

Dr inż. Paulina Owczarek  
 Wojskowa Akademia Techniczna  
 ORCID: 0000-0001-6442-9576  
 e-mail: paulina.owczarek@wat.edu.pl

# Ocena efektywności eksploatacji pojazdów dostawczych i bezpieczeństwa realizacji zadań przewozowych w przedsiębiorstwach transportowych z wykorzystaniem analizy wskaźnikowej

*Evaluation of the effectiveness of operation of light commercial vehicles and the safety of the performance of transport tasks in transport companies using indicator analysis*

## Streszczenie

Artykuł przedstawia analizę eksploatacji 24 pojazdów dostawczych, stanowiących flotę transportową siedmiu przedsiębiorstw realizujących zlecenia przewozowe w ciągu dwóch lat. Celem badań była ocena efektywności eksploatacji różnorodnych pojazdów dostawczych ze szczególnym uwzględnieniem trzech kryteriów: w zależności od przebiegów początkowych, roku produkcji oraz modelu pojazdu. Zaprezentowana została również ocena efektywności każdego przedsiębiorstwa transportowego. Na podstawie analizy dziennych obserwacji określono parametry techniczno-eksploatacyjne, które były podstawą do opracowania zbioru wskaźników eksploatacyjnych, umożliwiających dokonanie oceny w aspekcie efektywności oraz zapewnienia bezpieczeństwa realizacji zadań przewozowych. Zaproponowana metoda badania efektywności eksploatacji pojazdów dostawczych wykazała istotne różnice w strategii zarządzania eksploatacją pojazdów w przedsiębiorstwach transportowych. Opracowany zbiór wskaźników eksploatacyjnych może stanowić narzędzie wspierające podejmowanie decyzji w zakresie bezpieczeństwa realizacji zadań przewozowych oraz efektywności procesu eksploatacji pojazdów.

## Słowa kluczowe:

eksploatacja pojazdów dostawczych, efektywność ekonomiczna, bezpieczeństwo realizacji przewozów, analiza wskaźnikowa

## Abstract

The paper presents an analysis of the operation of 24 light commercial vehicles that constitute the transportation fleets of seven companies carrying out transport orders over a period of two years. The purpose of the study was to evaluate the effectiveness of operation of various light commercial vehicles with a focus on three groups formed according to their initial mileage, year of manufacture, or vehicle model. An evaluation of the effectiveness of each transport company is also presented. Based on an analysis of daily observations, technical and operational parameters were determined to be used as the basis for the development of a set of operational indicators that would enable evaluation of the effectiveness and safety of the performance of transport tasks. The proposed method for examining the effectiveness of operation of light commercial vehicles showed significant differences in the vehicle operation management strategies of various transportation companies. The developed set of operational indicators can be used as a tool to support decision-making in terms of safety in the performance of transport tasks and the effectiveness of the vehicle operation process.

## Keywords:

operation of light commercial vehicles, cost effectiveness, safety of transport operations, indicator analysis

JEL: L9

## Wprowadzenie

Złożony charakter systemów transportowych, a także dynamika warunków zewnętrznych determinują strategię zarządzania procesem eksploatacji pojazdów w przedsiębiorstwach transportowych. W dobie dynamicznych zmian w branży transportowej oraz stale wzrastającego zapotrzebowania na usługi przewozowe przedsiębiorstwa transportowe poszukują takich rozwiązań, które w szybki i prosty sposób mogłyby stanowić wsparcie w ocenie efektywności eksploatacji swojej floty, ale też w podejmowaniu racjonalnych działań związanych z realizacją zleceń przewozowych.

Wszystkie nieprzewidziane zdarzenia lub nieracjonalne zarządzanie potencjałem pojazdu mogą skutkować awariami, uszkodzeniami części i tym samym przestojami. W praktyce dąży się do jak największej skuteczności realizowanych zadań przewozowych, dlatego przerwanie łańcucha transportowego skutkuje poważnymi dla przedsiębiorstwa efektami. Należą do nich najczęściej zwiększone koszty eksploatacji, utrata zaufania klienta i możliwości podjęcia potencjalnych zleceń przewozowych. Zarządzanie eksploatacją pojazdów musi zatem uwzględniać bezpieczeństwo realizacji zadań przewozowych, monitorować bieżący stan pojazdów i podejmować proaktywne działania operacyjne.

W praktyce ważnym narzędziem do pomiaru rozwoju przedsiębiorstwa i podejmowania działań na rzecz jego ciągłego doskonalenia są wskaźniki KPI (*Key Performance Indicators*). Opracowanie stosownego zbioru danych, zawierającego parametry opisujące proces transportowy oraz wskaźniki charakteryzujące specyfikę użytkowania pojazdów, staje się podstawą do oceny efektywności podejmowanych działań. Jest to również narzędzie umożliwiające bieżące monitorowanie procesu oraz podejmowanie działań prewencyjnych w aspekcie utrzymania zdadności pojazdu i jego gotowości technicznej do wykonania zleconego zadania (Kijek i in., 2019).

Poszukiwanie sposobów na zwiększenie wydajności procesu transportowego stanowi przedmiot badań, w ramach którego uwagę skupia się przede wszystkim na analizie i redukcji kosztów użytkowania pojazdów (Bokrantz i in., 2017; Kocańda & Zdunek, 2017). Prowadzi się badania, których celem jest ocena stanu technicznego (Andrzejczak, 2015; Wojciechowski i in., 2018) i prognozowanie częstotliwości występowania uszkodzeń pojazdów (Andrzejczak i in., 2017). Prowadząc szczegółową analizę zdarzeń eksploatacyjnych identyfikuje się czynniki kształtujące poziom niezawodności pojazdów (Pszczółkowski i in., 2019). Celem prowadzonych badań eksploatacyjnych jest analiza zdolności

operacyjnej pojazdów i doskonalenie procesu eksploatacji poprzez wprowadzenie wskaźnika informującego o ekwiwalentnej dostępności (Kristjanpoller i in., 2020). Odpowiednio dobrane parametry techniczno-eksploatacyjne i dane dotyczące zużycia poszczególnych części pojazdów ciężarowych są podstawą do obliczeń wskaźników eksploatacyjnych i opracowania algorytmu pozwalającego na zmniejszenie zużycia i tym samym kosztów eksploatacyjnych (Wojciechowski i in., 2018). Bezpieczeństwo realizacji zadań przewozowych zapewnia skuteczność systemu eksploatacji (Caban i in., 2019), dlatego najczęściej badania operują się na ocenie wskaźnika gotowości technicznej pojazdów (Czarnkowska i in., 2013), intensywności użytkowania (Prochowski, 2018; Przybysz, 2021) i niezawodności (Dziedziniak i in., 2021; Tey & Rahizar, 2019).

Zarówno w teorii, jak i w praktyce poszukuje się odpowiednich metod prognozowania opłacalności realizacji zadań transportowych oraz minimalizowania rozbieżności pomiędzy rzeczywistością a założoną charakterystyką pojazdu. Przy zastosowaniu metody syntezy testów jezdnych można wyznaczyć wartości ocenianych, zerowymiarowych charakterystyk, określających właściwości użytkowe pojazdu, oraz dokonać oceny probabilistycznych właściwości tych wielkości (Chłopek, 2016). Badanie efektywności i zapewnienia bezpieczeństwa realizacji zadań przewozowych w praktyce najczęściej sprowadza się do analizy intensywności użytkowania pojazdów na podstawie parametrów dotyczących: przebiegu, masy przewiezionego ładunku, czasu pracy oraz zużycia części pojazdu. Zbiór tych parametrów stanowi podstawę do określenia wskaźników eksploatacyjnych, tj. (Andrzejczak i in., 2018; Dziubak i in., 2021; Józwiak i in., 2020; Wituszyński & Jakubowski, 2009):

- wskaźnika gotowości technicznej,
- wskaźnika niezawodności użytkowej,
- wskaźnika wykorzystania czasu pracy,
- wskaźnika statycznego sumarycznego wykorzystania ładowności.

Na podstawie takiego zbioru parametrów oraz wskaźników można dokonać oceny i zbadać, czy dany pojazd jest efektywny i wydajny, jednak zasady racjonalnego eksploataowania pojazdów odnoszą się do rozwiązywania problemów decyzyjnych dotyczących często różnych obszarów systemu transportowego. Stąd też precyzyjny dobór parametrów techniczno-eksploatacyjnych oraz opracowanie zbioru wskaźników mogą stać się skutecznym narzędziem do monitorowania stanu i efektów każdego pojazdu, procesu realizacji przewozów oraz całego przedsiębiorstwa w ujęciu strategicznym.

Odnajduje się nieliczny zbiór opracowań dotyczących badań na zbiorach parametrów techniczno-eksploatacyjnych opisujących pojazdy dostawcze,

które nie podlegają Rozporządzeniu (WE) nr 561/2006 harmonizującemu przepisy ruchu drogowego. Złożoność i dynamika niedostatecznie jeszcze unormowanego systemu transportowego utrudniają identyfikację stałych parametrów oceny eksploatacji oraz modelowanie zależności przyczynowo-skutkowych. Brak jest badań, w ramach których analizuje się różne typy pojazdów i uwzględnia się jednocześnie takie parametry jak: czas pracy, czas postoju, współczynnik przeciążenia.

Kluczowym elementem realizacji zadań przewozowych jest zabezpieczanie ciągłości łańcucha dostaw w aspekcie informacyjnym (Zaskórski & Jurek, 2019), co przekłada się na efektywność działań oraz na zwiększenie zaufania do przewoźnika. Dostępne badania wskazują obszary wpływające na bezpieczeństwo łańcuchów dostaw oraz elementy doskonalenia podejmowanych działań w zarządzaniu łańcuchami dostaw (Staniewska, 2021). Podjęte w niniejszej pracy rozważania dotyczące bezpieczeństwa realizacji zadań przewozowych stanowią wieloaspektowe zagadnienie odnoszące się do zapewnienia skuteczności realizowania procesów z uwzględnieniem ich jakości, a także możliwości ciągłego doskonalenia. Złożonym zagadnieniem jest również ryzyko i zagrożenia związane z kondycją globalnej gospodarki, która determinuje ciągłość przepływu i działań operacyjnych, jak w przypadku pandemii COVID-19, której efektem było zerwanie globalnych łańcuchów dostaw.

Efektywne zarządzanie systemem eksploatacji pojazdów dostawczych wyraża zatem jego całościowy kształt możliwości zaspokajania potrzeb użytkowników i skoncentrowane jest na podejmowaniu racjonalnych decyzji, których celem jest maksymalizacja uzyskanych efektów oraz bezpieczeństwo realizacji zadań przewozowych.

Za pomocą przedstawionych w niniejszym opracowaniu wskaźników eksploatacyjnych można weryfikować intensywności użytkowania pojazdów, analizować rentowności podjętych działań i planować proces użytkowania pojazdów. Mikro- i małe przedsiębiorstwa ze względu na koszty rzadko wdrażają nowoczesne systemy informatyczne wspomagające podejmowanie decyzji w zakresie eksploatacji pojazdów, dlatego zaprezentowane wskaźniki mogą posłużyć jako wsparcie w zakresie oceny efektywności pojazdów, bezpieczeństwa realizacji przewozu oraz stanu przedsiębiorstwa. Mogą stanowić również podstawę do budowania strategii bezpieczeństwa eksploatacji pojazdów. Specyfika użytkowania pojazdów wskazuje, że intensywność, warunki i działania podejmowane w ramach użytkowania mogą wpływać na stan techniczny pojazdu. Tym samym determinują proces obsługowo-naprawczy, który zawsze wiąże się z ponoszeniem dodatkowych kosztów.

## Metoda wskaźnikowa narzędziem do oceny efektywności eksploatacji pojazdów w przedsiębiorstwach transportowych

Specyfika zarządzania flotą transportową ma na celu bezpieczne i skuteczne realizowanie zadań przewozowych i jednocześnie minimalizowanie kosztów eksploatacji. W dobie rozwoju technologicznego szczególnie duże firmy transportowe coraz częściej wdrażają systemy klasy TMS (*Transport Management System*) wspierające procesy decyzyjne. Systemy te zbierają informacje dotyczące m.in.: przebiegu, zużycia paliwa, czasu pracy, czasu postoju, kosztów eksploatacji, mas ładunku, prędkości jazdy, emisji spalin, emisji śladu węglowego (Linneusson i in., 2018; Masłowski i in., 2016; Szczepański i in., 2018). Na podstawie zbioru tych parametrów opracowuje się funkcjonalności systemu, takie jak: eko-driving, modele behawioralne kierowców czy szybka wizualizacja danych.

Zbiór tych parametrów i funkcjonalności stanowi dla jednostek zarządzających podstawę do oceny efektywności danego pojazdu i zabezpieczania ciągłości realizowanych zadań. Ze względu na koszty wdrożenia systemu TMS mikro- i małe przedsiębiorstwa transportowe rzadziej wykorzystują ich potencjał. Problem monitorowania oraz oceny efektywności eksploatacji pojazdów może zatem rozwiązać wdrożenie zbioru wskaźników eksploatacyjnych, które będą wskazywać obszary wymagające usprawnienia lub zmiany.

Struktura każdego przedsiębiorstwa transportowego jest różnorodna, zależna od specyfiki działania, liczby zatrudnionych pracowników, posiadanych pojazdów, przyjętej strategii eksploatacji oraz doświadczenia kierowców. Rezultaty podejmowanych działań w obszarze użytkowania pojazdów zależą przede wszystkim od zastosowania odpowiednich metod i technik racjonalnego zarządzania potencjałem floty.

Jedną z metod oceny efektywności eksploatacji jest analiza wskaźnikowa. W teorii potwierdza się, że efektywność przedsiębiorstwa transportowego można ocenić za pomocą zbioru wskaźników odnoszących się do trzech grup:

- dotyczących użytkowania pojazdów.
- dotyczących obsługi pojazdów.
- dotyczących ekonomiki pojazdów.

W ramach poszczególnych grup wyróżnia się wskaźniki wyszczególnione w tabeli 1 (Radović & Stević, 2018; Torbacki, 2017).

Duża liczba zmiennych opisujących system transportowy oraz proces użytkowania pojazdów powoduje, że w praktyce nie analizuje się wskaźników eksploatacyjnych, ich korelacji z wynikiem przedsię-

**Tabela 1**  
Zbiór wskaźników eksploatacyjnych w ujęciu trzech grup

Wskaźnik	Objaśnienia symboli
<b>Użytkowanie</b>	
1. Stopień realizacji przewozu: $W_1 = \frac{T_2}{T_1}$	$T_1$ – plan do wykonania, określony w tonokilometrach, kilometrach, masie, czasie $T_2$ – plan zrealizowany, określony w tonokilometrach, kilometrach, masie, czasie
2. Stopień użycia pojazdu: $W_2 = \frac{R_2}{R_1}$	$R_1$ – objętość dostępna w jednostce ładunkowej pojazdu $R_2$ – objętość przetransportowanych ładunków
3. Stopień użycia floty: $W_3 = \frac{P_2}{P_1}$	$P_1$ – liczba pojazdów wymaganych do zrealizowania pojedynczego zlecenia $P_2$ – liczba pojazdów zaangażowanych do realizacji zlecenia
4. Realizacja ilościowa planu przewozowego: $W_4 = \frac{K_1}{K_2}$	$K_1$ – liczba zrealizowanych zleceń $K_2$ – liczba niezrealizowanych zleceń
5. Stopień masowego obciążenia pojazdów: $W_5 = \frac{U_1}{U_2}$	$U_1$ – tonaż zrealizowanych przewozów $U_2$ – liczba użytkowanych pojazdów
<b>Obsługiwanie</b>	
6. Średni czas eksploatacji pomiędzy awariami: $W_6 = \frac{A_1}{A_2}$	$A_1$ – czas pracy pojazdu $A_2$ – liczba awarii pojazdu
7. Średni czas awarii: $W_7 = \frac{C_1}{C_2}$	$C_1$ – objętość dostępna w jednostce ładunkowej pojazdu $C_2$ – objętość przetransportowanych ładunków
8. Sprawność techniczna floty: $W_8 = \frac{Z_1}{Z_2}$	$Z_1$ – liczba pojazdów spełniających kryteria techniczne $Z_2$ – liczba jednostek kontrolowanych pod kątem spełnienia kryteriów technicznych
9. Stopień istotności awarii: $W_9 = \frac{I_1}{I_2}$	$I_1$ – czas przestoju pojazdu $I_2$ – czas pracy pojazdu
10. Stopień wypadkowości floty: $W_{10} = \frac{J_1}{J_2}$	$J_1$ – liczba pojazdów biorących udział w wypadkach $J_2$ – liczba wszystkich pojazdów
<b>Ekonomiczność</b>	
11. Koszt zlecenia przewozowego: $W_{11} = \frac{H_1}{H_2}$	$H_1$ – koszty poniesione na flotę pojazdów $H_2$ – liczba zleceń
12. Koszt tonokilometra: $W_{12} = \frac{M_1}{M_2}$	$M_1$ – koszty poniesione na flotę pojazdów $M_2$ – zrealizowane przewozy w tonokilometrach
13. Efektywność ponoszonych kosztów: $W_{13} = \frac{N_1}{N_2}$	$N_1$ – koszty poniesione na flotę pojazdów $N_2$ – koszty poniesione na zrealizowane zlecenia

Źródło: opracowanie własne.

biorstwa, ponoszonymi kosztami oraz stanem technicznym pojazdów. Brak bieżącego monitorowania wskaźników oraz zależności przyczynowo-skutkowej

podejmowanych zadań powoduje, że realizacja przewozów, dobór pojazdów do zadań oraz przyjęta strategia zarządzania są nieefektywne z punktu wi-

dzenia ekonomiczności oraz bezpieczeństwa realizacji zadań. Wpływa to znacząco na jakość systemu eksploatacji pojazdów, generuje koszty związane z użytkowaniem i obsługiwaniem, zmniejsza trwałość części pojazdu i jego niezawodność, co powoduje przerwanie łańcucha dostaw. W niniejszym opracowaniu bezpieczeństwo realizacji zadań przewożonych rozumiane jest jako skuteczność realizowanych zadań operacyjnych, determinowanych intensywnością użytkowania pojazdów, a w efekcie gotowością techniczną pojazdu zdolnego do zrealizowania zlecenia transportowego.

## Badanie efektywności pojazdów w przedsiębiorstwie transportowym na zbiorze rzeczywistych danych

Obiektem prowadzonych badań były 24 pojazdy dostawcze, stanowiące flotę siedmiu przedsiębiorstw transportowych świadczących usługi przewozowe na terenie kraju. Każde przedsiębiorstwo posiada określoną liczbę pojazdów (od dwóch do siedmiu) i realizuje dostawy jednego typu produktów klientów. Pojazdy wyprodukowane zostały w latach 2004–2011 przez trzech producentów (Renault, Fiata, Citroëna). W skład flot wchodziły cztery modele: Renault Master, Renault Mascott, Citroën Jumper i Fiat Ducato. Przebiegi początkowe pojazdów w momencie rozpoczęcia badań kształtowały się na poziomie od 52 tys. km do 396 tys. km. Dopuszczalna ładowność pojazdów waha się w przedziale 720–1300 kg. W ciągu dwóch lat (2018–2019) każdy pojazd realizował dzienne zlecenia transportowe, które stanowiły podstawę do opracowania zbioru wskaźników umożliwiających dokonanie oceny procesu eksploatacji pojedynczego pojazdu oraz efektywności każdego przedsiębiorstwa.

Strategia eksploatacji pojazdów dostawczych oraz specyfika przedsiębiorstwa mają istotny wpływ na efektywność jego działalności gospodarczej. Prawidłowe zarządzanie eksploatacją pojazdów ma na celu podniesienie ich sprawności technicznej, niezbędnej do realizacji zadań oraz spowalniania procesu starzenia fizycznego. Mając na uwadze różnorodność badanych obiektów, zdefiniowane zostały wskaźniki eksploatacyjne, za pomocą których dokonano oceny efektywności eksploatacji każdego pojazdu. Opracowane wyniki badań dla 24 pojazdów zestawiono w tabeli 2 i dokonano ich analizy w odniesieniu do każdego przedsiębiorstwa transportowego (tabela 3).

Badanie efektywności eksploatacji pojazdów dostawczych przeprowadzono na podstawie zdefiniowanych wskaźników:

1. Wskaźnik wykorzystania czasu pracy pojazdu  $E_1$ :

$$E_1 = \frac{C_{u1}}{E_w} \cdot 100\%, \quad (1)$$

gdzie:

$C_{u1}$  – całkowity czas pracy pojazdu [h];

$E_w$  – maksymalny, całkowity czas pracy pojazdu [h].

Dla badanego okresu przyjęto, że maksymalny, całkowity czas pracy pojazdu wynosi 5463 h przy założeniu, że pojazdy nie wykonują przewozów w niedziele i święta oraz ich maksymalny, dzienny czas pracy wynosi 9 h.

2. Wskaźnik efektywnej pracy pojazdu  $E_2$ :

$$E_2 = \frac{J_{u1}}{C_{u1}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

gdzie:

$J_{u1}$  – całkowity czas jazdy pojazdu [h].

3. Wskaźniki intensywności użytkowania pojazdu

$E_3, E_4$ :

$$E_3 = \frac{P_{u1}}{J_{u1}}, \quad (3)$$

gdzie:

$P_{u1}$  – całkowity zrealizowany przebieg pojazdu [km].

$$E_4 = \frac{M_{u1}}{P_{u1}}, \quad (4)$$

gdzie:

$M_{u1}$  – całkowita przewieziona masa ładunku [t].

4. Wskaźnik gotowości technicznej pojazdu  $E_5$ :

$$E_5 = \frac{C_{u1}}{C_{u1} + C_{NZ}}, \quad (5)$$

gdzie:

$C_{NZ}$  – całkowity czas niezdatności pojazdu do pracy [h].

Dla pojazdów przebywających w naprawie po wystąpieniu awarii określono całkowity czas niezdatności pojazdu do pracy zgodnie ze wzorem:

$$C_{NZ} = L_{d1} \cdot L_{zt}, \quad (6)$$

gdzie:

$L_{d1}$  – liczba dni w których pojazd przebywa w naprawie,

$L_{zt}$  – średni czas trwania zlecenia transportowego.

Wskaźnik informuje jednocześnie o zabezpieczeniu ciągłości realizowanego zadania przewożonego.

5. Wskaźnik wykorzystania potencjału użytkowego pojazdu  $E_6$ :

$$E_6 = \frac{P_{r2}}{R_d} \cdot 100\%, \quad (7)$$

gdzie:

$P_{r2}$  – przebieg końcowy pojazdu [km];

$R_d$  – resurs docelowy [km].

Zgodnie z informacjami zawartymi w Katalogu norm eksploatacji techniki lądowej docelowa norma eksploatacji dla pojazdów dostawczych wynosi 15 lat lub 450 000 km (Ministerstwo Obrony Narodowej, 2014).

6. Wskaźnik efektywności ekonomicznej pojazdu  $E_7$ :

$$E_7 = \frac{D_{u1}}{M_{u1} \cdot P_{u1}}, \quad (8)$$

gdzie:

$D_{u1}$  – całkowity uzyskany dochód [h].

Analiza zleceń transportowych oraz procesu użytkowania pojazdów umożliwiła opracowanie zbioru parametrów techniczno-eksploatacyjnych, który obejmuje:

$M_p$  – model pojazdu [RM, RS, FD, CJ];

$R_p$  – rok produkcji [rok];

$P_{r1}$  – przebieg początkowy pojazdu [km];

$P_{u1}$  – całkowity zrealizowany przebieg pojazdu [km];

$P_{r2}$  – przebieg końcowy pojazdu [km];

$L_z$  – liczba zleceń;

$L_{zt}$  – średni czas trwania zlecenia [h];

$W_{u1}$  – średnia wartość współczynnika przeciążenia [%];

$M_{u1}$  – całkowita przewieziona masa ładunku [t];

$C_{u1}$  – całkowity czas pracy pojazdu [h];

$J_{u1}$  – całkowity czas jazdy pojazdu [h];

$T_{u1}$  – całkowity czas postoju pojazdu [h];

$C_{NZ}$  – całkowity czas niezdatności pojazdu do pracy [h];

$D_{u1}$  – całkowity dochód [zł].

Zbiór danych przedstawiający wartości parametrów w ujęciu całościowym stanowi podstawę do analizy i porównania efektywności procesu eksploatacji w odniesieniu do każdego pojazdu, a następnie, co zaprezentowano w tabeli 4, do przeprowadzenia analizy porównawczej i oceny efektywności przedsiębiorstw transportowych. Na podstawie zbioru parametrów techniczno-eksploatacyjnych zamieszczonych w tabeli 2 zdefiniowano siedem wskaźników eksploatacyjnych:  $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7$ , których wartości dla każdego pojazdu przedstawiono w tabeli 3.

Analiza wskaźników efektywności eksploatacji w odniesieniu do każdego pojazdu wykazała, że:

- wartość wskaźnika wykorzystania czasu pracy  $E_1 > 100\%$  dla pojazdów 7, 8 i 9 oznacza, że pojazdy te pracują ponadnormatywnie w odniesieniu do czasu pracy;

- wartość wskaźnika efektywnej pracy  $E_2$  dla wszystkich pojazdów mieści się w przedziale 80–91%, co oznacza, że postoje (przerwy, przestoje na załadunku, rozładunku, na trasie) stanowią od 9 do 20% czasu pracy pojazdów;

- wskaźnik intensywności użytkowania  $E_3$  dla wszystkich pojazdów przyjmuje wartości w zakresie 47,90–50,83, najniższe wartości odnotowano dla pojazdu 20 – 47,88 i 21 – 47,90, najwyższe wartości dla pojazdu 5 – 50,49 i 6 – 50,83;

- najniższe wartości wskaźnika intensywności użytkowania  $E_4 = 0,0019$  odnotowano dla pojazdu 13 i 14, a najwyższe  $E_4 = 0,0047$  dla pojazdów 2, 3, 11;

- dla dziewięciu pojazdów wskaźnik gotowości technicznej  $E_5$  mieścił się w przedziale 0,94–0,99, dla pozostałych pojazdów  $E_5 = 1$ ; najniższą wartość  $E_5 = 0,94$  wykazano dla pojazdu 7;

- wartość wskaźnika wykorzystania potencjału użytkowego  $E_6 > 100\%$  dla pojazdów 4, 7, 8, 10, 22, 21, 22, 23 oznacza, że pojazdy wykorzystywały swój potencjał użytkowy w odniesieniu do docelowego resursu określonego w Katalogu norm eksploatacji techniki lądowej (Ministerstwo Obrony Narodowej, 2014); najniższą wartość  $E_6 = 59\%$  odnotowano dla pojazdów 1 i 18, które charakteryzowały się najniższymi przebiegami początkowymi;

- najwyższą wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej  $E_7 = 0,00154$  odnotowano dla pojazdu 14, który ma również najwyższą wartość  $E_2$  i najniższą  $E_4$ . Najniższą wartość  $E_7 = 0,00038$  przyjmuje pojazd 7, dla którego wskaźnik gotowości technicznej  $E_5$  był na najniższym poziomie.

Dla pojazdów zdefiniowanych w trzech grupach w zależności od przebiegów początkowych, zaobserwowano następujące wartości wskaźników:

- dla  $P_{r1} < 50\ 000$  km:

$E_1 = 93\%$ ,  $E_2 = 86\%$ ,  $E_3 = 49,47$ ,  $E_4 = 0,0040$ ,  $E_5 = 0,99$ ,  $E_6 = 70\%$ ,  $E_7 = 0,00084$ ;

- dla  $150\ 000$  km  $< P_{r1} < 250\ 000$  km:

$E_1 = 92\%$ ,  $E_2 = 88\%$ ,  $E_3 = 49,73$ ,  $E_4 = 0,0030$ ,  $E_5 = 0,99$ ,  $E_6 = 92\%$ ,  $E_7 = 0,00102$ ;

- dla  $P_{r1} > 250\ 000$  km:

$E_1 = 96\%$ ,  $E_2 = 84\%$ ,  $E_3 = 49,28$ ,  $E_4 = 0,0032$ ,  $E_5 = 0,99$ ,  $E_6 = 120\%$ ,  $E_7 = 0,00101$ .

Dla pojazdów zdefiniowanych w trzech grupach w zależności od roku produkcji zaobserwowano następujące wartości wskaźników:

- dla pojazdów wyprodukowanych w latach 2004–2006:

$E_1 = 92\%$ ,  $E_2 = 84\%$ ,  $E_3 = 48,91$ ,  $E_4 = 0,0027$ ,  $E_5 = 1$ ,  $E_6 = 107\%$ ,  $E_7 = 0,00114$ ;

**Tabela 2**  
**Zbiór parametrów techniczno-eksploatacyjnych stanowiących podstawę do opracowania zbioru wskaźników**

Lp.	$M_p$	$R_p$ [rok]	$P_{r1}$ [km]	$P_{u1}$ [km]	$P_{u2}$ [km]	$L_z$	$L_{z1}$ [h]	$W_{u1}$ [%]	$M_{u1}$ [t]	$C_{u1}$ [h]	$J_{u1}$ [h]	$T_{u1}$ [h]	$C_{NZ}$ [h]	$D_{u1}$ [zł]
1	RM	2011	59 255	204 498	263 753	598	7,84	133	871	4688,95	4165,10	523,85	94,09	189 043
2	RM	2011	82 482	211 679	294 161	609	7,88	131	997	4798,65	4313,98	484,67	0,00	184 555
3	RM	2011	203 362	205 555	408 917	590	7,78	150	975	4591,72	4120,60	471,12	85,61	161 585
4	FD	2011	396 725	216 755	613 480	579	8,59	136	966	4973,03	4335,73	637,30	154,60	169 659
5	FD	2011	220 603	228 749	449 352	548	9,35	132	942	5125,50	4530,60	594,90	280,59	154 614
6	CJ	2011	168 803	239 924	408 727	594	9,06	170	960	5380,90	4720,08	660,82	36,24	197 671
7	CJ	2011	160 848	299 264	460 112	537	12,44	137	953	6681,60	5960,20	721,40	435,49	107 835
8	RM	2010	278 920	282 040	560 960	553	11,74	141	858	6490,37	5640,80	849,57	199,52	145 300
9	RM	2010	141 440	259 790	401 230	573	10,70	128	878	6129,22	5195,80	933,42	64,18	165 414
10	RM	2010	341 360	206 100	547 460	574	8,85	130	745	5079,50	4122,00	957,50	0,00	129 020
11	FD	2010	149 710	206 090	355 800	562	8,90	157	970	5000,80	4121,80	879,00	0,00	95 862
12	CJ	2010	113 610	205 950	319 560	563	8,87	115	779	4993,27	4117,60	875,67	58,51	103 611
13	RS	2009	214 394	209 055	423 449	520	9,26	104	391	4812,92	4279,88	533,03	0,00	101 068
14	RS	2008	211 659	203 437	415 096	518	8,91	101	392	4613,65	4181,63	432,02	0,00	122 960
15	RS	2008	223 574	186 852	410 426	516	8,22	101	391	4239,10	3742,40	496,70	0,00	111 207
16	RM	2007	168 068	203 864	371 932	518	8,95	106	594	4636,63	4081,83	554,80	0,00	130 519
17	CJ	2007	167 483	225 034	392 517	522	9,88	105	630	5157,13	4525,73	631,40	0,00	141 865
18	CJ	2007	52 083	211 834	263 917	518	9,55	105	653	4945,43	4356,37	589,07	0,00	170 397
19	RM	2006	170 930	256 050	426 980	518	11,19	106	547	5797,53	5168,13	629,40	0,00	127 761
20	RS	2006	261 380	217 240	478 620	520	10,21	113	439	5307,93	4537,53	770,40	0,00	132 412
21	RM	2006	362 720	194 560	557 280	520	9,58	117	608	4979,37	4061,70	917,67	0,00	126 725
22	RS	2005	356 740	186 520	543 260	524	9,03	107	618	4730,90	3830,90	900,00	0,00	128 662
23	RS	2005	271 260	216 430	487 690	514	9,90	109	560	5088,37	4284,20	804,17	0,00	146 642
24	RS	2004	223 390	172 870	396 260	513	8,61	109	559	4415,00	3532,00	883,00	0,00	112 291

Uwaga:  $M_p$  – model pojazdu (RM – Renault Master, RS – Renault Mascott, FD – Fiat Ducato, CJ – Citroën Jumper);  $R_p$  – rok produkcji;  $P_{r1}$  – przebieg początkowy pojazdu;  $P_{u1}$  – całkowity zrealizowany przebieg pojazdu;  $P_{u2}$  – przebieg końcowy pojazdu;  $L_z$  – liczba zleceń;  $L_{z1}$  – średni czas trwania zlecenia;  $W_{u1}$  – średnia wartość współczynnika przeciążenia;  $M_{u1}$  – całkowita przewieziona masa ładunku;  $C_{u1}$  – całkowity czas pracy pojazdu;  $T_{u1}$  – całkowity czas postoju pojazdu;  $C_{NZ}$  – całkowity czas niezdatności pojazdu do pracy;  $D_{u1}$  – całkowity dochód.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3

Zestawienie wskaźników efektywności eksploatacji pojazdów dostawczych

Lp.	$E_1$ [%]	$E_2$ [%]	$E_3$ [km/h]	$E_4$ [t/km]	$E_5$	$E_6$ [%]	$E_7$ [zł/tkm]
1	86	89	49,10	0,0043	0,98	59	0,00106
2	88	90	49,07	0,0047	1,00	65	0,00087
3	84	90	49,88	0,0047	0,98	91	0,00081
4	91	87	49,99	0,0045	0,97	136	0,00081
5	94	88	50,49	0,0041	0,95	100	0,00072
6	98	88	50,83	0,0040	0,99	91	0,00086
7	122	89	50,21	0,0032	0,94	102	0,00038
8	119	87	50,00	0,0030	0,97	125	0,00060
9	112	85	50,00	0,0034	0,99	89	0,00073
10	93	81	50,00	0,0036	1,00	122	0,00084
11	92	82	50,00	0,0047	1,00	79	0,00048
12	91	82	50,02	0,0038	0,99	71	0,00065
13	88	89	48,85	0,0019	1,00	94	0,00124
14	84	91	48,65	0,0019	1,00	92	0,00154
15	78	88	49,93	0,0021	1,00	91	0,00152
16	85	88	49,94	0,0029	1,00	83	0,00108
17	94	88	49,72	0,0028	1,00	87	0,00100
18	91	88	48,63	0,0031	1,00	59	0,00123
19	106	89	49,54	0,0021	1,00	95	0,00091
20	97	85	47,88	0,0020	1,00	106	0,00139
21	91	82	47,90	0,0031	1,00	124	0,00107
22	87	81	48,69	0,0033	1,00	121	0,00112
23	93	84	50,52	0,0026	1,00	108	0,00121
24	81	80	48,94	0,0032	1,00	88	0,00116

Uwaga:  $E_1$  – wskaźnik wykorzystania czasu pracy pojazdu;  $E_2$  – wskaźnik efektywnej pracy pojazdu;  $E_3, E_4$  – wskaźniki intensywności użytkowania pojazdu;  $E_5$  – wskaźnik gotowości technicznej pojazdu;  $E_6$  – wskaźnik wykorzystania potencjału użytkowego pojazdu;  $E_7$  – wskaźnik efektywności ekonomicznej pojazdu.

Źródło: opracowanie własne.

- dla pojazdów wyprodukowanych w latach 2007–2009:

$E_1 = 87\%$ ,  $E_2 = 89\%$ ,  $E_3 = 49,29$ ,  $E_4 = 0,0024$ ,  
 $E_5 = 1$ ,  $E_6 = 84\%$ ,  $E_7 = 0,00127$ ;

- dla pojazdów wyprodukowanych w latach 2010–2011:

$E_1 = 98\%$ ,  $E_2 = 87\%$ ,  $E_3 = 49,97$ ,  $E_4 = 0,0040$ ,  
 $E_5 = 0,98$ ,  $E_6 = 94\%$ ,  $E_7 = 0,00073$ .

Dla pojazdów zdefiniowanych w czterech grupach w zależności od modelu pojazdu, zaobserwowano następujące wartości wskaźników:

- dla Renault Mastera:

$E_1 = 96\%$ ,  $E_2 = 87\%$ ,  $E_3 = 49,49$ ,  $E_4 = 0,0035$ ,  
 $E_5 = 0,99$ ,  $E_6 = 95\%$ ,  $E_7 = 0,00089$ ;

- dla Renault Mascotta:

$E_1 = 87\%$ ,  $E_2 = 86\%$ ,  $E_3 = 49,06$ ,  $E_4 = 0,0024$ ,  
 $E_5 = 1$ ,  $E_6 = 100\%$ ,  $E_7 = 0,00131$ ;

- dla Fiata Ducato:

$E_1 = 92\%$ ,  $E_2 = 86\%$ ,  $E_3 = 50,16$ ,  $E_4 = 0,0044$ ,  
 $E_5 = 0,97$ ,  $E_6 = 105\%$ ,  $E_7 = 0,00067$ ;

- dla Citroëna Jumpera:

$E_1 = 99\%$ ,  $E_2 = 87\%$ ,  $E_3 = 49,88$ ,  $E_4 = 0,0034$ ,  
 $E_5 = 0,98$ ,  $E_6 = 82\%$ ,  $E_7 = 0,00082$ .

Podjętą próbę oceny efektywności procesu eksploatacji pojazdów dostawczych w przedsiębiorstwach transportowych, dokonano analizy porównawczej w odniesieniu do wartości wskaźników dla każdego przedsiębiorstwa. Wyniki przedstawiono w tabeli 4. Przeprowadzona analiza efektywności eksploatacji pojazdów w przedsiębiorstwach transportowych wykazała, że: przedsiębiorstwo 1 posiadające cztery różnorodne pojazdy osiągnęło najwyższą wartość wskaźnika intensywności  $E_3 = 50,33$  dla następujących wartości poszczególnych parametrów: średnia wartość przebiegu początkowego  $P_{r1} = 202\,442$  km, całkowita przewieziona masa ładunku



dunku  $M_{u1} = 3638$  t, średnia wartość współczynnika przeciążenia  $W_{u1} = 143\%$ , całkowita wartość dochodu  $D_{u1} = 662\,999$  zł, zrealizowany przebieg  $P_{u1} = 1\,010\,503$  km. Przedsiębiorstwo 2 posiadające najstarszą flotę składającą się z dwóch różnorodnych pojazdów osiągnęło najniższą wartość wskaźnika efektywnej pracy pojazdu  $E_2 = 83\%$  oraz najwyższą wartość wskaźnika wykorzystania potencjału użytkowego  $E_6 = 128\%$ , co wynika z następujących wartości poszczególnych zmiennych: średnia wartość przebiegu początkowego  $P_{r1} = 316\,990$  km, całkowita przewieziona masa ładunku  $M_{u1} = 1168$  t, średnia wartość współczynnika przeciążenia  $W_{u1} = 113\%$ , całkowita wartość dochodu  $D_{u1} = 273\,363$  zł, zrealizowany przebieg  $P_{u1} = 410\,990$  km. Przedsiębiorstwo 3 posiadające dwa pojazdy różnej marki osiągnęło najwyższą wartość wskaźnika wykorzystania czasu pracy pojazdu  $E_1 = 108\%$ , najniższą wartość wskaźnika gotowości technicznej  $E_5 = 0,97$  i jednocześnie najniższą wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej  $E_7 = 0,00061$ . Dla firmy określono następujące wartości poszczególnych zmiennych: średnia wartość przebiegu początkowego  $P_{r1} = 251\,104$  km, całkowita przewieziona masa ładunku  $M_{u1} = 1698$  t, średnia wartość współczynnika przeciążenia  $W_{u1} = 133\%$ , całkowita wartość dochodu  $D_{u1} = 236\,855$  zł, zrealizowany przebieg  $P_{u1} = 505\,364$  km. Wyniki potwierdzają, że przyjęta strategia przedsiębiorstwa naraża je na ryzyko przerwania łańcucha dostaw i nie zapewnia bezpieczeństwa realizowanych zleceń przewozowych. Przedsiębiorstwo 4 posiadające trzy pojazdy różnej marki osiągnęło najniższą wartość wskaźnika wykorzystania czasu pracy pojazdu  $E_1 = 85\%$ , ale najwyższą wartość wskaźnika efektywnej pracy pojazdu  $E_2 = 89\%$  i jednocześnie najwyższą wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej  $E_7 = 0,00135$ . Dla firmy określono następujące wartości poszczególnych zmiennych: średnia wartość przebiegu początkowego  $P_{r1} = 200\,905$  km, całkowita przewieziona masa ładunku  $M_{u1} = 1413$  t, średnia wartość współczynnika przeciążenia  $W_{u1} = 102\%$ , całkowita wartość dochodu  $D_{u1} = 376\,033$  zł, zrealizowany przebieg  $P_{u1} = 615\,323$  km. Przedsiębiorstwo 5 posiadające najliczniejszą flotę osiągnęło najniższą wartość wskaźnika intensywności użytkowania pojazdu  $E_3 = 48,92$ . Dla firmy określono następujące wartości poszczególnych zmiennych: średnia wartość przebiegu początkowego  $P_{r1} = 207\,712$  km, całkowita przewieziona masa ładunku  $M_{u1} = 3803$  t, średnia wartość współczynnika przeciążenia  $W_{u1} = 107\%$ , całkowita wartość dochodu  $D_{u1} = 903\,110$  zł, zrealizowany przebieg  $P_{u1} = 1\,457\,433$  km. Przedsiębiorstwo 6 posiadające flotę czterech pojazdów różnej marki osiągnęło średnie wartości wszystkich wskaźnika. Przedsiębiorstwo 7 posiadające dwa pojazdy różnej marki osiągnęło najwyższą wartość wskaźnika intensywności użytkowania  $E_4 = 0,0047$  oraz naj-

niższą wartość wskaźników wykorzystania potencjału użytkowego  $E_6 = 68\%$ . Poszczególne zmienne przyjęły następujące wartości: średnia wartość przebiegu początkowego  $P_{r1} = 116\,096$  km, całkowita przewieziona masa ładunku  $M_{u1} = 1\,967$  t, średnia wartość współczynnika przeciążenia  $W_{u1} = 144\%$ , całkowita wartość dochodu  $D_{u1} = 280\,417$  zł, zrealizowany przebieg  $P_{u1} = 417\,769$  km.

## Podsumowanie

Przeprowadzenie szczegółowej oceny procesu eksploatacji pojazdów dostawczych w przedsiębiorstwach transportowych było możliwe dzięki zidentyfikowaniu parametrów techniczno-eksploatacyjnych stanowiących podstawę do opracowania zbioru wskaźników eksploatacyjnych. W wyniku analizy wskaźnikowej 24 pojazdów zdefiniowano grupę sześciu pojazdów  $EF_6 = (13, 14, 15, 18, 20, 23)$ , które wykazały się najwyższą wartością wskaźnika efektywności ekonomicznej  $0,00121$  zł/tkm  $< E_7 < 0,00154$  zł/tkm. Pojazdy te należą do trzech różnych przedsiębiorstw. Pięć pojazdów z sześciu to model Renault Mascott wyprodukowany w latach 2005–2006. W stosunku do grupy sześciu pojazdów  $NEF_6 = (5, 7, 8, 9, 11, 12)$  wykazujących najniższą wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej  $0,00038$  zł/tkm  $< E_7 < 0,00072$  zł/tkm można poczynić następujące obserwacje: dla grupy  $EF_6$  wykazano, że średnia wartość wskaźnika gotowości technicznej  $E_5 = 1$ , dla grupy  $NEF_6$ , wskaźnik  $E_5 = 0,97$ . Wynik ten zdeterminowany jest czasem niezdatności, który dla  $EF_6 = 0$  h, a dla  $NEF_6 = 173$  h. Oznacza to, że pojazdy z grupy  $NEF_6$  charakteryzowały się przestojami spowodowanymi awariami, a także większą o 30% średnią wartością współczynnika przeciążenia, średni całkowity czas pracy tej grupy jest o 19% wyższy w stosunku do średniego całkowitego czasu pracy pojazdów w grupie  $EF_6$ .

W wyniku analizy efektywność pojazdów w zależności od wartości przebiegów początkowych, roku produkcji oraz modelu pojazdu najbardziej efektywny pod względem ekonomiczności okazał się model Renault Mascott z przebiegiem początkowym w przedziale  $150\,000$  km  $< P_{r1} < 250\,000$  km i wyprodukowany w latach 2007–2009.

Próba oceny efektywności przedsiębiorstw transportowych wykazała duże zróżnicowanie floty oraz przyjętych strategii eksploatacji pojazdów.

Przedsiębiorstwo 2, posiadające najstarszą flotę pojazdów oraz najwyższą wartość średniego przebiegu początkowego  $P_{r1} = 316\,990$  km osiągnęło najniższą wartość wskaźnika efektywnej pracy pojazdu  $E_2 = 83\%$ , co potwierdza, że przestoje (na załadunku, rozładunku, przerwy) stanowią 17% całkowitego czasu pracy pojazdów i istnieje prawdopo-

Tabela 4

Zestawienie wskaźników efektywności eksploatacji pojazdów dostawczych w odniesieniu do każdego przedsiębiorstwa transportowego

Firma	Nr pojazdu	$M_p$	$R_p$ [rok]	$L_z$	$E_1$ [%]	$E_2$ [%]	$E_3$ [km/h]	$E_4$ [t/km]	$E_5$	$E_6$ [%]	$E_7$ zł/tkm]
1	5	FD	2011	548	94	88	50,49	0,0041	0,95	100	0,00072
1	6	CJ	2011	594	98	88	50,83	0,0040	0,99	91	0,00086
1	8	RM	2010	553	119	87	50,00	0,0030	0,97	125	0,00060
1	9	RM	2010	573	112	85	50,00	0,0034	0,99	89	0,00073
Średnio					106	87	50,33	0,00364	0,98	101	0,00073
2	21	RM	2006	520	91	82	47,90	0,0031	1	124	0,00107
2	23	RS	2005	514	93	84	50,52	0,0026	1	133	0,00121
Średnio					92	83	49,21	0,0029	1	128	0,00114
3	7	CJ	2011	537	122	89	50,21	0,0032	0,94	116	0,00038
3	10	RM	2010	574	93	81	50,00	0,0036	1,00	122	0,00084
Średnio					108	85	50,105	0,0034	0,97	119	0,00061
4	14	RS	2008	518	84	91	48,65	0,0019	1	91	0,00154
4	15	RS	2008	516	78	88	49,93	0,0021	1	85	0,00152
4	17	CJ	2007	522	94	88	49,72	0,0028	1	89	0,00100
Średnio					85	89	49,43	0,0023	1	88	0,00135
5	13	RS	2009	520	88	89	48,85	0,0019	1	93	0,00124
5	16	RM	2007	518	85	88	49,94	0,0029	1	81	0,00108
5	18	CJ	2007	518	91	88	48,63	0,0031	1	62	0,00123
5	19	RM	2006	518	106	89	49,54	0,0021	1	99	0,00091
5	20	RS	2006	520	97	85	47,88	0,0020	1	111	0,00139
5	22	RS	2005	524	87	81	48,69	0,0033	1	141	0,00112
5	24	RS	2004	513	81	80	48,94	0,0032	1	107	0,00116
Średnio					91	86	48,92	0,0027	1	99	0,00116
6	1	RM	2011	598	86	89	49,10	0,0043	0,98	57	0,00106
6	3	RM	2011	590	84	90	49,88	0,0047	0,98	82	0,00081
6	4	FD	2011	579	91	87	49,99	0,0045	0,97	132	0,00081
6	12	CJ	2010	563	91	82	50,02	0,0038	0,99	70	0,00065
Średnio					88	87	49,75	0,0043	0,98	85	0,00083
7	2	RM	2011	609	88	90	49,07	0,0047	1	57	0,00087
7	11	FD	2010	562	92	82	50,00	0,0047	1	79	0,00048
Średnio					90	86	49,53	0,0047	1	68	0,00068

Uwaga: oznaczenia jak w tabelach 2 i 3.

Źródło: opracowanie własne.

dobieństwo, iż mogą one wynikać z faktu posiadania najstarszej floty.

Przedsiębiorstwo 3 osiągnęło najniższą wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej  $E_7 = 0,00061$  przy najwyższej średniej wartości zrealizowanego

przebiegu  $P_{u1}$ , średniej wartości czasu jazdy  $J_{u1}$  i średniej wartości czasu pracy  $C_{u1}$ . Osiągnęło najwyższą wartość wskaźnika wykorzystania czasu pracy pojazdu  $E_1 = 108\%$  i najniższą wartość wskaźnika gotowości technicznej  $E_5 = 0,97$ . Wnioskuje się,

iz celem głównym jest tu maksymalna intensywność użytkowania floty, co determinuje wystąpienie awarii i uzyskanie niższego dochodu.

Przedsiębiorstwo 4 osiągnęło najniższą wartość wskaźnika wykorzystania czasu pracy pojazdu  $E_1 = 85\%$ , ale najwyższą wartość wskaźnika efektywnej pracy pojazdu  $E_2 = 89\%$  i jednocześnie najwyższą wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej  $E_7 = 0,00135$ .

Zaobserwowane w przedsiębiorstwach różnice dotyczące wieku floty oraz intensywności jej eksploatacji w głównej mierze determinują wyniki przedsiębiorstw, co jednoznacznie potwierdza, że każde z nich utrzymuje własną strategię realizacji zleceń przewozowych. W praktyce szczególnie mikro- i małe przedsiębiorstwa nie analizują wyników i efektów intensywności eksploatacji swojej floty. Niniejsze badania podnoszą zatem ważną kwestię o potrzebie monitorowania intensywności użytkowania pojazdów nie tylko w aspekcie efektywności ekonomicznej, ale również bezpieczeństwa i skuteczności realizowanych przewozów.

Podjęte w niniejszej pracy rozważania dotyczące bezpieczeństwa realizacji zadań przewozowych stanowią wieloaspektowe zagadnienie odnoszące się do zapewnienia skuteczności realizowanych procesów z uwzględnieniem intensywności użytkowania floty.

Wyniki potwierdziły, że pojazdy należące do grupy NEF<sub>6</sub>, dla których wskaźnik  $E_5 = 0,97$ , nie zapewniły bezpieczeństwa i ciągłości realizowanych zadań przewozowych. Aż 38% badanych pojazdów wykazało przerwanie łańcucha realizacji zadań przewozowych. Mimo, iż uzyskały one łącznie wyższy o 24 tys. zł całkowity dochód, to wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej  $E_7$  w stosunku do pojazdów, które skutecznie realizowały przewozy, była o 34% niższa.

Minimalizowanie ryzyka przerwania łańcucha dostaw można zapewnić poprzez wdrożenie polityki bezpieczeństwa ISO 28000 (System zarządzania bezpieczeństwem łańcucha dostaw) i monitorowanie floty w czasie rzeczywistym za pomocą wskaźników eksploatacyjnych.

## Bibliografia/References

- Andrzejczak, K. (2015). Stochastic modelling of the repairable system. *Journal of KONBiN*, 3(35), 5–14. <https://doi.org/10.1515/jok-2015-0034>
- Andrzejczak, K., Młyńczak, M., & Selech, J. (2017). Assessment model of operational effectiveness related to newly operated public means of transport. W: M. Cepin, & R. Briš (Eds.), *Safety and Reliability – Theory and Applications* (3455–3460). Routledge.
- Andrzejczak, K., Młyńczak, M., & Selech, J. (2018). Poissonowskie strumienie uszkodzeń w prognozowaniu kosztów obsługi korekcyjnych floty pojazdów. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 20(4), 602–609. <https://doi.org/10.17531/ein.2018.4.11>
- Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., & Stahre, J. (2017). Maintenance in digitalised manufacturing: Delphi-based scenarios for 2030. *International Journal of Production Economics*, 191, 154–169. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.06.010>
- Caban, J., Drożdżel, P., Krzywonos, L., Rybicka, I., Šarkan, B., & Vrabel, J. (2019). Statistical analyses of selected maintenance parameters of vehicles of road transport companies. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 13(1), 1–13. <https://doi.org/10.12913/22998624/92106>
- Chłopek, Z. (2016). Synthesis of driving cycles in accordance with the criterion of similarity of frequency characteristics. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 18(4), 572–577. <https://doi.org/10.17531/ein.2016.4.12>
- Czarnkowska, M., & Migawa, K. (2013). Analiza gotowości pojazdów ciężarowych eksploatowanych w systemie międzynarodowego transportu samochodowego. *Scientific Technical Journal*, 2(1), 5–13.
- Dziedziak, P., Szczepański, T., Niewczas, A., & Ślęzak, M. (2021). Car reliability analysis based on periodic technical tests. *Open Engineering*, (11), 630–638. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0061>
- Dziubak, T., Wysocki, T., & Dziubak, S. (2021). Selection of vehicles for fleet of transport company on the basis of observation of their operational reliability. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 23(1), 184–194.
- Jóźwiak, A., Owczarek, P., Prochowski, L., & Świdorski, A. (2020). Analysis of the impact of the use time of N1 motor vehicles on the economic efficiency of their maintenance. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 22(1), 121–129.
- Kijek, M., Rykała, Ł., & Zerkowski, J. (2019). Rozmyta metoda wyboru kierowcy do realizacji zadań transportowych. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, (5), 15–24. <https://doi.org/10.33226/1231-2037.2019.5.3>
- Kocańda, D., & Zdunek, P. (2017). Analiza obciążeń eksploatacyjnych działających na pojazd ciężarowy podczas procesu użytkowania. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, (5), 298–317.
- Kristjanpoller, F., Viveros, P., Zio, E., Pascual, R., & Aranda, O. (2020). Equivalent availability index for the performance measurement of haul truck fleets. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 22(4), 583–591. <https://doi.org/10.17531/ein.2020.4.1>
- Linneusson, G., Ng, H. C., & Amos, A. T. (2018). Towards strategic development of maintenance and its effects on production performance by using system dynamics in the automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 200, 151–169. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.024>
- Masłowski, D., Kulińska, E., & Ligęzka, M. (2016). System telematyczny wspomagający zarządzanie transportem samochodowym w przedsiębiorstwie Saltrans. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 12(2), 331–355.
- Ministerstwo Obrony Narodowej. (2014). Katalog norm eksploatacji techniki lądowej. DU-4.22.13.1, sygn. Logis 23.

- Prochowski, L. (2018). Ocena procesu narastania przebiegu podczas eksploatacji samochodów ciężarowych w kilku kategoriach pojemności silnika. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 20(3), 359–370. <https://doi.org/10.17531/ein.2018.3.3>
- Przybysz, K. (2021). Functional availability studies of military vehicles in terms of operation intensity. *Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych*, (1), 48–54. <https://doi.org/10.37105/iboa.105>
- Pszczółkowski, J. S., & Goliasz, T. (2019). Badanie charakterystyk eksploatacyjnych uszkodzeń pojazdów kołowych. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 20(1–2), 203–210. <https://doi.org/10.24136/atest.2019.037>
- Radović, D., & Stević, Ž. (2018). Evaluation and selection of KPI in transport using SWARA method. *Transport & Logistics: the International Journal*, 18(44), 60–68.
- Staniewska, E. (2021). Wybrane aspekty zarządzania bezpieczeństwem łańcuchów dostaw. *Systemy Logistyczne Wojsk*, 54, 135–148.
- Szczepański, E., Jachimowski, R., & Żak, J. (2018). Decision support system in freight transport based on vehicle routing problem with quality criterion. *Archives of Transport System Telematics*, 11(3), 49–56.
- Tey, J. Y., & R. Rahizar. (2019). Handling performance optimisation for formula vehicle using multi-objectives evolutionary algorithms. *Vehicle System Dynamics*, 58(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/00423114.2019.1645861>
- Torbacki, W. (2017). Ewaluacja wskaźników eksploatacyjnych w zarządzaniu flotą pojazdów przy wykorzystaniu logiki rozmytej. Eksploatacja i testy. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, (6), 1104–1107.
- Wituszyński, K. P., & Jakubowski, W. (2009). Wskaźniki niezawodności pojazdów samochodowych podlegających okresowym badaniom technicznym na Stacji Kontroli pojazdów. *Archiwum Motoryzacji*, (1), 39–46.
- Wojciechowski, Ł., & Cisowski, T. (2018). *Metoda optymalizacji procesu eksploatacji w ujęciu bezawaryjności pojazdu*. Politechnika Lubelska.
- Zaskórski, P., & Jurek, M. (2019). Informacyjna ciągłość łańcucha dostaw. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*. (5), 755–766.

**Dr inż. Paulina Owczarek**

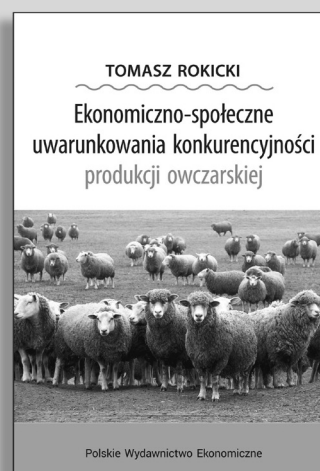
Pracownik naukowy Instytutu Logistyki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. W 2021 r. uzyskała stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna na Wydziale Mechanicznym Wojskowej Akademii Technicznej. Od 2010 r. związana jest zawodowo z branżą transportową, prowadzi badania w obszarach eksploatacji pojazdów mechanicznych, zarządzania i optymalizacji procesów logistycznych w szczególności procesów transportowych.

**Dr inż. Paulina Owczarek**

PhD, researcher at the Institute of Logistics of the Military University of Technology in Warsaw. In 2021, she obtained a PhD in technical sciences in the scientific discipline of Mechanical Engineering at the Faculty of Mechanical Engineering of the Military University of Technology. Since 2010, she has been professionally associated with the transport industry, conducting research in the areas of operation of motor vehicles, management and optimization of logistics processes, in particular transport processes.

**POLSKIE WYDAWNICTWO EKONOMICZNE**

**poleca**



**Książki do nabycia na stronie: [www.pwe.com.pl](http://www.pwe.com.pl)**