

Jerzy MERKISZ
Maciej ANDRZEJEWSKI
Jacek PIELECHA

PTNSS–2013–SC–029

The impact of the selected gear ratio on carbon dioxide emissions by vehicle during its acceleration

Abstract: The article presents the results of measurements of exhaust emissions of cars in real traffic conditions depending on the selected gear (possible to use in the current driving conditions), made during the acceleration of the cars to a certain speed. Based on measured data the acceleration of the vehicles was analyzed, taking into account the minimum carbon dioxide emissions. In the considered separately studies two cars of the same brand and the same model were used: one driven by a spark-ignition engine and one by a compression-ignition engine. The road tests were performed at the measuring segment, using a different number of gears in order to achieve the assumed maximum speed. On the basis of test results and adopted criteria the influence of the style of vehicle acceleration on carbon dioxide emissions was evaluated.

Keywords: road tests, CO₂ emissions, acceleration of the vehicle

Wpływ wybranego przełożenia skrzyni biegów na emisję dwutlenku węgla przez pojazd podczas jego rozpędzania

Streszczenie: W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów toksyczności spalin samochodów osobowych w rzeczywistych warunkach ruchu w zależności od wybranego przełożenia skrzyni biegów (możliwego do zastosowania w danych warunkach jazdy), wykonane podczas rozpędzania tych samochodów do określonej prędkości. W oparciu o pozyskane dane pomiarowe dokonano oceny rozpędzania pojazdów uwzględniając minimalną emisję dwutlenku węgla. Rozpatrywanym osobno badaniom w warunkach drogowych poddano 2 samochody osobowe tej samej marki i tego samego modelu: jeden napędzany silnikiem o zapłonie iskrowym, a drugi silnikiem o zapłonie samoczynnym. Testy – rozpędzanie samochodów – wykonywano na pomiarowym odcinku jazdy, stosując różną liczbę biegów w celu osiągnięcia założonej maksymalnej prędkości jazdy. Na podstawie pomiarów i przyjętych kryteriów porównawczych oceniono wpływ rodzaju rozpędzania pojazdów na wielkość emisji dwutlenku węgla.

Słowa kluczowe: badania drogowe, emisja CO₂, rozpędzanie pojazdu

1. Wprowadzenie

Wprowadzane w życie regulacje techniczne i operacyjne mogą mieć zarówno pozytywne, jak i negatywne konsekwencje. Dobrze skonstruowane przepisy powinny wywierać pozytywne oddziaływanie na środowisko naturalne, ale charakter oddziaływania regulacji zależy także od tego, z czyjego punktu widzenia będzie się ten wpływ oceniać. Pozytywne efekty regulacji prawnych widać zwłaszcza na przykładzie zmiany limitów emisji zanieczyszczeń. Transport samochodowy, który z wszystkich gałęzi transportu jest poddawany najostrejszym regulacjom przepisów, odnotował większe zmniejszenie emisji zanieczyszczeń (rys. 1) niż pozostałe gałęzie transportu, a tym samym również większe zmniejszenie niż średnie dla wszystkich gałęzi [2, 6].

Coraz większy nacisk kładzie się na ograniczenie emisji CO₂. Emisja drogowa CO₂ na poziomie 140 g/km oznacza zużycie paliwa rzędu 6 dm³/100 km, na poziomie 120 g/km już tylko 5,2 dm³/100 km [1]. Wprowadzanie ograniczeń emisji drogowej CO₂ w perspektywie 2015 r. oznacza średnie

zmniejszenie zużycia paliwa o 30% w przeciągu dziesięciu lat (rys. 2). Ograniczenie tego wskaźnika o 25% w stosunku do wartości obecnej jest, zdaniem Komisji, możliwe dzięki nowym konstrukcjom silnika, nowym technologiom ogumienia, klimatyzacji oraz biopaliwom. Niemieccy producenci (specjalizujący się w produkcji dużych pojazdów) proponowali, by większa masa samochodu automatycznie pozwalała na dużo wyższe limity. Inny pogląd prezentowały koncerny z Włoch i Francji – jak najmniejsze odchylenia od przyjętego limitu i znaczące kary za jego przekroczenie [2].

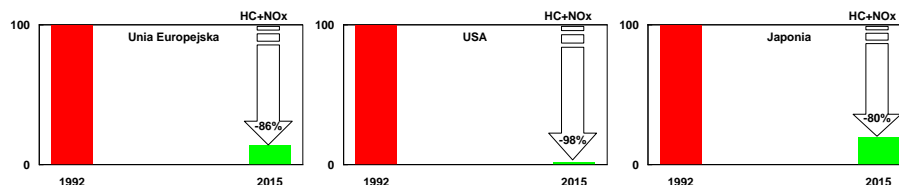
Ostatecznie Komisja zaproponowała, aby nowy limit emisji był tylko uśrednioną wartością dla całej floty samochodów. Cięższe pojazdy będą musiały spełniać odpowiednio wyższe limity (np. 150 g CO₂/km dla pojazdów o wadze ponad 2000 kg). Koncerny będą też mogły łączyć się w grupy, np. Porsche mogłoby wtedy obliczać swoją średnią emisję CO₂ razem z producentem małych pojazdów. Przekroczenie limitu emisji w 2012 r. kosztowało 35 euro za każdy 1 g nadmiarowej emisji CO₂ od każdego samochodu; w 2015 r. kara będzie wynosiła 95 euro. Firmy produkujące mniej niż 10

tys. pojazdów rocznie podlegałyby osobnym przepisom [13].

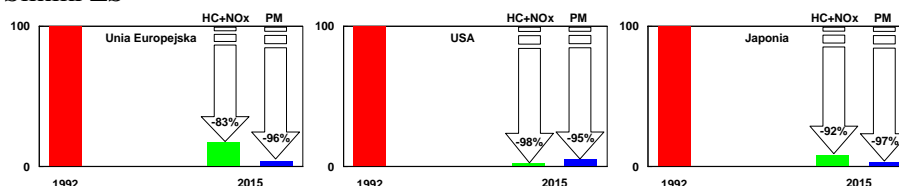
Dąży się nie tylko do zmniejszenia emisji CO₂ w spalinach pojazdu, ale do jej zmniejszenia na całej jego „drodze życiowej” – *from well to wheel*. Zakłada się, że odpowiednia polityka legislacyjna

umożliwi w ciągu najbliższych 20 lat zmniejszenie całkowitej emisji tego związku z pojazdów 3–5 razy [2, 5]. Będzie to możliwe dzięki wprowadzeniu kolejnych, surowszych norm emisji oraz integracji przepisów we wszystkich krajach.

Silniki ZI



Silniki ZS



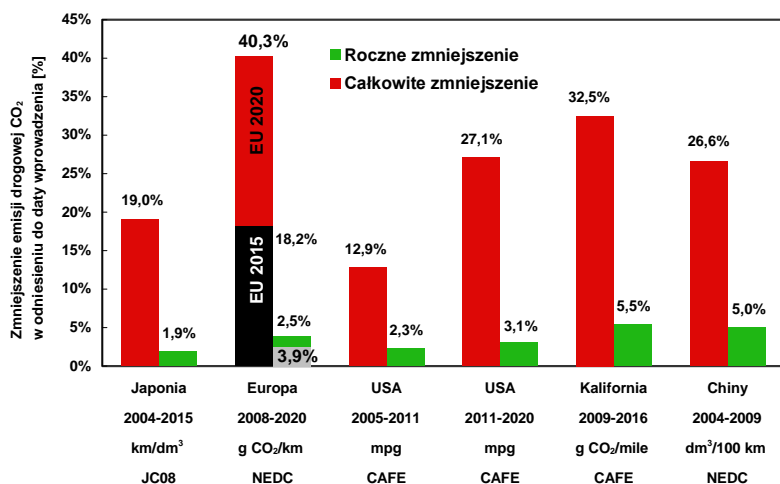
Rys. 1. Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń w latach 1992–2015, na przykładzie HC+NO_x oraz PM

W artykule przedstawiono wyniki badań emisji dwutlenku węgla przez dwa samochody osobowe z segmentu B, wykonane w warunkach drogowych. Rozpatruje się w nim również zagadnienie zużycia paliwa w odniesieniu do pojazdów lekkich w aspekcie kształtowania dynamiki jazdy samochodem w zakresie od postoju do uzyskania stałej prędkości jazdy. Rozpędzanie pojazdu, a w głównej mierze jego dynamika, odpowiada za dużą wartość zużycia paliwa oraz związaną z tym większość wyemitowanej masy dwutlenku węgla. W efekcie podjętej w artykule analizy uzyskano wyniki dotyczące efektów energetycznych oraz najmniejszych obciążeń środowiskowych dla różnego sposobu (wykorzystanie różnej liczby biegów) oraz różnej dynamiki rozpędzania pojazdu [9, 11, 12].

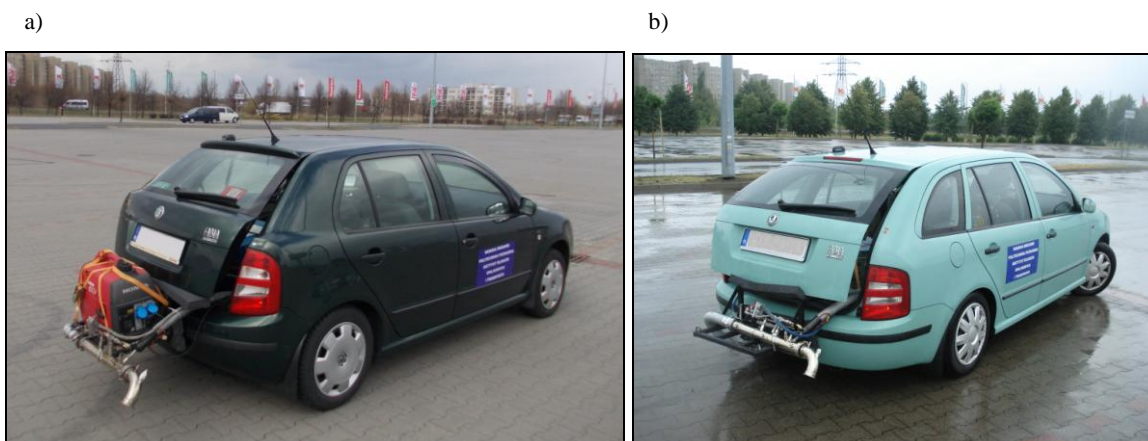
Celem przeprowadzonych badań było uzyskanie odpowiedzi na pytanie: w jaki sposób należy rozpędzać samochód by minimalizować zużycie paliwa (emisję CO₂). Wpływ sposobu rozpędzania pojazdu na zużycie paliwa jest dość łatwo mierzalny i powszechnie możliwy do określenia, natomiast w celu określenia zawartości dwutlenku węgla w spalinach należy posłużyć się już specjalistyczną mobilną aparaturą badawczą typu PEMS (*Portable Emissions Measurement System*) [3, 4, 7, 8, 10].

2. Obiekty badań i aparatura pomiarowa

Badania w rzeczywistych warunkach eksploatacji wykonano przy wykorzystaniu dwóch pojazdów – samochodów osobowych (PC – *Passenger Car*). Były to: Skoda Fabia hatchback z 4-cylindrowym silnikiem o zapłonie iskrowym o objętości skokowej 1,4 dm³ oraz Skoda Fabia kombi z silnikiem o zapłonie samoczynnym o objętości skokowej 1,9 dm³ (rys. 3). Pozostałe dane techniczne jednostek napędowych badanych pojazdów zamieszczono w tabeli 1. W skład układu napędowego samochodów badawczych wchodziła również 5-biegowa skrzynia przekładniowa. Obiekty badań były wyposażone w układy oczyszczania spalin typu trójfunkcyjny reaktor katalityczny (TWC – *Three Way Catalyst*) – Fabia ZI oraz utleniający reaktor katalityczny (DOC – *Diesel Oxidation Catalyst*) – Fabia ZS.



Rys. 2. Zmiany emisji drogowej CO₂ w różnych regionach świata w zależności od daty wprowadzenia przepisów (podano jednostki emisji CO₂ lub zużycia paliwa i testy badawcze)



Rys. 3. Samochody osobowe poddawane badaniom drogowym: a) Skoda Fabia hatchback (ZI), b) Skoda Fabia kombi (ZS)

Tabela 1. Podstawowe dane techniczne jednostek napędowych badanych samochodów

Parametr	Samochód 1	Samochód 2
	Skoda Fabia hatchback	Skoda Fabia kombi
Rodzaj zapłonu	ZI	ZS
Liczba cylindrów	R4	R4
Objętość skokowa [dm ³]	1,4	1,9
Układ wtryskowy	wielopunktowy MPI	pompowtryskiwacze PDE
Moc maksymalna [kW/KM] przy [min ⁻¹]	50/68 przy 5000	74/101 przy 4000
Maksymalny moment obrotowy [N·m] przy [min ⁻¹]	120 przy 2500	240 przy 1800
Doładowanie/rodzaj	nie/-	tak/turbosprężarkowe
Układ oczyszczania spalin	reaktor katalityczny TWC	reaktor katalityczny utleniający DOC

Aby dokonać pomiarów stężenia CO₂ w spalinach badanych samochodów osobowych wykorzystano mobilną aparaturę typu PEMS – analizator Semtech-DS firmy Sensors Inc. (rys. 4). Jest ona przeznaczona do wyznaczania zawartości kilku składników gazowych w spalinach, w tym CO, CO₂, HC, NO_x. Elementami składowymi opisywanej aparatury badawczej są przede wszystkim odpowiednie dla danych związków chemicznych analizatory: NDIR (*Non-Dispersive Infrared*), NDUV (*Non-Dispersive Ultraviolet*), FID (*Flame Ionization Detector*). Ponadto do głównych elementów budowy urządzenia Semtech-DS należą [10]:

- przepływomierz spalin; o różnej średnicy, zależnej od wydatku spalin z układu wylotowego pojazdu,
- moduł pozwalający na rejestrację danych z systemu diagnostyki pokładowej pojazdu OBD (*On-Board Diagnostics*),
- moduł umożliwiający komunikację z systemem lokalizacji GPS.

Opisywana mobilna aparatura pomiarowa, oprócz pomiaru stężenia poszczególnych gazowych substancji szkodliwych w spalinach, umożliwia również pomiar masowego natężenia przepływu

spalin, co jest niezbędne do obliczania emisji tych związków (np. drogowej). Ponadto, wykorzystując tzw. metodę bilansu masy węgla (*carbon balance*), przedmiotowa aparatura pozwala wyznaczyć zużycie paliwa przez dany pojazd.



Rys. 4. Aparatura pomiarowa typu PEMS zamontowana w pojeździe

3. Wyniki badań

Pomiary stężenia szkodliwego dwutlenku węgla w spalinach wykonano w warunkach przyspieszania samochodów badawczych (prędkość i przyspieszenie określano na podstawie danych z systemu OBD oraz porównawczo z systemu GPS). Analizowano przejazdy testowe, kiedy pojazdy przyspieszały od fazy zatrzymania/postoju – praca silnika na biegu jałowym – do uzyskania stałej prędkości jazdy wynoszącej około 50 i 60 km/h. Rozpędzania samochodów do danej prędkości dokonywano przy zastosowaniu różnego przełożenia w skrzyni biegów (możliwego w danych warunkach jazdy). W przypadku prędkości 50 km/h stosowano maksymalnie 3 i 4 biegi (skrzynie przekładniowe obu pojazdów były manualne, 5-biegowe). Natomiast w przypadku prędkości jazdy wynoszącej 60 km/h stosowano maksymalnie 3, 4 i 5 biegów.

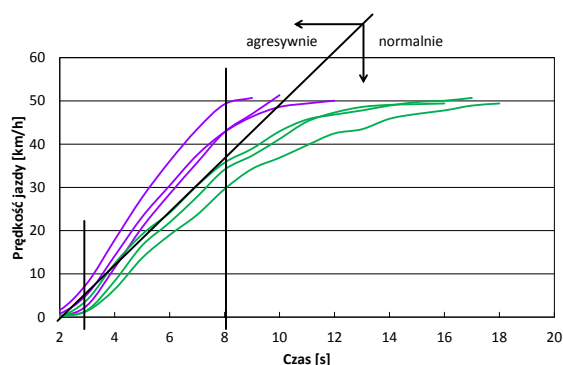
W trakcie przeprowadzonych badań dokonano pomiarów parametrów ruchu/jazdy oraz toksyczności spalin stosując – oprócz różnego przełożenia w skrzyni przekładniowej – dwa sposoby rozpędzania pojazdu, określone jako jazda normalna oraz agresywna. Definicje tych sposobów ruszania pojazdem z miejsca przyjęto następująco:

- **jazda normalna** – umiarkowane przyspieszanie, zmiana biegu przy $n = 2800\text{--}3300 \text{ min}^{-1}$ (Fabia ZI) oraz przy $n = 2500\text{--}3000 \text{ min}^{-1}$ (Fabia ZS), średnie przyspieszenie wzdłużne do $0,9 \text{ m/s}^2$,
- **jazda agresywna** – bardzo dynamiczne przyspieszanie, zmiana biegu przy prędkości obrotowej powyżej 3300 min^{-1} (Fabia ZI) oraz przy prędkości obrotowej powyżej 3000 min^{-1} (Fabia ZS), średnie przyspieszenie wzdłużne powyżej $1,1 \text{ m/s}^2$.

Jazdy testowe przeprowadzono na wydzielonej przestrzeni wolnej od ruchu drogowego. Można było dzięki temu dowolnie kształtować sposób rozpędzania badanych samochodów. W trakcie badań wykonano po kilkanaście przejazdów dla każdej prędkości maksymalnej (V_{\max}). Wszystkie wykonane próby, z podziałem na dany zastosowany bieg i styl rozpędzania pojazdu, dla celów analizy poddano uśrednieniu. Wybrane zarejestrowane przebiegi prędkości jazdy dla jednego z obiektów badań zaprezentowano na rysunku 5.

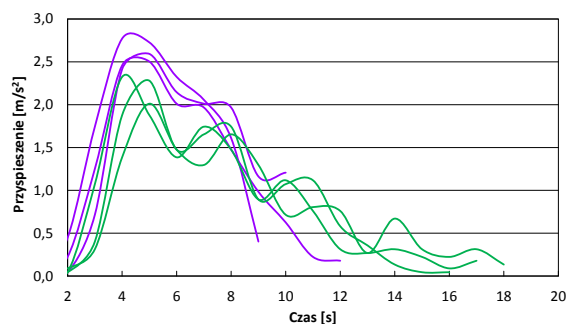
Na wykresach przedstawionych na rysunku 6 zawarto dla przykładu informacje na temat chwilowego przyspieszenia uzyskiwanego przez jeden z obiektów badań – samochód 2 – w trakcie stosowania dwóch odmiennych sposobów jego rozpędzania.

Maksymalne przyspieszenie tego pojazdu dla przejazdów agresywnych mieści się w zakresie $2,55\text{--}2,85 \text{ m/s}^2$, natomiast dla przejazdów normalnych jest nieco mniejsze, przyjmując wartości w granicach $2,00\text{--}2,45 \text{ m/s}^2$. Jako wyznacznik dynamiki rozpędzania samochodów badawczych przyjęto na potrzeby przedmiotowej analizy przyspieszenie uzyskane przez poszczególne pojazdy między 3 a 8 sekundą rozpędzania (tab. 2). Dodatkowo obliczono również średnie przyspieszenie dla całego okresu rozpędzania samochodów.



Rys. 5. Prędkość samochodu Skoda Fabia kombi jako funkcja czasu jazdy

Aby dokonać przedmiotowej w ramach niniejszego artykułu analizy obliczono w pierwszej kolejności – na podstawie zmierzonego stężenia CO_2 w każdym z rozpatrywanych przejazdów – masę całkowitą dwutlenku węgla wyemitowaną ze spalinami (rys. 7). Jak można zaobserwować masa CO_2 w przypadku przyspieszania samochodem 2 przy wykorzystaniu maksymalnie 3-go biegu (jazda normalna) i 4-go biegu (jazda agresywna) charakteryzuje się zbliżonymi wartościami. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że samochód przejechał w trakcie tych dwóch przejazdów inną drogę.

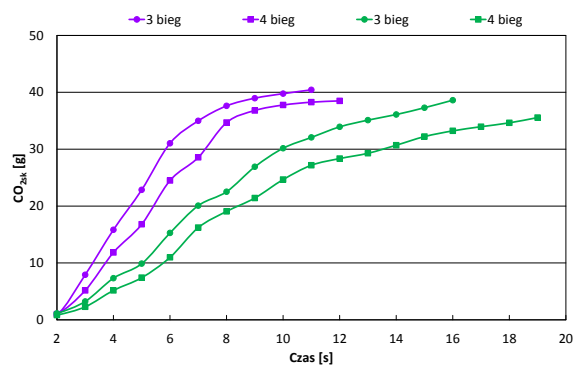


Rys. 6. Charakterystyki przyspieszania pojazdu jako funkcji czasu jazdy (Skoda Fabia kombi)

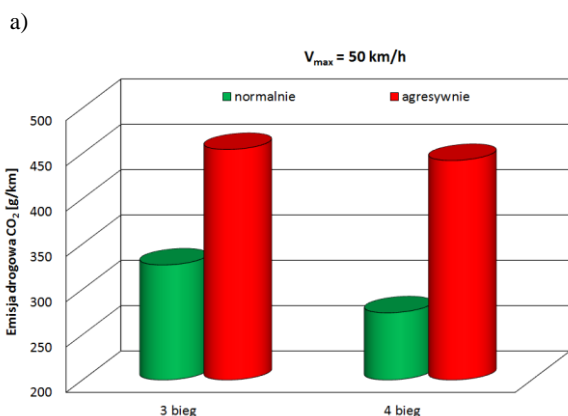
Tabela 2. Wartości przyspieszenia uzyskane w trakcie przejazdów (Skoda Fabia kombi)

	agresywnie 1	agresywnie 2	agresywnie 3	normalnie 1	normalnie 2	normalnie 3
V [m/s] (dla t = 3 s)	2,19	1,48	0,76	1,12	0,45	0,40
V [m/s] (dla t = 8 s)	13,68	11,89	11,89	9,92	9,48	8,23
$a_{3-8} [\text{m/s}^2]$	2,30	2,08	2,23	1,76	1,81	1,57
$a_{\text{średnie}} [\text{m/s}^2]$	1,76	1,26	1,58	0,88	0,91	0,81

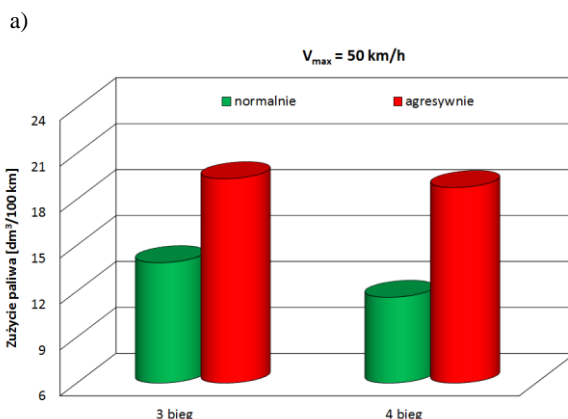
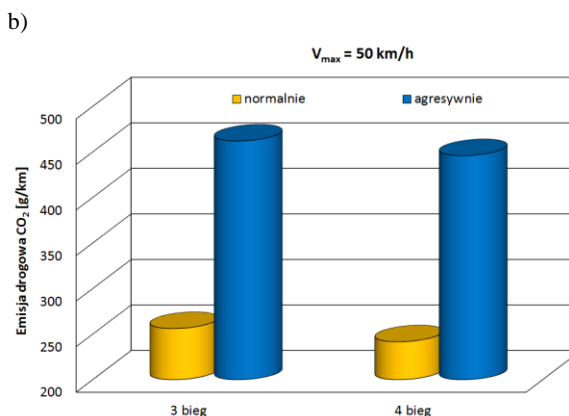
Na podstawie otrzymanej, w wyniku wcześniejszych obliczeń, skumulowanej emisji dwutlenku węgla (masy całkowitej) obliczono w dalszej kolejności emisję drogową tego szkodliwego związku spalin dla każdego przejazdu (rys. 8 i 10). Jak można zauważyć poszczególne sposoby przyspieszania pojazdem w zakresie zmienności zastosowanego przełożenia w skrzyni biegów oraz dynamiki rozpędzania cechują się bardzo odmienną specyfiką emisji drogowej CO₂. Łagodne przyspieszanie pojazdem skutkuje kilkukrotnie mniejszą drogową emisją dwutlenku węgla (2–3-krotną dla pojazdu z silnikiem ZI oraz 3–4-krotną dla pojazdu z silnikiem ZS).



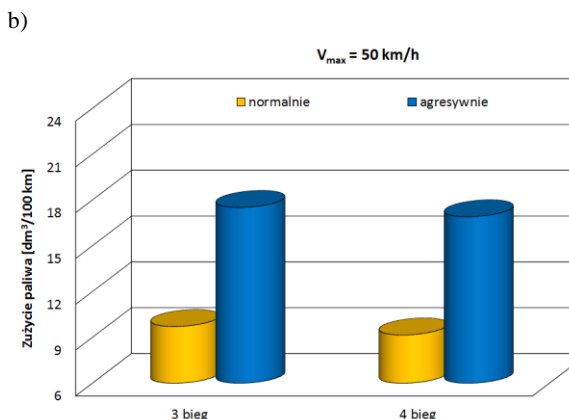
Rys. 7. Masa całkowita dwutlenku węgla jako funkcja czasu jazdy (Fabia ZS, $V_{\max} = 50$ km/h)



Rys. 8. Emisja drogową dwutlenku węgla dla $V_{\max} = 50$ km/h: a) Skoda Fabia ZI, b) Skoda Fabia ZS

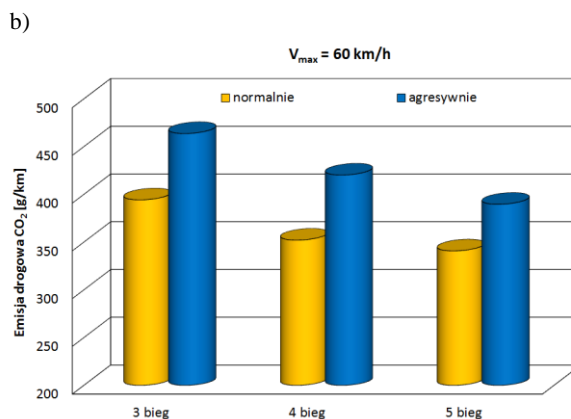
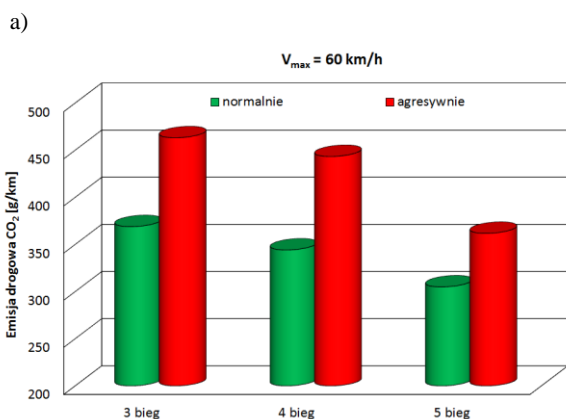


Rys. 9. Przebiegowe zużycie paliwa dla $V_{\max} = 50$ km/h: a) Skoda Fabia ZI, b) Skoda Fabia ZS

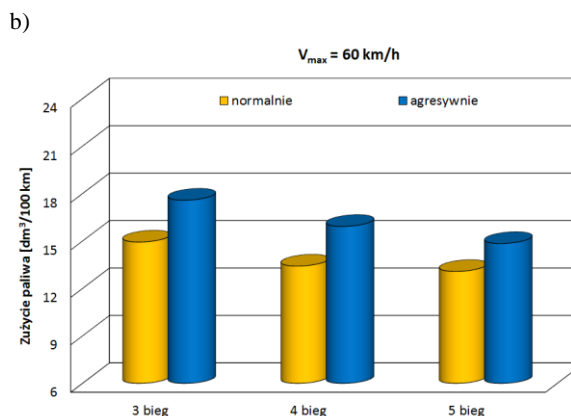
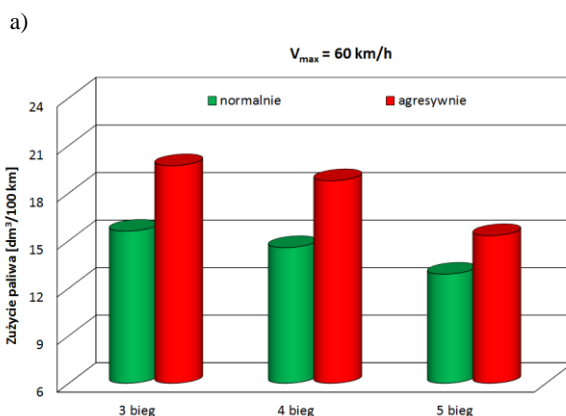


Ze względu na przewidzianą w niniejszym artykule ocenę również skutków energetycznych w wyniku zastosowania różnego sposobu rozpędzania obiektów badań – wykorzystując metodę bilansu masy węgla – obliczono wartości przebiegowe zużycia paliwa. Uzyskane w trakcie przeprowadzonych badań drogowych wartości tego zużycia paliwa dla prędkości maksymalnej równej 50 i 60 km/h zaprezentowano na rysunku 9 i 11. Wynika z niego, że pożądanymi sposobami rozpędzania pojazdów

ze względów energetycznych i ekologicznych (emisji CO₂) są przejazdy, w których zastosowano możliwie najwyższy bieg: 4. dla prędkości równej 50 km/h oraz 5. dla prędkości wynoszącej 60 km/h. Należy w tym miejscu podkreślić, iż widoczne bardzo duże wartości drogowej emisji CO₂ i przebiegowe zużycie paliwa wynikają z dynamicznych, niustalonych warunków pracy silników i dotyczą wyłącznie czasu rozpędzania pojazdów.

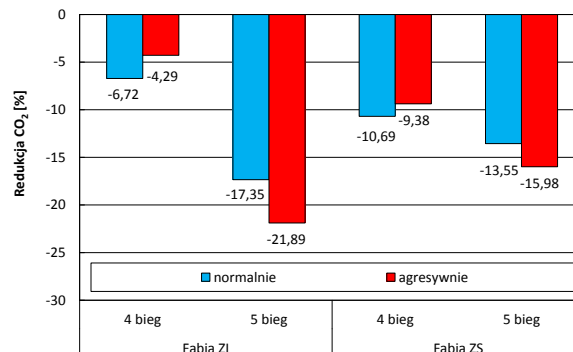


Rys. 10. Emisja drogowa dwutlenku węgla dla $V_{\max} = 60$ km/h: a) Skoda Fabia ZI, b) Skoda Fabia ZS

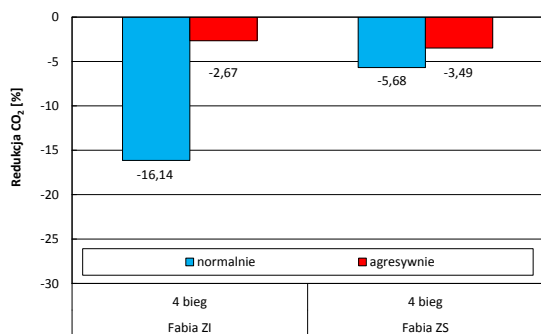


Rys. 11. Przebiegowe zużycie paliwa dla $V_{\max} = 60$ km/h: a) Skoda Fabia ZI, b) Skoda Fabia ZS

W celu wykazania dokładnych różnic w emisji drogowej dwutlenku węgla obliczono względną różnicę procentową emisji wobec stosowanego największego – spośród trzech analizowanych – przełożenia w skrzyni przekładniowej (3. bieg). W formie zbiorczej dla samochodu 1 i 2 oraz dwóch maksymalnych prędkości jazdy zaprezentowano to na rysunkach 12 i 13. Z zestawienia wynika, że należy stosować wyższy bieg, przy jednocześnie mniejszej wartości prędkości obrotowej silnika pojazdu. Dotyczy to zwłaszcza przypadku, w którym $V_{\max} = 60$ km/h oraz zastosowano 5. bieg. Z przeprowadzonych badań wynika, że redukcja emisji CO₂ wynosi wtedy przynajmniej około 14% (rys. 13).



Rys. 13. Różnice w emisji drogowej CO₂ względem trzeciego biegu dla $V_{\max} = 60$ km/h



Rys. 12. Różnice w emisji drogowej CO₂ względem trzeciego biegu dla $V_{\max} = 50$ km/h

4. Podsumowanie

Wykonane badania dostarczyły cennych informacji na temat ilościowej emisji dwutlenku węgla do atmosfery w dynamicznych warunkach ruchu drogowego. W artykule przedstawiono ocenę skutków ekologicznych – emisji CO₂ i nakładów energetycznych – wielkość zużycia paliwa w zależności od przyjętego sposobu i dynamiki rozpędzania pojazdów do zamierzonej maksymalnej prędkości jazdy. Wykonane badania drogowe samochodów osobowych w rzeczywistych warunkach ich eksploatacji wskazały na znaczący wpływ stosowanego przez kierowcę stylu rozpędzania pojazdu na

emisję dwutlenku węgla w spalinach oraz przebiegowe zużycie paliwa, określane na podstawie m.in. emisji drogowej CO₂.

Analizując wyniki pomiarów należy wskazać na znaczny spadek wartości emisji drogowej dwutlenku węgla oraz zużycia paliwa w wyniku zastosowania mniejszych przełożeń w skrzyni przekładniowej (wyższych biegów) w trakcie przyspieszania, i to zarówno w przypadku jazdy normalnej, jak i agresywnej. Na drogach dość często można zaobserwować zbyt długie stosowanie przez kierowców niższych biegów – duża prędkość obrotowa silnika – w trakcie ruszania pojazdem z miejsca. Mając na uwadze wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych badań warto podkreślić, że może to nie tylko wpływać negatywnie na ekonomię eksploatacji pojazdów silnikowych – wielkość zużycia paliwa, ale także na środowisko naturalne.

Wykonane badania były badaniami wstępnymi. Aby pełniej określić wpływ wybranego przełożenia

w skrzyni biegów na właściwości ekologiczne i energetyczne pojazdu w trakcie jego rozpędzania należy poszerzyć badania. Kierunkiem dalszych prac będzie między innymi przeprowadzenie badań toksyczności spalin większej liczby pojazdów, w tym pojazdów innych kategorii homologacyjnych (LDV – *Light Duty Vehicle*, HDV – *Heavy Duty Vehicle*). W trakcie prowadzenia pomiarów w warunkach drogowych dysponowano stosunkowo ograniczonym czasem rozpędzania samochodów badawczych, do prędkości 60 km/h. Wpłynęły na ten fakt względy infrastrukturalne. Dlatego też kierunkiem dalszych prac będzie również przeprowadzenie pomiarów na dłuższym odcinku testowym, dzięki czemu będzie możliwość uzyskania większych prędkości jazdy.

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki – projekt badawczy promotorski (umowa nr 5623/B/T02/2011/40).

Nomenclature/Skróty i oznaczenia

DOC	Diesel Oxidation Catalyst/ <i>utleniający reaktor katalityczny dla silników ZS</i>	NDUV	Non-Dispersive Ultraviolet/ <i>analizator niedispersyjny na promieniowanie ultrafioletowe</i>
FID	Flame Ionization Detector/ <i>analizator płomieniowo-jonizacyjny</i>	OBD	On-Board Diagnostics/ <i>system diagnostyki pokładowej pojazdu</i>
GPS	Global Positioning System/ <i>system nawigacji satelitarnej</i>	PC	Passenger Car/ <i>samochód osobowy</i>
HDV	Heavy Duty Vehicle/ <i>pojazd ciężarowy</i>	PDE	niem. Pumpe Düse Einheit/ <i>pompowtryskiwacz</i>
LDV	Light Duty Vehicle/ <i>lekki pojazd użytkowy</i>	PEMS	Portable Emissions Measurement System/ <i>aparatura mobilna do badań toksyczności spalin</i>
MPI	Multi Point Injection/ <i>system wtrysku wielopunktowego</i>	TWC	Three Way Catalyst/ <i>trójfunkcyjny reaktor katalityczny</i>
NDIR	Non-Dispersive Infrared/ <i>analizator niedispersyjny na podczerwień</i>		

Bibliography/Literatura

- [1] Commission of the European Communities. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council: Setting emission performance standards for new light commercial vehicles as part of the Community's integrated approach to reduce CO₂ emissions from light-duty vehicles. COM(2009)593 final, 2009/0173(COD). Brussels, 28.10.2009.
- [2] Engeljehring K.: Automotive Emission Testing and Certification: Past, Present and Future. Current and future trends in Automotive emissions, fuels, lubricants and test methods, Bielsko-Biała, 25.05.2011.
- [3] Gao Y., Checkel M.D.: Emission Factors Analysis for Multiple Vehicles Using an On-Board, In-Use Emissions Measurement System. SAE Technical Paper Series 2007-01-1327, 2007.
- [4] Merkisz J., Pielecha J.: The on-road exhaust emissions characteristics of SUV vehicles fitted with diesel engines. Combustion Engines, No. 2, 2011.
- [5] Merkisz J., Radzimirski S.: Stan obecny i przewidywane zmiany w europejskich przepisach o emisji zanieczyszczeń z samochodów ciężarowych i autobusów. Transport Samochodowy, nr 2, 2009.
- [6] Pander J.: Wie öko kann ein E-Auto sein? Automobilwoche Sonderbeilage 125 Jahre Automobil, 12-27.06.2011.
- [7] Rozyn M., Zhang N., Dissanayake G.: Identification of Inertial Parameters of an On-Road Vehicle, SAE Technical Paper Series 2007-01-2220.
- [8] Rubino L., Bonnel P., Carriero M., Krasenbrink A.: Portable emission measurement system (PEMS) for heavy duty diesel vehicle PM measurement: the European PM PEMS program. SAE Technical Paper Series 2009-24-0149.

-
- [9] Sato S., Yamamoto T., Ogawa Y., Fukuro N.: Research on Measurement Method of Road Gradient and Altitude by On-Road Driving. SAE Int. J. Fuels Lubr. 2(1): 531-540, 2009.
- [10] Shahinian V.D.: SENSOR Tech-CT Update Application Software for SEMTECH Mobile Emission Analyzers. Sensors 4th Annual SUN (SEMTECH User Network) Conference, 22.10.2007.
- [11] Smith D., Hodgson J.: Application of Signal Reconstruction to On-Road Emissions Test-
ing. SAE Technical Paper Series 1999-01-1462.
- [12] Toy E.: The Distribution of Vehicle Mass in the On-Road Fleet of Passenger Vehicles. SAE Technical Paper Series 2004-01-1161.
- [13] Vermeulen R.J.: The effects of a range of measures to reduce the tail pipe emissions and/or the fuel consumption of modern passenger cars on petrol and diesel. TNO report, IS-RPT-033-DTS-2006-01695.

Mr Jerzy Merkisz, DSc., DEng. – Professor in the Faculty of Machines and Transportation at Poznan University of Technology.

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz – profesor na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Mr Jacek Pielecha, DSc., DEng. – Doctor in the Faculty of Working Machines and Transportation at Poznań University of Technology.

Dr hab. inż. Jacek Pielecha – adiunkt na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.



Mr Maciej Andrzejewski, MSc, Eng. – PhD student in the Faculty of Machines and Transportation at Poznan University of Technology.

Mgr inż. Maciej Andrzejewski – doktorant na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

