

Jerzy MERKISZ  
Jacek PIELECHA  
Paweł FUĆ  
Mateusz NOWAK

PTNSS–2013–SC–142

## Assessment of vehicle emission indicators for diverse urban microinfrastructure

**Abstract:** Estimation of vehicles emission parameters is closely related to the real operating conditions of their drive systems. Operating conditions of internal combustion engines are mostly the result of a will to move by passenger cars users (or they result from the transport tasks for LCV and HDV). This paper contains a discussion on the route selection at the micro level. There is an consideration example of choosing better way of leaving a car park with the use of two alternative routes: the shorter – containing road microinfrastructure elements, resulting in a lower speed, and longer – without these elements what allows to make the traffic flow more fluently. There is assesment of a vehicle operation conditions, the exhaust emissions and fuel consumption.

**Keywords:** exhaust emission, fuel consumption, on-road test

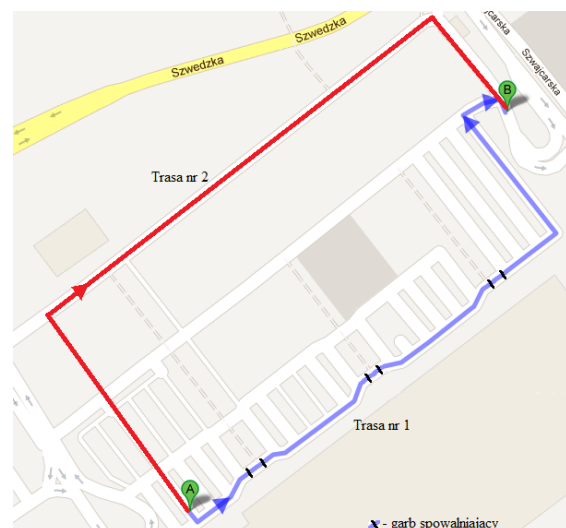
### Ocena parametrów emisyjnych pojazdu dla zróżnicowanej mikroinfrastruktury miejskiej

**Streszczenie:** Szacowanie parametrów emisyjnych pojazdów jest ściśle związane z warunkami pracy ich układów napędowych. Warunki pracy silników spalinowych zależą od obciążenia układu napędowego, co zależy m. in. od trasy przejazdu uczestników ruchu samochodami osobowymi (lub wynika z zadań przewozowych w przypadku samochodów dostawczych i ciężarowych). W artykule podjęto dyskusję na temat wyboru trasy przejazdu w skali mikro. Rozpatrzono przykład wyjazdu z parkingu samochodowego z wykorzystaniem dwóch alternatywnych tras: krótszej – zawierającej elementy mikroinfrastruktury drogowej, powodującej zmniejszenie prędkości jazdy, oraz dłuższej – bez takich elementów, dzięki czemu można uzyskać większą płynność ruchu. Ocenie podlegały parametry ruchu pojazdu, emisja związków szkodliwych spalin oraz zużycie paliwa.

**Słowa kluczowe:** emisja związków szkodliwych spalin, zużycie paliwa, badania drogowe

### 1. Wstęp

Użytkownicy samochodów różnych kategorii spotykają się często z dylematem jaką wybrać trasę podczas przemieszczania się z punktu A do punktu B. Najczęściej rozważania dotyczą kwestii ważnych z punktu widzenia kierowców i pasażerów, a mianowicie czasu oraz kosztów przejazdu. Decyzje takie podejmowane są zarówno w skali makro (np. wybór trasy podczas planowania wyjazdu urlopowego), jak i w skali mikro (np. wybór trasy wyjazdowej z parkingu). Często o czasie przejazdu i ilości zużytego paliwa nie decyduje sam dystans do celu. Na wspomniane parametry duże znaczenie ma ukształtowanie drogi, jej stan techniczny, ograniczenia prędkości oraz inne elementy, jak np. progi zwalniające. W niniejszym artykule podjęto analizę porównawczą dwóch różnych dróg prowadzących do tego samego miejsca w obrębie mikroinfrastruktury miejskiej (rys. 1). Uśrednione parametry przejazdu obu tras przedstawiono w tabl. 1. Podczas pomiarów wykorzystywano samochód osobowy z silnikiem ZS (rys. 2), którego podstawowe dane techniczne zestawiono w tabl. 2.



Rys. 1. Mapa z zaznaczonymi trasami badawczymi; A – początek rejestracji pomiarów, B – koniec rejestracji pomiarów

Tabela 1. Charakterystyka tras

Parametr	Trasa nr 1	Trasa nr 2
Średnia długość odcinka pomiarowego [m]	458	619
Średni czas przejazdu [s]	118,7	88
Średnia prędkość jazdy [km/h]	13,89	25,33



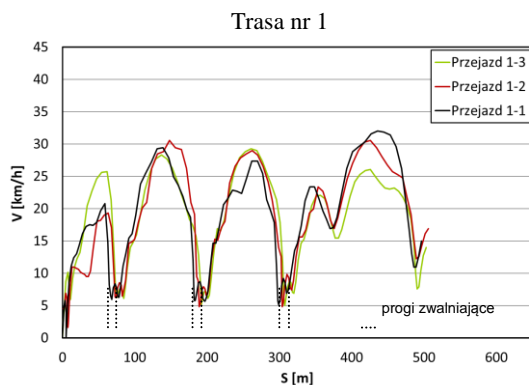
Rys. 2. Pojazd wykorzystywany do badań

Tabela 2. Pojazd wykorzystywany podczas badań

Rodzaj samochodu	osobowy
Typ silnika	ZS, 4-cyl.
norma emisji spalin	Euro 3
Maks. moc/maks. moment obrotowy	66 kW/205 Nm
Układ oczyszczania spalin	reaktor utleniający
Przebieg	250 000 km
Masa własna	1309 kg
Obciążenie	350 kg

## 2. Metodyka badań

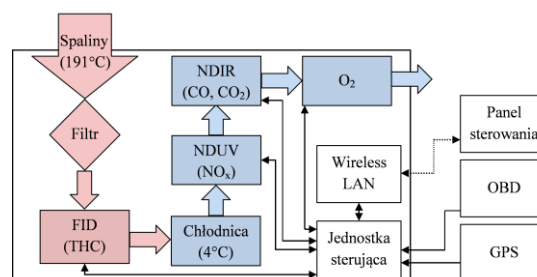
Do pomiaru natężenia emisji związków szkodliwych spalin wykorzystano mobilne urządzenie SEMTECH DS. Dzięki tej aparaturze, możliwy jest



Rys. 4. Profile prędkości zarejestrowane podczas badań

pomiar emisji spalin w warunkach rzeczywistej eksploatacji pojazdu, zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm [1, 2, 3, 4]. Rejestracja natężenia przepływu spalin oraz danych z pokładowego systemu diagnostycznego, umożliwiła uzyskanie masy związku szkodliwego wyemitowanego na badanym odcinku pomiarowym. Schemat funkcjonalny omawianego urządzenia przedstawiono na rys. 3.

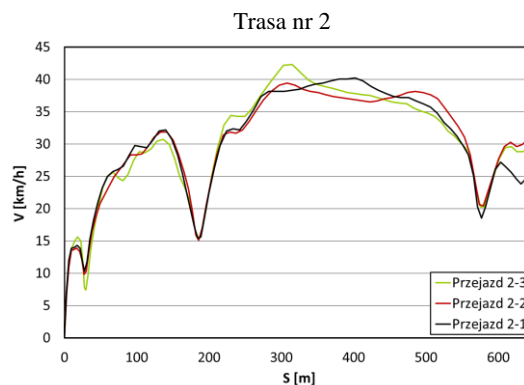
Ponadto podczas badań rejestrowano prędkość i przyspieszenie pojazdu za pomocą urządzenia GPS. Wartości wszystkich parametrów zapisywano z częstotliwością 1 Hz. Pomiary wykonywano na dwóch odrębnych trasach, na których jedyne punkty wspólne to początek i koniec rejestracji pomiarów. Rejestrowano po trzy przejazdy na obu trasach dla których wyznaczono wartości natężenia emisji.



Rys. 3. Schemat funkcjonalny mobilnego urządzenia do pomiaru emisji spalin SEMTECH DS

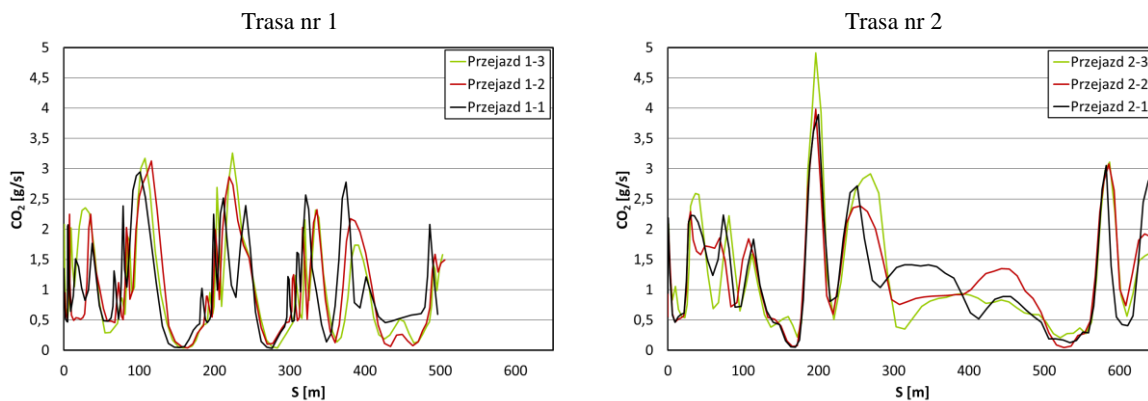
## 3. Wyniki badań

Profile prędkości dla przejazdów badawczych po obu analizowanych trasach przedstawiono na rys. 4. W części przedstawiającej zmiany prędkości podczas przejazdu trasy nr 1 zaznaczono występujące elementy ograniczające prędkość pojazdu w miejscu występowania przejść dla pieszych w postaci progów zwalniających. Efektem występowania tych elementów na trasie przejazdu jest większa liczba faz hamowania i przyspieszania niż w przypadku przejazdu trasy nr 2. Maksymalna prędkość zarejestrowana podczas przejazdu trasy nr 1 wynosi 32 km/h, natomiast dla trasy nr 2 wartość ta wynosi 42 km/h.

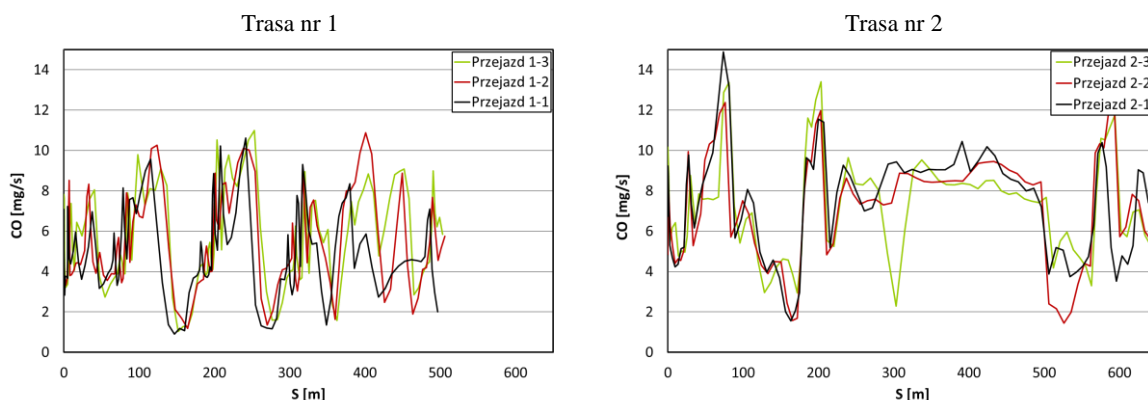


Na rysunkach 5-8 przedstawiono zmiany wartości natężenia emisji związków szkodliwych spalin ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HC}$ ). Wartości natężenia emisji związków szkodliwych spalin wzrastają podczas gwałtownego przyspieszania, przez co przebieg rejestrowanych wartości na rysunkach jest ściśle zależny od zmian prędkości pojazdu podczas pomiarów. Maksymalne wartości natężenia emisji  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HC}$  podczas przejazdu trasy nr 2

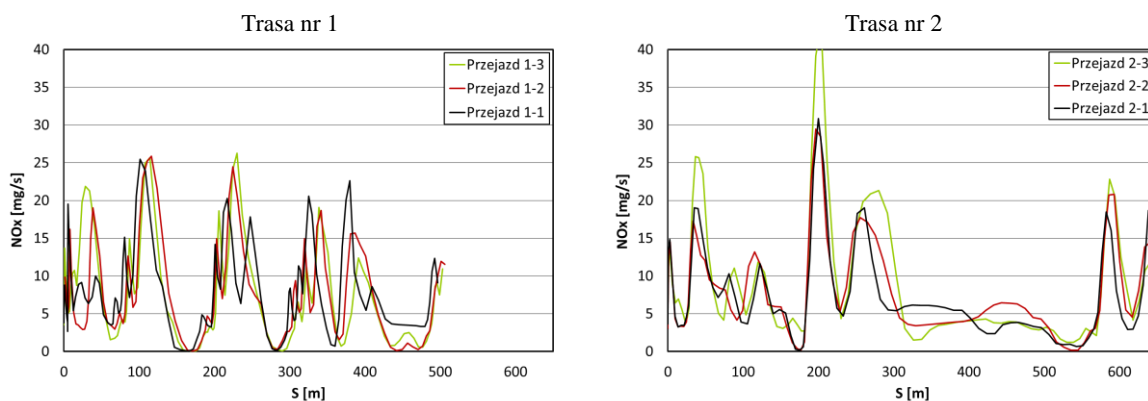
wynoszą odpowiednio: 4,91 g/s, 14,9 mg/s, 43,4 mg/s oraz 4,4 mg/s. Wartości te są większe od maksymalnych wartości uzyskiwanych podczas przejazdu trasy nr 1 (odpowiednio: 3,3 g/s, 11 mg/s, 26,3 mg/s, 3,7 mg/s). Różnice na niekorzyść trasy nr 2 wynikają z rozpędzania pojazdu do większych prędkości podczas przejazdu tej trasy osiągają większe wartości, niż w przypadku przejazdu trasy nr 1.



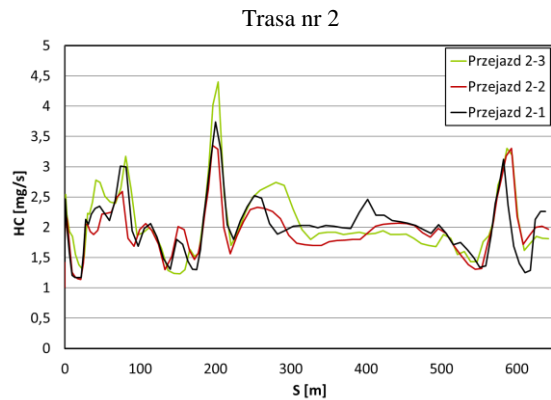
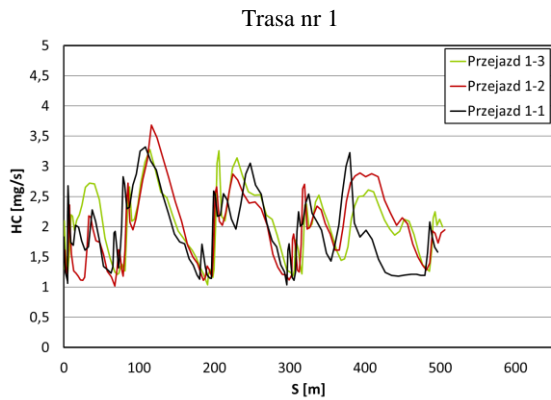
Rys. 5. Natężenie emisji dwutlenku węgla z pojazdu podczas różnych tras badawczych



Rys. 6. Natężenie emisji tlenku węgla z pojazdu podczas różnych tras badawczych



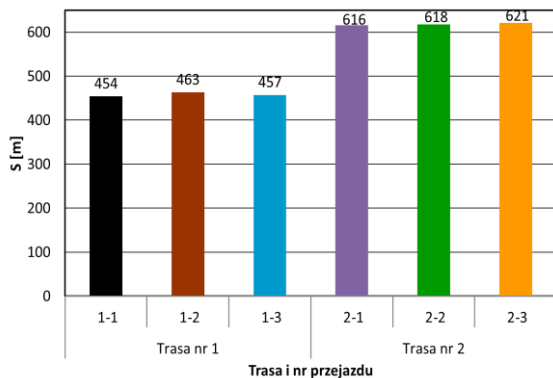
Rys. 7. Natężenie emisji tlenków azotu z pojazdu podczas różnych tras badawczych



Rys. 8. Natężenie emisji węglowodorów z pojazdu podczas różnych tras badawczych

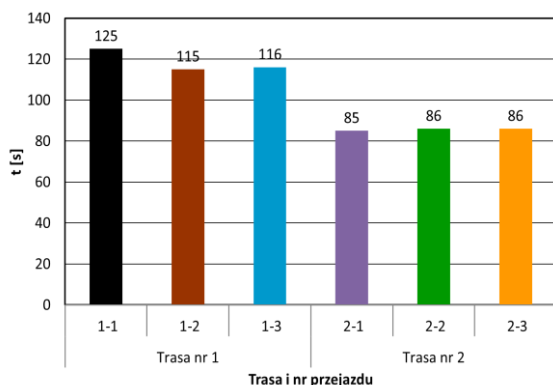
#### 4. Analiza wyników

Sumaryczny dystans, przejechany podczas każdej z prób badawczych na obu analizowanych trasach przedstawiono na rys. 9. Wynika stąd, iż trasa nr 2 jest ok. 160 m dłuższa niż trasa nr 1.



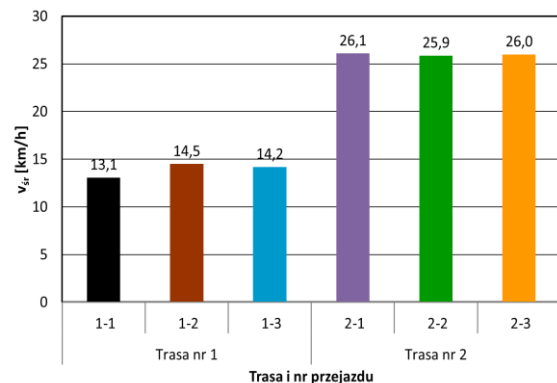
Rys. 9. Dystans przebyty podczas pomiarów

Pomimo większej odległości między miejscem rozpoczęcia i zakończenia pomiarów, czas przejazdu trasy nr 2 jest krótszy niż w przypadku trasy nr 1 (rys. 10). Przejazd trasy nr 1 zajmował między 115 a 125 s, natomiast w przypadku trasy nr 2 od 85-86 s. Różnice te wynikają z większej wartości średniej prędkości przejazdu trasy nr 2 (rys. 11).



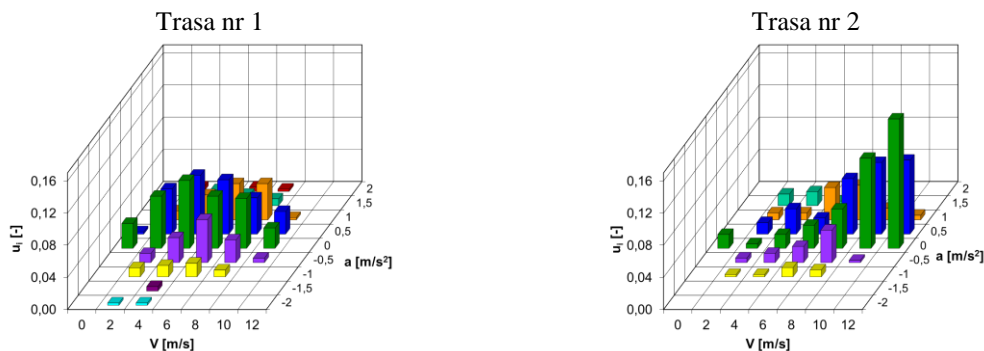
Rys. 10. Czas przejazdu odcinków badawczych

Podczas kilkakrotnego przejazdu pierwszej trasy, średnia prędkość przejazdu dla pojedynczej próby wynosiła 13,1-14,5 km/h, i była o ok. 40-50% mniejsza niż przypadku przejazdu drugiej trasy, gdy prędkość średnia była z zakresu 25,9-26,1 km/h.



Rys. 11. Wartości średniej prędkości pojazdu podczas pomiarów

Udziały czasu pracy pojazdu we współrzędnych V-a przedstawiono na rys. 12. Podczas przejazdu trasy nr 1 prędkość pojazdu przyjmowała wartości z zakresu od 0 do 10 m/s, natomiast przyspieszenie podczas tej próby zmieniało się od  $-2$  do  $2 \text{ m/s}^2$ . Dla prób przeprowadzonych na trasie nr 2 zarejestrowane wartości prędkości i przyspieszenia zmieniają się odpowiednio w zakresie: od 0 do 12 m/s i od  $-1$  do  $1,5 \text{ m/s}^2$ . Ze względu na dużą liczbę faz rozpędzania i hamowania pojazdu w pierwszym przypadku, udziały czasowe są rozłożone niemal równomiernie w całym zakresie prędkości i przyspieszeń pojazdu poza wartościami skrajnymi. Zupełnie inny charakter przejazdu zarejestrowano podczas pomiarów na trasie nr 2. Ze względu na bardziej płynny przejazd – udziały czasowe zwiększają się wraz ze zwiększaniem wartości prędkości jazdy.

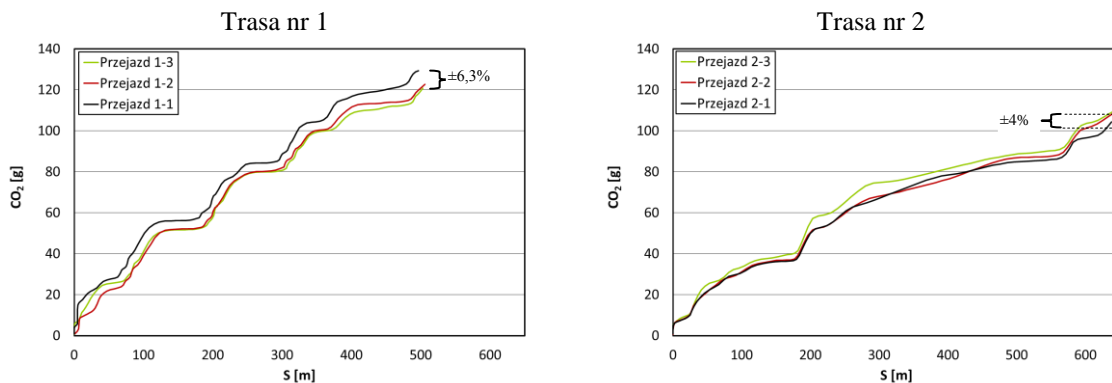


Rys. 12. Wartości udziału czasu pracy pojazdu we współrzędnych V-a podczas różnych tras badawczych

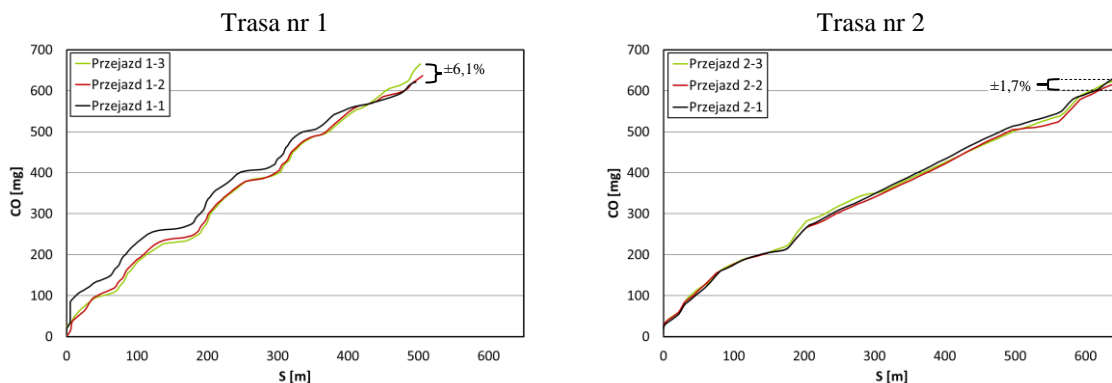
Przez sumowanie natężenia emisji poszczególnych składników spalin, możliwe było uzyskanie sumarycznej emisji każdego z analizowanych związków podczas kolejnych przejazdów badawczych (rys. 13-16). Wymienione rysunki zostały uzupełnione o procentową wartość rozrzutu uzyskanych wyników badań. Aby przeprowadzić dokładną analizę emisji spalin, przyjęto tezę że wyniki badań są podobne.

Podczas przejazdu trasy nr 1 masa wyemitowanego dwutlenku węgla osiągała wartości z zakresu 121,3-128,8 g, w przypadku trasy nr 2 wyemitowano 104,4 do 108,8 g dwutlenku węgla (rys. 13). Rozrzut wyników w pierwszym przypadku wyniósł 6,3%, natomiast w drugim 4%.

Masa wyemitowanego tlenku węgla podczas kolejnych przejazdów trasy nr 1 zmienia się od 626 do 659,6 mg, czyli względne różnice w uzyskanych wartościach wynoszą odpowiednio 6,1% oraz 1,7% (rys. 14). Większy rozrzut wyników zarejestrowano dla emisji tlenków azotu: w przypadku krótszej trasy rozrzut wynosi 10,3% (co odpowiada emisji z zakresu od 829 do 924,8 mg), natomiast w drugim przypadku 19,3% (masa tlenków azotu zmienia się od 633,5 do 785,1 mg), co przedstawiono na rys. 15. W przypadku węglowodorów wyniki pomiarów dla obu tras wynoszą odpowiednio: 218,3-227,3 mg i 167-179,2 mg, co odpowiada różnicom na poziomie 3,1% i 2,8%.



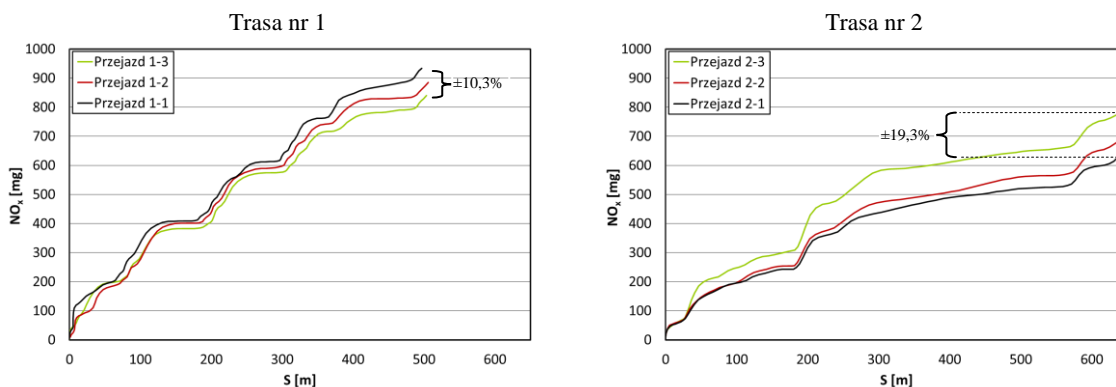
Rys. 13. Skumulowana masa dwutlenku węgla emitowana w czasie pomiaru



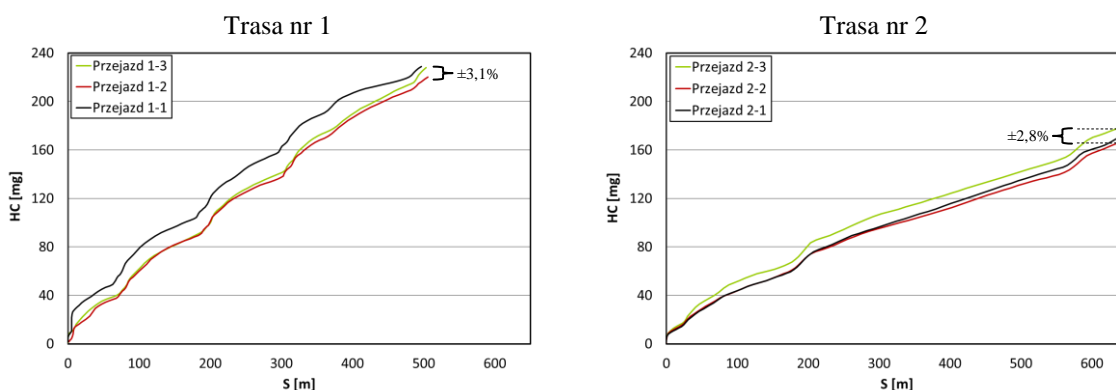
Rys. 14. Skumulowana masa tlenku węgla emitowana w czasie pomiaru

Różnica między wynikami dla trasy nr 2 w przypadku emisji NOx jest mocno zawyżona przez jeden przejazd, a pozostałe dwa przejazdy charakteryzuje różnica o wartości 8,4%. Emisja tlenków azotu bardzo silnie zależy od temperatury w komorze spalania, a więc od obciążenia silnika. Na rys. 4 dla przejazdu 2-3 zauważono, że zmiana biegu na wyższy nastąpiła przy większej prędkości jazdy niż

w pozostałych przejazdach, a następnie prędkość maksymalna dla tego przejazdu była największa. Niepowtarzalność jednego przejazdu była przyczyną zwiększonego natężenia emisji tlenków azotu (rys. 7). Tak więc można uznać, że prowadzone badania odznaczały się powtarzalnością zezwalającą na poprawne wnioskowanie o wynikach analiz.



Rys. 15. Skumulowana masa tlenków azotu emitowana w czasie pomiaru



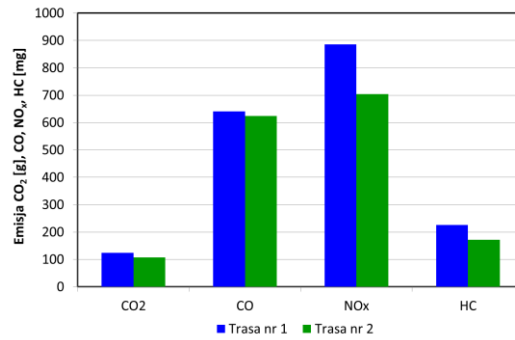
Rys. 16. Skumulowana masa węglowodorów emitowana w czasie pomiaru

#### 4. Wnioski

W rozpatrywanym przypadku wybór dłuższej drogi pod każdym z analizowanych aspektów ekonomicznych i ekologicznych przynosi wymierne korzyści. Czas przejazdu uległ skróceniu o 25-32%. Zestawienie korzyści ekologicznych, wynikających z doboru dłuższej trasy, która charakteryzuje się mniejszą liczbą zwalniania i rozpędzania pojazdu przedstawiono na rys. 17. Emisja dwutlenku węgla, która jest wynikiem zużycia paliwa uległa zmniejszeniu ze 124,3 do 107,7 g, co odpowiada o 13% zużycia paliwa. Mniejsza wyemitowana masa tlenku węgla, tlenków azotu i węglowodorów odpowiednio o 16,3 mg, 182,6 mg i 53,7 mg (2,5%, 20,6% i 24%). Poza tym bardziej płynny przejazd

skutkuje korzyściami mniej wymiernymi, jak np.: mniejsze zużycie opon oraz okładzin hamulcowych.

Podsumowując, znając punkt początkowy trasy A i punkt końcowy B i zakładając jak najbardziej ekologiczne i ekonomiczne przejechanie tej trasy, nie należy sugerować się długością drogi, a możliwością jej jak najbardziej płynnego pokonania. Ponadto osoby odpowiedzialne za projektowanie obiektów infrastruktury powinny uwzględniać takie parametry jak czas i koszt przejazdu oraz oddziaływanie na środowisko pojazdów poruszających się po danym terenie. Warto by rozważyć rozwiązania alternatywne dla progów zwalniających – np.: sygnalizację ostrzegawczą, bardziej łagodnie lub aktywne elementy zwalniające, które mogły by być chowane przy małym natężeniu ruchu pieszego, tak aby nie utrudniać przejazdu pojazdom.



Rys. 17. Korzyści ekologiczne wynikające ze zmiany trasy przejazdu w obrębie mikroinfrastruktury

## Bibliography/Literatura

- [1] Bonnel P., Weiss M., Provenza A.: In-use emissions requirements in the new and future European motor vehicle emissions regulations: state of play. In: 8th Annual SUN Conference, Ann Arbor 2011.
- [2] Bougher T., Khalek I.A., Trevitz S., Akard M.: Verification of a gaseous Portable Emissions Measurement System with a laboratory system using the Code of Federal Regulations Part 1065. SAE Technical Paper Series 2010-01-1069, 2010.
- [3] Environmental Protection Agency, Vol. 73, No. 126, Rules and Regulations: §1065.920 PEMS calibrations and verifications, 2008.
- [4] Merkisz J., Pielecha J., Pielecha I.: Road test emissions using on-board measuring method for Light Duty Diesel Vehicles. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Vol. 5, No. 1, February 2011, ISSN 1995-6665, s. 89-96.

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

*Prof. 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 Poznan University of Technology.

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



Mr Paweł Fuć, DSc., DEng. – Doctor in the Faculty of Working Machines and Transportation at Poznan University of Technology.

*Dr inż. Paweł Fuć - adiunkt na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.*



Mateusz Nowak, MSc, Eng. – PhD student in the Faculty of Working Machines and Transportation at Poznan University of Technology.

*Mgr inż. Mateusz Nowak – doktorant na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.*

