

*układ start-stop, testy drogowe,
emisja składników toksycznych,
zużycie paliwa*

Jerzy MERKISZ¹
Ireneusz PIELECHA¹
Jacek PIELECHA¹
Kamil BRUDNICKI²

EKOLOGICZNOŚĆ POJAZDÓW Z SYSTEMEM START/STOP W RZECZYWISTYCH WARUNKACH RUCHU MIEJSKIEGO

W artykule przedstawiono rezultaty z badań emisji związków szkodliwych z silnika oraz zużycia paliwa pojazdu wyposażonego w układ Start/Stop w rzeczywistych warunkach ruchu miejskiego. Testy dla różnych typów przejazdów wykonywano na odcinkach kilkudziesięciu kilometrów w różnych warunkach drogowych. Do pomiarów stężenia związków toksycznych wykorzystano mobilny analizator do badań toksyczności SEMTECH DS firmy SENSORS. Analizator umożliwiał pomiar stężenia związków szkodliwych, mierząc jednocześnie masowe natężenie spalin. W efekcie otrzymanych wyników, określony został sens stosowania układów wyłączających silnik w warunkach ruchu miejskiego.

REAL TRAFFIC EXHAUST EMISSIONS FROM VEHICLES FITTED WITH A START/STOP SYSTEM

The paper presents the results of on-road (city traffic) exhaust emission and fuel consumption tests related to a vehicle fitted with a start/stop system. The tests of different types of vehicle cruise cycles were performed on road portions of several kilometers under different traffic conditions. For the tests a portable exhaust analyzer SEMTECH DS was used. It measured the concentrations of the exhaust components and the exhaust gas mass flow. As a result the authors determined the usefulness of the engine disengaging systems in vehicles under the conditions of city traffic.

¹ 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

¹ 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: Ireneusz.Pielecha@put.poznan.pl

¹ 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

² Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3.
dyplomant specjalności Ekologia Transportu. E-mail: kamil85pp@wp.pl

1. WSTĘP

Światowy przemysł motoryzacyjny podlega obecnie wielkim zmianom związanym z takimi problemami jak: skażenie środowiska naturalnego, globalne ocieplenie, produkcja odpadów czy starzenie się społeczeństw krajów rozwiniętych. Dlatego też na pierwsze miejsce wysunęły się aspekty związane z ochroną środowiska naturalnego.

W ciągu ostatnich kilku lat coraz więcej uwagi poświęca się technice hybrydowej. Układ hybrydowy definiowany jest jako napęd, w którym współdziałają dwa różne źródła energii lub dwa różne źródła napędu. Współcześnie produkowane hybrydowe pojazdy elektryczne (HEV) można podzielić na trzy klasy, różniące się funkcjonalnością: *micro hybrid*, *mild* oraz *full hybrid* [5, 7].

Ze względu na stosunkowo małą moc dodatkowego (wtórnego) źródła energii do grupy *micro hybrid* zaliczane są systemy Start/Stop. Ich zadaniem jest automatyczne wyłączenie silnika spalinowego w czasie każdego postoju pojazdu. Aby do tego doszło jednocześnie musi być spełniony szereg niezbędnych warunków. Ponowne włączenie silnika następuje, gdy kierowca chce kontynuować jazdę. Układy Start/Stop powodują znaczące oszczędności w zużyciu paliwa – średnio w ruchu miejskim 10%, a w szczególnie niekorzystnych warunkach eksploatacji, jak np. jazda w zatłoczonych miastach, nawet do 20% [1, 2, 4, 6].

Do tej pory takie rozwiązanie wprowadziła większość światowych producentów samochodów osobowych, choć znane są również zastosowania w pojazdach ciężarowych. Jednakże równocześnie pojawiło się wiele pytań dotyczących emisji szkodliwych składników spalin z silników takich samochodów [3, 8]. Inspiracją badań było uzasadnienie celowości stosowania układów Start/Stop oraz uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy wraz z ograniczeniem zużycia paliwa następuje obniżenie emisji związków szkodliwych z silnika pojazdu wykorzystującego układ Start/Stop. Podstawą przeprowadzonych pomiarów był ich rzeczywisty charakter, czyli badania drogowe w warunkach jazdy miejskiej.

2. METODYKA BADAWCZA

Badaniom poddano samochód osobowy (Mercedes A 150 BlueEFFICIENCY) wyposażony w funkcję Start-Stop, którego podstawowe dane techniczne przedstawiono w tab. 1, a widok z zamontowaną aparaturą badawczą na rys. 1. Pomiary emisji spalin w warunkach drogowych zostały wykonane w rzeczywistych warunkach ruchu miejskiego w Poznaniu. Dla lepszego odzwierciedlenia warunków rzeczywistych, wyznaczono dwie trasy przejazdu: trasę 1 – wokół Jeziora Maltańskiego (szybszą i z mniejszą ilością sygnalizacji świetlnej) oraz trasę 2 – pętla przez ścisłe centrum miasta Poznania (rys. 2). Badania przeprowadzone zostały w godzinach południowych w czasie umiarkowanego ruchu pojazdów. Warunki tak dobrano, aby w krótkim czasie nie uległy drastycznym zmianom i istniała możliwość porównania emisji związków szkodliwych pojazdu podczas dwóch przejazdów. Badania polegały na pomiarze stężenia związków szkodliwych (CO, CO₂, HC, NO_x) oraz wydatku spalin dla przejazdu z włączonym i wyłączonym układem Start/Stop, a następnie z wykorzystaniem danych z systemu diagnostycznego określeniu emisji drogowej tych związków [42].

Badania zostały przeprowadzone z wykorzystaniem mobilnego analizatora do badań toksyczności SEMTECH DS firmy SENSORS. Dzięki analizatorowi istnieje możliwość pomiaru stężenia związków szkodliwych i równocześnie masowego natężenia przepływu

spalin. Do jednostki centralnej analizatora doprowadzono bezpośrednio dane przesyłane z systemu diagnostycznego pojazdu oraz wykorzystano sygnał lokalizacji GPS [9].

Tab. 1. Parametry techniczne badanego pojazdu

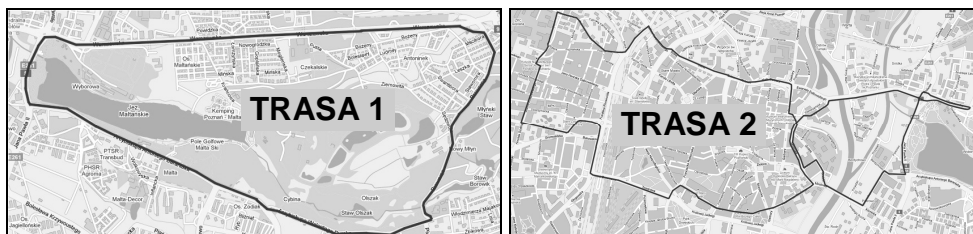
Wielkość	Wartość
Silnik	A 150
Liczba cylindrów, położenie	4, rzędowo
Pojemność [cm ³]	1498
Stopień sprężania [-]	11,0
Moc maksymalna: [kW przy obr/min]	70 przy 5200
Maks. moment obrotowy: [N·m przy obr/min]	140 przy 3500-4000
Prędkość maksymalna [km/h]	175
Przyspieszenie [s]: 0-100 km/h	12,6
Zużycie paliwa [dm ³ /100 km] cykl miejski / cykl pozamiejski / cykl mieszany	7,4-7,8 / 5,1-5,5 / 5,8-6,2*
Emisja CO ₂ [g/km]	139-149*
Rozrusznik	1 – klasyczny, dużej mocy 2 – rozruszniko-alternator
Alternator	rozruszniko-alternator (maszyna elektryczna)
Akumulator	główny (klasyczny 70 A·h), pomocniczy (12 A·h)
Skrzynia biegów	manualna, 5-stopniowa
Norma emisji spalin	Euro 5

* Dane dotyczące zużycia paliwa mają charakter porównawczy, są uzyskane na stanowisku pomiarowym wg. normy 80/1268/EEC ostatnio zmienionej przez 204/3/EEC. Wartości rzeczywiste mogą być wyższe.



Rys. 1. Widok pojazdu podczas badań z zamontowanym analizatorem SEMTECH DS

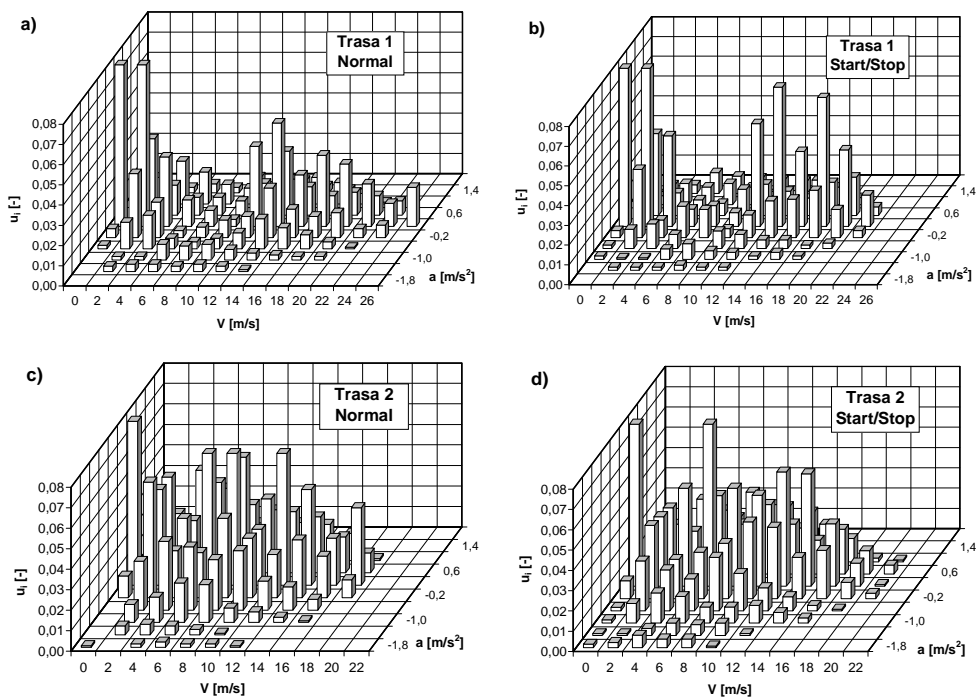
W badaniach wykorzystano pomiary emisji związków toksycznych, a także w celach porównawczych rejestrowano sygnały z pokładowego systemu diagnostycznego (OBD), m.in. prędkość obrotową silnika (n), obciążenie (Z), prędkość pojazdu (V). Niektóre z tych sygnałów posłużyły do określenia mapy gęstości czasowej udziału czasu pracy (u_i) pojazdu w warunkach rzeczywistej eksploatacji.



Rys. 2. Zaznaczone trasy przejazdu pojazdu podczas badań emisyjności (TRASA 1 – obszary miejskie, TRASA 2 – centrum miasta)

3. WYNIKI BADAŃ EMISJI SPALIN W WARUNKACH DROGOWYCH

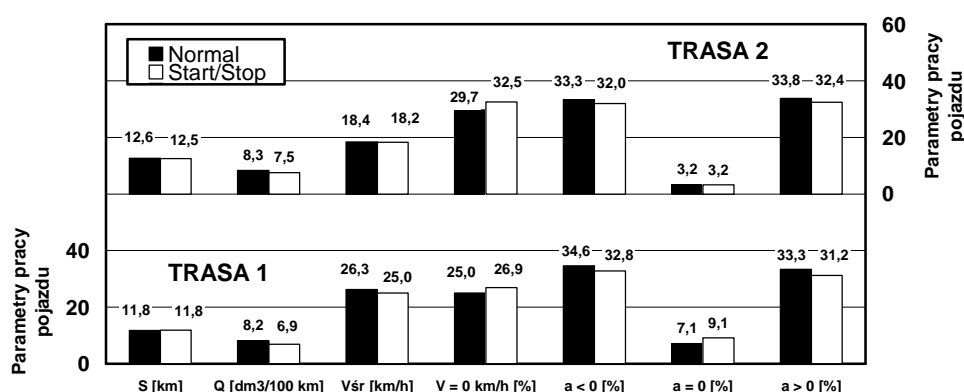
W celu stwierdzenia podobieństwa wykonanych przejazdów, zostały porównane udziały czasu pracy silnika jako zależność prędkości i przyspieszenia (a) pojazdu (rys. 3). Dla obu przejazdów na trasie 1 największy udział pracy silnika w badanych warunkach ruchu przypada na obszar minimalnych i średnich prędkości pojazdu oraz minimalnego przyspieszenia. Dla trasy 2 (przejazdy przez centrum miasta) udział pracy silnika jest bardziej równomiernie rozłożony w całym przedziale prędkości dla niewielkich i średnich przyspieszeń.



Rys. 3. Udziały czasu pracy pojazdu w przedziałach prędkości i przyspieszenia: a) trasa 1 – Normal, b) trasa 1 – Start/Stop, c) trasa 2 – Normal, d) trasa 2 – Start/Stop

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż pomiary były prowadzone w warunkach rzeczywistego ruchu miejskiego: a więc w bardzo zmiennych i niejednorodnych. Mimo to, po porównaniu przedstawionych danych można stwierdzić, że przejazdy na poszczególnych trasach charakteryzowały się dużym podobieństwem warunków dynamicznych ruchu. Choć udziały czasu pracy pojazdu nieznacznie różniły się od siebie, to ogólna tendencja charakterystyk została zachowana.

Dodatkowo wykonano także porównanie zakresów występowania przyspieszenia, stałej prędkości pojazdu, hamowania pojazdem oraz zatrzymania, prędkości średniej, średniego zużycia paliwa (Q) i długości trasy (S) (rys. 4). Różnice okazały się niewielkie i dzięki temu możliwe było porównanie emisyjności tych dwóch rodzajów przejazdu.

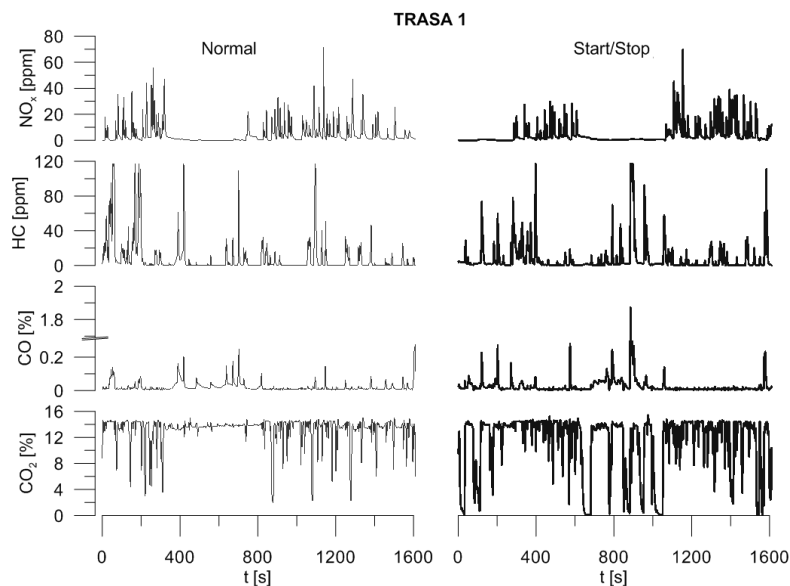


Rys. 4. Porównanie warunków jazdy pojazdu podczas badań drogowych na dwóch trasach przejazdu w trybie Normal oraz Start/Stop

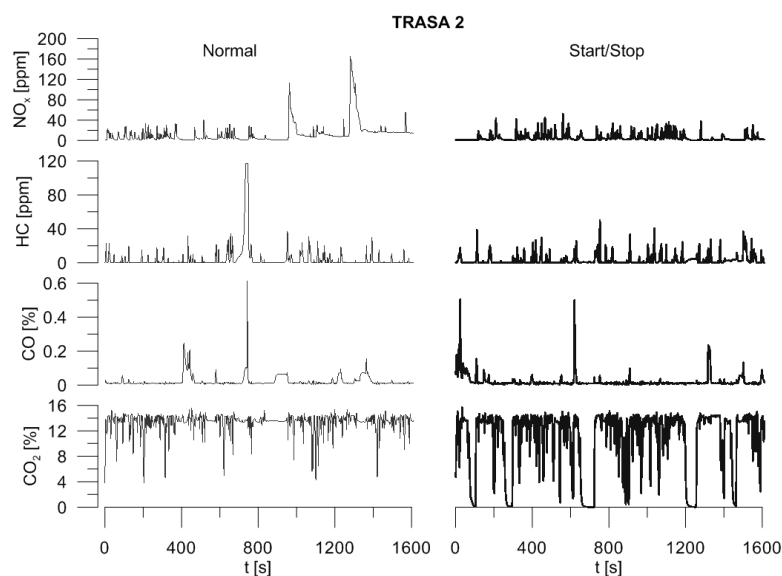
Zarejestrowane wartości stężenia oraz obliczoną (na podstawie wydatku spalin) emisję szkodliwych składników spalin CO₂, CO, HC i NO_x zaprezentowano dla porównania wszystkich wykonanych przejazdów na tle czasu ich trwania (rys. 5–6). Głównie są one zależne od charakterystyki przejazdu. Stężenia dwutlenku węgla są ściśle związane ze zużyciem paliwa, przyspieszaniem i hamowaniem pojazdu. Przejazdy z włączonym systemem Start/Stop charakteryzują się tym, iż w czasie jego wyłączenia stężenie dwutlenku węgla zmniejsza się do zera. Prawie stała charakterystyka podczas przejazdu trasy 1 w trybie Normal oznacza jazdę w czasie dużego nasilenia ruchu (częste zatrzymania, korki). Ten sam odcinek podczas jazdy z systemem Start/Stop wyróżniają częste wyłączenia silnika. Oba przejazdy cechuje duża zmienność przebiegów.

Stężenia tlenu węgla są znaczne w całych przejazdach i zmieniają się w bardzo niewielkich granicach. Jednocześnie krótki jest czas bardzo dużego stężenia CO (między innymi podczas dużego obciążenia silnika), na co wpływ ma praca reaktora katalitycznego. Natomiast dla przejazdów trasy 1 oraz 2 w trybie Start/Stop stężenie drastycznie wzrasta w czasie ponownego rozruchu silnika (rys. 5 i 6). Wiąże się to również z obniżaniem temperatury reaktora katalitycznego podczas postoju z wyłączonym silnikiem. Stężenie

węglowodorów jest analogiczne do przebiegu CO. Ich wielkość jest jednak zdecydowanie mniejsza niż tlenku węgla. Stężenia tlenków azotu są skorelowane z prędkością pojazdu, a przebieg



Rys. 5. Stężenie składników spalin podczas przejazdu trasy 1

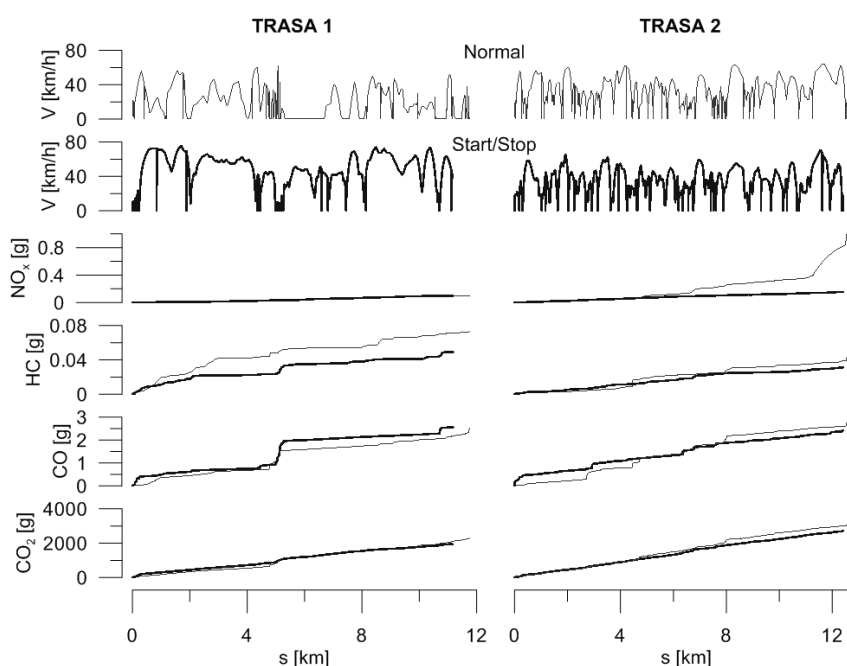


Rys. 6. Stężenie składników spalin podczas przejazdu trasy 2 (centrum miasta)

jest zgodny z tendencją zmian stężenia dwutlenku węgla. Ich wielkość jest ściśle związana również ze stanem cieplnym silnika, który zmienia się w zależności od fazy ruchu. Na postoju lub wyłączonym silniku temperatura zmniejsza się – stężenie tlenków azotu jest również mniejsze.

Z porównania przedstawionego na rys. 7 wynika, że łączna skumulowana masa wyemitowanego dwutlenku węgla jest większa dla przejazdów przez centrum miasta (trasa 2), niezależnie od trybu jazdy. Równocześnie z tego zestawienia wynika także, że przejazdy z włączonym układem Start/Stop charakteryzują się mniejszą skumulowaną emisją CO₂ dla poszczególnych tras. Skumulowana wartość emisji CO₂ dla przejazdu trasa 1 Normal osiąga 2283 g i 1933 g dla trasy 1 Start/Stop, natomiast dla trasy 2 Normal 3099 g i 2702 g dla trasy 2 Start/Stop. Przebieg skumulowanej wartości emisji CO₂ ma niemal liniowy charakter dla przejazdów z włączonym układem Start/Stop. Inaczej prezentuje się przebieg dla przejazdów w trybie Normal. Widoczne są gwałtowne wzrosty wartości skumulowanej emisji, a związane są one z warunkami panującymi na trasie badań. Taki skok oznacza, że pojazd w tym miejscu się nie poruszał, a silnik pracował i emitował CO₂ czyli zużywał paliwo. W takim przypadku wyłączenie silnika jest rozwiązaniem bardziej korzystnym.

Mniejsza skumulowana wartość emisji dwutlenku węgla ma oczywiście zasadniczy wpływ na zużycie paliwa podczas badań. Jak już to zostało przedstawione poprzednio (rys. 4), dla przejazdów w trybie Start/Stop uzyskano mniejsze przebiegowe zużycie paliwa. Dla trasy 1 zmniejszyło się ono z 8,2 do 6,9 dm³/100 km, a dla trasy 2 (centrum miasta) z 8,3 do 7,5 dm³/100 km.



Rys. 7. Emisja spalin podczas dwóch tras przejazdu na tle profili prędkości

Łączna skumulowana masa tlenku węgla wyemitowana podczas badań (rys. 7) jako jedyna jest niekorzystnym wynikiem działania układu Start/Stop. Dla trasy 1 w trybie Normal osiąga ona wartość 2508 mg, a dla przejazdu Start/Stop 2553 mg. W dużej mierze emisja CO zależy od obciążenia pojazdu, ale również decydujący wpływ na jej wielkość ma ilość uruchomień silnika oraz stan cieplny reaktora katalitycznego. Obserwowany gwałtowny wzrost wartości skumulowanej emisji dla przejazdu trasy 1 w trybie Start/Stop to efekt jazdy w korku ulicznym i bardzo częstych wyłączeń silnika. Choć w tym przypadku skumulowana wartość emisji CO dla przejazdów trasy 2 w obu trybach (Normal i Start/Stop) wyniosła odpowiednio 2779 mg i 2412 mg, to prawdopodobna jest sytuacja, iż dla większej liczby ponownych uruchomień silnika, wartości tej emisji będą większe dla przejazdów w trybie Start/Stop.

Zgodnie z porównaniem łącznej skumulowanej masy węglowodorów wyemitowanych w trakcie testów wynika, że wartości tej emisji są większe dla trasy 1, niezależnie od trybu jazdy. Związane jest to z faktem, że trasa ta jest trasą szybszą, a zatem osiągane są większe prędkości jazdy pojazdem i wyższe prędkości obrotowe silnika. Są to sprzyjające warunki zwiększonej emisji węglowodorów. Skumulowana wartość emisji HC dla przejazdu trasy 1 w trybie Normal osiąga 72 mg i 49 mg dla Start/Stop, natomiast dla trasy 2 Normal 43 mg i 31 mg dla Start/Stop.

Z porównania wynika, że otrzymano niemal identyczną wartość skumulowanej masy tlenków azotu wyemitowanej podczas jazdy na trasie 1, dla obu trybów. Wartość ta osiągnęła poziom 98 mg. W tej sytuacji system Start/Stop nie ma znaczącego wpływu na wielkość emisji NO_x . Zupełnie inaczej przedstawia się to dla przejazdu przez centrum miasta (trasa 2). W trybie Normal (trasa 2) skumulowana masa emisji NO_x osiąga drastyczną wartość 1,003 g, a dla trasy 2 Start/Stop 0,151 g. W tym przypadku wyłączenia silnika dzięki układowi Start/Stop, powodując brak procesu spalania, znacząco wpłynęły na obniżenie skumulowanej masy emitowanych tlenków azotu.

4. ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wykorzystując wartości skumulowanej emisji związków szkodliwych oraz wartości rejestrowanych danych, określono emisję drogową dla każdego związku szkodliwego i porównano ją dla poszczególnych trybów przejazdu. Dzięki temu otrzymano zależności, wskazujące na to, że podczas pokonywania trasy 1 tylko emisja tlenku węgla została przekroczona w stosunku do trybu pracy Normal, emisja tlenku azotu osiągnęła ten sam poziom, a wartości emisji drogowej pozostałych związków (węglowodorów i dwutlenku węgla) były niższe. Z porównania wynika także, że dla trasy 2, czyli biegnącej przez centrum miasta, wartości emisji drogowej wszystkich związków szkodliwych były niższe dla trybu pracy Start/Stop. Działający system Start/Stop skutecznie wpłynął na obniżenie emisyjności pojazdu.

Wykorzystując wartości emisji drogowej związków szkodliwych, przeliczono ją na emisję względną dla poszczególnych trybów przejazdu. Za emisyjność bazową (100%) przyjęto emisję podczas pracy w trybie Normal (system Start/Stop deaktywowany). Porównanie to wskazuje na wymierne korzyści ze stosowania układu Start/Stop. Dla trasy 1 emisja względna CO jest o 1,4% większa dla trybu pracy Start/Stop, a emisje NO_x są na tym samym poziomie. Pozostałe emisje, HC i CO_2 , są niższe w stosunku do trybu Normal odpowiednio o 33,3% i 15,8%. Dla przejazdu trasy wiodącej przez centrum miasta (trasa 2)

otrzymano następujące wartości emisji względnej: tryb Start/Stop charakteryzuje się mniejszą o 12,7% emisją CO, mniejszą o 15% emisją HC, mniejszą o 85% emisją NO_x i o 11,7% mniejszą emisją CO₂.

Porównanie emisyjności przejazdów w trybach Normal i Start/Stop wskazuje na korzyści płynące ze stosowania układów Start/Stop. Z analizy danych wynika, że wartości emisji w teście drogowym różnią się między sobą w zależności od trybu pracy pojazdu. Zestawienie wykonano zarówno dla emisji drogowej poszczególnych związków szkodliwych jak i dla przebiegowego zużycia paliwa wyrażonego w dm³/100 km. W tabeli 2 przedstawiono wyniki porównania systemu Normal i Start/Stop.

Tab. 2. Zestawienie wyników badań układu Start/Stop

Trasa	Tryb pracy	Emisja związków szkodliwych [g/km]				Przebiegowe zużycie paliwa [dm ³ /100 km]
		CO ₂	CO	HC	NO _x	
Trasa 1	Normal	194	0,213	0,006	0,008	8,17
	Start/Stop	164	0,216	0,004	0,008	6,88
Różnica		30	-0,003	0,002	0,0	1,29
Oszczędność		15,8%	-1,4%	33,3%	0,0%	15,8%
Trasa 2	Normal	245	0,221	0,004	0,080	8,28
	Start/Stop	216	0,193	0,003	0,012	7,53
Różnica		29	0,028	0,001	0,068	0,75
Oszczędność		11,7%	12,7%	15%	85%	9%

5. PODSUMOWANIE

Nieustanne zainteresowanie układami Start/Stop i ich rozwój są podyktowane między innymi regulacjami unijnymi, dotyczącymi limitów emisyjności. Obowiązują one wszystkie marki samochodów. Przepisy emisyjne CO₂ w Europie mają wynosić do 2012 roku 130 g/km, a do 2015 roku 125 g/km. Jest to oczywiście pozytywna polityka i świadczy ona o coraz większej świadomości społeczeństwa na temat zagrożeń środowiska płynących z ludzkiej działalności (rys. 5.1).

Rosnąca liczba pojazdów na świecie oraz zanieczyszczenie środowiska naturalnego powoduje wzrost wymagań w zakresie emisji szkodliwych składników spalin. Według zapewnień wiodących producentów pojazdów osobowych, układy Start/Stop mają skutecznie ograniczać zarówno emisję związków szkodliwych, jak i zużycie paliwa. Analizując wyniki przeprowadzonych badań, należy stwierdzić, iż powyższa teza postawiona przez producentów jest słuszna. Przejazd tej samej trasy samochodem z włączonym systemem Start/Stop, charakteryzował się znacznie mniejszą emisyjnością oraz mniejszym zużyciem paliwa w porównaniu do przejazdu z wyłączonym układem. Oszczędność ta osiągnęła poziom 15% na jednej z tras (zbliżone dane podaje także producent).

Zgodnie z zapewnieniami producentów pojazdów praca układu Start/Stop jest zupełnie nieodczuwalna dla kierowcy, co więcej, podnosi komfort jazdy – nie powoduje hałasu i wibracji podczas postoju. W warunkach, w których prowadzono pomiary, nie wystąpiły także żadne problemy z działaniem systemu – zawsze kiedy była możliwość silnik był wyłączany. Ponadto – wbrew temu co twierdzą producenci – badania były prowadzone

przy włączonej klimatyzacji, co nie wpłynęło na pracę całego układu. Zapewniony był komfort klimatyczny w samochodzie, przy jednoczesnym zmniejszeniu emisji związków szkodliwych i zużycia paliwa.

Porównując pojazd konwencjonalny z wyposażonym w system Start/Stop, należy również wziąć pod uwagę czynnik ekonomiczny. Większość producentów już nie wymaga dodatkowych dopłat do samochodów z tym systemem i traktuje go, jako jego standardowe wyposażenie. Układy Start/Stop generują zatem korzyści ekonomiczne i ekologiczne już od początku ich eksploatacji. Jednocześnie, przy określonych warunkach ruchu, korzyści te mogą być jeszcze większe, niż uzyskane podczas badań.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Beer J., Teulings W.: *Optimized Start Strategy for Stop/Start Operation of a μ -Hybrid Vehicle*, SAE Technical Paper 2007-01-0298.
- [2] Bishop J., Nedungadi A., Ostrowski G., Surampudi B., Armiroli P., Taspinar E.: *An Engine Start/Stop System for Improved Fuel Economy*, SAE Technical Paper 2007-01-1777.
- [3] Dhand A., Cho B., Walker A., Muncey A., Kok D., Karden E., Hochkirchen T.: *Stop-Start Micro Hybrid: An Estimation of Automatic Engine Stop Duration in Real World Usage*, SAE Technical Paper 2009-01-1336.
- [4] Dzida J., Dzida J.M.: *Analiza możliwości zbudowania systemu START-STOP w oparciu o mechaniczny rozrusznik-alternator typu sprężystego*, Combustion Engines, Nr 3(138), 2009.
- [5] Gilberti V.E.: *Pneumatic Start-Stop System*, SAE Technical Paper 2007-01-2767.
- [6] Kuang M.L.: *An Investigation of Engine Start-Stop NVH in a Power Split Powertrain Hybrid Electric Vehicle*, SAE Technical Paper 2006-01-1500.
- [7] Merkişz J., Pielecha I.: *Alternatywne napędy pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2006.
- [8] Müller S., Beidl C.: *Analysis of the Start-Up Behavior of a DI Gasoline Engine as a Way to Optimize Start-Stop Systems*, 9th International Symposium on Combustion Diagnostics, 8-9 June 2010, Baden-Baden, Germany.
- [9] Quan H.: *ARB's Stockton Heavy-Duty Vehicle Laboratory and Portable Emission Monitoring System (PEMS) Activities*. Sensors 5th Annual SUN (SEMTECH User Network) Conference, 25-26.09.2008.