkością obrotową silnika. Zmiany udziałów objętościowych również korelują z obciążeniem silnika. Jednakże nie są one tak silne jak zmiany wydatku powietrza, który ma znaczący wpływ na skalę emisji spalin.

Efekty przeliczeń w oparciu o zaprezentowaną w rozdziale 3 metodykę prezentuje rysunek 4. W tym przypadku widoczne są wyraźnie przyrosty ilości wyemitowanych gazów towarzyszące wzrostowi obciążenia silnika, np. podczas przyspieszania. Szczególnie wyraźne jest to w przypadku analizy emisji CO, która obserwowana jest właśnie podczas przyspieszania, natomiast w czasie jazdy bez przyspieszania jest praktycznie zerowa, o czym świadczy płaski charakter przebiegu krzywej emisji CO (rys. 4) w tych okresach.



Rys. 4. Skumulowany wykres emisji wybranych składników spalin wyznaczony na podstawie zarejestrowanego składu spalin

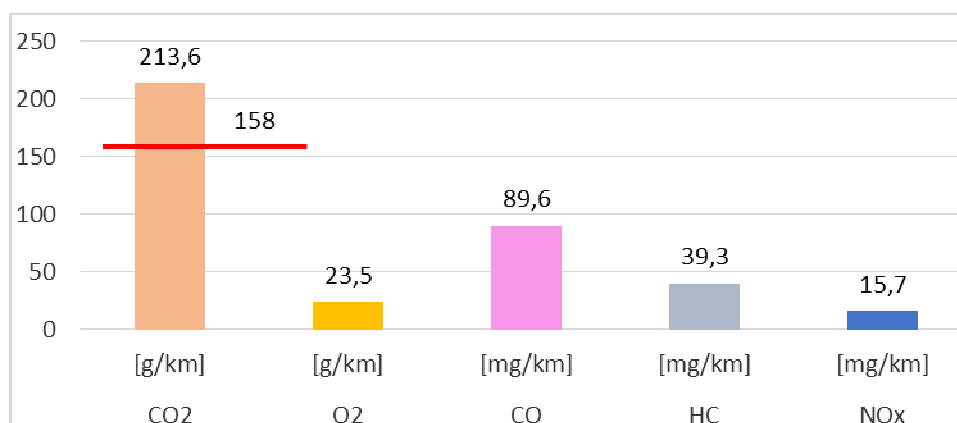


Rys. 5. Masowa emisja wybranych składników spalin podczas testu

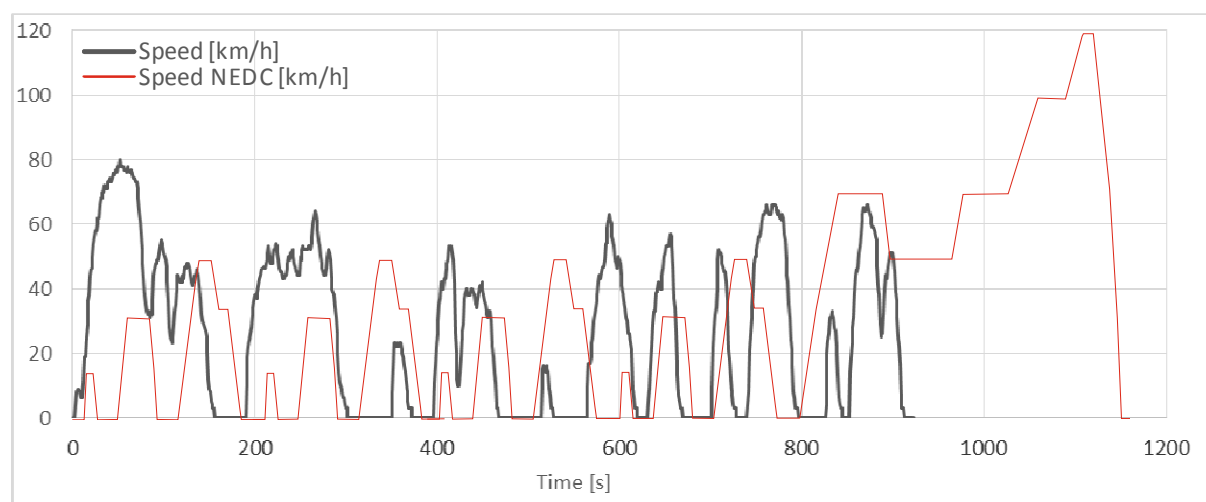
Masę spalin wyemitowanych w realizowanym teście prezentuje kolejny wykres kolumnowy (rys. 5). Z obliczeń wynika, że podczas testu silnik samochodu wyemitował blisko 7,5 kg spalin, z czego 1,48 kg to dwutlenek węgla. Emisja tlenku węgla wyniosła 623 mg, węglowodorów ok. 273 mg, a tlenków azotu ok. 109 mg. Informacje te nie są przejrzyste bez odniesienia do jednostki długości przebytej drogi. Uzupełnienie stanowi rysunek nr 6, który pozwala na dalszą ocenę. W związku z tym można stwierdzić, że w teście



wyemitowano 213,6 g/km dwutlenku węgla, a więc jest to wartość o 35% (rys. 6) większa niż uzyskana w teście homologacyjnym (tab. 2), przy czym emisja toksycznych składników spalin nie przekracza dopuszczalnych norm wartości [21].



Rys. 6. Emisja wybranych składników spalin podczas testu w przeliczeniu na kilometr



Rys. 7. Zestawienie przebiegów prędkości w teście realizowanym i w teście NEDC

Wyższa o ponad 35% emisja CO<sub>2</sub> jest efektem realizacji innego niż NEDC testu jezdnego realizowanego przy odmiennych warunkach wynikających ze specyfiki jazdy w danej aglomeracji. W opisanym przypadku występują inne własności pojazdu i związane z nimi opory ruchu. Większe wartości prędkości jazdy i jej lokalne fluktuacje (rys. 7) oraz większa masa pojazdu (1726 kg) i wzniesienie trasy (średnio  $w = 0,7\%$ ) przyczyniają się do wzrostu obciążenia silnika i emisji CO<sub>2</sub>. Z drugiej jednak strony należy zauważyć, że była to próba realizowana na rozgrzanym silniku, bez fazy zimnej, która z pewnością dodatkowo zwiększyłaby emisję CO<sub>2</sub> oraz CO i HC.

## 5. Podsumowanie i wnioski

Opisane w pracy badania i ich wyniki potwierdzają możliwość zastosowania uproszczonej metodyki badań emisji w normalnej eksploatacji pojazdu, przy czym uzyskane dane wykazują, że rzeczywista eksploatacja pojazdu w warunkach miejskich zdecydowanie odbiega od specyfiki testu NEDC (rys. 7). Porównywanie pojazdów w oparciu o taki test także wydaje się podejściem niedoskonałym, choćby ze względu na to, że nie uwzględnia stanów pełnego obciążenia silnika. Kierowca, który ma do dyspozycji dynamiczny silnik może starać się to wykorzystać w „walce” o lepsze miejsce na światłach. Stąd potrzeba badań

uwzględniających także takie sytuacje, w których występuje przyspieszanie z maksymalną intensywnością, i którym towarzyszą losowe zakłócenia oraz trudne do odwzorowania stany pracy silnika. Dlatego należy podkreślić, że drogowe badania najlepiej ukazują naturę rzeczywistej eksploatacji silnika i jego oddziaływania na środowisko. Dane literaturowe potwierdzają potrzebę zmian w tej dziedzinie i wskazują ich tendencje [2,6,24].

W oparciu o analizę tematyki oraz zaprezentowane wyniki badań można sformułować następujące wnioski:

- Opisane w pracy badania potwierdzają, że możliwe są pomiary emisji spalin z wykorzystaniem analizatora diagnostycznego i sygnałów dostępnych przez złącze DLC w systemie OBD II,
- Prezentowana metodyka badań oraz opracowanie ich wyników są dość pracochłonne, jednakże ukazują możliwość konstrukcji podobnych systemów pomiarowych, które pozwolą na automatyczne obliczenia i rejestrację wyników ilościowej emisji spalin i ich składników,
- Emisja spalin mierzona w realnych warunkach drogowych może znacznie różnić się od limitów określonych dla stanowiskowych testów homologacyjnych (213 g/km vs 158 g/km),
- Testy homologacyjne jak np. NEDC mogą sprzyjać nieporozumieniom w związku z tym, że użytkownicy pojazdów rzadko kiedy osiągną zużycie paliwa (emisję CO<sub>2</sub>) na niskim poziomie deklarowanym w teście homologacyjnym.

## 6. Piśmiennictwo

1. Bielaczyc P, Szczotka A, Pajdowski P, Woodburn J. *Development of automotive emissions testing equipment and test methods in response to legislative, technical and commercial requirements*. Silniki Spalinowe. 2013; (1):28-41.
2. Bonnel P, Kubelt J. *Heavy-duty engines conformity testing based on PEMS – Lessons learned from the European pilot program*. EUR Draft report. EC-JRC. Ispra, Italy. 2010.
3. Chłopek Z, Biedrzycki J, Lasocki J, Wójcik P. *Emisja zanieczyszczeń z silnika samochodu w testach jezdnych symulujących rzeczywiste użytkowanie trakcyjne*. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów 2013; (92)1:67-76.
4. Cieślukowski B. *Monitorowanie układu odprowadzania par paliwa*. AUTOBUSY. 2011; (10):106-113.
5. *Exceedance of air quality limit values in urban areas (CSI 004) - Assessment published Oct 2013*. EEA – European Environmental Agency. Source: <http://www.eea.europa.eu>. Accessed: 31 June 2014.
6. Gautam M. *In-Use, On-Road Emissions Testing of Heavy-Duty Diesel Vehicles: Challenges and Opportunities*. Source: <http://epa.gov/air/caaac/mstrs/gautam.pdf>. Accessed: 11 July 2014.
7. Hunicz J. *An experimental study of negative valve overlap injection effects and their impact on combustion in a gasoline HCCI engine*. FUEL 2014, Part A; (117):236-250.
8. Kuranc A, Tarasińska J. *The analysis of significance level of relation between ambient temperature and exhaust emission in the initial term of SI engine work*. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. 2009; (9): 145-154.
9. Kuranc A. *A continuous measurement of CO, CO<sub>2</sub>, HC and NO<sub>x</sub> at the work of a combustion engine fed with petrol in unstable thermal conditions*. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. 2005; (5): 107-115.
10. MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG. *Technical Handbook Motor Gas Tester MGT 5 Five-Gas Tester*. 1999.

11. Mamala J, Brol S, Jantos J. *Parametry pracy silnika spalinowego w teście drogowym*. Silniki Spalinowe. 2011; (3):45-52.
12. Martini E, Coghlan N. *Emissions calibration yesterday, today, tomorrow*. 3<sup>rd</sup> International Exhaust Emission Symposium. Current and Future trends in automotive emissions, fuels, lubricants and test methods – 2012, BOSMAL, 24-25 May 2012, Bielsko-Biała, Poland, ISBN 978-83-931383-2-6.
13. Mazanek A. *Badania porównawcze emisji toksycznych składników gazów wylotowych z silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego ON i B10*. Nafta - Gaz 2010; 66 (9): 835-840.
14. Merkisz J, Lijewski P, Fuć P, Weymann S. *Exhaust emission tests from non-road vehicles conducted with the use of PEMS analyzers*. Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability 2013; 15 (4): 364-368.
15. Merkisz J, Pielecha I, Pielecha J, Brudnicki K. *Ekologiczność pojazdów z systemem Start/Stop w rzeczywistych warunkach ruchu miejskiego*. Logistyka 2010; (6), CD-ROM
16. Merkisz J, Pielecha J, Gis W. *Gasoline and LPG Vehicle Emission Factors in a Road Test*, SAE Technical Paper Series, 2009-01-10937, 2009.
17. Merkisz J. *Real Road Tests – Exhaust Emission Results from Passenger Cars*. Journal of KONES Powertrain and Transport. 2011;18 (3): 253-260.
18. Niewczas A, Antol M. *Automotive environmental pollution - investigation of toxic emissions from the vehicles operated in the city of Lublin*. Part 2. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2002; 13 (1): 13-24.
19. Niewczas A, Potapczuk P. *Gas fumes environmental contamination - testing the emission of exhaust gas toxic components of the vehicles used in the site of Lublin*. Part 1. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 1999; 1 (1): 15-24.
20. Regulamin nr 83 EKG ONZ – *Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w zakresie emisji zanieczyszczeń w zależności od paliwa zasilającego silnik*. Dz. U. UE L42, Tom 55, 15 lutego 2012.
21. Regulation (EC) No. 715/2007 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2007 *on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information*. Official Journal of the EU L 171:1-16.
22. Szyszlak-Bargłowicz J, Słowik T, Zajac G, Piekarski W. *Inline Plantation of Virginia Mallow (Sida hermaphrodita R.) as Biological Acoustic Screen*. Annual Set The Environment Protection. 2013; (1): 538-550.
23. Szyszlak-Bargłowicz J, Słowik T, Zajac G, Piekarski W. *Metale ciężkie w rowach odwadniających ciągów komunikacyjnych*. Annual Set The Environment Protection. 2013; (3): 2309–2323.
24. Vlachos T, Bonnel P, Perujo A, Weiss M. et al. *In-Use Emissions Testing with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS) in the Current and Future European Vehicle Emissions Legislation: Overview, Underlying Principles and Expected Benefits*. SAE Int. J. Commer. Veh.; 2014; 7(1):199-215.
25. Vojtisek-Lom M, Fenkl M, Dufek M, Mareš J. *Off-cycle, real-world emissions of modern light duty diesel vehicles*. 2009: SAE 2009-24-0148.
26. Weiss M, Bonnel P, Hummel R, Manfredi U, Colombo R, Lanappe G, Le Lijour P, Sculati M. *Analyzing on-road emissions of light-duty vehicles with Portable Emission Measurement Systems (PEMS)*. JRS scientific and Technical Reports JRC62639, EUR 24697 EN – 2011.
27. [www.targeo.pl](http://www.targeo.pl)
28. [www.texapoland.pl](http://www.texapoland.pl)
29. [www.toyota.pl](http://www.toyota.pl)