

Jerzy MERKISZ<sup>1</sup>  
Jacek PIELECHA<sup>2</sup>  
Maciej ANDRZEJEWSKI<sup>3</sup>

### WPŁYW DOWNSIZINGU NA ZUŻYCIE PALIWA I EMISJĘ SUBSTANCJI SZKODLIWYCH W SPALINACH

*Artykuł zawiera wyniki pomiarów toksyczności spalin i zużycia paliwa dwóch pojazdów w rzeczywistych warunkach ruchu/eksploatacji (w warunkach drogowych). Badaniom poddano samochody osobowe z segmentu D, napędzane silnikami o zapłonie iskrowym, w których biegi są zmieniane za pomocą automatycznej skrzyni przekładniowej. Wybrane pojazdy stanowiły przykład wykorzystania downsizingu (do porównania wybrano pojazdy o zbliżonych osiągnięciach, lecz różnych cechach konstrukcyjnych silnika: silnik niedoładowany oraz doładowany mechanicznie o zmniejszonej pojemności). Testy wykonywano na odcinku kilkudziesięciu kilometrów na ulicach miasta Poznań i w jego obrębie, podczas jazdy na odcinkach o różnej charakterystyce – jazda miejska, pozamiejska i na autostradzie. Do pomiarów stężenia poszczególnych substancji szkodliwych w spalinach oraz zużycia paliwa wykorzystano mobilną aparaturę do badań toksyczności spalin SEMTECH-DS firmy Sensors Inc.*

### THE IMPACT OF DOWNSIZING ON FUEL CONSUMPTION AND EMISSIONS IN THE EXHAUST

*The article contains the results of measurements of exhaust emissions and fuel consumption of vehicles in real conditions of their motion. Research vehicles were passenger cars from the D-segment, driven by petrol engines and equipped with automatic transmission. Tests were performed over a distance of tens of kilometers on the streets of the city of Poznan, and within, while driving on the sections with different characteristics – urban and extra urban driving and on the highway. For measuring the concentration of various pollutants in the exhaust gases and fuel consumption used to the mobile equipment for testing the toxicity of exhaust SEMTECH-DS from Sensors Inc.*

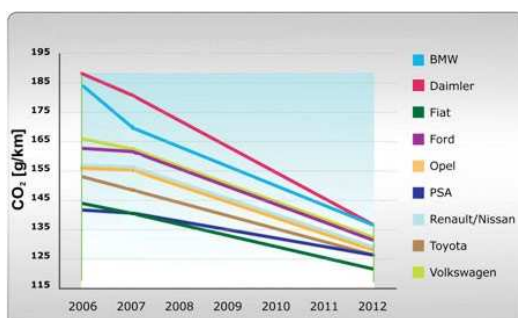
<sup>1</sup> Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3.  
Tel. +48 61 665-22-07, Fax. +48 61 665-22-04. E-mail: Jerzy.Merkisz@put.poznan.pl

<sup>2</sup> Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3.  
Tel. +48 61 665-21-18, Fax. +48 61 665-22-04. E-mail: Jacek.Pielecha@put.poznan.pl

<sup>3</sup> Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3.  
Tel. +48 61 665-20-04, Fax. +48 61 665-22-04. E-mail: Maciej.Andrzejewski@doctorate.put.poznan.pl

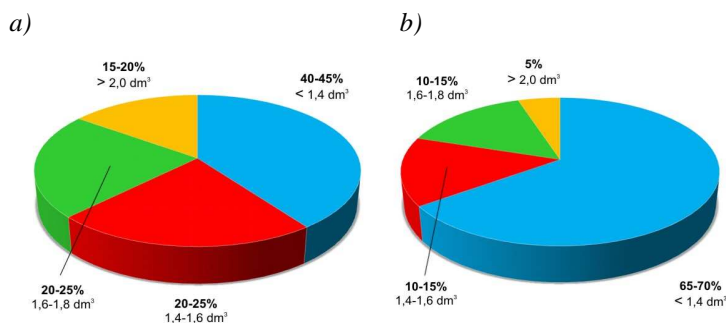
## 1. WSTĘP

Światowe ustawodawstwo dotyczące emisji spalin z pojazdów staje się coraz bardziej rygorystyczne. Z coraz większą częstotliwością pojawiają się nowe normy regulujące dopuszczalną zawartość poszczególnych związków toksycznych w spalinach. Nie bez znaczenia jest też ograniczanie emisji dwutlenku węgla (jako szkodliwego składnika spalin silnikowych) oraz związanego z nią, zużycia paliwa przez pojazdy. W tym przypadku, oprócz uregulowań prawnych, istotną rolę odgrywają też dobrowolne zobowiązania do ograniczania emisji CO<sub>2</sub> (i zużycia paliwa) samych producentów pojazdów (np. zrzeszonych w ACEA – europejskim stowarzyszeniu producentów pojazdów; rys. 1).



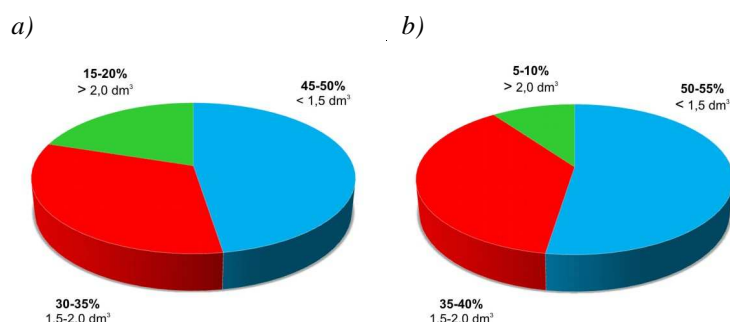
Rys. 1. Redukcja emisji dwutlenku węgla z przez wybranych producentów pojazdów [1]

Konstruktorzy silników i pojazdów rozwijają obecnie kilka metod pozwalających na znaczne zmniejszenie emisji substancji szkodliwych w spalinach i poprawę sprawności układu napędowego (uzyskania mniejszego zapotrzebowanie na energię). Prace prowadzone w wielu ośrodkach badawczo-rozwojowych, dotyczące parametrów, mają związek zarówno ze zmianami konstrukcyjnymi w samych silnikach, jak i ze zmianami w pozostałych podzespołach/układach pojazdów. Jednym ze sposobów na ograniczenie emisji szkodliwych związków w spalinach oraz zużycia paliwa jest tzw. *downsizing* silników. Jest to współcześnie bardzo popularny trend w przemyśle motoryzacyjnym związany ze zmniejszaniem gabarytów i masy silników spalinowych przy jednoczesnym zachowaniu ich parametrów operacyjnych.



Rys. 2. Prognoza udziału procentowego silników ZI o różnej objętości skokowej w ogólnym ich rynku: a) rok 2009, b) rok 2016 [2]

Obecnie wielu producentów znacznie zmniejsza produkcję silników charakteryzujących się stosunkowo dużą objętością skokową. W ich miejsce wprowadzają nowe jednostki napędowe o małej objętości skokowej, często przewyższające swoimi parametrami eksploatacyjnymi jednostki większe gabarytowo. Tym sposobem z 1 dm<sup>3</sup> objętości skokowej silnika uzyskuje się znacznie więcej mocy użytecznej. Nowe konstrukcje silników spalinyowych, oprócz mniejszych wymiarów, charakteryzują się także większą sprawnością – lepszym wykorzystaniem energii chemicznej zmagazynowanej w paliwie (mniejszym przebiegowym zużyciem paliwa) [3]. Te dążenia obserwowane wśród producentów silników dotyczą zarówno silników o zapłonie iskrowym, jak i samoczynnym (rys. 2 i 3).



Rys. 3. Prognoza udziału procentowego silników ZS o różnej objętości skokowej w ogólnym ich rynku: a) rok 2009, b) rok 2016 [2]

## 2. OBIEKTY BADAWCZE I APARATURA POMIAROWA

W badaniach wykorzystano dwa samochody osobowe (segmentu D) napędzane silnikami o zapłonie iskrowym o różnej objętości skokowej, charakteryzujące się jednak zbliżonymi parametrami eksploatacyjnymi (osiągami; rys. 5). Ponadto oba pojazdy są wyposażone w 5-biegowe automatyczne skrzynie przekładniowe oraz spełniały takie same normy emisji toksycznych składników spalin (Euro 4; tab. 1).

Oceny emisji związków toksycznych i zużycia paliwa dokonano z wykorzystaniem mobilnej aparatury badawczo-pomiarowej, w skład której wchodziły:

- zestaw analizatorów przeznaczony do określania zawartości gazowych substancji szkodliwych w spalinach (pomiar stężenia CO, HC, NO<sub>x</sub> oraz CO<sub>2</sub> – jako równoważnika zużycia paliwa),
- przepływomierz spalin – określenie masowego wydatku spalin,
- system GPS – określenie położenia geograficznego pojazdu (warunków jazdy),
- moduł pozwalający na akwizycję danych z systemu diagnostyki pokładowej OBD – określenie warunków ruchu pojazdu.

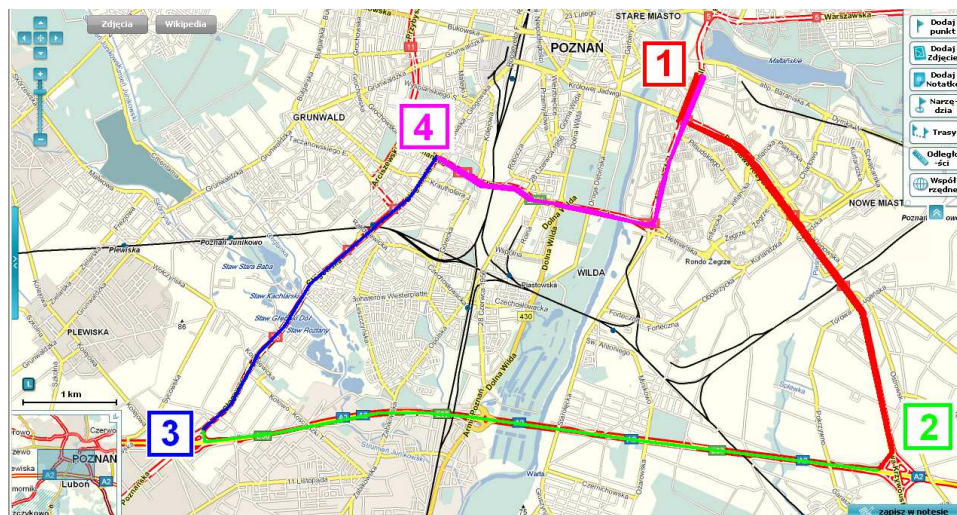
Pomiarów stężenia poszczególnych szkodliwych związków w spalinach oraz zużycia paliwa dokonywano w warunkach drogowych, czyli w rzeczywistych warunkach ruchu pojazdów. Odbywało się to na trasie o długości około 30 km na ulicach Poznania i w obrębie miasta (rys. 4). Badania obejmowały jazdę na odcinkach o różnej charakterystyce – jazda miejska, pozamiejska i na autostradzie.

Ze względu na zmienność parametrów ruchu trasę przejazdu podzielono na cztery części (oznaczenia na rys. 4):

- dojazd do autostrady (odcinek 1–2: około 8 km – 27% trasy przejazdu),
- przejazd autostradą (odcinek 2–3: około 9 km – 31% trasy przejazdu),
- przejazd trasą dwujezdniową (odcinek 3–4: około 4 km – 14% trasy przejazdu),
- jazda w warunkach miejskich (odcinek 4–1: około 8 km – 28% trasy przejazdu).

Tab. 1. Dane techniczne badanych pojazdów/silników

Parametr	Samochód A	Samochód B
	BMW 525i	Mercedes C200 kompresor
Długość [mm]	4841	4581
Szerokość [mm]	1846	2009
Masa własna [kg]	1585	1540
Skrzynia przekładniowa	automatyczna	automatyczna
Silnik	ZI, 4 zaw./cyl.	ZI, 4 zaw./cyl.
Rodzaj paliwa	E95	E95
Doładowanie/rodzaj	nie	tak/mechaniczne
Liczba cylindrów	R6	R4
Obj. skokowa silnika [cm <sup>3</sup> ]	2996	1796
Stopień sprężania	12,0	8,5
Moc maksymalna [kW/min <sup>-1</sup> ]	160/6100	135/5500
Moment obrotowy [N·m/min <sup>-1</sup> ]	270/2400–4200	250/2800–5000
Moc na jednostkę objętości skokowej [kW/dm <sup>3</sup> ]	54	75
Masa na jednostkę mocy [kg/kW]	9,9	11,4
Emisja CO <sub>2</sub> [g/km]	210	189



Rys. 4. Trasa przejazdu podczas badań emisyjności pojazdu A i B

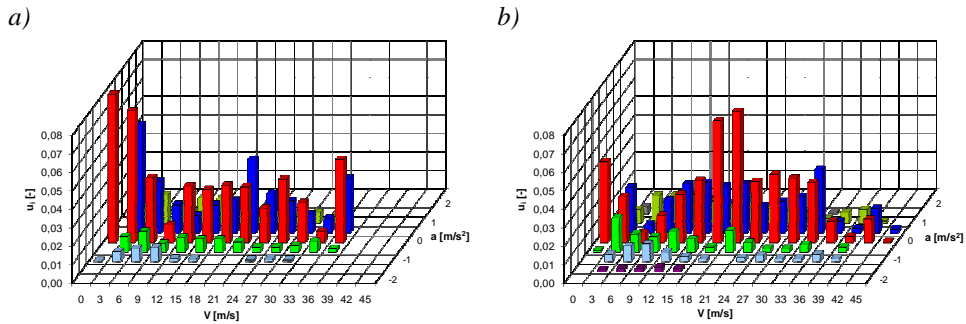


Rys. 5. Pojazdy wykorzystywane do badań wraz z zamontowaną aparaturą pomiarową

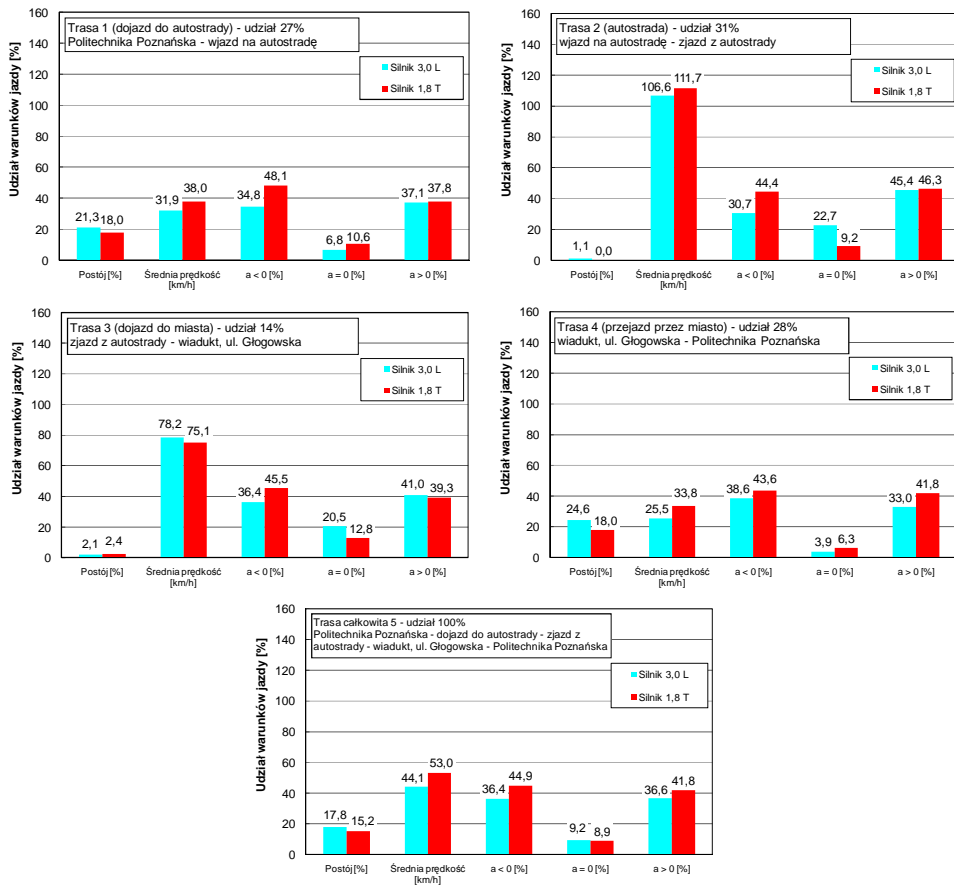
Dla poszczególnych odcinków przeprowadzono analizę emisji składników szkodliwych i zużycia paliwa, którą następnie wykorzystano do klasyfikacji pojazdów (jak również trendu producentów pojazdów, zastępujących większe jednostki silnikowe jednostkami mniejszymi, które zapewniają podobne, lub lepsze, właściwości trakcyjne pojazdom).

### 3. WYNIKI BADAŃ

W celu określenia warunków jazdy każdego z badanych samochodów sporządzono charakterystyki gęstości czasowej czasu pracy ich napędu (odniesione do pojazdu; rys. 6) zarówno dla poszczególnych odcinków pomiarowych, jak i całej trasy przejazdu. Następnie dzięki danym pochodzącym z tych charakterystyk dokonano zestawienia kilku parametrów w celu porównania warunków jazdy obu pojazdów (rys. 7). Z racji badań przeprowadzanych w warunkach rzeczywistych wartości parametrów jazdy nieznacznie się różnią.



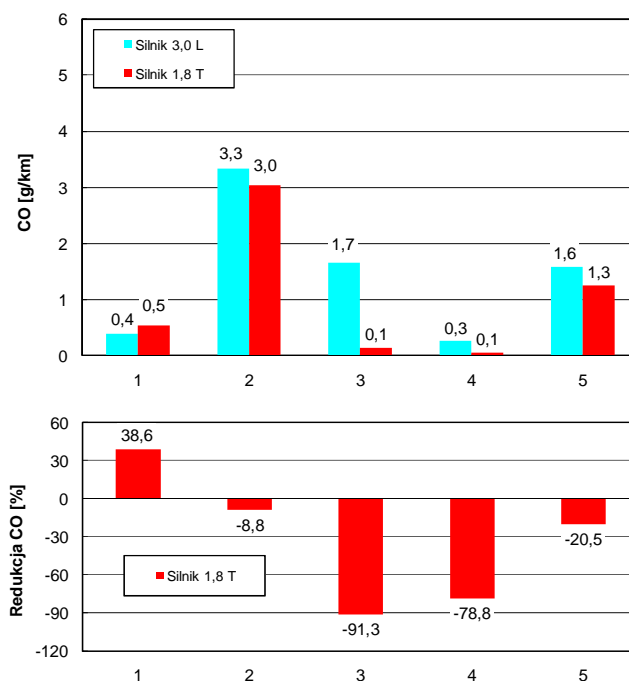
Rys. 6. Charakterystyka gęstości czasowej parametrów jazdy – cała trasa: a) samochód A, b) samochód B



Rys. 7. Procentowy udział warunków jazdy na poszczególnych odcinkach (odcinki 1 – 5) pomiarowych dla dwóch pojazdów z różnymi silnikami spalinowymi

W oparciu o wyniki pomiarów stężeń substancji szkodliwych w spalinach dla poszczególnych odcinków pomiarowych (1–5) obliczono dla pojazdów emisję drogową poszczególnych związków.

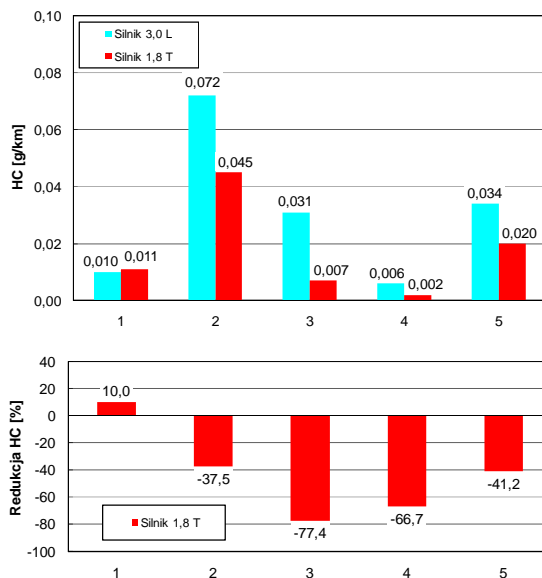
Emisja tlenku węgla (rys. 8) w większości przypadków (odcinki trasy przejazdu) osiąga mniejszą wartość dla pojazdu B, wyposażonego w doładowany silnik o objętości skokowej 1,8 dm<sup>3</sup>. Największa różnica w wartości emisji CO wynosi około 90% (wyjazd z autostrady i dojazd do centrum miasta).



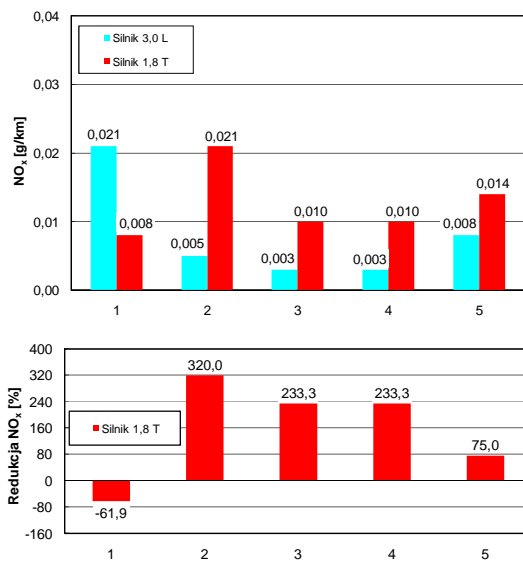
Rys. 8. Emisja drogową tlenku węgla na poszczególnych odcinkach trasy

Podobną zależność można zaobserwować przy porównaniu drogowej emisji węglowodorów z obu samochodów poddanych badaniom (rys. 9). Tak jak w przypadku emisji tlenku węgla, emisja HC z samochodu B wykazuje dużo mniejsze wartości. Największa różnica (trzeci odcinek pomiarowy) wynosi około 80%.

Emisja drogową kolejnego z gazowych związków zawartych w spalinach silnikowych – tlenków azotu wykazuje jednak inne tendencje (rys. 10). Dla samochodu B osiąga ona dużo większe wartości niż dla samochodu A, wyposażonego w silnik niedoładowany o objętości skokowej 3,0 dm<sup>3</sup>. Wartości emisji NO<sub>x</sub> uzyskane na niektórych odcinkach trasy przejazdu dla samochodu z doładowanym silnikiem są dwu-, a nawet trzykrotnie większe niż dla samochodu z silnikiem bez doładowania (jest to wynik większego obciążenia silnika doładowanego i wyższego ciśnienia w komorze spalania – pomimo zmniejszonego stopnia sprężania).



Rys. 9. Drogowa emisja węglowodorów na poszczególnych odcinkach trasy

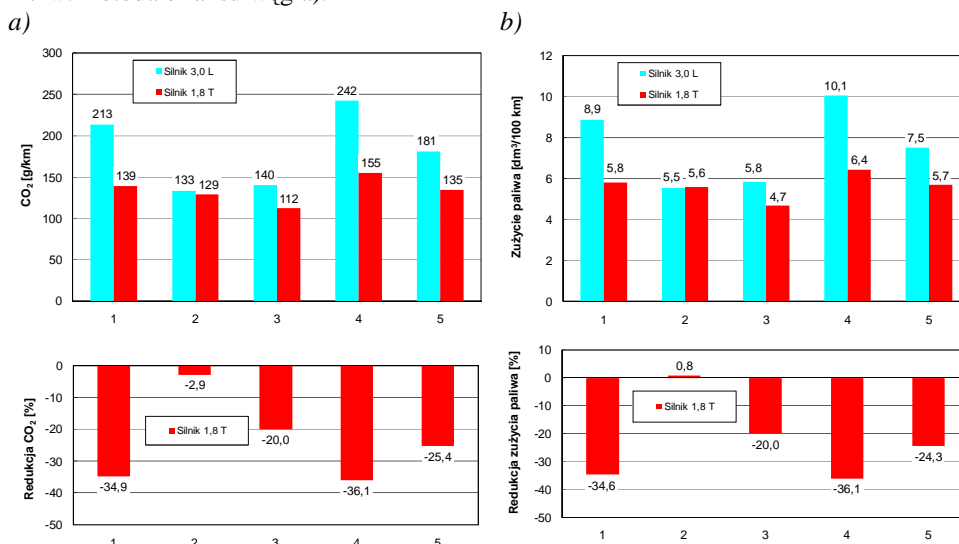


Rys. 10. Drogowa emisja tlenków azotu na poszczególnych odcinkach trasy

Wartości drogowej emisji dwutlenku węgla, również należącego do grona szkodliwych składników spalin i, w odróżnieniu od CO, HC i NO<sub>x</sub>, występującego w nich w dużym stężeniu (do kilkunastu procent), także wykazują znaczne różnice (rys. 11a). Korzystniejsze dla środowiska naturalnego wartości emisji CO<sub>2</sub> uzyskano dla samochodu B. W porówna-



niu z silnikiem o objętości 3,0 dm<sup>3</sup>, doładowany silnik o objętości skokowej 1,8 dm<sup>3</sup> emituje do atmosfery o około 20–35% mniej dwutlenku węgla. Podobne wartości uzyskano dla przebiegowego zużycia paliwa (rys. 11b), co świadczy o proporcjonalnej zależności obu parametrów od siebie (zużycie paliwa zależy w głównej mierze od emisji CO<sub>2</sub> w spalinach – tzw. metoda bilansu węgla).



Rys. 11. Wartości uzyskane na poszczególnych odcinkach trasy: a) drogowa emisja dwutlenku węgla, b) przebiegowe zużycie paliwa

#### 4. WNIOSKI

Badania emisyjności spalin i zużycia paliwa przeprowadzone w warunkach rzeczywistego ruchu dwóch pojazdów, charakteryzujących się podobnymi parametrami eksploatacyjnymi, a napędzanych silnikami o znacznie różniących się wartościach objętości skokowej, wykazały słuszność i korzystność stosowania *downsizingu* w motoryzacji. Korzyści z zastosowania do napędu samochodu silnika o mniejszych gabarytach i masie (bez pogorszenia parametrów trakcyjnych) są widoczne zarówno w przypadku emisji substancji szkodliwych w spalinach, jak i zużycia paliwa. Oceniając kierunki działań i prowadzonych prac podejmowanych przez poszczególnych producentów silników i pojazdów można stwierdzić, że są one uzasadnione i słuszne. Zwłaszcza należy wziąć pod uwagę fakt, iż prowadzą one do zmniejszania negatywnego oddziaływania pojazdów na środowisko naturalne oraz wolniejszego wykorzystywania zasobów pochodzących ze źródeł nieodnawialnych.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] [www.csmauto.com](http://www.csmauto.com)
- [2] [www.frost.com](http://www.frost.com)
- [3] Merkisz J., Pielecha J., Comparative investigations into particulate matter cold start emissions from Euro 1–Euro 4 passenger cars. 14 ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich 2010.