

Dorota BURCHART-KOROL  
Główny Instytut Górnictwa  
Zakład Oszczędności Energii i Ochrony Powietrza  
Laboratorium Analiz Ekofektywności Produktów i Technologii  
dburchart@gig.eu

## ZASTOSOWANIE METOD OCENY ŚRODOWISKOWEJ NA PODSTAWIE ANALIZY CYKLU ŻYCIA DLA BRANŻY MOTORYZACYJNEJ

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono możliwości zastosowania nowych metod oceny środowiskowej na podstawie podejścia cyklu życia w branży motoryzacyjnej. Na podstawie dokonanego przeglądu literatury stwierdzono, że dotychczas stosowaną metodą oceny środowiskowej w branży motoryzacyjnej jest metoda „od szybu do koła” (WTW, Well-To-Wheel). Na podstawie dokonanej analizy porównawczej oceny cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment) i WTW wykazano wiele korzyści związanych z zastosowaniem metody oceny cyklu życia w branży motoryzacyjnej.

**Słowa kluczowe:** ocena cyklu życia, analiza od szybu do koła, ocena środowiskowa, branża motoryzacyjna

## APPLICATION OF ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHODS BASED ON LIFE CYCLE ANALYSIS FOR THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

**Abstract.** The paper presents the potential use of new methods of environmental assessment based on life-cycle-assessment (LCA) in the automotive industry. Based on the literature review found that the up till now the method of environmental assessment in the automotive industry is the method Well-To-Wheel (WTW). Based on the comparative analyzes of LCA and WTW demonstrated many benefits of LCA. The study also presents challenges related to environmental assessments in the automotive industry under the new requirements of circular economy.

**Keywords:** life cycle assessment, Well-To-Wheel, environmental assessment, the automotive industry

## 1. Wprowadzenie

W wielu branżach w ostatnich latach obserwuje się rozwój metod związanych z oceną aspektów zrównoważonego rozwoju<sup>1</sup>. Również w branży motoryzacyjnej zwraca się coraz większą uwagę na kwestie związane z ochroną środowiska. Przedsiębiorstwa tej branży coraz częściej stosują metodę analizy cyklu życia paliwa „od szybu do koła” (WTW, Well-To-Wheel)<sup>2</sup>. Metoda WTW umożliwia wykonanie oceny zużycia energii oraz ocenę emisji gazów cieplarnianych powstałych w wyniku produkcji, transportu i dystrybucji paliwa.

W literaturze podkreśla się ograniczenia związane z zastosowaniem metody WTW w porównaniu z ocenę cyklu życia i proponuje się jej rozwinięcie<sup>3</sup>. W pracy (Moro i Helmers 2015)<sup>4</sup> autorzy proponują hybrydowy system WTW-LCA do przeprowadzenia oceny emisji gazów cieplarnianych dla samochodów elektrycznych. Organizacja WorldAutoSteel zajmuje się wykonywaniem analiz porównawczych emisji gazów cieplarnianych, koncentrując się na konstrukcji nadwozia<sup>5</sup>. Analizy środowiskowe cyklu życia mogą dotyczyć oprócz paliw czy konstrukcji nadwozia również cyklu życia opon, co zostało przedstawiono w pracach<sup>6</sup>, gdzie pokazano wpływ opon na środowisko od momentu ich wyprodukowania do zagospodarowania po zakończonej fazie użytkowania pojazdu.

## 2. Istota oceny cyklu życia

Metoda oceny cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment) umożliwia dokonanie oceny potencjalnego wpływu na środowisko w całym cyklu życia, czyli od pozyskania surowców, przez czas eksploatacji, po ostateczną likwidację. LCA pozwala na porównanie aspektów środowiskowych zarówno rozmaitych produktów, jak również rozwiązań technologicznych i wybór produktów czy rozwiązań o najmniejszym wpływie na środowisko w całym cyklu życia. Ocena cyklu życia jest przedmiotem norm międzynarodowych związanych z systemem zarządzania środowiskowego: PN-EN ISO 14040:2009<sup>7</sup> oraz PN-EN ISO 14044:2009<sup>8</sup>.

---

<sup>1</sup> Banse G.: Zrównoważony Rozwój – Kultura – Technika. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 85. Politechnika Śląska, Gliwice 2015.

<sup>2</sup> Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. CONCAWE, EUCAR, JRC, (JEC) 2015.

<sup>3</sup> Nordelöf A., Messagié M., Tillman A.-M., Ljunggren M., Söderman J.V.M.: Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles – what can we learn from life cycle assessment? “The International Journal of Life Cycle Assessment”, No. 19, 2014.

<sup>4</sup> Moro A., Helmens E.: A new hybrid method for reducing the gap between WTW and LCA in the carbon footprint assessment of electric vehicles. “The International Journal of Life Cycle Assessment”.

<sup>5</sup> [www.worldautosteel.org/](http://www.worldautosteel.org/), 22.10.2016.

<sup>6</sup> [www.tirebuy.com/life-cycle-tire/](http://www.tirebuy.com/life-cycle-tire/), 26.10.2016; [www.origin-www.michelinman.com/about-us/life-cycle-tires-analysis.page](http://www.origin-www.michelinman.com/about-us/life-cycle-tires-analysis.page), 26.10.2016.

<sup>7</sup> PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura.

<sup>8</sup> PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne.

Analiza LCA powinna składać się z czterech etapów: określenie celu i zakresu, analizy zbioru wejść i wyjść (LCI – Life Cycle Inventory), ocena wpływu (LCIA – Life Cycle Impact Assessment) oraz interpretacja. Ocena cyklu życia jest narzędziem służącym do oceny środowiskowej w procesie decyzyjnym. Umożliwia powiązanie oddziaływań środowiskowych (między innymi zużycia surowców, energii czy też emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych) z ich efektami dla środowiska, czyli kategoriami wpływu. Kategoria wpływu jest to klasa reprezentująca rozpatrywane kwestie środowiskowe, do których mogą być przypisane wyniki analizy zbioru wejść i wyjść cyklu życia (PN-EN ISO 14040:2009).

Do przykładowych kategorii wpływu należą: emisja gazów cieplarnianych, zakwaszenie lądowe, eutrofizacja wód, ekotoksyczność, wyczerpywanie paliw kopalnych i minerałów. Podejście cyklu życia staje się coraz istotniejsze w nowej gospodarce o obiegu zamkniętym, dlatego w Głównym Instytucie Górnictwa rozwijanych jest wiele metod służących do ocen środowiskowych uwzględniających podejście cyklu życia, które przedstawiono na rys. 1.

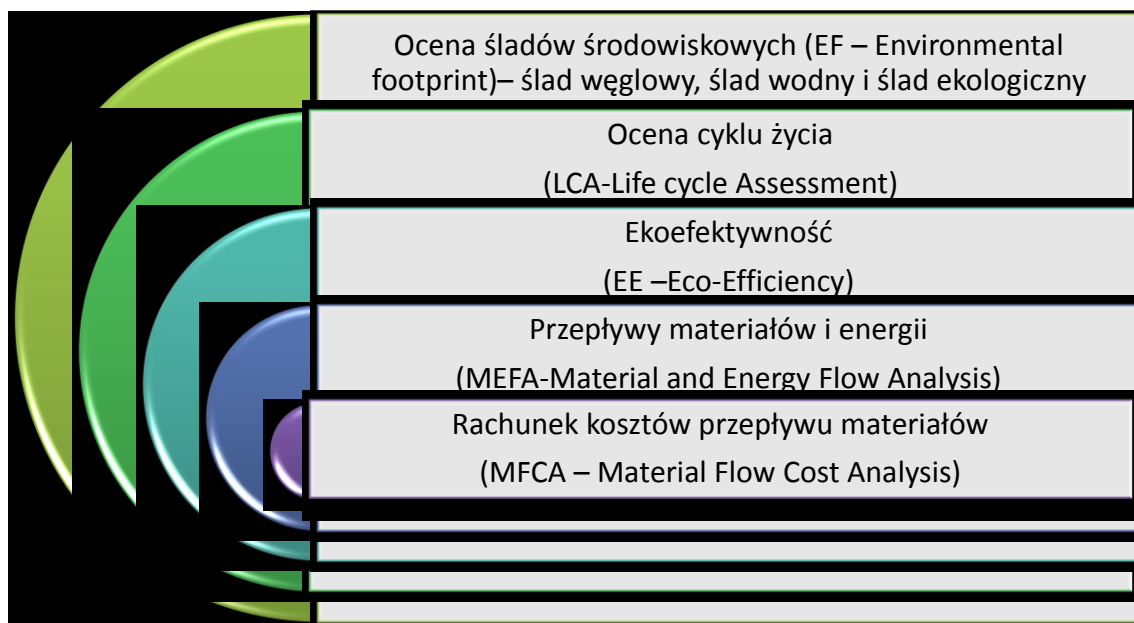
Do wykonywania analiz cyklu życia służy wiele metod oceny w cyklu życia, między innymi metoda ILCD Midpoint (która jest rekomendowana przez Komisję Europejską jako reprezentatywna dla warunków europejskich), IPCC (metoda opracowana przez Międzynarodowy Zespół do spraw Zmian Klimatu, która służy do oceny wpływu na emisję gazów cieplarnianych), metoda CED (Cumulative Energy Demand, pozwala na określenie skumulowanego zapotrzebowania na energię), IMPACT2002+ (metoda umożliwia inwentaryzację danych i ocenę w kilkunastu kategoriach pośrednich przypisanych do czterech kategorii szkód) oraz metoda ReCiPe 2008 (jeden z najbardziej kompleksowych modeli oceny)<sup>9</sup>.

Dotychczas analizy wykonywane są najczęściej zgodnie z modelem biznesowym liniowym (ang. *linear economy model*) w granicach systemu „od kołyski do grobu” (ang. *from cradle to grave*) lub „od kołyski do bramy” (ang. *from cradle to gate*), jednakże obecnie zgodnie z nowym modelem gospodarki o obiegu zamkniętym analizy powinny zostać rozszerzone w granicach systemu „od kołyski do kołyski” (ang. *from cradle to cradle*)<sup>10</sup>. Zgodnie z nowym wydaniem normy ISO 14001:2015 po raz pierwszy uwzględniono w analizach środowiskowych podejście cyklu życia<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> Burchart-Korol D., Korol J., Czaplicka-Kolarz K.: Life cycle assessment of heat production from underground coal gasification. „The International Journal of Life Cycle Assessment”, No. 21, 2016.

<sup>10</sup> Burchart-Korol D.: Zrównoważone zarządzanie zasobami naturalnymi bazując na gospodarce cyrkulacyjnej. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 87. Politechnika Śląska, Gliwice 2016.

<sup>11</sup> PN-EN ISO 14001:2015-09 Systemy zarządzania środowiskowego –Wymagania i wytyczne stosowania.

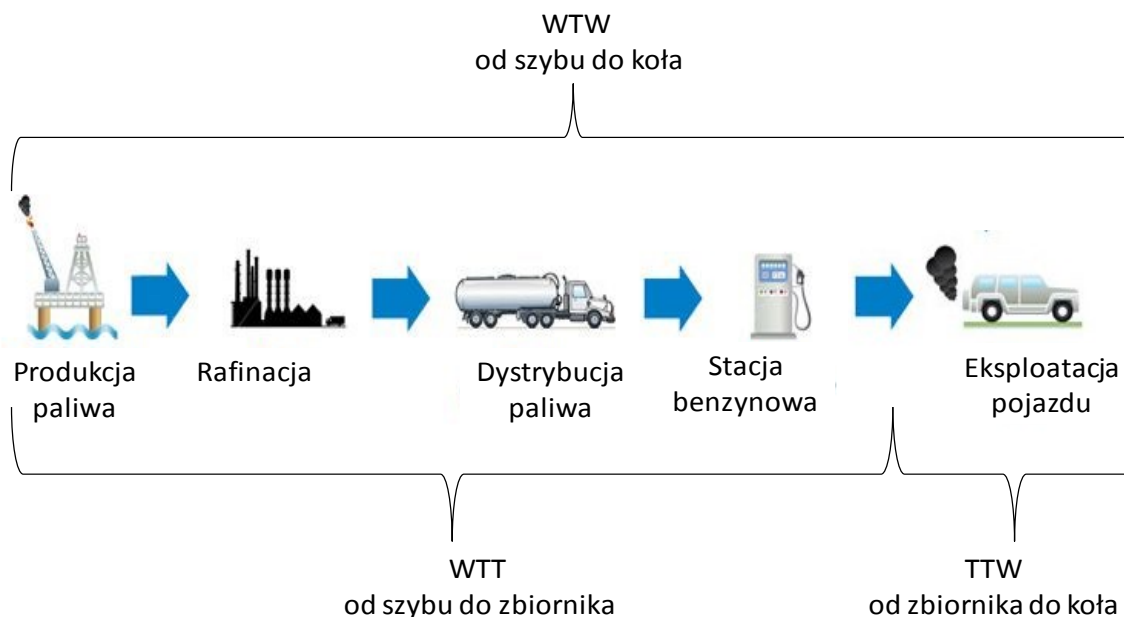


Rys. 1. Metody analiz uwzględniające podejście cyklu życia  
Źródło: Opracowanie własne.

### 3. Dotychczasowe metody środowiskowe stosowane w branży motoryzacyjnej

W branży motoryzacyjnej od kilku lat stosowane są metody oceny środowiskowej, uwzględniające cykl życia paliwa „od szybu do koła” (WTW, *Well-To-Wheel*), gdzie analizowane są dwie fazy (rys. 2):

- „od szybu do zbiornika” (WTT, *Well-To-Tank*) – w tej fazie uwzględnia się obciążenia środowiskowe związane z pozyskiwaniem surowca, z którego produkowane jest paliwo, bierze się pod uwagę również produkcję paliwa oraz jego transport i magazynowanie;
- „od zbiornika do koła” (TTW, *Tank-To-Wheel*) – w tej fazie uwzględnia się obciążenia środowiskowe związane z wykorzystaniem paliwa w pojazdach, tankowanie i spalanie paliwa w czasie eksploatacji pojazdów.



Rys. 2. Fazy uwzględnione w analizie WTW

Źródło: Opracowanie własne.

Analizy środowiskowe zgodnie z metodą WTW obejmują etapy związane z wydobyciem surowców, rafinacją oraz dystrybucją paliw oraz fazę użytkowania paliwa. W tabeli 1 przedstawiono przykładową analizę porównawczą WTW dla gazu ziemnego i oleju napędowego. Wykazano, iż w cyklu życia, w którym uwzględnione są poszczególne fazy wyższymi emisjami gazów cieplarnianych charakteryzuje się olej napędowy<sup>12</sup>.

Tabela 1

Analiza porównawcza emisji gazów cieplarnianych zgodnie z metodą WTW, g/km

Paliwo/Etap	Wydobycie surowców	Rafinacja paliw	Dystrybucja paliw	Eksploatacja pojazdów	Razem
Gaz ziemny	94	25	55	842	1016
Olej napędowy	148	132	6	1079	1365

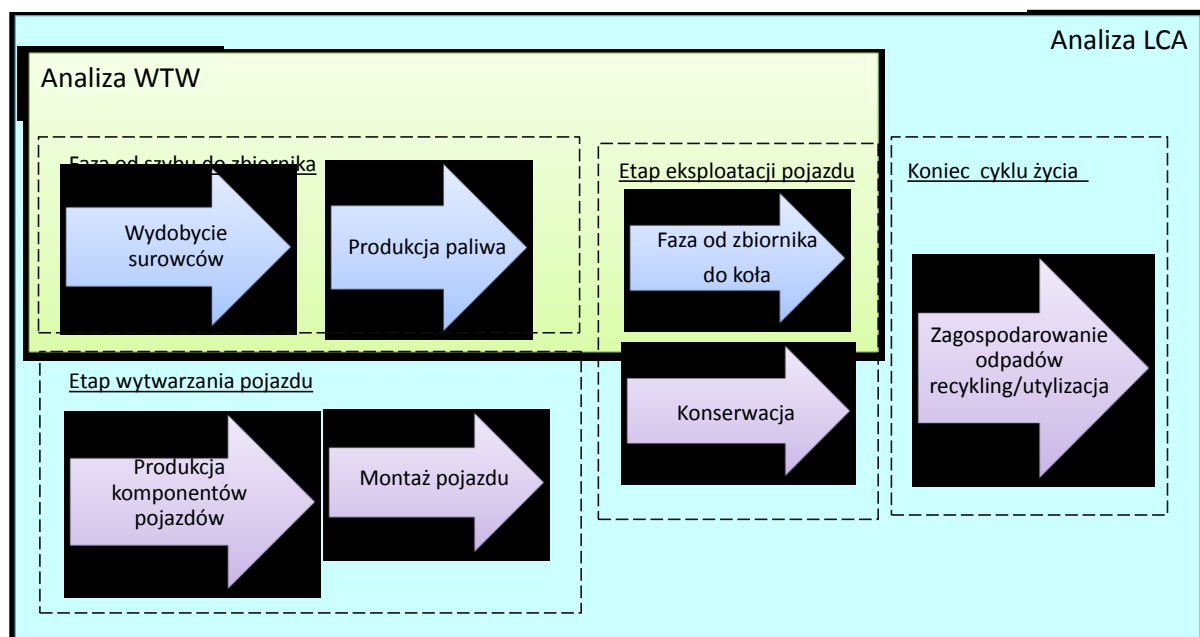
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [www.cleanenergyfuels.com](http://www.cleanenergyfuels.com), 26.10.2016.

#### 4. Analiza porównawcza analiz WTW i LCA w branży motoryzacyjnej

Analiza WTW wiąże się z wieloma ograniczeniami i stanowi uproszczoną analizę cyklu życia. Na rys. 3 przedstawiono analizę cykl życia pojazdu z uwzględnieniem WTW oraz analizę LCA, uwzględniając granice systemu „od kołyski do grobu” (ang. *from cradle to grave*) w cyklu życia pojazdu. Zakres analiz WTW obejmuje wydobycie surowców oraz produkcję paliw oraz na etapie eksploatacji obciążenia – środowiskowe związane ze zużyciem

<sup>12</sup> [www.ornl.gov/content/well-wheel-analysis-direct-and-indirect-use-natural-gas-passenger-vehicles](http://www.ornl.gov/content/well-wheel-analysis-direct-and-indirect-use-natural-gas-passenger-vehicles), 27.10.2016; [chargedevs.com/newswire/ornl-study-the-best-use-of-natural-gas-for-cars-is-production-of-electricity-for-evs/](http://chargedevs.com/newswire/ornl-study-the-best-use-of-natural-gas-for-cars-is-production-of-electricity-for-evs/), 27.10.2016.

paliwa. LCA obejmuje dodatkowo etap wytwarzania pojazdu (w tym cały cykl produkcji pojazdu), konserwacje w etapie eksploatacji oraz obejmuje koniec cyklu życia związany z gospodarką odpadami.



Rys. 3. Zakres analiz WTW i LCA – w cyklu życia pojazdu

Źródło: Opracowanie własne.

W porównaniu z oceną cyklu życia podejście (LCA) metoda WTW uwzględnia tylko kategorie oddziaływań związane ze zużyciem energii oraz emisją gazów cieplarnianych. W ocenie cyklu życia uwzględnia się materiały zużyte do procesu produkcji pojazdów i wiele innych etapów cyklu życia pojazdów, jak również kategoria wpływu na środowisko.

## 5. Korzyści z zastosowania metody LCA w branży motoryzacyjnej

LCA jest metodą, która uwzględnia wpływ na środowisko w całym cyklu życia pojazdu, od fazy produkcji pojazdu (włącznie z wytworzeniem materiałów do jego produkcji i montażem) przez etap użytkowania (włącznie z etapem produkcji paliwa i jego spalaniem) aż do końca cyklu życia (zagospodarowanie odpadów z uwzględnieniem recyklingu i utylizacji) do celów porównawczych. Metoda oceny cyklu życia LCA ma wiele możliwości, które powodują, że jest stosowana w wielu branżach do wykonywania ocen środowiskowych. Korzyści z zastosowania metody LCA w branży motoryzacyjnej przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Korzyści z zastosowania metody LCA w branży motoryzacyjnej

Źródło: Opracowanie własne.

Środowiskowa analiza cyklu życia ma zastosowanie do projektowania i doboru materiału w produkcji pojazdów, umożliwia również wykonanie analizy różnych paliw. Pozwala także na analizę porównawczą różnych wariantów transportu w celu wyboru pojazdu, który najmniej obciąża środowisko. Obciążenia środowiska mogą dotyczyć różnych kategorii wpływu, w tym między innymi: emisji gazów cieplarnianych, zużycia paliw kopalnych, ekotoksyczności, eutrofizacji, wpływu na zużycie zasobów naturalnych, zdrowie ludzkie i ekosystem. Metoda ta umożliwia benchmarking wszystkich obciążeń środowiskowych na każdym etapie cyklu życia. Analiza cyklu życia zintegrowana z analizami ekonomicznymi umożliwia dokonanie efektywności, dzięki czemu jest użytecznym narzędziem do wyboru najbardziej efektywnych rozwiązań i może służyć do wspomagania podejmowania decyzji. Zastosowanie metody LCA może również pomóc w spełnieniu wytycznych gospodarki o obiegu zamkniętym (Circular Economy – CE)<sup>13</sup>. Również w przypadku branży motoryzacyjnej wytyczne Komisji Europejskiej odnośnie do śladów środowiskowych, jak i wytyczne gospodarki o obiegu zamkniętym stanowią nowe wyzwania związane z ograniczaniem wpływu na środowisko. Przykład dobrych praktyk związanych z rozwijaniem metod analiz środowiskowych w branży motoryzacyjnej można znaleźć w koncepcjach „Green Clean and Lean”, które są opracowane przez organizację Toyota Motor Manufacturing France (TMMF), a ostatnio również odnoszą się do domykania obiegów cyklu życia pojazdu<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Burchart-Korol D.: op.cit.

<sup>14</sup> [www.toyota-europe.com/](http://www.toyota-europe.com/), 15.11.2016.

Na podstawie analiz własnych również pokazano zastosowanie metody LCA do analiz obciążeń środowiskowych transportu. Przedstawiono wyniki analiz LCA dla transportu produktów stalowych<sup>15</sup> oraz analizę porównawczą różnych rodzajów transportu (pociąg towarowy i samochód ciężarowy), w celu wyboru transportu, który najmniej obciąża środowisko, natomiast w innym opracowaniu<sup>16</sup> wykazano, że metoda LCA ma szerokie zastosowanie w przypadku oceny cyklu życia pojazdów. Na podstawie dotychczasowych analiz stwierdzono, że LCA jest doskonałą metodą, która powinna być rozwijana w ocenie cyklu życia w branży motoryzacyjnej.

## 6. Podsumowanie

W pracy przedstawiono istotę zarządzania cyklem życia w branży motoryzacyjnej oraz możliwości zastosowania oceny cyklu życia w branży motoryzacyjnej, w której kwestie środowiskowe stanowią coraz istotniejszy aspekt w zarządzaniu. Metoda Well-To-Wheel (WTW) służy do wspomagania podejmowania decyzji dotyczących aspektów środowiskowych w zakresie transportu. Metoda ta koncentruje się na emisji gazów cieplarnianych etapów związanych z cyklem życia paliw, omija jednak istotne etapy cyklu życia, szczególnie w odniesieniu do istotnych wytycznych gospodarki o obiegu zamkniętym. Dlatego w pracy zostały przedstawione inne metody ocen środowiskowych, uwzględniające podejścia cyklu życia ze szczególnym naciskiem na ocenę cyklu życia (LCA). Metoda LCA umożliwia o wiele szersze podejście do oceny środowiskowej aniżeli metoda WTW. Dotyczy to zarówno etapów uwzględnionych w analizach, jak również kategorii szkód i kategorii wpływu na środowisko.

*Praca została wykonana w ramach badań statutowych prowadzonych w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach, nr 11311036-324.*

---

<sup>15</sup> Staš D., Burchart-Korol D., Lenort R., Wicher P., Ološ P., Holman D.: Life Cycle Assessment in Outbound Transport of Metallurgical Products. METAL 2016, Thompson Reuters Conference Proceedings, 2016.

<sup>16</sup> Staš D., Burchart-Korol D., Lenort R., Wicher P., Holman D.: Environmental assessment of internal company transport based on Life Cycle Assessment methodology. Carpathian Logistics Congress, 2015.



## Bibliografia

1. Banse G.: Zrównoważony Rozwój – Kultura – Technika. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 85. Politechnika Śląska, Gliwice 2015.
2. Burchart-Korol D., Korol J., Czaplicka-Kolarz K.: Life cycle assessment of heat production from underground coal gasification. “The International Journal of Life Cycle Assessment”, No. 21, 2016.
3. Burchart-Korol D.: Zrównoważone zarządzanie zasobami naturalnymi bazując na gospodarce cyrkulacyjnej. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 87. Politechnika Śląska, Gliwice 2016.
4. Moro A., Helmens E.: A new hybrid method for reducing the gap between WTW and LCA in the carbon footprint assessment of electric vehicles. “The International Journal of Life Cycle Assessment”, Vol. 22, 2017.
5. Nordelöf A., Messagie M., Tillman A.-M., Ljunggren M., Söderman J.V.M.: Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles – what can we learn from life cycle assessment? “The International Journal of Life Cycle Assessment”, No. 19, 2014.
6. PN-EN ISO 14001:2015-09 Systemy zarządzania środowiskowego – Wymagania i wytyczne stosowania.
7. PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura.
8. PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne.
9. Staś D., Burchart-Korol D., Lenort R., Wicher P., Holman D.: Environmental assessment of internal company transport based on Life Cycle Assessment methodology. Carpathian Logistics Congress, 2015.
10. Staś D., Burchart-Korol D., Lenort R., Wicher P., Ološ P., Holman D.: Life Cycle Assessment in Outbound Transport of Metallurgical Products. METAL 2016, Thompson Reuters Conference Proceedings, 2016.
11. Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. CONCAWE, EUCAR, JRC, (JEC) 2015.
12. [www.chargedevs.com/](http://www.chargedevs.com/), 27.10.2016.
13. [www.cleanenergyfuels.com](http://www.cleanenergyfuels.com/), 26.10.2016.
14. [www.michelinman.com/about-us/life-cycle-tires-analysis.page](http://www.michelinman.com/about-us/life-cycle-tires-analysis.page), 26.10.2016.
15. [www.ornl.gov/content/well-wheel-analysis-direct-and-indirect-use-natural-gas-passenger-vehicles](http://www.ornl.gov/content/well-wheel-analysis-direct-and-indirect-use-natural-gas-passenger-vehicles), 27.10.2016.
16. [www.tirebuy.com/life-cycle-tire/](http://www.tirebuy.com/life-cycle-tire/), 26.10.2016.
17. [www.toyota-europe.com/](http://www.toyota-europe.com/), 15.11.2016.
18. [www.worldautosteel.org/](http://www.worldautosteel.org/), 22.10.2016.