

Katarzyna Piotrowska

Zastosowanie metody LCA do analizy wpływu opon samochodowych na środowisko naturalne

JEL: R41 DOI: 10.24136/atest.2019.226
Data zgłoszenia: 27.01.2020 Data akceptacji: 10.02.2020

W związku z pogarszającym się stanem środowiska istnieje coraz większa potrzeba określania wpływu cyklu życia obiektów technicznych na otoczenie – począwszy od wydobycia surowców do produkcji, aż po ich zagospodarowanie użytkowe. Istotne jest, aby odpowiednio oceniać oddziaływania środowiskowe na każdym z tych etapów. Analiza ta możliwa jest dzięki wykorzystaniu różnych metod. Celem artykułu jest zaprezentowanie metody LCA służącej identyfikacji negatywnych oddziaływań opon samochodowych na środowisko naturalne. W pracy poruszono problem zmniejszających się zasobów środowiskowych, a co za tym idzie ograniczonych możliwości zaspokajania potrzeb procesów produkcyjnych. Omówiono także potrzebę zwiększania świadomości konieczności właściwej utylizacji opon po zakończeniu ich użytkowania. Ponadto przedstawiono rezultaty ekologiczno-energetycznej analizy cyklu życia opony samochodowej, co pozwoliło na identyfikację obszarów o największym szkodliwym wpływie na otoczenie oraz wskazanie do podjęcia działań mających na celu minimalizację negatywnych oddziaływań.

Słowa kluczowe: ocena cyklu życia, ochrona środowiska, opony samochodowe.

Wstęp

W dobie coraz szybciej rozwijających się społeczeństw i gospodarek jednym z najważniejszych wyzwań stała się ekologia. Ogromne znaczenie ma więc poszukiwanie rozwiązań stanowiących kompromis pomiędzy rosnącymi potrzebami ludzi a ograniczaniem negatywnego wpływu na środowisko naturalne podczas ich realizacji.

Do pojęcia działań, mających na celu znalezienie rozwiązania problemu ekologii w transporcie potrzebna jest wiedza z wielu dziedzin naukowych. Stale rosnąca liczba samochodów poruszających się po drogach ma ogromny wpływ na stan środowiska naturalnego. Ogromne zainteresowanie przedsiębiorstw analizami ekobilansowymi jest związane z nakładanym na nie coraz szerszym zakresem odpowiedzialności. Obecnie producenci odpowiadają nie tylko za stan produktu w fazie użytkowania, ale także za to, co dzieje się z nim po zakończeniu użytkowania. Głównym powodem ulepszenia produktów jest stałe dążenie do poprawy jakości wyrobów, co jest szczególnie ważną dziedziną realizacji ekobilansów w firmach [1,2].

Działalność człowieka nieprzerwanie związana jest z pobieraniem i wprowadzaniem materii oraz energii do środowiska. Na stan środowiska naturalnego zatem wpływa przetwarzanie zasobów, obejmując ich pozyskanie, przerób, transport, użytkowanie oraz zagospodarowanie użytkowe. Zmniejszają się zatem środowiskowe możliwości zaspokajania materiałowych potrzeb systemów technologicznych. Analiza wielu prac dotyczących problematyki oceny oddziaływań środowiskowych związanych z cyklem życia produktów o skomplikowanej budowie, tak jak w przypadku opon, wskazuje, że jest to obszar bardzo problemowy [3].

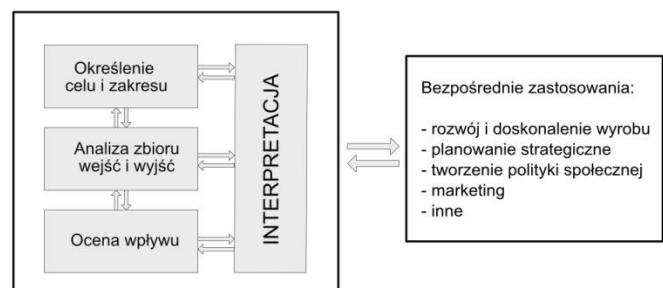
Dzięki rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństwa efektywność procesów zagospodarowania pojazdów wycofanych z użytku mocno zyskała na znaczeniu. Korzyści ekonomiczne osiągnięte dzięki odzyskowi oraz odpowiednie regulacje prawne mające na celu zmniejszenie negatywnego wpływu środków transportu na środowisko systematyzują działania związane z recyklingiem pojazdów, aby móc zapewnić odpowiedni poziom zagospodarowania odpadów zachowując wymogi ochrony środowiska [4].

Zużyte opony ze względu na swą ilość i trwałość stanowią odpad uciążliwy, gdyż nie ulegają one degradacji w środowisku naturalnym nawet przez 100 lat. Z tego powodu zostały zakwalifikowane do kategorii odpadów, które powinny być wykorzystywane przemysłowo. Szacuje się, że na świecie rocznie przybywa ok. 1 mld zużytych opon. W krajach UE rocznie przybywa ich ponad 2,5 mln ton, zaś w Polsce ok. 150 tys. ton. Zużytych opon nie można pozostawiać na składowiskach, gdyż zgromadzone w dużych ilościach stanowią zagrożenie pożarowe [5]. Po zakończeniu użytkowania, opony samochodowe mogą zostać zagospodarowane na kilka różnych sposobów, w krajach Unii Europejskiej są one najczęściej spalane z odzyskiem energii (40%) lub poddawane recyklingowi materiałowemu w formie rozdrabniania (38%). Coraz większą popularnością cieszą się również procesy pirolizy [6].

1. Struktura metody LCA

Metoda oceny cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment) jest sposobem oszacowania obciążenia środowiskowego opartego na inwentaryzacji aspektów środowiskowych w odniesieniu do obiektu poprzez wszystkie etapy jego istnienia, począwszy od projektowania, po produkcję, eksploatację i ostateczną jego likwidację. Umożliwia zatem ona identyfikację i ocenę emisji szkodliwych substancji oraz zużycia energii i materiałów we wszystkich etapach cyklu istnienia badanego obiektu [2].

LCA jest techniką, obrazującą złożone interakcje występujące pomiędzy wyrobem a środowiskiem, przy czym główne kategorie wpływu na środowisko wymagają również przeanalizowania skutków dla zdrowia ludzkiego, wykorzystania zasobów naturalnych oraz wpływu na jakość ekosystemu [7].



Rys. 1. Etapy oceny cyklu życia LCA

1.1. Określenie celu i zakresu

Zgodnie z normą ISO 14000, ocena metodą LCA złożona jest z czterech, kolejno po sobie następujących, podstawowych elemen-

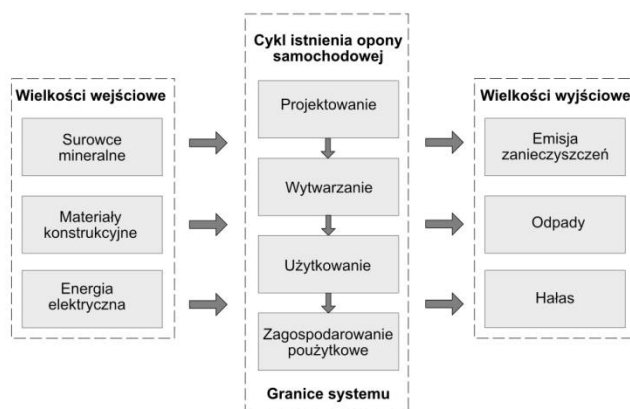
tów: określenia celu i zakresu, analizy zbioru wejść i wyjść (LCI), oceny wpływu (LCIA) oraz końcowej interpretacji. Po każdym wykonanym kroku analitycznym następuje interpretacja uzyskiwanych na bieżąco informacji, dzięki czemu w razie konieczności możliwa jest modyfikacja wcześniej przyjętych założeń. Ocena cyklu życia jest narzędziem służącym do oceny środowiskowej w procesie decyzyjnym. Umożliwia ona powiązanie oddziaływań środowiskowych z ich efektami dla środowiska, czyli kategoriami wpływu. Oddziaływaniami tymi mogą być między innymi zużycie surowców czy energii do produkcji, a także emisja zanieczyszczeń pyłowo-gazowych [8].

Pierwszy etap LCA ma za zadanie określić cel i zakres analizy. Jest on kluczowy, ponieważ podejmowane są w nim najważniejsze decyzje determinujące całą ocenę. Granice analizy określa model cyklu istnienia obiektu, którego wpływ na środowisko się rozpatruje. Model ten, w ocenie cyklu istnienia nazywany systemem wyrobu jest systemem powiązanych ze sobą procesów jednostkowych, które odpowiadają realizacji stosownego procesu występującego w cyklu istnienia analizowanego obiektu. Analiza ma służyć przede wszystkim opisowi istniejącej rzeczywistości (LCA retrospektywne), jak również modelowaniu przyszłych zmian oraz określeniu zaleceń mających na celu opracowanie bardziej prośrodowiskowych rozwiązań (LCA prospektywne). Postępowanie pozwoli na określenie czy dokonane zmiany, przyniosły redukcję negatywnego oddziaływania na środowisko [7,9].

W analizach LCA szczególnie duże znaczenie posiada funkcja i jednostka funkcjonalna. Jeśli jest to możliwe i uzasadnione, w jednostce funkcjonalnej należy uwzględnić także zakres czasowy [10]. Jednostka funkcjonalna stanowi ilościowy efekt systemu produktu będący jednostką odniesienia w analizach cyklu życia. Strumień odniesienia jest miarą wyjść albo procesów w systemie produktu, które są niezbędne do zrealizowania funkcji wyrażonej przez jednostkę funkcjonalną. Jeżeli analiza LCA obejmuje cały cykl życia, zalecanym jest obieranie jednostki funkcjonalnej z etapu użytkowania, gdyż najlepiej wyraża on i oddaje istotę pełnionej funkcji [8]. Jednostka funkcjonalna w niniejszej analizie została określona jako przejechanie normalnym stylem jazdy 50 tysięcy kilometrów w ciągu 5 lat użytkowania. Zakresem geograficznym jest obszar Europy, gdyż firma udostępniająca dane do analizy posiada bardzo silną pozycję praktycznie na całym europejskim rynku. Większość procesów realizowanych w ramach analizowanych etapów cyklu życia opon samochodowych (wytwarzanie, eksploatacja, zagospodarowanie użytkowe) następuje w Europie.

1.2. Analiza zbioru wejść i wyjść (LCI)

Druga faza oceny cyklu istnienia – analiza zbioru – polega na zebraniu danych ilościowych dotyczących wszystkich procesów jednostkowych. Dla każdego procesu jednostkowego wyznacza się zbiory wielkości wejściowych i wyjściowych oraz podaje ich jednostki miar [9,10]. Jako proces jednostkowy rozumie się najmniejszą część systemu produktu, dla której gromadzi się dane. Dodatkowo, procesy są połączone ze sobą strumieniami materiałowo-energetycznymi. Istotnym elementem jest także sprawdzenie kompletności oraz walidacja modelu. Umożliwia je bilansowanie materiałowo-energetyczne wszystkich pojedynczych procesów jednostkowych. Dane podlegają agregacji zgodnie z rodzajem inwentaryzacji i zostają zgromadzone w tablicy inwentaryzacyjnej. Dzięki tym danym zyskuje się wiedzę na temat źródeł ich pochodzenia, zakresu geograficznego, wieku, itd. Kluczowym kryterium klasyfikacyjnym jest na tym etapie przynależność do określonego typu inwentaryzacji. Efektem tego nie zostają przypisane ani do czasu, ani do miejsca. Z tego powodu LCA jest uważane za tzw. technikę ogólną. Podczas analizy gromadzenie informacji dostosowane jest do wymogów modeli i charakteru kategorii wpływów [8].



Rys. 2. Wielkości wejściowe i wyjściowe w cyklu życia opony samochodowej

Efektem tego etapu jest stworzenie katalogu wykorzystywanych materiałów, energii i generowanych emisji oraz wszystkich odpadów. Dane gromadzone są dla każdego wyszczególnionego w systemie wyrobu procesu jednostkowego. System wyrobu oznacza zbiór materiałowo i energetycznie połączonych procesów jednostkowych, spełniających jedną lub więcej określonych funkcji.

1.3. Ocena wpływu (LCIA)

Z punktu widzenia określenia wpływu cyklu istnienia danego obiektu na środowisko, kluczowe znaczenie ma trzecia faza analizy. LCIA jest istotnie bardziej złożona od analizy zbioru. Wszelkie różnice metodyczne w podejściach do LCA, głównie odnoszą się do fazy LCIA. Analiza zbioru polega przede wszystkim na ilościowym zestawieniu interwencji środowiskowych, a jej wiarygodność zależy w głównej mierze od jakości danych oraz wyboru wartości i założeń przyjmowanych podczas konstruowania systemu produktu.

LCIA złożona jest z elementów obligatoryjnych i dobrowolnych. Do elementów obligatoryjnych zalicza się wybór kategorii wpływu, wskaźników kategorii, modeli charakteryzowania oraz klasyfikowanie i charakteryzowanie, natomiast wśród elementów dobrowolnych wyróżnia się normalizowanie, grupowanie, ważenie i analizę jakości danych. W tej fazie wynikiom analizy zbioru przyporządkowuje się do odpowiednie kategorie wpływu, które określają rodzaje skutków oddziaływania na środowisko. Wszelkie różnice metodyczne w podejściach do LCA odnoszą się głównie do fazy LCIA. Oddziaływanie obiektu na środowisko można także oceniać w ramach obszarów chronionych, mających bardziej ogólny wymiar niż kategorie wpływu, agregują bowiem wyniki z kilku kategorii. Według ISO istnieją trzy główne typy obszarów chronionych: zdrowie człowieka, środowisko naturalne i zużycie surowców [7,8].

Analiza oceny wielkości wpływu została dokonana za pomocą oprogramowania obliczeniowego SimaPro.

Ekowskaźnik 99 jako metoda stosowana w ramach środowiskowej LCA

Istnieje kilka uznanych metod oceny wpływu cyklu życia opracowanych w ośrodkach europejskich i odnoszących dane do warunków średnich w Europie, które są zaimplementowane do programów komputerowych wykorzystywanych przy technice LCA. Metoda Ekowskaźnik 99 zaliczana jest do grupy metod modelujących wpływ środowiskowy na poziomie punktów końcowych mechanizmu środowiskowego. Proces charakteryzowania odbywa się dla jedenastu kategorii wpływu, mieszczących się w ramach trzech większych grup określanych, jako obszary oddziaływania lub kategorie szkody. Wyróżnia się następujące obszary oddziaływania: zdrowie człowieka, jakość ekosystemu i zasoby surowców. Wyniki wskaźników

obszarów oddziaływania podlegają dalszej analizie poprzez normalizowanie, grupowanie i ważenie w końcowy Ekowskażnik. Przeprowadzenie procesu ważenia, pozwoli na uzyskanie wyników w punktach środowiskowych (Pt). Tysiąc punktów środowiskowych jest równe oddziaływaniu na otoczenie jednego Europejczyka w ciągu jednego roku [7,11].

Zdrowie człowieka jest jednym z trzech obszarów oddziaływania w metodzie Ekowskażnik 99, który składa się z pięciu kategorii wpływu:

- zmiany klimatu,
- zubożenia warstwy ozonowej,
- rakotwórczości,
- zaburzeń oddechowych,
- promieniowania jonizującego.

Dzięki obraniu wskaźnika obszaru oddziaływania z punktów końcowych mechanizmu środowiskowego, możliwe jest określenie wspólnej jednostki dla wszystkich kategorii wpływu w ramach zdrowia człowieka mogących powodować zaburzenia zdrowotne. Istnieje wiele różnych rodzajów schorzeń spowodowanych zaburzeniami środowiskowymi, dlatego ważne jest określenie sposobu ich różnicowania. Celem ważenia porównawczego wprowadzona została skala DALY, dla której różnym schorzeniom przypisano wagi od 0 (idealne zdrowie) do 1 (zgon). DALY obliczane jest z trzech wielkości: liczby lat straconych na skutek przedwczesnej śmierci lub liczby lat przeżytych z określonym schorzeniem [12].

Obszar oddziaływania jakości ekosystemu jest dużo bardziej zróżnicowany i mniej jednorodny w porównaniu do obszaru zdrowia ludzkiego. Wyrażony jest on jako zanikanie określonych gatunków na określonym terenie. Obecnie stosowane jest tymczasowe rozwiązanie, pozwalające na przeliczanie jednostki PAF (*potentially affected fraction*) na PDF (*potentially dissappeared fraction*). W metodzie tej dokonano ograniczenia i selekcję grup gatunków podlegających modelowaniu, ponieważ teoretycznie wszystkie gatunki mogłyby być narażone.

W ramach jakości ekosystemu wyróżniono trzy kategorie wpływu:

- ekotoksyczność,
- zakwaszenie/eutrofizacja,
- użytkowanie i przekształcanie powierzchni ziemi.

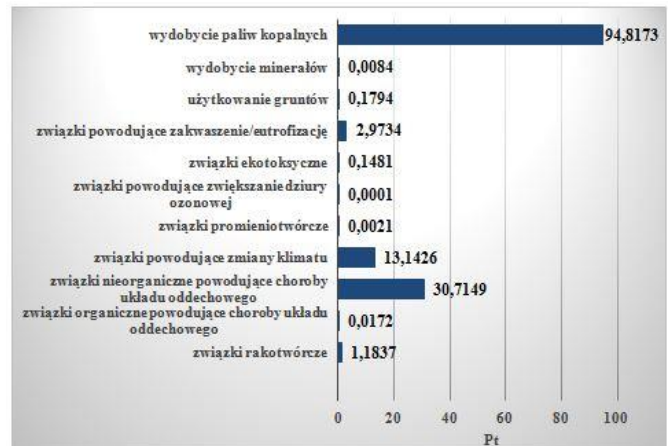
Modelowanie w ramach trzeciego obszaru oddziaływania – zasobów surowców, składa się z analizy zasobów oraz analizy szkody. W Ekowskażniku 99 rozpatrywane są wyłącznie zasoby surowców mineralnych oraz paliwa kopalne. Dla potrzeb metody został rozwinięty specjalny wskaźnik szkody, analogiczny do DALY, PAF i PDF. Jest nim nadwyżka energii (*surplus energy*) wyrażona w MJ. Im większa jest nadwyżka energii, będąca pochodną spadku stężenia, tym niższa jest jakość zasobu [14].

1.4. Interpretacja wyników

Istotnym krokiem w zakresie interpretacji jest sformułowanie wniosków, rekomendacji oraz przygotowanie raportu. Wstępne wnioski początkowo powinny być formułowane na podstawie wyników identyfikacji znaczących kwestii, zaś następnie przez wyniki analiz kompletności, wrażliwości i zgodności. Po ich sformułowaniu zalecane jest sprawdzenie, czy są one zgodne z założonym celem i zakresem prowadzonej analizy. Rekomendacje odnoszą się do osób podejmujących decyzje na podstawie wyników LCA. Ważne jest, by były powiązane z założonymi wcześniej zastosowaniami rezultatów oraz logicznie i bezpośrednio wynikały z wniosków [7].

Dzięki wykonaniu analizy cyklu życia opon samochodowej, możliwa stała się identyfikacja obszarów powodujących największy szkodliwy wpływ na otoczenie. Kategoriami wpływu powodującymi największą ilość negatywnych następstw dla środowiska w cyklu

życia opon samochodowej były: procesy związane z wydobyciem paliw kopalnych (94 Pt), emisje związków nieorganicznych powodujących choroby układu oddechowego (30 Pt) oraz emisje związków powodujących zmiany klimatu (13 Pt).



Rys.3. Wyniki wybranych wskaźników oddziaływania opon samochodowych na środowisko.

Podsumowanie

Do podstawowych cech każdego obiektu technicznego należą jego parametry użytkowe takie jak funkcjonalność, trwałość i niezawodność. Jednakże równie ważne jest oddziaływanie tego obiektu na środowisko w całym cyklu jego życia, tj. od rozpoczęcia prac projektowych do jego utylizacji. Jedną z szeroko stosowanych metod oceny oddziaływania na środowisko - zdrowie ludzkie, jakość ekosystemu oraz wyczerpywanie zasobów surowców – jest metoda środowiskowej oceny cyklu życia LCA. W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu opon samochodowych na środowisko oraz wskazanie obszarów powodujących największe negatywne oddziaływanie na otoczenie.

Realizacja pracy pozwoliła na wykazanie, iż na skutek identyfikacji głównych źródeł negatywnych oddziaływań możliwe jest zaproponowanie sposobów minimalizacji tych wpływów w całym cyklu życia opon samochodowych. Jednym z możliwych rozwiązań może być korzystanie z opon tzw. ekologicznej o innej budowie oraz mniejszych oporach toczenia. Opony ekologiczne generują mniejszy hałas, redukują zużycie paliwa samochodu osobowego, a co za tym idzie wpływają na zmniejszenie emisji szkodliwych substancji do atmosfery.

Bibliografia:

1. Merkisz J., Merkisz-Guranowska A., Daszkiewicz P., Silnikowe metody ograniczające emisje toksycznych składników spalin i zużycia paliwa współczesnych samochodów, „Logistyka” 2014, nr 4.
2. Kłos Z., Kasprzak J., Kurczewski P., Koncepcja, kształtowanie i ocena cyklu życia urządzeń technicznych, „Problemy Eksploatacji” 2012, nr 1.
3. Kasner R., Piasecka I., Piotrowska K., Tomporowski A., Zastosowanie metody CML do oceny wpływu na środowisko wybranych środków transportu łopatek elektrowni wiatrowych, „Logistyka” 2015, nr 3.
4. Merkisz-Guranowska A., Kiciński M., Wielokryterialna ocena systemów recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2017.
5. Gronowicz J., Kubiak T., Recykling zużytych opon samochodowych, „Problemy eksploatacji” 2007, nr 2.

6. Piasecka I., Tomporowski A., Piotrowska K., Środowiskowa analiza wybranych możliwości zagospodarowania poużytkowego opon samochodowych, *Przemysł Chemiczny* 2018, nr 10.
7. Lewandowska A., Środowiskowa Ocena Cyklu Życia Produktu na przykładzie wybranych typów pomp przemysłowych, *Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań* 2006.
8. ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.
9. Chłopek Z., Lasocki J., Zastosowanie oceny cyklu istnienia LCA w motoryzacji, *Wydawnictwo Naukowe PIMOT*, 2016.
10. Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M., *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
11. Goedkoop M., Spiensma R., *The Eco-indicator 99 – A damage oriented method for Life Cycle Assessment*, Methodology Report Pré Consultants, Amersfoort 2000.
12. Tomporowski A., Piasecka I., Kruszelnicka W., Piotrowska K., *Analiza możliwości komputerowego wspomaganie badania i oceny cyklu istnienia odnawialnych źródeł energii*, „*Ekologia i Technika*” 2015, nr 4.
13. Hertwich E.G., Pease W.S., *ISO 14042 Restricts use and Development of Impact Assessment*, “*The International Journal of Life Cycle Assessment*” 2008, nr 3.
14. Heijungs R., Huppes G., Haes H.A., Berg N.W., Dutilh Ch.E., *Life Cycle Assessment: What is it and how to do it?*, UNEP Industry and Environment, Paris 2006.

Application of the LCA method to analyze the impact of car tires on the environment

In connection with the deteriorating condition of the environment, there is an increasing need to determine the impact of the life cycle of car tires on the environment - from processes related to the extraction of raw materials, their production, use, and post-use development. It is important to properly assess environmental impacts at each of these stages. This analysis is possible due to the use of various methods. The aim of the article is to present the LCA method for identifying the negative effects of car tires on the environment. It is caused by the fact that all stages of the material life cycle of tires generate pollution. The work deals with the problem of decreasing environmental resources, and thus limited possibilities of satisfying the needs of production processes. It is also discussed the need to increase awareness of the need for proper disposal of tires after the end of their use. In addition, the results of the ecological and energy life cycle analysis of the car tire were presented, which allowed the identification of areas with the greatest adverse impact on the environment and an indication to take actions to minimize negative impacts.

Keywords: life cycle assessment, environmental impact, tire.

Autor:

dr inż. **Katarzyna Piotrowska** – Politechnika Lubelska – Wydział Mechaniczny, Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji