



Politechnika Warszawska
Warsaw University of Technology
<http://repo.pw.edu.pl>

Publikacja / Publication	Zastosowanie metody oceny cyklu istnienia do analizy właściwości ekologicznych samochodu, Chłopek Zdzisław, Lasocki Jakub
Adres publikacji w Repozytorium URL / Publication address in Repository	http://repo.pw.edu.pl/info/article/WUT81fa39f41ad147dea3aa4c48490ab3e1/
Data opublikowania w Repozytorium / Deposited in Repository on	Jan 31, 2016
Cytuj tę wersję / Cite this version	Chłopek Zdzisław, Lasocki Jakub: Zastosowanie metody oceny cyklu istnienia do analizy właściwości ekologicznych samochodu, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów, Instytut Pojazdów Politechniki Warszawskiej, vol. 92, no. 1, 2013, pp. 57-66

Zdzisław Chłopek¹, Jakub Lasocki²**ZASTOSOWANIE METODY OCENY CYKLU ISTNIENIA DO ANALIZY
WŁAŚCIWOŚCI EKOLOGICZNYCH SAMOCHODU****1. Wstęp**

Ocena właściwości ekologicznych pojazdów może być dokonywana w oparciu o różne kryteria. W przypadku samochodów z silnikami spalinowymi najwięcej uwagi poświęca się zwykle wielkościom charakteryzującym ich użytkowanie, przede wszystkim emisji zanieczyszczeń i eksploatacyjnemu zużyciu paliwa. Metody badań tych wielkości są w znacznym stopniu zobiektywizowane, mają długą tradycję w motoryzacji i opierają się na bogatej wiedzy [1].

Z drugiej strony, w ostatnich latach coraz częściej podejmuje się próby kompleksowej oceny oddziaływania motoryzacji na środowisko [2, 3]. Zgodnie z tym podejściem, na właściwości ekologiczne samochodów mają wpływ także właściwości innych związanych z nimi podmiotów oddziaływania na środowisko, takich jak: wytwórnie pojazdów, infrastruktura drogowa, infrastruktura obsługowa, materiały eksploatacyjne (wśród których szczególne miejsce zajmują paliwa) i ich wytwórnie, infrastruktura związana z zagospodarowaniem pojazdów po zużyciu, przemysł wydobywczy i wiele innych [4]. Ich sposoby oddziaływania na środowisko również są bardzo zróżnicowane, co sprawia, że całościowa ocena tego złożonego systemu jest zadaniem trudnym i niejednoznacznym.

Rozwiązaniem problemu kompleksowej analizy właściwości ekologicznych samochodu może być zastosowanie do tego celu metody oceny cyklu istnienia (ang. Life Cycle Assessment – LCA) [5–8]. Służy ona do wyznaczenia wielkości charakteryzujących potencjalne oddziaływanie na środowisko procesów związanych z całym umownym okresem istnienia pojazdu, począwszy od jego projektowania, poprzez wytwarzanie i użytkowanie, aż do zagospodarowania po zużyciu. Początkowo była stosowana głównie do porównywania właściwości ekologicznych produktów spożywczych, opakowań oraz prostych obiektów technicznych, jednak od niedawna stała się standardem w motoryzacji, przemyśle chemicznym, petrochemicznym, budownictwie i innych dziedzinach.

W niniejszej pracy przedstawiono metodykę oceny cyklu istnienia i jej główne założenia. Jako szczególny przykład zaprezentowano kompleksową analizę właściwości ekologicznych typowego samochodu osobowego z silnikiem o zapłonie samoczynnym w warunkach polskich. Wyznaczono całkowite zużycie energii ze źródeł nieodnawialnych, emisję gazów cieplarnianych oraz wpływ na środowisko zgodnie z procedurą metody Eco-indicator 99. Zbadano wrażliwość uzyskanych wyników na model ruchu przyjęty do opisu użytkowania pojazdu.

¹ Prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek, Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, Instytut Pojazdów.

² Mgr inż. Jakub Lasocki, Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Pracownia Silników i Podwozi, doktorant Politechniki Warszawskiej, Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych, Instytutu Pojazdów.

2. Metodyka oceny cyklu istnienia

Podstawowe informacje na temat oceny cyklu istnienia i zalecenia dotyczące sposobu prowadzenia analiz można znaleźć w normach ISO serii 14000, z których najważniejsze są oznaczone numerami 14040, 14044 i 14047. Przedstawiono w nich definicje stosowanych pojęć, strukturę metody, wskazówki odnośnie do sposobu interpretacji wyników oraz wzory niezbędnych dokumentów.

Zgodnie z powyższymi normami badania z wykorzystaniem metody oceny cyklu istnienia powinny przebiegać w czterech fazach [5–8]:

- określenie celu i zakresu,
- analiza zbioru (ang. Life Cycle Inventory – LCI),
- ocena wpływu (ang. Life Cycle Impact Assessment – LCIA),
- interpretacja.

W pierwszej kolejności definiuje się cel analizy. W odniesieniu do pojazdów samochodowych najczęściej jest nim porównanie wpływu na środowisko wynikającego z zastosowania różnego rodzaju napędów, np. silnika spalinowego zasilanego różnymi paliwami (konwencjonalnymi i niekonwencjonalnymi) [9, 10], silnika elektrycznego, układów hybrydowych i ogniw paliwowych [11]. Inne badania mają na celu optymalizację konstrukcji samochodu, np. dobór materiałów, których wytwarzanie nie powoduje dużego obciążenia środowiska i mogą być ponownie wykorzystane na drodze recyklingu [12]. Optymalizacja może również dotyczyć procesów technologicznych stosowanych przy wytwarzaniu samochodów. Ocena cyklu istnienia jest wreszcie wykorzystywana w motoryzacji do celów marketingowych i informacyjnych, głównie jako forma promocji nowych modeli samochodów, wprowadzanych do sprzedaży.

Następnym punktem analizy jest określenie zakresu badań, czyli wyszczególnienie przyjętych założeń i uproszczeń oraz utworzenie modelu okresu istnienia pojazdu. Stosowane modele mają najczęściej podobną strukturę i składają się z trzech głównych części reprezentujących wytwarzanie, eksploatację i zagospodarowanie samochodu po zużyciu. Etap projektowania zwykle pomija się w analizach ze względu trudności w kwantyfikacji występującego w nim obciążenia środowiska [13]. Model okresu istnienia pojazdu ma formę systemu wzajemnie powiązanych procesów jednostkowych. Każdy z tych procesów odpowiada realizacji określonych czynności związanych z samochodem i ma swój zbiór wielkości wejściowych i wyjściowych. W ocenie cyklu istnienia samochodu głównymi wielkościami wejściowymi są: paliwa i inne materiały eksploatacyjne, surowce mineralne, materiały konstrukcyjne, energia elektryczna oraz ciepło. Do najważniejszych wielkości wyjściowych zalicza się natomiast: emisję zanieczyszczeń, odpady stałe i ciekłe, hałas oraz promieniowanie elektromagnetyczne [13, 14]. Podczas tworzenia modelu istotne jest precyzyjne wyznaczenie granic oddziaływania na środowisko związanych z samochodem. W sposób jawny przedstawia się, które z procesów jednostkowych uwzględniono w badaniu, jaki przyjęto zasięg geograficzny i czasowy, a także skąd pochodzą dane wejściowe (ich dokładność i kompletność). Powyższe założenia powinny być uzasadnione celem badań.

W pierwszej fazie oceny cyklu istnienia przyjmuje się jednostkę, do której będą odniesione końcowe wyniki analizy – jednostkę funkcjonalną [5, 8, 14, 15]. Odpowiada ona wybranej funkcji spełnianej przez analizowany obiekt i umożliwia porównanie oddziaływania na środowisko kilku obiektów lub procesów mających takie same bądź podobne przeznaczenie. W dziedzinie transportu najczęściej stosuje się [14]:

- kilometr – km – odpowiada długości drogi pokonanej przez pojazd,

- osobokilometr – pkm – odpowiada długości drogi przejechanej pojazdem przez jedną osobę,
- tonokilometr – tkm – odpowiada długości drogi, na której przetransportowano ładunek o masie jednego megagrama.

Druga faza oceny cyklu istnienia – analiza zbioru ma na celu zgromadzenie danych ilościowych, dotyczących wszystkich wielkości wejściowych i wyjściowych, oraz utworzenie bilansów: materiałowego i energetycznego. Danymi o najwyższej jakości dysponują oczywiście zakłady wytwórcze, stacje obsługi pojazdów i inne podmioty z szeroko rozumianej branży motoryzacyjnej, jednak ich uzyskanie jest bardzo utrudnione ze względu na tajemnicę handlową. Istotnym źródłem informacji są publikacje i raporty z przeprowadzonych dotychczas badań oceny cyklu istnienia, a przede wszystkim elektroniczne bazy danych LCI.

W trzeciej fazie analizy – ocenie wpływu cyklu istnienia wynikiem analizy zbioru przypisuje się potencjalne oddziaływanie na środowisko poprzez obliczenie wartości wskaźników odpowiadających określonym kategoriom wpływu na środowisko, takim jak: zmiana klimatu, zubożenie warstwy ozonowej, eutrofizacja, zakwaszenie, powstawanie smogu, zatrucie ekosystemów, pogorszenie zdrowia ludzi, zmniejszenie zasobów paliw kopalnych, surowców mineralnych i wody, przekształcanie terenów z naturalnymi ekosystemami [5–8]. Obliczenia prowadzi się z zastosowaniem wybranych metod oceny wpływu opartych na różnych modelach charakteryzowania. Określają one zależności między wielkościami opisującymi ingerencję w środowisko i skutkami jakie wywołują. Dowolność w wyborze metod oceny wpływu przez autorów badań wprowadza do oceny cyklu istnienia element subiektywizmu.

Interpretacja jest formalnie przedstawiana jako ostatnia faza analizy i stanowi jej podsumowanie – omawia się w niej otrzymane wyniki w kontekście celu badań określonego w pierwszej fazie.

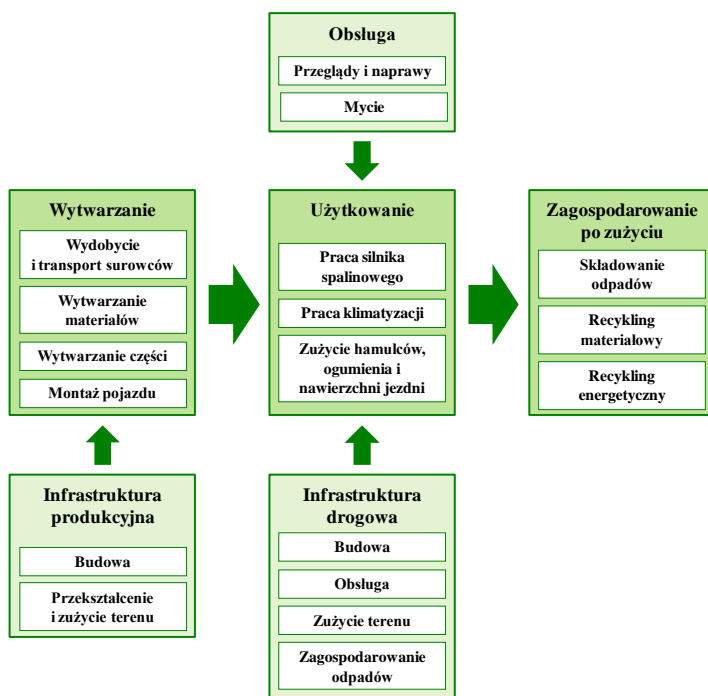
3. Ocena cyklu istnienia samochodu osobowego w warunkach polskich

Jako przykład zastosowania metody LCA przedstawiono kompleksową ocenę obciążenia środowiska przez typowy samochód osobowy z silnikiem o zapłonie samoczynnym w warunkach polskich. Szczególnym celem analizy było zbadanie wpływu modelu ruchu opisującego użytkowanie samochodu na uzyskane wyniki. Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego artykułu zostaną przedstawione jedynie podstawowe założenia oraz wybrane wyniki analizy LCA.

Zakres analizy obejmuje trzy etapy okresu istnienia samochodu: wytwarzanie, eksploatację i zagospodarowanie po zużyciu (rysunek 1).

W etapie wytwarzania uwzględniono wydobycie surowców i ich transport, wytwarzanie materiałów, wytwarzanie części i montaż pojazdu. Wzięto także pod uwagę wpływ na środowisko związany z funkcjonowaniem infrastruktury produkcyjnej. Główną część etapu eksploatacji stanowi w rozważanym modelu użytkowanie samochodu, którego wpływ na środowisko jest związany z pracą silnika spalinowego (emisja zanieczyszczeń i zużycie paliwa), stosowaniem klimatyzacji (dodatkowe zużycie paliwa i emisja zanieczyszczeń) oraz zużyciem elementów ciernych hamulców, ogumienia kół i nawierzchni jezdni (emisja pyłów). W etapie eksploatacji uwzględniono także obsługę samochodu, w tym przeglądy, naprawy i mycie, oraz infrastrukturę drogową – jej budowę, naprawę i niezbędne czynności związane z utrzymywaniem bezpiecznych warunków ruchu. Trzeci etap okresu istnienia samochodu stanowi zagospodarowanie zużytego pojazdu. W proponowanym modelu wzięto pod uwagę trzy opcje: składowanie odpa-

dów, recykling materiałowy i recykling energetyczny. Część materiałów odzyskanych na drodze recyklingu jest ponownie użyta podczas budowy nowego samochodu.



Rys. 1. Schemat rozważanego modelu okresu istnienia samochodu

Średni czas eksploatacji samochodu osobowego z silnikiem o zapłonie samoczynnym w Polsce wynosi około 15,5 roku (według danych GUS z 2010 roku [16]), zaś jego średni roczny przebieg – około 12000 km (zgodnie z szacunkami przedstawionymi w publikacji ITS [17]). W ciągu całego okresu istnienia przeciętny samochód przebędzie więc drogę o długości około 186000 km. Wyniki oceny cyklu istnienia samochodu odniesiono do 1 km przebytej drogi – jest to jednostka funkcjonalna analizy.

Do opisu użytkowania samochodu zastosowano trzy modele ruchu: model NEDC (New European Driving Cycle – nowy europejski test jezdny), model warunków drogowych i model kongestii. Model NEDC stanowi przebieg prędkości pojazdu w homologacyjnym teście jezdnym, składającym się z testu miejskiego UDC (Urban Driving Cycle – miejski test jezdny) oraz pozamiejskiego EUDC (Extra Urban Driving Cycle – pozamiejski test jezdny) [1]. Jest on powszechnie wykorzystywany do wyznaczenia emisji zanieczyszczeń i eksploatacyjnego zużycia paliwa w europejskich analizach LCA samochodów. Modele: warunków drogowych i kongestii reprezentują rzeczywiste użytkowanie samochodu i stanowią zerowymiarowe charakterystyki zbiorów przebiegów prędkości uzyskanych w badaniach empirycznych samochodu w warunkach ruchu drogowego [18]. W pierwszym modelu uwzględniono jazdę w miastach, poza miastami i na trasach szybkiego ruchu, natomiast w drugim jedynie ruch w zatorach ulicznych.

Jako reprezentatywną charakterystykę zerowymiarową przebiegów prędkości uzyskanych w badaniach empirycznych przyjęto wartość średnią prędkości. Założono

udziały intensywności użytkowania samochodu w warunkach poszczególnych modeli ruchu. W celu wyznaczenia emisji drogowej tlenu węgla, węglowodorów, tlenu azotu, cząstek stałych i dwutlenku węgla skorzystano ze stochastycznych charakterystyk emisji zanieczyszczeń, utworzonych za pomocą metody Monte Carlo [19]. Charakterystyki te opracowano na podstawie wyników badań samochodu Citroën Berlingo z silnikiem PSA XUD9 o zapłonie samoczynnym, objętości skokowej 1868 cm³ i znamionowej mocy użytecznej 51 kW.

Niezbędne dane ilościowe, w szczególności dotyczące wytwarzania samochodu, jego zagospodarowania po zużyciu oraz infrastruktury: produkcyjnej, obsługowej i ruchu drogowego, uzyskano ze szwajcarskiej bazy danych Ecoinvent (wersja 2.0) [14]. Wykorzystane dane pochodzą z lat 2000 – 2005 i odnoszą się przede wszystkim do warunków ogólnoeuropejskich lub szwajcarskich. Do analizy zbioru i oceny wpływu cyklu istnienia wykorzystano program SimaPro [8].

Emisję gazów cieplarnianych w cyklu istnienia samochodu obliczono jako emisję równoważną dwutlenku węgla [20]:

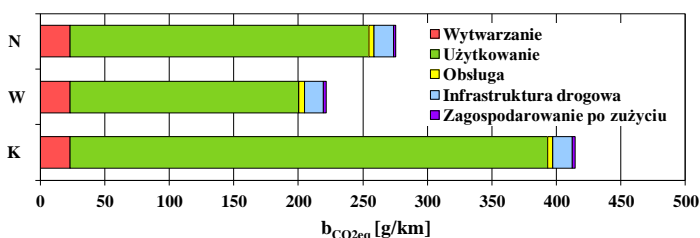
$$m_{\text{CO}_2\text{eq}} = \sum m_x \cdot w_x \quad (1)$$

gdzie: m_x – emisja substancji x ,

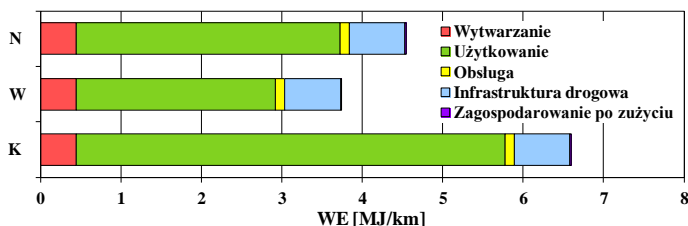
w_x – potencjał substancji x ze względu na zjawisko cieplarniane.

Potencjał ze względu na zjawisko cieplarniane wynosi dla wybranych substancji: dwutlenku węgla – 1, metanu – 23, podtlenku azotu – 298 [20].

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono odpowiednio całkowitą emisję gazów cieplarnianych oraz całkowitą ilość energii ze źródeł nieodnawialnych zużytą w cyklu istnienia samochodu, odniesione do 1 km drogi przebytej przez samochód. Obliczenia wykonano oddzielnie dla modeli ruchu: NEDC – N, warunków drogowych – W i kongestii – K.



Rys. 2. Emisja gazów cieplarnianych w cyklu istnienia samochodu

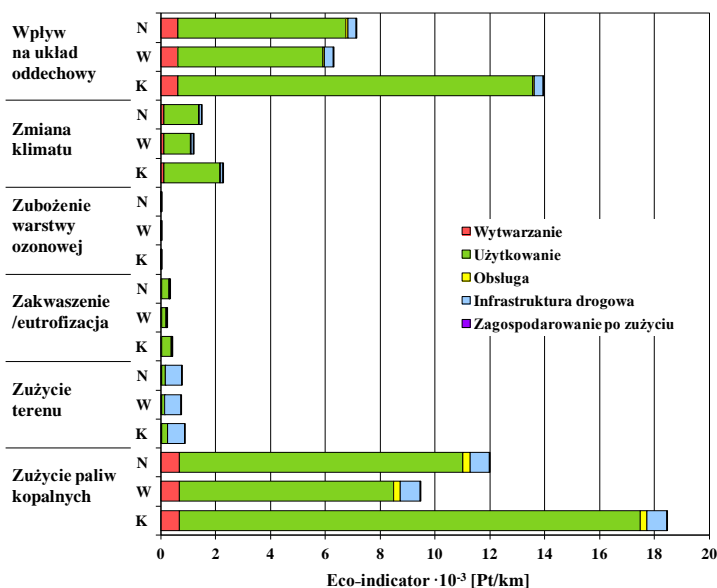


Rys. 3. Ilość energii ze źródeł nieodnawialnych zużyta w cyklu istnienia samochodu

Jest wyraźnie widoczne, że w wypadku samochodu z silnikiem spalinowym użytkowanie ma zdecydowanie większy udział w obciążeniu środowiska niż pozostałe elementy cyklu istnienia. Uzyskane wartości różnią się znacząco w zależności od przyjętego modelu ruchu samochodu. Największą emisję gazów cieplarnianych i zużycie energii ze źródeł nieodnawialnych otrzymano dla modelu kongestii, najmniejsze zaś dla modelu warunków drogowych. Przyczyną obserwowanych różnic jest analogiczna zależność wielkości zużycia paliwa i emisji drogowej zanieczyszczeń od modelu ruchu – największe charakteryzują model kongestii, najmniejsze zaś model warunków drogowych.

Oceny wpływu cyklu istnienia dokonano metodą Eco-indicator 99 (H/A) [21], uwzględniając następujące kategorie: wpływ związków organicznych i nieorganicznych na układ oddechowy, zmianę klimatu, zubożenie warstwy ozonowej, zakwaszenie i eutrofizację, zużycie terenu oraz zużycie paliw kopalnych. Jednostką oddziaływania na środowisko w metodzie Eco-indicator 99 jest punkt odniesiony do jednostki funkcjonalnej, w tym wypadku 1 kilometra – Pt/km.

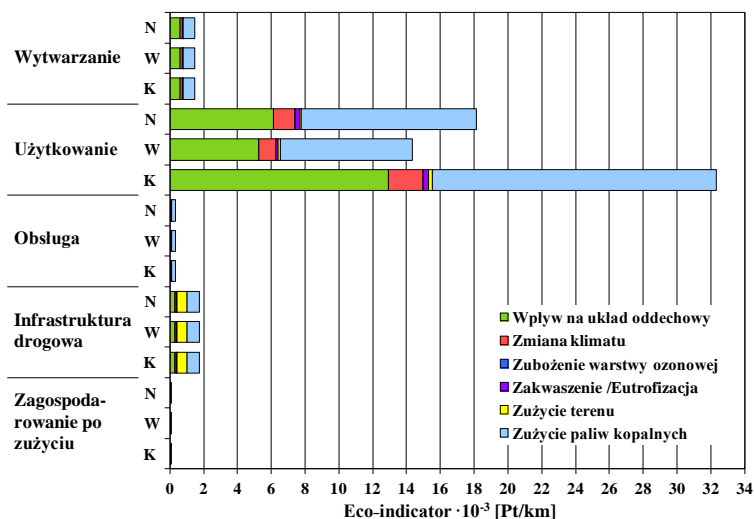
Wyniki oceny wpływu cyklu istnienia samochodu uzyskane z wykorzystaniem poszczególnych modeli ruchu przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wskaźniki kategorii wpływu odpowiadające poszczególnym modelom ruchu

Zdecydowanie największe oddziaływanie na środowisko, zgodnie z zaproponowanym w tym wypadku sposobem oceny, wiąże się ze zużyciem paliw kopalnych. Potwierdzają to wyniki innych badań [2, 3, 9], według których w cyklu istnienia samochodu z silnikiem spalinowym proces przygotowania paliwa ma największy udział w obciążeniu środowiska. Druga w kolejności jest kategoria wpływ na układ oddechowy. Szczególnie dużą wartość tego wskaźnika uzyskano dla modelu kongestii, który charakteryzuje się dużą emisją cząstek stałych. Pozostałe kategorie wpływu, uporządkowane w kolejności malejących wartości wskaźników to: zmiana klimatu, zużycie terenu, zakwaszenie i eutrofizacja oraz zubożenie warstwy ozonowej.

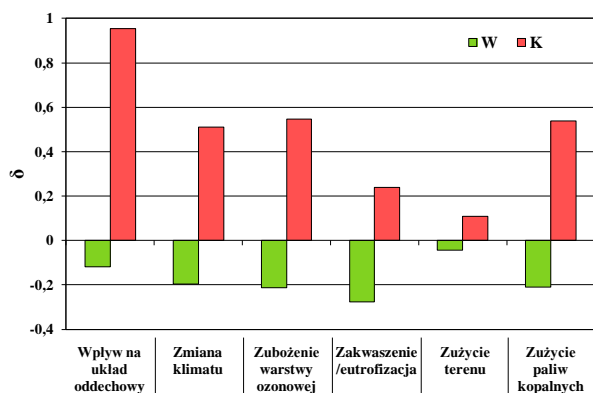
Na rysunku 5 przedstawiono wpływ na środowisko elementów cyklu istnienia samochodu, odpowiadający trzem modelom ruchu.



Rys. 5. Wpływ na środowisko poszczególnych elementów cyklu istnienia samochodu

Zgodnie z oczekiwaniami, użytkowanie samochodu wywiera największy wpływ na środowisko w całym cyklu istnienia. Druga w kolejności jest infrastruktura drogowa, następnie wytwarzanie, obsługa i na końcu zagospodarowanie pojazdów po zużyciu. Oczywiście w tym wypadku różnice wynikające z zastosowania trzech modeli ruchu są widoczne jedynie w etapie użytkowania.

Jako miarę wpływu modelu ruchu na obciążenie środowiska przyjęto względną zmianę wartości wskaźników kategorii wpływu wskutek zmiany modelu ruchu z NEDC (test homologacyjny) na model ruchu reprezentujący warunki rzeczywiste (model warunków drogowych – W lub kongestii – K) – rysunek 6.



Rys. 6. Względna zmiana obciążenia środowiska na skutek zmiany modelu ruchu samochodu

Zmiana modelu ruchu z NEDC na model warunków drogowych powoduje, że wartości wskaźników kategorii wpływu ulegają zmniejszeniu od 5% do 30%. Konsekwencją wyboru modelu kongestii jest natomiast jednoznaczne, znaczące zwiększenie wartości wskaźników kategorii wpływu – w tym wypadku od 10% nawet do 95%.

4. Wnioski

Na podstawie analizy stanu wiedzy na temat oceny cyklu istnienia pojazdów samochodowych, a także uwzględniając wyniki przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Istniejące sposoby oceny właściwości ekologicznych samochodów, oparte na badaniach efektów energetycznych i emisji zanieczyszczeń związanych z użytkowaniem pojazdu, choć powszechnie stosowane i w dużym stopniu zobiektywizowane, nie pozwalają na formułowanie sądów na temat oddziaływania samochodów na środowisko w ujęciu kompleksowym.
2. Metoda oceny cyklu istnienia może być traktowana jako narzędzie umożliwiające kompleksową analizę właściwości ekologicznych samochodów, jednak wymaga formalizacji i ujednoczenia procedur prowadzenia badań. Obecnie stosowane rozwiązania, stosunkowo mało restrykcyjne pod względem doboru założeń i danych wejściowych, mogą prowadzić do formułowania błędnych wniosków, a w skrajnych wypadkach nawet do świadomej manipulacji wynikami badań. Z tego powodu interpretacja wyników analiz LCA powinna być czyniona z ostrożnością i jedynie w kontekście założeń przyjętych przez autorów.
3. Dla kompleksowej oceny właściwości ekologicznych samochodów z silnikami spalinowymi najważniejsze jest użytkowanie pojazdu. Szczególnie negatywny, bezpośredni wpływ na ludzi i ich środowisko ma emisja zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia, a w dalszej kolejności emisja gazów cieplarnianych (często niesłusznie traktowana jako zagrożenie priorytetowe). Dużą rolę odgrywa także zużycie paliwa, gdyż proces jego przygotowania (etap Well-to-Tank, WtT) powoduje znaczne obciążenie środowiska.
4. Istotne jest, aby w analizie właściwości ekologicznych pojazdów samochodowych ich użytkowanie było oceniane z uwzględnieniem właściwości pojazdów i ich silników spalinowych w stanach odpowiadających rzeczywistym warunkom pracy. Wykorzystywanie w ocenie cyklu istnienia jedynie uproszczonych modeli ruchu, bazujących na wynikach badań homologacyjnych, nie spełnia tego warunku.

Podziękowania

Praca naukowa Jakuba Lasockiego jest współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, projekt „Program Rozwojowy Politechniki Warszawskiej”.

Literatura:

- [1] Merkisz J., Pielecha J., Radzimirski S.: Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej. WKŁ. Warszawa 2012.
- [2] Chłopek Z., Lasocki J.: Comprehensive evaluation of the environmental hazard caused by the operation of automotive vehicle. The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji 4/2011. 19–36, 109–126.
- [3] Chłopek Z., Lasocki J.: Comprehensive environmental impact assessment of the process of preparation of bioethanol fuels of the first and second generation. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 1/2013. 44–50.

- [4] Chłopek Z.: Ekologiczne problemy eksploatacji transportu powierzchniowego, Rozdział monografii „Wybrane zagadnienia transportu samochodowego”. Polskie Naukowo–Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne. Warszawa 2005.
- [5] Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M.: Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA). PWN. Warszawa 2007.
- [6] Keoleian G. A., Spitzley D. V.: Life cycle based sustainability metrics. W: Abraham M. A. (red.). Sustainability Science and Engineering. Defining principles. Elsevier B. V. Amsterdam 2006. 127–159.
- [7] Pennington D.W. et al.: Life cycle assessment. Part 2. Current impact assessment practice. *Environment International* 5/2004. 721–39.
- [8] Goedkoop M. et al.: Introduction to LCA with SimaPro 7. PRé Consultants. Amersfoort 2010.
- [9] Zah R. et al.: Ökobilanz von Energieprodukten. Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen. EMPA. St. Gallen 2007.
- [10] Mahieu V. et al.: Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. SAE Paper 2004–01–1924.
- [11] Boureima F. S., Messagie M., Matheys J., Wynen V., Sergeant N., Mierlo J. V., Vos M. D., Caebel B. D.: Comparative LCA of Electric, Hybrid, LPG and Gasoline Cars in Belgian Context, EVS24 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, Stavanger 2009.
- [12] Finkbeiner M. et al.: Application of Life Cycle Assessment for the Environmental Certificate of the Mercedes–Benz S–Class. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 11/2006. 240–246.
- [13] Leduc G., Mongelli I., Uihlein A., Nemry F: How can our cars become less polluting? An assessment of the environmental potential of cars. *Transport Policy*. 6/2010. 409–419.
- [14] Spielmann M., Dones R., Bauer C.: Life cycle inventories of transport services. Final report ecoinvent v2.0 No. 14. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf 2007.
- [15] Rebitzer G. et al.: Life cycle assessment. Part 1. Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International* 5/2004. 701–720.
- [16] Główny Urząd Statystyczny: Transport – wyniki działalności w 2011 r. Zakład Wydawnictw Statystycznych. Warszawa 2011,
- [17] Waśkiewicz J., Radzimirski S., Chłopek Z., Taubert S.: Opracowanie metodologii prognozowania zmian aktywności sektora transportu drogowego (w kontekście ustawy o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji). Praca ITS nr 7101/ITS. Warszawa 2011.
- [18] Chłopek Z., Biedrzycki J., Wójcik P., Lasocki J.: Badania ruchu pojazdów samochodowych w warunkach polskich. *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji* (w druku).
- [19] Chłopek Z., Laskowski P.: Pollutant emission characteristics determined using the Monte Carlo method. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*. 2/2009. 42–51.
- [20] Solomon S. et al.: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge 2007.

- [21] Goedkoop M., Spirensma R.: The Eco-indicator 99. A damage oriented method for life cycle impact assessment. PRé Consultants. Amersfoort 2000.

Streszczenie

Obecnie obserwuje się tendencje do kompleksowego traktowania zagadnień związanych z ochroną środowiska przed zagrożeniami ze strony motoryzacji. Analizując właściwości ekologiczne samochodu uwzględnia się cały jego umowny okres istnienia, składający się z projektowania, wytwarzania, użytkowania oraz zagospodarowania po zużyciu. Ilościowe określenie potencjalnego oddziaływania na środowisko w tak szerokim zakresie umożliwia metoda oceny cyklu istnienia (LCA). W artykule przedstawiono jej główne założenia oraz metodykę wykonywania analiz. Jako szczególnie przykład rozpatrzono ocenę cyklu istnienia typowego samochodu osobowego z silnikiem o zapłonie samoczynnym w warunkach polskich. Wyznaczono całkowite zużycie energii ze źródeł nieodnawialnych oraz emisję gazów cieplarnianych w cyklu istnienia samochodu. Oceny wpływu cyklu istnienia dokonano metodą Eco-indicator 99. Zbadano wrażliwość uzyskanych wyników na model ruchu opisujący użytkowanie pojazdu.

Słowa kluczowe: ocena cyklu istnienia, LCA, model ruchu samochodu, ochrona środowiska

APPLICATION OF THE LIFE CYCLE ASSESSMENT METHOD TO THE STUDY ON THE ECOLOGICAL PROPERTIES OF THE CAR

Abstract

Nowadays, a tendency for a comprehensive treatment of issues related to the environmental protection against the dangers of motorization can be observed. The analysis of the ecological properties of the car incorporates its whole contractual period of existence, consisting of the following phases: design, manufacture, use and disposal. Quantitative evaluation of the potential impact on the environment in such a wide range allows the Life Cycle Assessment (LCA) method. In this paper the main assumptions and methodology of performing such analyses have been presented. As a specific example, life cycle assessment of a typical passenger car with a compression ignition engine in Polish conditions was considered. The total energy consumption of non-renewable resources and greenhouse gas emissions in the life cycle of the car has been determined. LCA has been performed by the Eco-indicator 99 method. The sensitivity of the obtained results to the traffic model describing the use of the vehicle has been examined.

Keywords: Life Cycle Assessment, LCA, vehicle traffic model, environmental protection