

ISSN 2450-8055
eISSN 2543-8867

ZESZYTY NAUKOWE

Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Ekonomika i Organizacja Logistyki

Scientific Journal of Warsaw University of Life Sciences

Economics and Organization of Logistics

10 (3) 2025

ZESZYTY NAUKOWE

Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Ekonomika i Organizacja Logistyki

Scientific Journal of Warsaw University of Life Sciences

Economics and Organization of Logistics

10 (3) 2025

SCIENTIFIC BOARD

Bogdan Klepacki, Warsaw University of Life Sciences – SGGW (Chairman); **Theodore R. Alter**, Pennsylvania State University, USA; **Spyros Binioris**, Technological Educational Institute of Athens, Greece; **Georgij Cherevko**, Lviv State Agrarian University, Ukraine; **James W. Dunn**, Pennsylvania State University, USA; **Wojciech Florkowski**, University of Georgia, USA; **Piotr Gradziuk**, Institute of Rural and Agricultural Development, Polish Academy of Sciences (PAN); **Elena Horska**, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia; **Marianna Jacyna**, Warsaw University of Technology; **Qi Jun Jiang**, Shanghai Ocean University, China; **Stanisław Krzyżaniak**, Institute of Logistics and Warehousing in Poznań; **Radim Lenort**, Technical University of Ostrava, Czech Republic; **Xenie Lukoszová**, VŠB – Technical University of Ostrava, Czech Republic; **Iwo Nowak**, Stanisław Staszic University of Applied Sciences in Piła; **Olena Slavkova**, Sumy State University, Ukraine; **Bojan Rosi**, University of Maribor, Slovenia; **Elżbieta J. Szymańska**, Warsaw University of Life Sciences – SGGW; **Maria Tsirintani**, Technological Educational Institute of Athens, Greece.

EDITORIAL BOARD

Elżbieta J. Szymańska (Editor-in-Chief)

Thematic Editors: **Marta Zięba** (language editor; efficiency in logistics); **Joanna Domagała** (warehouse management); **Teresa Gądek-Hawlena** (safety in transport and logistics); **Konrad Michalski** (logistic systems and IT systems in logistics); **Luiza Ochnio** (statistical methods in logistics); **Tomasz Rokicki** (transport and spedition); **Monika Roman** (optimization of logistics processes); **Sławomir Stec** (energy and innovation in logistics), **Elżbieta J. Szymańska** (supply chains and costs in logistics); **Marcin Wysokiński** (hazardous materials and OHS in logistics); **Aleksandra Bilik** (editorial secretary).

web page: eiol.sggw.edu.pl

Cover design – Elżbieta J. Szymańska

Editor – Agnieszka Orysiak

Technical editor – Violetta Kaska

ISSN 2450-8055 eISSN 2543-8867

Warsaw University of Life Sciences Press
Nowoursynowska St. 161, 02-787 Warsaw
tel. 22 593 55 23 (-27 – sale)
e-mail: wydawnictwo@sggw.edu.pl
www.wydawnictwo.sggw.edu.pl

Contents

Spis treści

<i>Teresa Gądek-Hawlena, Jakub Nozderka</i> The attitudes of Polish representatives of the companies in the transport- -forwarding-logistics sector towards the electrification of heavy road vehicles Postawy polskich przedstawicieli firm sektora TSL wobec elektryfikacji ciężkiego taboru drogowego	5
<i>Grzegorz Koszela, Luiza Ochnio, Krzysztof Jasiński, Tomasz Śmiałowski</i> Assessment of the level of development of the tram network in the capitals of European Union countries Ocena stopnia rozwoju sieci tramwajowej w stolicach krajów Unii Europejskiej	29
<i>Aneta Pawłowska-Hulbój, Bartosz Grucza, Michał Koziół, Adam Kaniuk, Wojciech Popiołek, Wojciech Orzeł</i> Optymalizacja logistyki wewnętrznej w Państwowym Instytucie Medycznym MSWiA z zastosowaniem lean management Optimization of internal logistics in the State Medical Institute of the Ministry of Internal Affairs and Administration with the use of Lean Management	43
<i>Konrad Staniszewski, Zuzanna Lehmann</i> Balans pomiędzy stabilnością a ekologią – odporność i zrównoważenie łańcucha dostaw w sektorze paliwowym Balancing sustainability, ecology-resilience and sustainability of the fuel supply chain	59
<i>Szymon Szefer, Michalina Górnecka</i> Analiza porównawcza metody załadunku kartonów luzem i na paletach w procesach logistycznych w transporcie drogowym Comparative analysis of loose carton loading and palletized loading methods in logistics processes in road transport	77
<i>Michał Tukaj, Marlena Samek-Wojtyła</i> Rola operatorów logistycznych w procesach magazynowania i dystrybucji w modelu dropshippingowym The role of logistics operators in warehousing and distribution within the dropshipping model	97
<i>Tomasz Zdzieborski</i> Organizacja transportu miejskiego w warszawskiej dzielnicy Targówek w opinii mieszkańców Assessment of the organization of urban transport in Warsaw's Targówek district in the opinion of residents.....	111

Teresa Gądek-Hawlena✉, **Jakub Nozderka**
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

The attitudes of Polish representatives of the companies in the transport-forwarding-logistics sector towards the electrification of heavy road vehicles

Postawy polskich przedstawicieli firm sektora TSL wobec elektryfikacji ciężkiego taboru drogowego

Abstract. Since the Industrial Revolution, humanity has been developing at an unprecedented pace. The technological progress observed in recent centuries has significantly contributed to the development of the economy, science, and overall quality of life. A negative consequence of this turn of events is the global increase in atmospheric pollution, which leads to undesirable climate change. In response, the European Union and many countries have implemented several environmental protection measures, a key element of which is the development of electromobility, aimed at reducing pollutant emissions from road transport. This study aimed to identify factors influencing the growth of electromobility in heavy transport and to assess them with representatives of Polish companies in the transport-forwarding-logistics sector. The authors utilized quantitative and qualitative data collected through a survey conducted among representatives of Polish companies in the transportation and logistics sector to achieve this goal. The study shows that transport-forwarding-logistics entities are interested in electromobility. They point to both the advantages and disadvantages of electrifying the heavy transport sector. Among the most frequently cited benefits of electromobility, entrepreneurs emphasized creating a positive image for their companies and increasing market competitiveness. The primary negative opinions regarding this process centered on the high cost of purchasing electric vehicles, the limited benefits in terms of reducing transportation costs, and the inadequate public charging infrastructure. At the same time, some respondents suggested alternative solutions that could enhance the environmental friendliness of the transport sector, such as the use of hydrogen fuel cells or promoting the development of rail transport as the primary mode of long-distance land transport.

Keywords: electromobility, transport-forwarding-logistics sector, electric trucks, government policy

✉ **Teresa Gądek-Hawlena** – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Ekonomii i Finansów, Katedra Logistyki; e-mail: teresa_gadek-hawlena@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0003-4350-1246>

Jakub Nozderka – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, absolwent studiów licencjackich na kierunku logistyka; e-mail: jakub_nozderka@sggw.edu.pl

Synopsis. Od czasów rewolucji przemysłowej ludzkość rozwija się w niespotykanym wcześniej tempie. Postęp technologiczny obserwowalny w ostatnich stuleciach znacznie przyczynił się do rozwoju gospodarki i nauki oraz poprawy jakości życia. Negatywnym skutkiem takiego biegu wydarzeń jest globalny wzrost zanieczyszczenia atmosfery, który prowadzi do powstawania niepożądanych zmian klimatycznych. W trosce o środowisko Unia Europejska oraz wiele innych krajów podjęły szereg działań dotyczących ochrony środowiska, wśród których istotnym elementem jest rozwój elektromobilności, mającej przyczynić się do zminimalizowania emisji zanieczyszczeń pochodzących z transportu drogowego. Celem opracowania było zidentyfikowanie czynników wpływających na rozwój elektromobilności w transporcie ciężkim oraz ich ocena przez przedstawicieli polskich firm sektora TSL. Do realizacji podjętego celu wykorzystano dane ilościowe i jakościowe uzyskane za pomocą badania ankietowego przeprowadzonego wśród przedstawicieli tych firm. Z badania wynika, że podmioty sektora TSL interesują się elektromobilnością i dostrzegają zarówno zalety, jak i wady elektryfikacji sektora transportu ciężkiego. Wśród najczęściej wymienianych zalet elektromobilności przedsiębiorcy podkreślali tworzenie pozytywnego wizerunku firmy oraz zwiększenie jej konkurencyjności na rynku. Natomiast negatywne opinie dotyczyły głównie wysokiego kosztu zakupu pojazdów elektrycznych, braku korzyści w zakresie obniżenia kosztów transportu oraz niewystarczającej publicznej infrastruktury ładowania. Jednocześnie niektórzy badani wskazali na inne rozwiązania zwiększające przyjazność dla środowiska sektora transportowego, takie jak wykorzystanie ogniw wodorowych lub wspieranie rozwoju transportu kolejowego jako podstawowej gałęzi transportu lądowego na duże odległości.

Słowa kluczowe: elektromobilność, sektor TSL, ciężarowe pojazdy elektryczne, polityka państwa

JEL codes: L98, R40, Q01

Introduction

The negative climate changes observed, particularly in recent years, are among the most serious problems for society as a whole. To minimize them, measures and initiatives are being taken to reduce the amount of pollutants emitted into the atmosphere, among which measures in the field of electromobility development can be distinguished. Zero-emission electric vehicles are expected to make a significant contribution to reducing emissions from the road transport sector, which is a primary source of pollution. According to Grauers et al. [2013, p. 10], electromobility is a road transport system based on vehicles powered by electricity. Some road vehicles are equipped with technologies that enable them to produce energy independently. Others consume energy supplied by an external electricity source, most often through the power grid. A slightly broader definition is provided by Zaniewska-Zielińska [2018, p. 63], who considers electromobility to encompass the entirety of issues related to the use of electric vehicles. These include both operational and technical problems related to EVs, as well as the infrastructure and technology for charging them. In turn, according to the Polish Association

of Alternative Fuels [PSPA 2018, p. 50], it encompasses all issues related to EVs. It concerns both the operational aspects of cars, including the technology and electric drives used in them, as well as the charging infrastructure, and socio-economic and legal issues related to the design, production, purchase, and use of EVs.

The definitions cited clearly indicate the complexity of the issue, which encompasses not only the aspect of electric vehicles and their technology, but also complementary factors without which the development of electromobility would not be possible.

One of the key factors influencing the development of electromobility is government policy. At the EU level, focusing on the heavy-duty vehicle market, Regulation (EU) 2019/1242 of the European Parliament and of the Council on CO₂ emissions from new heavy-duty vehicles was issued on 20 June 2019. According to the regulation, trucks sold from 2025 onwards will have to emit 15 percent less CO₂ than the average emissions produced by trucks registered between 1 July 2019 and 30 June 2020, while vehicles sold after 2030 are planned to emit at least 30% less CO₂ compared to the agreed reference period [Regulation 2019, Article 1].

In turn, a turning point in the development of infrastructure enabling the proper electrification of heavy road transport was the European Union's adoption of the Regulation on Alternative Fuels Infrastructure (AFIR), which was initially presented as part of the "Fit for 55" package. The regulation, which applies to all EU Member States, requires countries to expand their charging infrastructure for both electric passenger vehicles and heavy-duty transport. The regulation came into force on 13 April 2024, imposing targets on Member States for 2025, 2027, and 2030 to ensure an adequate level of charging infrastructure for electric vehicles [Regulation 2023]. The targets set for public charging infrastructure for eHDVs are presented in Table 1.

The regulation also imposes the following targets on EU Member States for the development of infrastructure at secure and protected parking areas for heavy goods vehicles:

- By the end of 2027, each such location must be equipped with two public charging stations with a capacity of 100 kW or more each.
- By the end of 2030, each such site must be equipped with four public charging stations with a capacity of 100 kW or more each.

In addition to the mandatory targets mentioned above, the AFIR also imposes several other requirements, such as requirements for urban hubs analogous to those for parking areas, or the obligation for EU Member States to equip charging stations with the devices listed in the law to enable adequate customer service [PSPA 2023b, pp. 2–24].

In Poland, the policy for the development of electromobility was outlined in the 2017 Strategy for Responsible Development [RM 2017b]. As the document's name suggests, one of its assumptions was the postulate concerning the development of low-emission transport. As part of this document, an Electromobility Development Plan [ME 2017] was prepared, which included, among other things, proposals for developing electromobility by providing appropriate subsidies for potential buyers (both private and public) and creating easily accessible charging infrastructure. It also focused on the need to ensure the proper quality of energy networks and the social aspect, assuming the need to change the general public's opinion on electromobility [Zawieska 2019, pp. 10–11].

Table 1. Requirements for charging infrastructure for the heavy-duty vehicle market imposed by the AFIR by 2025, 2027, and 2030

Tabela 1. Wymagania dotyczące infrastruktury ładowania dla rynku pojazdów ciężkich narzucone przez rozporządzenie AFIR – do roku 2025, 2027 oraz 2030

Network type	End of 2025	End of 2027	End of 2030
TEN-T core network	Equipping at least 15% of the road network with charging points with a total capacity greater than or equal to 1400 kW, but with the proviso that stations must be equipped with at least one charging point with a capacity greater than or equal to 350 kW.	Equipping at least 50% of the road network with charging points with a total capacity greater than or equal to 2800 kW, but subject to the requirement that stations be equipped with at least two charging points with a capacity greater than or equal to 350 kW.	Charging points with a total power greater than or equal to 3600 kW spaced no more than 60 kilometers apart, but subject to the requirement that stations be equipped with at least two charging points with a power greater than or equal to 350 kW.
TEN-T comprehensive network	Equipping at least 15% of the road network with charging points with a total power greater than or equal to 1400 kW, but with the proviso that stations must be equipped with at least one charging point with a power greater than or equal to 350 kW.	Equipping at least 50% of the road network with charging points with a total power greater than or equal to 1400 kW, but with the proviso that stations must be equipped with at least one charging point with a power greater than or equal to 350 kW.	Charging points with a total power greater than or equal to 1500 kW spaced no more than every 100 kilometers of the network, but subject to the requirement that the station be equipped with at least one charging point with a power greater than or equal to 350 kW.

Source: [PSPA 2023b, pp. 14–15]

Źródło: [PSPA 2023b, s. 14–15]

One of the most significant Polish strategic documents for the development of electromobility is the National Framework for the Development of Alternative Fuels, adopted on 29 March 2017. This document provides information on the current state of development of the alternative fuels sector and outlines assumptions designed to ensure its future growth and development. The document outlines targets for developing charging infrastructure, specifying the locations where charging stations should be installed, the conditions for constructing the infrastructure, and the requirements for ensuring the optimal quality of their operation. Targets have been set for the coming years regarding the number of such facilities in Poland and the number of electric vehicles on Polish roads, and mechanisms have been introduced to encourage the purchase of these vehicles. Among other things, it was decided that buyers of electric cars would not have to pay excise duty on passenger EVs and several other fees related to the purchase and use of a car, electric vehicles were allowed to drive in bus lanes, and the creation of parking spaces exclusively for electric cars was planned [RM 2017a, pp. 9–16, 19–27, 34–41].

The Act on Biocomponents and Liquid Biofuels, which introduced the Low-Carbon Transport Fund aimed at subsidizing entities responsible for developing charging infrastructure and supporting manufacturers and private and public entities using

low-carbon vehicles, is of great importance for the transport-forwarding-logistics sector [Ustawa 2006].

The presented legal acts served as the basis for the adoption of the Act on Electromobility and Alternative Fuels on 22 February 2018. Currently, it is the basic legal document defining the rules for creating infrastructure for charging electric vehicles in Poland [Ustawa 2018].

The introduction of national mechanisms to support the development of charging infrastructure for heavy transport and subsidies for the purchase of eHDVs, similar to those introduced in Germany, France, Italy, the Netherlands, and Spain, is crucial for the growth of the Polish electromobility market in heavy transport.

Unfortunately, the Polish government has not yet introduced any support mechanisms for potential buyers of eHDV vehicles. The introduction of such programs is a key step in maintaining Poland's position as a European transport leader. As of the beginning of 2024, there are only about 100 electric trucks in use in Poland, but no publicly accessible charging stations for electric trucks have been built yet. As of the first quarter of 2024, sales of electric trucks in Poland are significantly lower than the European average – only 0.4% of new trucks purchased during this period are electric vehicles, compared to a European Union average of 1.9% [ACEA 2024].

Suppose Poland fails to comply with the regulations imposed by the European Union. In that case, it will gradually lose its value in the road transport industry, among other factors, due to the gradual introduction of clean transport zones by European countries, to which combustion engine trucks will not have access. As a result, they will be unable to operate on many routes. This situation will expose companies relying on conventional means of transport to economic losses due to a decline in fleet activity and a potential outflow of customers seeking companies offering comprehensive transport services. Currently, the most significant threat to the Polish heavy road transport market comes from Germany and France, where the development of electromobility in heavy road transport is at a much higher level than in Poland. This state of affairs will allow these countries to introduce zones with access only for eHDV vehicles in significant parts of their territory, thereby limiting competition from countries where the process of fleet electrification is still less advanced, without harming their own well-electrified transport market [Miniszewski et al. 2023; PSPA 2023a, pp. 31–42; PSPA 2024, pp. 8, 28].

Considering the above, the study aimed to identify factors influencing the development of electromobility in heavy transport and their assessment by representatives of companies in the TSL sector. In addition, the following questions were asked:

- How do representatives of Polish companies in the transport-forwarding-logistics sector perceive electromobility in heavy transport?
- To what extent will Polish companies in the transport-forwarding-logistics sector seek to implement the electrification of their heavy goods vehicle fleets?
- What advantages and disadvantages do representatives of Polish companies in the transport-forwarding-logistics sector see in electromobility in heavy transport?
- What is the significance of government action in introducing electromobility in the heavy transport sector?

Materials and methods

To achieve the research objective, a survey questionnaire was developed. The questions asked of respondents concerned areas such as: company characteristics, respondent knowledge of electromobility, respondent attitudes toward climate change, obstacles to the introduction of electromobility in companies, the advantages and disadvantages of electromobility in heavy transport, the essence of electromobility in terms of competition, and government measures to promote the development of electromobility in the transport-forwarding-logistics sector companies. The last question in the survey was open-ended, allowing respondents to expand on their answers to the previous questions and share their own observations.

The survey was conducted among 46 representatives of Polish companies in the transport-forwarding-logistics sector using a Google Forms online questionnaire. Responses were collected in the first half of 2024 via linkedin.com and the trans.eu transport exchange among people working in Polish companies in the transport-forwarding-logistics sector in positions such as:

- CEO (Chief Executive Officer);
- Managing Director;
- Chief Operating Officer;
- Chairman of the Board;
- Company owner or co-owner;
- Executive Director;
- Director;
- Member of the Management Board.

The data analysis methods used included descriptive statistics: frequency analysis, which involves counting the respondents' answers in the survey questionnaire for later presentation, and Spearman's rank correlation method, which aims to find statistical relationships in the survey results. This method is used to describe the strength of the correlation between quantitative and qualitative characteristics (provided that the response variants can be ordered). The formula for calculating the value of the presented coefficient is as follows:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

where:

d_i – difference between the ranks corresponding to the value x_i and the value y_i ;

n – size of the studied population.

Spearman's rank correlation coefficient can take values from -1 to $+1$. The closer it is to $+1$ or -1 , the stronger the correlation; the closer it is to 0 , the weaker the correlation. To apply Spearman's rank method, the number of observations should be greater than 30 [Ręklewski 2020].

Research results

Characteristics of respondents

As shown in Table 2, more than half of the respondents work in a transport and forwarding company (52.2%). Respondents working in companies dealing exclusively with transport account for 39.1% of the respondents. By far the smallest number of responses was obtained from representatives of logistics companies, as they account for only 8.7% of respondents.

Table 2. Characteristic respondents

Tabela 2. Charakterystyka respondentów

Feature	Number	Frequency
Type of business activity		
Transport company	18	39.13
Transport and forwarding company	24	52.17
Logistics company	4	8.70
Period of operation of the company		
1–3 years	8	17.39
4–10 years	12	26.09
11–20 years	13	28.26
More than 20	13	28.26
Number of employees		
1–9	21	45.65
10–49	14	30.43
50–249	6	13.04
More than 250	5	10.87

Source: own research

Źródło: badania własne

The most numerous individual group is mature companies that have been on the market for over 11 years – responses to the survey in this category were obtained from about 56.52% of respondents. Most respondents work in micro-enterprises (45.65%). The remaining 54.3% of responses come from respondents working in small (30.43%), medium (13.04%), and large (10.89%) companies.

Knowledge about electromobility

The first group of questions concerned general issues related to electromobility. Since one of the reasons for implementing electric vehicles is their positive impact on the environment, the first question concerned the negative impact of climate change on humans and the measures taken to minimize it. The respondents' answers are summarized in Figure 1.

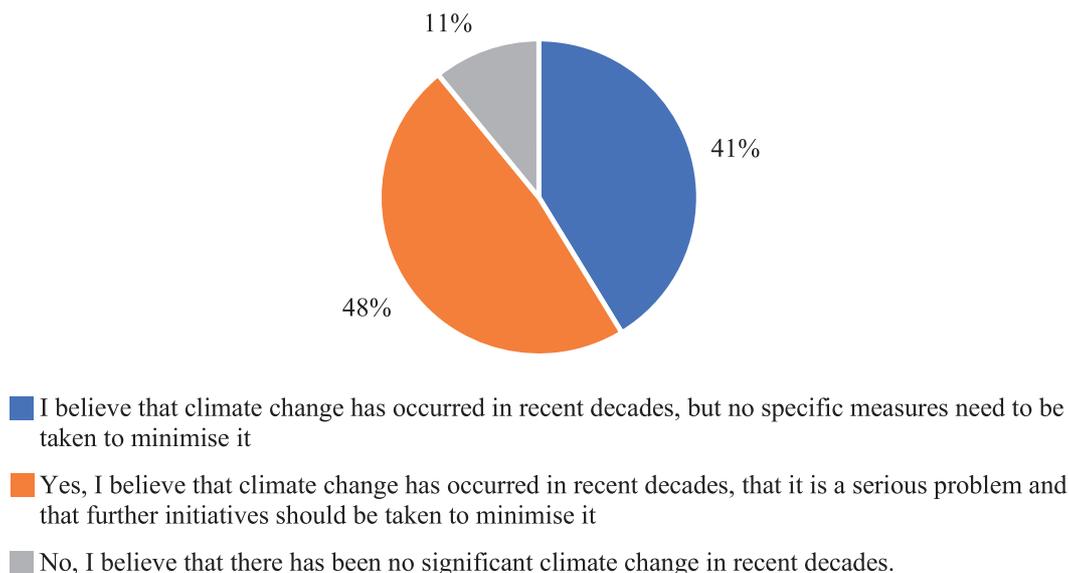


Figure 1. The impact of climate change on taking action to minimize it

Rysunek 1. Wpływ opinii nt. zmian klimatycznych na działanie podejmowane w celu ich minimalizacji

Source: own research

Źródło: badania własne

11% of respondents stated that there have been no significant climate changes in recent decades. However, less than 90% of respondents disagree – they claim that climate change has occurred in recent decades, but they are divided on the measures taken in this regard. Specifically, 41% of respondents believe that no specific measures are needed to mitigate climate change. In comparison, 48% believe that such measures are necessary. As can be seen, the groups of respondents presenting two opposing opinions are almost equal in size.

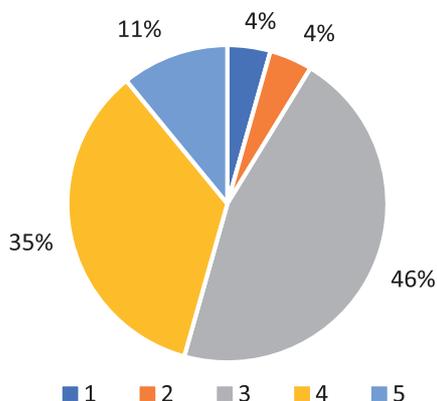


Figure 2. The respondents' knowledge of electromobility

Rysunek 2. Wiedza badanych na temat elektromobilności

Source: own research

Źródło: badania własne

Next, respondents were asked to assess their knowledge of electromobility (Figure 2).

The respondents most often indicated the middle value – 46% of respondents marked “3”. 35% of respondents classified themselves as having good knowledge of electromobility. 11% of respondents believe that their knowledge of the subject is excellent. Interestingly, only 8% of respondents rated their competence in electromobility as low or very low. These responses indicate that the topic of electromobility is not ignored among Polish companies in the transport-forwarding-logistics sector. Interestingly, the extreme ratings of “1” and “5” come only from micro and small companies, whereas representatives of medium and large companies tend to classify their knowledge as average or good.

Although almost half of the respondents agreed with the need to implement initiatives to combat adverse climate change, a significantly larger number of respondents answered “no” the question: “Do you think that the electrification of the truck fleet in transport-forwarding-logistics companies is necessary to reduce greenhouse gas emissions?”. This indicates that, despite supporting various measures to combat climate change, many respondents do not perceive the need to implement specific changes, such as electrifying the truck fleet in transport-forwarding-logistics companies (Figure 3).

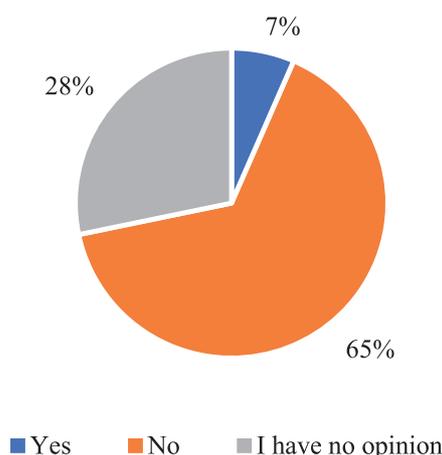


Figure 3. Electrification of the truck fleet and reduction of greenhouse gases

Rysunek 3. Elektryfikacja floty pojazdów ciężarowych a redukcja gazów cieplarnianych

Source: own research

Źródło: badania własne

The responses of respondents presented in Figure 3 show that the prevailing opinion among representatives of Polish transport-forwarding-logistics companies is that the fight against climate change (if necessary) should take place in sectors of the economy other than heavy transport.

The next question asked respondents whether they thought current regulations on exhaust emissions from heavy-duty vehicles were sufficiently restrictive (Figure 4). More than half of the respondents believe that current regulations are sufficiently restrictive and should not be changed. Another group of the respondents believes that less stringent regulations should be introduced because the current ones are too strict. The opposing view is held by 15% of respondents, who say that the current rules are insufficient and should be made more stringent. One person

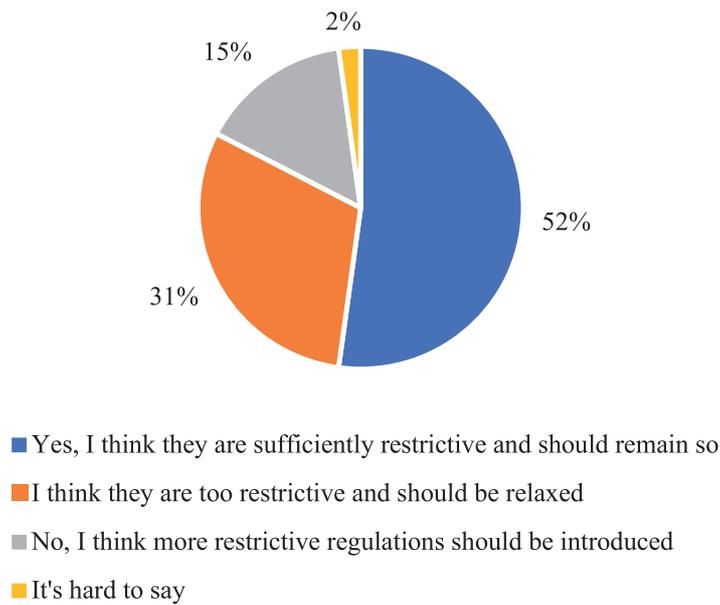


Figure 4. Strictness of regulations concerning exhaust emissions
 Rysunek 4. Poziom restrykcyjności przepisów dotyczących emisji spalin

Source: own research

Źródło: badania własne

refrained from expressing a clear opinion. The answers to the question presented, when compared with the answers to the question presented in Chart 3, indicate that although the vast majority of transport-forwarding-logistics company representatives believe that the electrification of truck fleets is not necessary in terms of environmental protection, they are aware of the importance of appropriate regulations on exhaust emission standards – more than two-thirds of respondents believe that the current standards should not be relaxed or, moreover, should be made more stringent.

The last question in this section concerned the appropriateness of electrifying heavy goods vehicles. The respondents' answers are presented in Figure 5.

As can be seen, most respondents do not consider the idea of electromobility in heavy transport to be valid. 19% of respondents refrained from giving a clear opinion, choosing the option “Difficult to say”. Only 9% of respondents consider the idea to be valid.

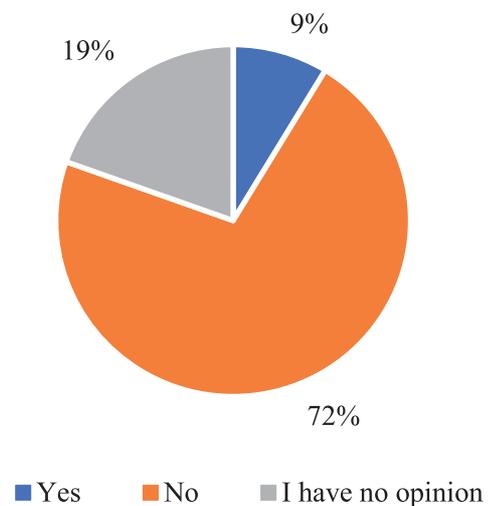


Figure 5. The validity of the idea of electrifying heavy transport

Rysunek 5. Słuszność idei elektryfikacji transportu ciężkiego

Source: own research

Źródło: badania własne

Determinants for vehicle electrification in transport-forwarding-logistics sector companies

In order to learn the opinions of representatives of the transport-forwarding-logistics sector on the demand for electric vehicles, the first step was to determine whether companies in this sector were considering purchasing electric cars (Figure 6).

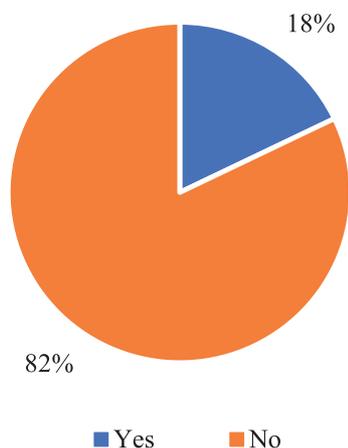


Figure 6. Intention to purchase an electric truck within the next 5 years

Rysunek 6. Zamiar zakupu elektrycznego samochodu ciężarowego w ciągu najbliższych 5 lat

Source: own research

Źródło: badania własne

As many as 82% of respondents declared that their companies do not intend to purchase eHDV vehicles in the next 5 years. Next, an attempt was made to determine what might be the reason for the lack of interest in this type of vehicle.

Subsequent questions, therefore, concerned the financial capabilities of companies to carry out the electrification of their truck fleets. The answers to the questions asked are presented in Figures 7 and 8.

The responses show that 78% of transport-forwarding-logistics companies believe that they cannot currently afford to electrify their fleets. Only 13% of respondents declared that their companies could currently afford it. The results

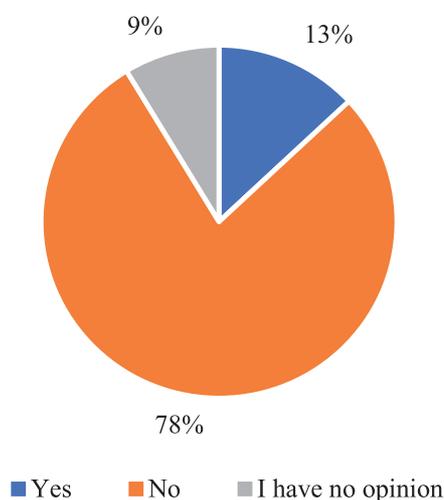


Figure 7. The company's ability to independently carry out the electrification of its vehicle fleet

Rysunek 7. Możliwości firmy w zakresie samodzielnego przeprowadzenia procesu elektryfikacji floty pojazdów

Source: own research

Źródło: badania własne

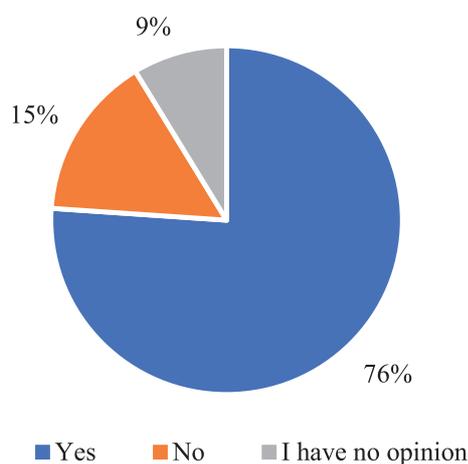


Figure 8. Vehicle fleet replacement and external support

Rysunek 8. Wymiana floty pojazdów a konieczność skorzystania ze wsparcia zewnętrznego

Source: own research

Źródło: badania własne

for question 8 are very similar: 76% of respondents said that their companies could only carry out the electrification process if they received adequate external financial support. In comparison, 15% believe that they would not need such support. The results indicate that to enable a rapid transition of the sector to electricity, the Polish government should introduce appropriate support instruments, as most companies lack the necessary resources to undertake this process independently. These instruments do not have to be limited to direct financial support, but can also include tax breaks or the expansion of charging infrastructure.

Therefore, in the next part of the survey, respondents were asked about the issue of subsidies for electric vehicles (Figure 9).

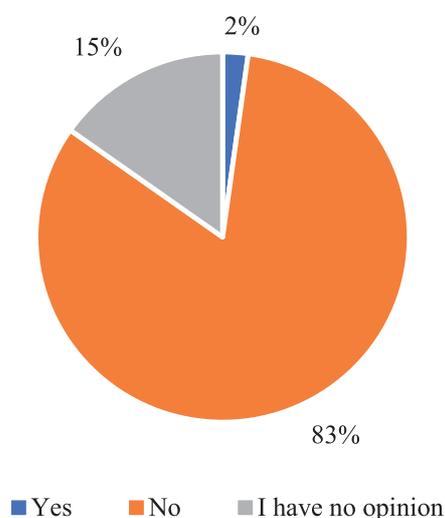


Figure 9. Level of subsidies for the purchase of electric trucks

Rysunek 9. Konieczność dofinansowania zakupu elektrycznych pojazdów ciężarowych

Source: own research

Źródło: badania własne

The respondents' answers are clear, indicating a very low level of funding for replacing rolling stock with electric vehicles. Only 2% of respondents stated that it was sufficient. Therefore, if the transport-forwarding-logistics sector entities were to invest their own funds, the purchase of such vehicles should affect the profitability of their operations, among other things, by reducing vehicle maintenance costs. Opinions on this subject are summarized in Figure 9.

The belief among Polish transport-forwarding-logistics companies that operating electric vehicles is cheaper would likely change the perception of this process among industry professionals to a more positive one. However, as can be seen in Figure 10, over 80% of respondents believe that costs will not decrease, and moreover, as many as 63% of respondents believe that costs will increase in the long term. Only 4% of respondents believe that the electrification of the truck fleet will reduce the operating expenses of transport-forwarding-logistics companies in the long term. The responses presented are certainly one of the most important reasons for the negative perception of electromobility in heavy transport – many transport-forwarding-logistics companies, especially

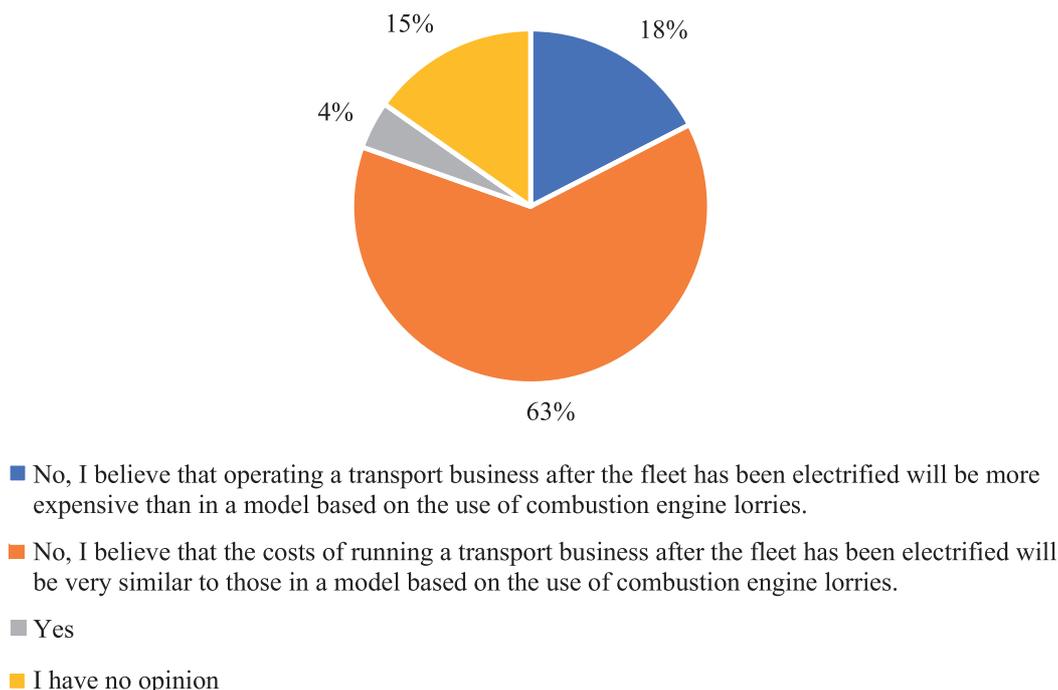


Figure 10. The process of electrifying the truck fleet in transport-forwarding-logistics companies and reducing transport costs in the long term

Rysunek 10. Proces elektryfikacji floty pojazdów ciężarowych w firmach TSL a redukcja kosztów działalności transportowej w perspektywie długoterminowej

Source: own research

Źródło: badania własne

small ones, are already struggling with low business profitability, so the prospect of even higher costs is certainly not optimistic for them.

However, the potential disadvantages of electromobility in heavy transport are not limited to operating costs. To determine which disadvantages are most important to respondents, they were asked to select up to three (some respondents selected more) of the most significant disadvantages of introducing electromobility in the transport-forwarding-logistics sector. The responses are presented in Figure 11.

Among the disadvantages of electromobility in heavy transport indicated by the respondents, the most common answers pointed to the high purchase costs of electric trucks and charging infrastructure, as well as the lack of adequate public charging infrastructure to enable efficient transportation processes. Next, the respondents equally often indicated that the reduction in time efficiency and range of the fleet, as well as the increase in transport costs, were disadvantages. Other important issues included changes in business operations (operating costs, vehicle and driver scheduling, investments, business strategies, insurance, and new challenges), the lack of adequate government support instruments, and the limited range of electric trucks available on the market. The problem of inadequate charging infrastructure is likely to be significantly accelerated by the AFIR. In contrast, the inconvenience of high purchase costs for electric vehicles and charging infrastructure could be minimized through appropriate government support programs, following the example of Poland's western neighbors, such as Germany, France, Italy, the Netherlands, and Spain.

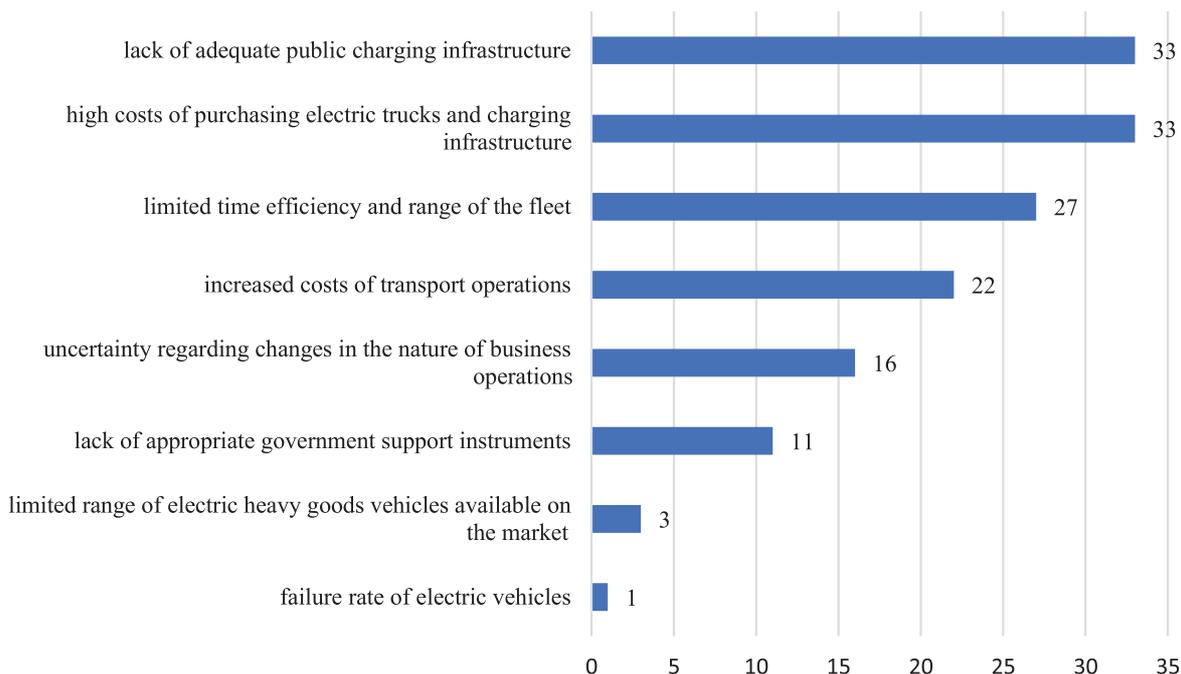


Figure 11. The main obstacles in the process of electrifying heavy-duty vehicles
Rysunek 11. Główne przeszkody w procesie elektryfikacji pojazdów ciężarowych

Source: own research

Źródło: badania własne

The concept of electromobility in heavy transport, apart from the disadvantages presented earlier, also has several potential advantages. To determine the benefits that representatives of the Polish transport-forwarding-logistics sector see in electromobility for heavy transport, the respondents were asked a question similar to the previous one, but this time concerning the advantages of electromobility (Figure 12).

The advantages most frequently mentioned by respondents were increased competitiveness of the company on the market, enabling cooperation with customers expecting eco-friendly transport, the possibility of entering clean transport zones, reducing greenhouse gas emissions, reducing expenditure on fuel for heavy goods vehicles, and the creation of a positive image for the company (Figure 12). These choices suggest that almost half of the respondents see advantages in gaining a potential market advantage precisely through the use of electromobility in companies. Other benefits that some respondents consider significant include reducing greenhouse gas emissions, lowering expenses incurred for the purchase of fuel for heavy goods vehicles, decreasing failure rates and maintenance costs for trucks, reducing the company's dependence on volatile fossil fuel prices, and contributing to greater energy independence in Poland. The least frequently selected option by respondents was improving drivers' working conditions.

Referring to the advantages most frequently chosen by respondents and their potential reasons, a question was asked about how, according to the respondents, their customers would perceive the offer of transport by eHDV vehicles and whether they would be able to obtain better terms of cooperation as a result (Figure 13).

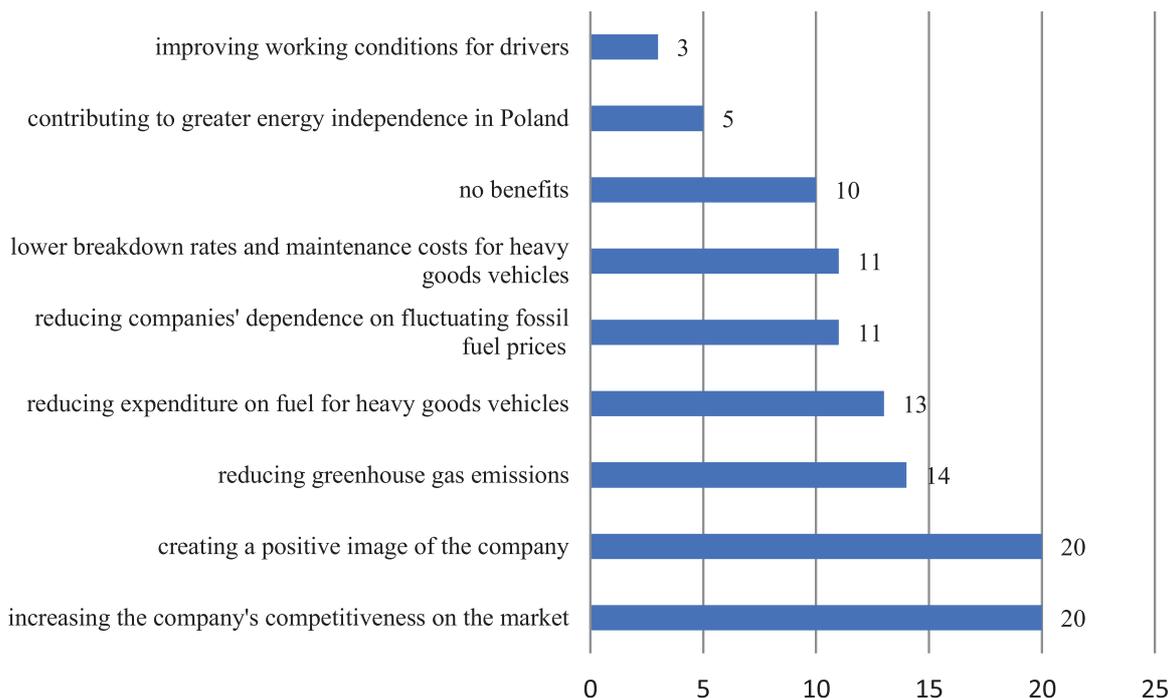


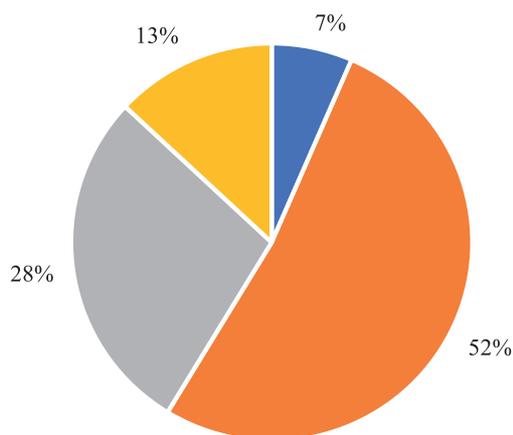
Figure 12. Potential benefits of fleet renewal

Rysunek 12. Możliwe do osiągnięcia korzyści wynikające z wymiany floty pojazdów

Source: own research

Źródło: badania własne

It follows from the above that currently the vast majority of transport-forwarding-logistics companies do not view positively the possibility of obtaining better terms of cooperation from customers in the name of environmentally friendly transport. 87% of respondents believe that their customers would not be willing to provide better terms of collaboration, with as many as 52.2% of all respondents believing that customers are indifferent to the type of vehicles used to transport their goods. 28.3% of respondents believe that customers would respond positively to the fact that eHDV vehicles are used for transport, but would not be willing to improve the terms of cooperation as a result. Only 13% of transport-forwarding-logistics company representatives believe that environmentally friendly transport using electric trucks would encourage the company's contractors to offer more favorable terms of cooperation. 6.5% of respondents believe that customers would react negatively to such an idea, and therefore, they would certainly not be able to count on higher payments for their services; perhaps even their relationships with customers would deteriorate. As can be seen from the results presented, the existing barriers to the development of electromobility lie not only with service providers, but also with service recipients, the vast majority of whom are likely to seek contractors who are competitive in terms of price, high quality, and repeatability, without paying particular attention to the environmental friendliness of the service. From the above results, the development of electromobility in heavy transport must be conditioned not only by a change in awareness and investments on the part of transport-forwarding-logistics companies providing services, but also by the service recipients.



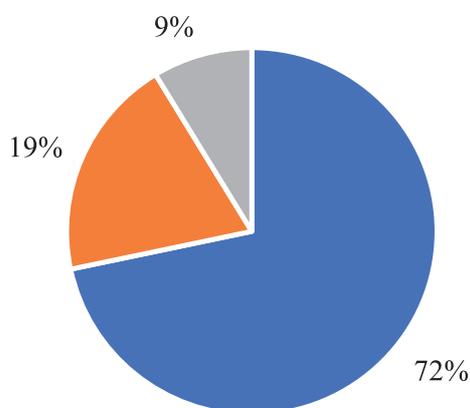
- No – I think customers would react negatively to the idea of transporting goods using electric trucks
- I think they don't care, so I believe that customers would not be willing to improve the terms of cooperation in the name of eco-friendly transport
- Yes – but I think that customers would not be willing to improve the terms of cooperation for the sake of environmentally friendly transport.
- Yes, I think customers would be willing to offer me better terms of cooperation in order to make transport operations more environmentally friendly

Figure 13. The impact of vehicle electrification on customer opinions

Rysunek 13. Wpływ elektryfikacji pojazdów firmy na opinie jej klientów

Source: own research

Źródło: badania własne



- I don't think it's a wise decision
- I think it's a wise decision
- I don't have an opinion on this

Figure 14. Opinion on the declaration by leading truck manufacturers (Scania, MAN, Volvo, Mercedes/Daimler, DAF, Renault, Iveco) to sell only electric trucks from 2040

Rysunek 14. Opinia na temat deklaracji wiodących producentów samochodów ciężarowych (Scania, MAN, Volvo, Mercedes/Daimler, DAF, Renault, Iveco) dot. sprzedaży wyłącznie samochodów elektrycznych od 2040 roku

Source: own research

Źródło: badania własne

Respondents were also asked for their opinion on the fact that a significant number of leading truck manufacturers have declared that they will only sell electric vehicles from 2040. The results are shown in Figure 14.

As can be seen, the vast majority of respondents, namely 71.7%, do not consider this decision reasonable (Figure 14). Only 8.7% consider this decision wise. The results presented indicate that respondents are reluctant to accept the possibility that they may not be able to purchase new combustion engine vehicles in the future.

The last question asked of respondents was an optional open-ended question, in which respondents were asked to provide a few sentences expressing their personal opinion on the process of electrifying heavy road transport. This question could provide a great deal of insight, as it gave respondents the freedom to express themselves and the opportunity to elaborate on their answers to previous questions, adding their own comments and opinions. More than half of the respondents decided to answer this question in various forms – from several sentences to one-sentence statements. Selected responses are presented in Table 3.

Table 3. Selected opinions on the electrification of the truck fleet

Tabela 3. Wybrane opinie respondentów na temat elektryfikacji floty pojazdów ciężarowych

Opinions
I'm not very enthusiastic about the electrification of transport. If electrification is profitable, the market will take it into account on its own. Regulatory enforcement primarily serves large corporations that can withstand significant market changes over the long term. Unfortunately, as is often the case at the beginning of any change, these methods are consistently favored, only to reap all the rewards later on. Please take a look at LNG in trucks and how it has ultimately turned out in recent years. I suspect that the situation may be similar here. Electric trucks operating in logistics centers, distribution, and fixed lines – I consider this a topic worth considering, and it may have great benefits. Long-distance transport is currently out of the question. I dare to doubt that the electricity grid can cope with so many trucks charging at night. The transport infrastructure itself is struggling, and we are considering a complete electrification of it. If anything, I think it would be wiser to provide electrical connections for working cold stores, or possibly switch to electric refrigeration units – this aligns perfectly with the idea of Lärmschutz. On the other hand, I consider hybrids to be an interesting direction for development.
The thesis that electrifying trucks will improve the situation is incorrect. Road transport has developed significantly due to the decline of electric rail transport and the implementation of Just-in-Time delivery policies, which support truck transport and bring financial benefits, but are a burden on the environment. The main transport should be carried out by rail powered by renewable energy sources, as should last-mile transport—technology allows for this, and it will reduce the number of (combustion engine) trucks on the roads. Combustion engine transport should be limited to the route between the railway station and the transshipment hub/warehouses or to routes where rail cannot be used (oversized loads). We should return to creating buffer warehouses at production plants and move away from the Just-in-Time approach. The technology to reduce emissions already exists – rail! I encourage you to speak with manufacturing companies, ports, and other relevant organizations – they will confirm that they are most interested in rail transport, not electric trucks.
In my company's business model (double driver shifts), trucks travel an average of 20,000 km/month. With such distances, electric trucks cannot replace combustion engine vehicles. Range and charging time kill the business model.
It's a utopia. Lack of infrastructure and a too-long charging process. Low battery capacity. The only way to move away from fossil fuels is to use hydrogen engines.

Table 3 (continued)
cd. tabeli 3

Opinions
Heavy transport electrification technology is a developing field. Suppose advances in this area allow it to achieve the same or very similar performance to combustion engines. In that case, it will be an alternative and perhaps even the dominant method of heavy transport in the future.
For representatives of transport companies, it does not matter whether they use combustion engines or electric cars. Switching to electric cars will not be a problem if the technology (range, charging time) and infrastructure in Europe allow for the optimal use of electric cars. At this point, the purchase price of such a car and the poor charging infrastructure make it completely unprofitable.
It's too early for that, especially in our country. The first step should be to create a modern energy network and modern power plants (not coal-fired ones, which pollute the environment the most).
When it comes to electromobility in road transport, it only makes sense in services such as courier services, distribution services, and urban transport, rather than driving around in circles. When it comes to long-distance transport, it makes no sense due to the lack of infrastructure, difficulties related to compliance with drivers' working hours, and numerous other factors. I will leave financial and environmental issues unaddressed, as this requires a specific analysis for a particular company.

Source: own research

Źródło: badania własne

The opinions presented do not clearly indicate an aversion to the electrification of heavy goods vehicles, but rather highlight the problems associated with this solution, while suggesting the use of hydrogen and other fuels as alternatives to electric vehicles. In addition, attention was drawn to another issue, namely the source of energy. Until electric vehicles are environmentally friendly, it is difficult to call them environmentally friendly.

Selected relationships between the characteristics of the entities studied and factors influencing the development of electromobility

In order to find statistical relationships between variables, Spearman's rank correlation test was used. The results obtained are summarized in Table 4.

As shown in Table 4, there are only three cases of correlation between variables, namely:

- the number of employees and restrictive regulations concerning exhaust emissions – moderate correlation,
- the number of employees and the intention to purchase an electric truck within the next 5 years – weak correlation.
- the number of employees and the impact of vehicles – moderate correlation.

The fact that exhaust emission regulations are restrictive and do not require changes was supported by 41.43% of entities employing the smallest number of people and 66.67% of companies employing between 50 and 249 people. For other companies, the rates were 28.57% for those employing 10–49 people and 25.00% for those employing more than 250 people.

Table 4. Selected relationships between the characteristics of the entities studied and factors influencing the development of electromobility

Tabela 4. Wybrane zależności między cechami badanych podmiotów a czynnikami wpływającymi na rozwój elektromobilności

Variable	r_s	t	P
The validity of the idea of electrifying heavy transport			
Type of business activity	-0.11	-0.71	0.48
Period of operation of the company	0.04	0.23	0.82
Number of employees	0.15	0.99	0.33
Restrictive regulations concerning exhaust emissions			
Type of business activity	-0.13	-0.92	0.36
Period of operation of the company	0.20	1.37	0.18
Number of employees	0.38	2.70	0.01
Intention to purchase an electric truck within the next 5 years			
Type of business activity	-0.10	-0.67	0.50
Period of operation of the company	-0.12	-0.77	0.45
Number of employees	0.31	2.20	0.03
The process of electrifying the truck fleet in transport-forwarding-logistics companies and reducing transport costs in the long term			
Type of business activity	0.14	0.94	0.35
Period of operation of the company	0.11	0.74	0.46
Number of employees	-0.23	-1.62	0.11
The impact of vehicle electrification on customer opinions			
Type of business activity	-0.25	-1.74	0.09
Period of operation of the company	-0.13	-0.88	0.39
Number of employees	0.41	2.99	0.00
Opinion on the declaration by leading truck manufacturers (Scania, MAN, Volvo, Mercedes/Daimler, DAF, Renault, Iveco) to sell only electric trucks from 2040			
Type of business activity	-0.07	-0.43	0.67
Period of operation of the company	-0.03	-0.23	0.82
Number of employees	0.08	0.51	0.61

$p = 0.05$

Source: own research

Źródło: badania własne

In turn, as many as 80.95% of companies employing up to 9 employees, 64.29% of companies employing 10–49 employees, 60% of companies employing over 250 employees, and 33.33% of companies employing 50–249 employees do not plan to purchase an electric vehicle within the next 5 years.

Taking into account the latter correlation, in the three groups of surveyed companies (except for those employing more than 250 people), the most common statement was that the company's customers are indifferent to sustainability issues. On the other hand, representatives of companies employing the most significant number of people most often indicated that operating with electric cars would be perceived positively. Still, customers would not be willing to improve the terms of cooperation in the name of eco-friendly transportation.

Discussion and conclusion

The results of the study presented in this article are not representative, so detailed conclusions can only be drawn for the research sample. However, it can be assumed with some certainty that the relationships observed in the sample are consistent with those found in the entire transport-forwarding-logistics sector.

There are few studies on the electrification of heavy-duty vehicles, and this study offers a new perspective on how entrepreneurs perceive electromobility in the transport-forwarding-logistics sector. Previous publications have primarily focused on identifying barriers to the electrification of trucks, rather than on how these barriers can be managed [Konstantinou & Gkritza 2023], and on purchasing preferences related to vehicle characteristics [Buranelli de Oliveira et al. 2022; Ye et al. 2021; Liu et al. 2021].

The research indicates that the vast majority of respondents are opposed to the introduction of electromobility in the heavy transport sector, citing numerous disadvantages and fewer advantages and benefits associated with this concept. There are several reasons for this negative attitude, with respondents most often citing the high purchase costs of such vehicles and the lack of public charging infrastructure as the primary factors influencing their negative perception of using eHDVs in business. Entrepreneurs from the transport-forwarding-logistics industry show a great interest in the electromobility sector, even though only a small percentage plan to implement such solutions in the future. The vast majority of Polish companies from the transport-forwarding-logistics sector cannot currently afford to electrify their truck fleets, and the situation is exacerbated by the fact that the Polish government has not yet introduced subsidies for the purchase of such vehicles. This conclusion is consistent with the findings of Hargadon [2011], who pointed out that the market needs more “knowledge” and cooperation to enable the development of electromobility, as well as a government investing in new technologies to reduce the investment costs incurred by customers.

Nevertheless, opinions among transport-forwarding-logistics company representatives on the need to introduce such subsidies as soon as possible are divided. Almost half of the respondents believe that action should be taken to minimize climate change. A significantly smaller percentage of respondents see the need and justification for taking action in their business sphere, including fleet electrification, tightening emissions

regulations, and introducing clean transport zones. The vast majority of entrepreneurs do not perceive the benefits of electromobility in terms of reducing transportation costs, which is undoubtedly a significant factor contributing to their negative attitude towards this concept. Hargadon [2015] came to similar conclusions, stating that the challenge for sustainable innovation is the lack of “knowledge”, not how to deal with this challenge.

Among the most frequently mentioned advantages of electromobility in the heavy transport sector, entrepreneurs emphasized the creation of a positive company image and increased market competitiveness. A large percentage of respondents see a potential benefit in the form of increased competitiveness for their company; however, this is not reflected in concerns about a decline in competitiveness if electromobility is not adopted in the future. A few respondents believe that this could put their company at a competitive disadvantage. Some respondents are sceptical about the actual environmental friendliness of this idea, pointing, among other things, to the short life span of batteries, which are difficult to dispose of, and the high environmental costs of production, while pointing to other solutions that support the environmental friendliness of the transport sector, such as the use of hydrogen fuel cells. Other researchers have also written about the validity of using hydrogen fuel cells in road transportation [Moriarty & Honnery 2019; Veza et al. 2025; Zhu et al. 2023]. Another concept presented in the studies was to support the development of rail transport as the primary means of long-distance land transport.

References

- ACEA, 2024: New commercial vehicle registrations in Q1 2024. <https://www.acea.auto/cv-registrations/new-commercial-vehicle-registrations-vans-12-6-trucks-4-buses-23-3-in-q1-2024/> [accessed: 08.06.2025].
- Buranelli de Oliveira M., Ribeiro M., da Silva H., Jugend D., De Camargo Fiorini P., Paro C.E., 2022: Factors influencing the intention to use electric cars in Brazil. *Transp. Res. A Policy Pract.* 155, 418–433. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.11.018>
- Grauers A., Karlstrom M., Sarasini S., 2013: Why electromobility and what it is? [in:] B. Sandén (ed.), *Systems Perspectives on Electromobility*. Chalmers University of Technology, Göteborg. https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/211430/local_211430.pdf [accessed: 08.06.2025].
- Hargadon A., 2011: *The business of innovating: bringing low-carbon solutions to market*. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- Hargadon A., 2015: *Sustainable innovation: build your company’s capacity to change the world*. Stanford University Press, Stanford, CA.
- Konstantinou T., Gkritza K., 2023: Are we getting close to truck electrification? US truck fleet managers’ stated intentions to electrify their fleets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 173, 103697.
- Liu X., Sun X., Zheng H., Huang D., 2021: Do policy incentives drive electric vehicle adoption? Evidence from China. *Transp. Res. A Policy Pract.* 150, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.05.013>
- ME, 2017: *Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości”*. Ministerstwo Energii, Warszawa.

- Miniszewski M., Maj M., Wiśniewski J., Ziółkowski P., 2023: Elektryfikacja sektora drogowego transportu ciężkiego. Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa. https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2023/06/PIE-Raport-2023_Elektryfikacja_transportu-ciezkiego.pdf [accessed: 08.06.2025].
- Moriarty P., Honnery D., 2019: Prospects for hydrogen as a transport fuel. *International Journal of Hydrogen Energy* 44(31), 16029–16037.
- PSPA, 2018: Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Przewodnik infograficzny po wybranych zagadnieniach. https://psnm.org/wp-content/uploads/2020/08/przewodnik_ustawa_elektromobilnosc_S.pdf [accessed: 08.06.2025].
- PSPA, 2023a: Elektromobilność w transporcie ciężkim – czas na konkretne działania. <https://psnm.org/2023/raport/elektromobilnosc-w-transporcie-ciezkim-czas-na-konkretne-dzialania/> [accessed: 08.06.2025].
- PSPA, 2023b: AFIR. Guide to the Regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure. https://psnm.org/wp-content/uploads/2023/12/PSPA_AFIR_Guide_2023_EN.pdf [accessed: 08.06.2025].
- PSPA, 2024: Rok 2023 w polskiej elektromobilności. https://psnm.org/wp-content/uploads/2024/01/PSPA_Rok_2023_w_polskiej_elektromobilnosc_Raport.pdf [accessed: 08.06.2025].
- Regulation, 2019: Regulation (EU) 2019/1252 of the European Parliament and of the Council of June 20, 2019, setting CO₂ emission standards for new heavy-duty vehicles and amending Regulations (EC) No. 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC. OJEU L 2019.198.202.
- Regulation, 2023: Regulation (EU) 2023/1804 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU. OJEU L 2023.234.1.
- Ręklewski M., 2020: Statystyka opisowa. Teoria i przykłady. Państwowa Uczelnia Zawodowa we Włocławku, Włocławek.
- RM, 2017a: Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych. Rada Ministrów, Warszawa.
- RM, 2017b: Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.). Rada Ministrów, Warszawa.
- Ustawa, 2006: Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych. Dz.U. 2025, 901.
- Ustawa, 2018: Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Dz.U. 2024, 1289.
- Veza I., Yusuf A.A., Epin V. et al., 2025: Hydrogen fuel cell electric vehicles (FCEV) in Indonesia: Policy for clean transport, net-zero emissions, and energy security of hydrogen fuel cell electric vehicles. *Energy* 360, 100041.
- Ye F., Kang W., Li L., Wang Z., 2021: Why do consumers choose to buy electric vehicles? A paired data analysis of purchase intention configurations. *Transp. Res. A Policy Pract.* 147, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.02.014>
- Zaniewska-Zielińska D., 2018: Problemy rozwoju elektromobilności w Polsce. *Europa Regionum*, 35, 63–78. <http://dx.doi.org/10.18276/er.2018.35-06>

- Zawieska J., 2019: Rozwój rynku elektromobilności w Polsce. [in:] J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (eds.), Elektromobilność w Polsce na tle tendencji europejskich i globalnych. https://www.efcongress.com/wp-content/uploads/2020/02/publikacje09__Elektromobilno%C5%9B%C4%87-w-Polsce-na-tle-tendencji-europejskich-i-globalnych.pdf [accessed: 08.06.2025].
- Zhu M., Dong P., Ju Y., Li J., Ran L., 2023: Effects of government subsidies on heavy-duty hydrogen fuel cell truck penetration: A scenario-based system dynamics model. *Energy Policy*, 183, 113809. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113809>

Grzegorz Koszela¹, Luiza Ochnio¹✉, Krzysztof Jasiński², Tomasz Śmiałowski³

¹ Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Institute of Economics and Finances, Department of Logistics

² Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Faculty of Economics

³ Helena Chodkowska – University of Technology and Economics

Assessment of the level of development of the tram network in the capitals of European Union countries

Ocena stopnia rozwoju sieci tramwajowej w stolicach krajów Unii Europejskiej

Abstract. The aim of the paper was to examine the net of the tram transport in the capitals of EU countries. This is a starting point of a larger study that should encompass all European cities. Trams, once considered obsolete, due to their eco-friendly propulsion, external costs associated with the entire life cycle of tram rolling stock, their operational lifespan, their adaptability to modernization, and their low energy consumption, now hold promising prospects. This is also evidenced by the results obtained in this study. It turns out that the capitals of European Union countries, which can be considered a showcase for the state, do not consider tram transport impractical. On the contrary, we are returning to trams usage, which is also caused by increased EU funding. Therefore, some countries already have a well-developed tram network, but others still require significant design work and funding. The study ranks EU capitals in terms of assessing the level of development of tram transport. The authors are aware of the complexity of the problem; the work does not take into account many criteria that should be included in subsequent stages of the research. The most popular classical methods, such as Spearman's rank coefficient, were used, but certain indicators were created by the authors. The calculations are illustrated with graphs that best reflect the actual situation. The main ranking was determined as an average of the positions. This average became a synthetic variable, which is a new idea that fits the goal set in the work.

Grzegorz Koszela – Department of Logistics, Institute of Economics and Finances, Warsaw University of Life Sciences – SGGW; e-mail: grzegorz_koszela@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0003-4175-4450>

✉ **Luiza Ochnio** – Department of Logistics, Institute of Economics and Finances, Warsaw University of Life Sciences – SGGW; e-mail: luiza_ochnio@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0001-8875-7945>

Krzysztof Jasiński – Faculty of Economics, Warsaw University of Life Sciences – SGGW; e-mail: krzysztof_jasinski@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0009-0001-1616-8460>

Tomasz Śmiałowski – Helena Chodkowska University of Technology and Economics, Warsaw; e-mail: tomasz_smialowski@uth.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-7559-9180>

Keywords: Spearman's rank correlation coefficient, classification, urban transport, zero-emission transport, tramway

Synopsis. Praca dotyczy transportu tramwajowego w stolicach krajów UE. Stanowi pierwszą część większego badania, które powinno objąć wszystkie miasta europejskie. Tramwaje, jeszcze niedawno uważane za przeżytek, mają obecnie obiecujące perspektywy rozwoju ze względu na ekologiczny napęd oraz niskie koszty zewnętrzne związane z całym cyklem życia taboru, okresem eksploatacji i podatnością na modernizację, a także niskim zużyciem energii. Świadczą o tym również wyniki badania przeprowadzonego w ramach niniejszej pracy. Okazuje się, że w stolicach krajów Unii Europejskiej, które można traktować jako wizytówki tych państw, transport tramwajowy nie jest uznawany za niepraktyczny. Wręcz przeciwnie: obserwuje się wyraźny powrót do korzystania z tramwajów, poparty także finansowaniem unijnym. Niektóre kraje mają już rozwiniętą w dużym stopniu sieć tramwajową, inne potrzebują jeszcze licznych prac projektowych oraz dofinansowania. W artykule sklasyfikowano stolice państw UE pod względem oceny stopnia rozwoju transportu tramwajowego. Autorzy zdają sobie sprawę ze złożoności analizowanego problemu, praca nie uwzględnia wielu kryteriów, które należałoby ująć na kolejnych etapach badań. W niniejszym badaniu zastosowano najpopularniejsze klasyczne metody, np. współczynnik korelacji rang Spearmana, ale niektóre wskaźniki wykreowane zostały przez autorów. Obliczenia zilustrowano wykresami, które najlepiej oddają stan faktyczny. Ranking główny powstał na podstawie średniej z rankingów składowych. Średnia ta stała się zmienną syntetyczną, co stanowi nowy pomysł pozwalający osiągnąć cel założony w pracy.

Słowa kluczowe: współczynnik korelacji rang Spearmana, klasyfikacja, transport miejski, transport zeroemisyjny, tramwaj

JEL codes: L92, C15, C35, C38

Introduction

In this article authors assess the level of development of tram transport in the capitals of European Union countries and compare these cities with each other. The goal was to test how Warsaw, which is noticeably developed in the term of tram network, compares with other countries. The best example of investment in trams in Warsaw was the recent opening (October 2024) of new lines to the Wilanow district along Belwederska, Sobieskiego, and Rzeczpospolitej Streets. This is a massive investment, encompassing not only the tram infrastructure itself, such as new tracks and a modern depot in Annapol, but also the reconstruction of sidewalks and bicycle paths. All investments have been done with the aim of improving public transport and protecting the environment in the same time what is in line with EU strategy. It turns out that, from a utility perspective, despite numerous alternative modes of urban transport, over 10 million passengers have already used the newly created lines, and there is no indication that this trend will change [Tramwaje Warszawskie 2025]. So, what is this phenomenon? Is it unique to Warsaw? At one point, not so long ago, it seemed that the tram would remain a kind of open-air museum, a tourist attraction. Many European cities even

began to phase out tram transport altogether, as happened in Copenhagen, for example. However, it turns out that tram transport is thriving. Many cities maintain it and do not regret this decision [Barmina 2023; Taczanowski et al. 2025]. On the contrary, they continue to develop it, investing in increasingly modern rolling stock, and designing new solutions. It is not without reason that cities that have abandoned this form of transport want to return to it – like mentioned before Copenhagen, but also other European cities [Petkov 2020; Green 2020]. Trams can be easily distinguished technically from other means of rail transport, but in the case of a so-called rapid tram, it serves as a pre-metro. The main condition is that it does not interfere with roads, which usually means that part of the line runs in a cut, on a viaduct/embankment, or in a tunnel. Due to the design of tram rolling stock, which does not meet the requirements for rail vehicles, it cannot function as a train. However, there are cases where trams share railway lines – this applies to individual lines or sidings of local importance, where rail traffic is low [Naegeli et al. 2012; Arvidsson & Browne 2013; Metelka & Janoš 2024]. This study, however, does not address the topic such as multitude of applications for this type of vehicle. It focuses more on the essence of the level of development of tram networks within cities regardless of how this type of passenger transport is used. The selection of EU capitals for this study is rather pilot study; the starting point of the research that is planned to be conducted on a much broader scale than presented in this manuscript. Therefore, the EU capitals should be treated in this case as a kind of representative sample of EU countries, although the authors realize that, on a global scale, the results will differ from those obtained in this study which is focused on capitals only. At the same time, from the point of view of tourism, the capital of a country is often its showcase, the city with the largest population and the most urbanized area, so it is worth comparing the public transport network between capitals.

Materials and methods

Since the study aims to compare the level of development of tram transport networks in EU capitals, cities where this mode of transport does not currently exist were excluded from the study from the outset. These included Copenhagen (Denmark), as well as Ljubljana (Slovenia), Nicosia (Cyprus), Valletta (Malta), and Vilnius (Lithuania). The following variables were selected for the study:

LTN – Length of the city's tram network in km

NLT – Number of tram lines in the city

ART – Area of the city in km²

POP – Number of inhabitants in thousands.

Data on these variables are presented in Table 1.

To improve the readability of the graphs, the names of the capitals were replaced with three-letter abbreviations. In most cases, these abbreviations correspond to the IATA code, because they are usually clearly recognized as the city name. Unfortunately, sometimes a given city has more than one significant airport or uses an airport in another city. In such cases, the three-letter code was assigned arbitrarily. This applies to Paris (PAR*) and Rome (ROM*). Additionally, in the case of the Netherlands, Amsterdam* was assumed

Table 1. Empirical data

Tabela 1. Dane empiryczne

Country	Capital city	Code	LTN	NTL	ART	POP
Austria	Vienna	VIE	167	27	415	1897.5
Belgium	Brussels	BRU	128	18	161	1200
Bulgaria	Sofia	SOF	74.3	15	492	1480
Croatia	Zagreb	ZAG	58	15	641	699
Czech Rep.	Prague	PRG	146.3	31	496	1324
Estonia	Tallinn	TLL	17.2	4	159	440
Finland	Helsinki	HEL	46	9	213	660
France	Paris	PAR*	184.4	15	105	2148
Germany	Berlin	BER	194	22	892	3900
Greece	Athens	ATH	27	2	39	665
Hungary	Budapest	BUD	155	26	525	1750
Ireland	Dublin	DUB	44.5	2	118	554
Italy	Rome	ROM*	40	6	1287	2860
Latvia	Riga	RIX	54.7	7	307	700
Luxemburg	Luxemburg	LUX	16,1	1	51	122
Poland	Warsaw	WAW	134	25	517	1862
Portugal	Lisbon	LIS	48	5	100	505.5
Romania	Bucharest	BBU	141	22	240	1800
Slovakia	Bratislava	BTS	42	5	368	437.7
Spain	Madrid	MAD	27.sie	3	604	3266
Sweden	Stockholm	STH	38.8	5	187	980
The Netherlands	Amsterdam*	AMS	200	16	219	872

Source: own elaboration based on [Phipps, Schwandl 2023; UrbanRail.Net 2025]

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Phipps, Schwandl 2023; UrbanRail.Net 2025]

to be the capital. It is the constitutional capital of the Netherlands, the administrative capital is The Hague, which was not included in the study. Ultimately, the study was limited to 22 capital cities.

In this study, it was decided to create dedicated rankings, where so-called ranks will be used to determine the position of each capital city among the others. After sorting the values by a selected characteristic, in an order determined by the researcher, for identical characteristic values, the ranking position is the average of the positions occupied. This means that the positions occupied in the ranking may also have non-integer values. The validity of a rank-based study stems from the appropriate treatment of outliers, which can artificially inflate or underestimate the relationships between traits. Keeping this in mind, the authors of the study created appropriate figures and determined Spearman's rank

coefficients between individual characteristics. The Spearman's rank correlation coefficient (r_s) was calculated based on the commonly used Pearson linear correlation coefficient expressed by formula (1) [Aczel, Sounderpandian 2018, p. 929–934; Stanis 2006, p. 289–318]:

$$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n (RX_i - \overline{RX}) \cdot \sum_{i=1}^n (RY_i - \overline{RY})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (RX_i - \overline{RX})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (RY_i - \overline{RY})^2}} \quad (1)$$

Where:

$i = 1, \dots, n$ is the observation number for $i \in N^+$ (N^+ is a set of positive natural numbers)

RX_i – ranks assigned to individual observation values for feature X

RY_i – ranks assigned to individual observation values for feature Y

\overline{RX} , \overline{RY} – arithmetic means of the observation values for feature X and feature Y , respectively.

Due to the significant differences in the area of the studied capitals and the number of inhabitants, the reliability of assessing the level of development of tram networks based solely on the LTN and NTL variables could be questionable. Therefore, to ensure greater comparability, the authors of this study decided to introduce five indicators that could allow the creation of a final ranking. Therefore, the following variables were introduced (2):

$$X_1 = \frac{LTN}{NTL}, X_2 = \frac{LTN}{ART}, X_3 = \frac{NTL}{ART}, X_4 = \frac{LTN}{POP}, X_5 = \frac{NTL}{POP} \quad (2)$$

In this case, variable X_1 represents the number of kilometers of tram network per tram line in each city. The values obtained using this indicator should be arranged in ascending order, meaning lower indicator values indicate a higher rank in the ranking. This is justified – the resulting ranking will not artificially underestimate or overestimate the positions occupied by individual cities and will, in a sense, take into account the way in which individual tram networks connect the city. Figure 1 illustrates the rationale behind this approach.

The horizontal axis shows the ranking positions of individual capital cities in terms of network length (LTN), while the vertical axis shows their ranking positions in terms of the number of lines (NTL). It can be seen that the ranking positions of individual capital cities vary depending on the approach. In some cases, the differences are quite significant – especially since we're talking about only 22 locations. In the case of Amsterdam (AMS) and Paris (PAR*), there are as many as 7 positions, Dublin (DUB) 5.5 positions, and Prague (PRG) 5 positions. In the case of Warsaw (WAW), there are 4 positions. If the rankings were identical, the points would lie on the diagonal of the square.

The authors therefore consider it appropriate to relate these two values in the form of a quotient. This would make the ranking based on such an indicator

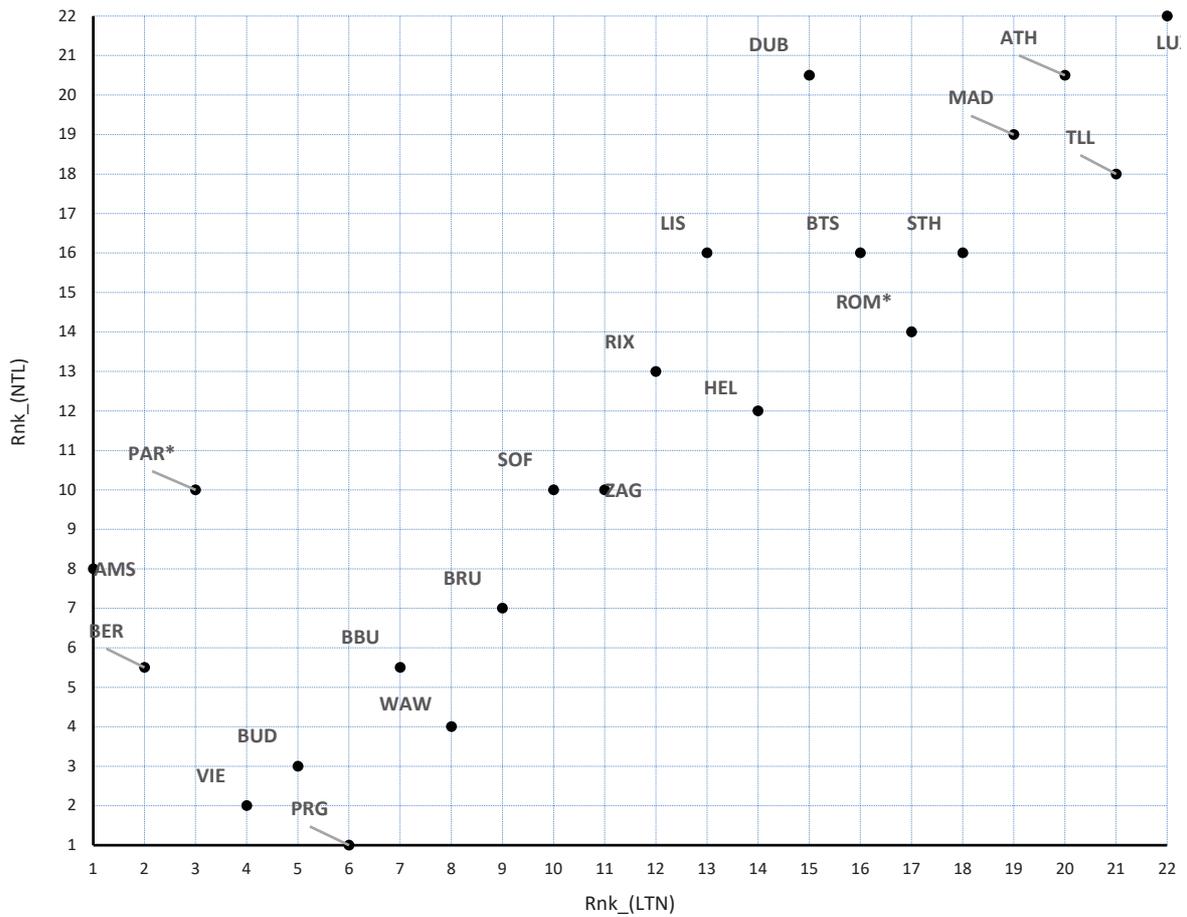


Figure 1. Comparison of rankings for LTN and NTL

Rysunek 1. Porównanie miejsc w rankingach pod względem LTN i NTL

Source: own elaboration

Źródło: opracowanie własne

more coherent and perhaps more transparent, as shown in Figure 2. In this figure, the order in which the bars are arranged corresponds to the order in which they are arranged relative to the X_1 variable. Above the bars, the decision was made to place values representing the bar heights, which are also the values assumed by the X_1 variable for each capital city. Additionally, the studied objects were divided into classes relative to this variable. Because the data are characterized by a relatively large range, they decided not to establish equal-span classes, choosing instead to define their widths rather arbitrarily, leaving the extreme boundaries open. In the case of variable X_1 (in ascending order), capitals with the index value less than 8 were assigned to class 1 (cl_1), and those with values 8 and higher were assigned to class 2 (cl_2), but less than 13, and to class 3 (cl_3) with values of 13 or greater. The division into classes was not accidental; the authors arbitrarily selected this division from several sample classes to avoid classes containing a single element, and to ensure readability of the visualization. They attempted to collect very diverse data and present it simply in the form of a graph.

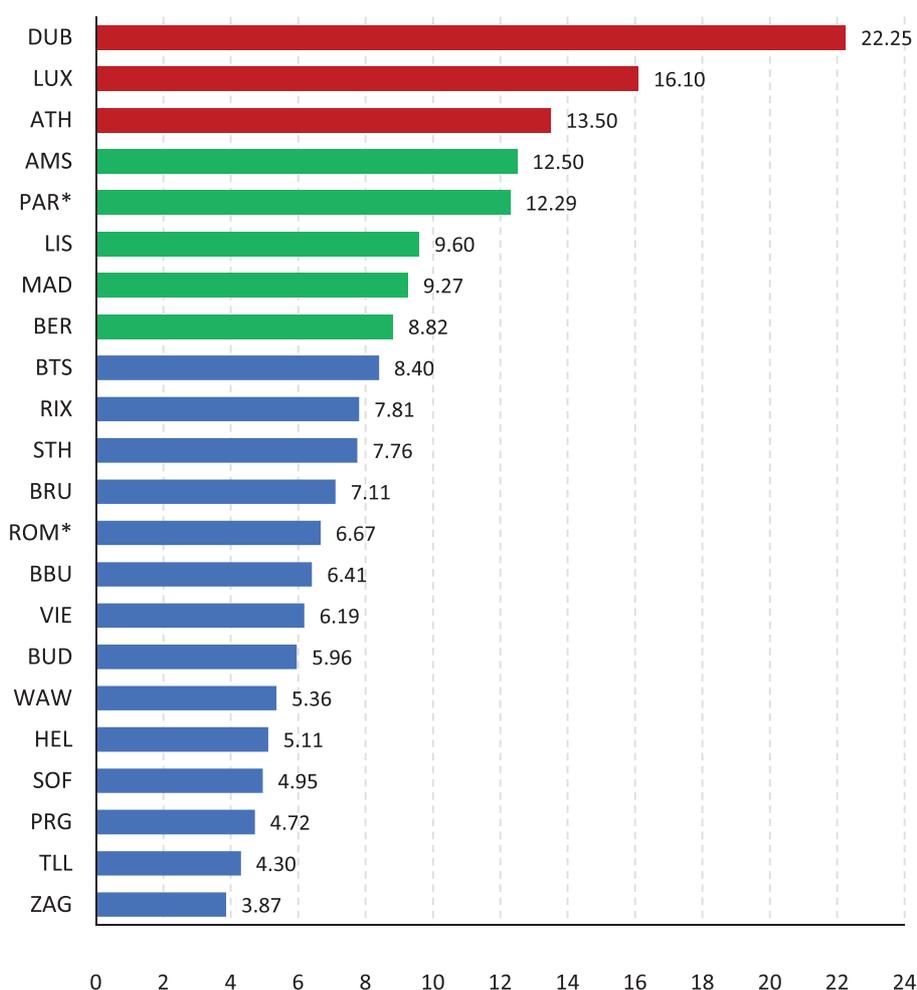


Figure 2. Ordering capitals with respect to variable X_1 – example
 Rysunek 2. Uporządkowanie stolic względem zmiennej X_1 – przykład

Source: own elaboration

Źródło: opracowanie własne

From the arrangement of points in both comparisons, it's clear that this change in approach completely altered the previously constructed rankings, based solely on LNT and LTN. The differences in rankings are sometimes very large for some cities compared to the ranking based on the X_1 index, which combines LNT and LTN simultaneously.

Variable X_2 denotes the length of the tram network per 1 km² of the city's area.

According to the authors, the city's area is also an important element in the study, which assesses the quality of the network. The ranking based on this variable will be arranged in descending order.

Variable X_3 , by analogy, is the number of lines per 1 km² of the city's area. The ordering is also descending.

Variable X_4 denotes the length of the network per 1,000 inhabitants. The ordering is descending.

Variable X_5 is the number of lines per 1,000 inhabitants. The ordering is descending.

In the final stage of the study, a final ranking was constructed based on the average of the places each capital city achieved in five rankings on variables X_1 to X_5 [Bałchanowski & Boryczka 2023; Mathieu & Mauras 2018].

Results and discussion

In accordance with the previously presented intentions, a study was conducted, the results are presented in Table 2 with the explanation. Date shows the positions occupied by the capital cities in the rankings based on variables X_1 to X_5 . The “Average” column indicates the average position of each capital city in each of the rankings. The “Rnk_G” column determines the ranks for this average according to the rules described in the Materials and Methods section. The capital cities were arranged in non-decreasing

Table 2. Final results of the rankings created for variables X_1 to X_5 along with the global ranking Rnk_G

Tabela 2. Wyniki końcowe rankingów dla zmiennych od X_1 do X_5 wraz z rankingiem końcowym Rnk_G

Capital	Rnk_(X ₁)	Rnk_(X ₂)	Rnk_(X ₃)	Rnk_(X ₄)	Rnk_(X ₅)	Average	Rnk_G	Class
PRG	3	11	6	3	1	4.8	1.5	cl_1
BRU	11	3	2	4	4	4.8	1.5	cl_1
AMS	19	2	4	1	3	5.8	3	cl_1
VIE	8	7	5	8	6	6.8	4	cl_1
BUD	7	10	9	7	5	7.6	5.5	cl_2
BBU	9	5	3	12	9	7.6	5.5	cl_2
PAR*	18	1	1	9	16	9	7	cl_2
ZAG	1	20	16	10	2	9.8	8	cl_2
WAW	6	12	10	14	8	10	9.5	cl_2
LIS	17	6	8	6	13	10	9.5	cl_2
HEL	5	14	11	15	7	10.4	11	cl_2
SOF	4	17	12	16	11	12	12	cl_2
LUX	21	9	18	2	15	13	13	cl_3
BTS	14	18	20	5	10	13.4	14	cl_3
TLL	2	19	14	20	14	13.8	15.5	cl_3
ATH	20	4	7	18	20	13.8	15.5	cl_3
RIX	13	16	17	13	12	14.2	17	cl_3
STH	12	15	13	19	18	15.4	18.5	cl_3
BER	15	13	15	17	17	15.4	18.5	cl_3
DUB	22	8	19	11	19	15.8	20	cl_3
ROM*	10	22	22	21	21	19.2	21	cl_3
MAD	16	21	21	22	22	20.4	22	cl_3

Source: own calculations

Źródło: obliczenia własne

order according to these ranks. Additionally, the colors of the fields in the table indicate the class assigned to them depending on the ranking:

White – class 1 – high level of tram transport development for the indicator

Gray – class 2 – medium level of tram transport development for the indicator

Black – class 3 – low level of tram transport development for the indicator.

For variables X_1 to X_5 , classes were assigned based on the values obtained for individual objects on the coefficients. Therefore, classes were assigned to objects for specific indicator values, as shown in Table 3:

Table 3. Rules for assigning ranking classes to the values of variables from X_1 to X_5

Tabela 3. Zasady nadawania klas rankingów dla wartości zmiennych od X_1 do X_5 .

Ranking	Class_1	Class_2	Class_3
Rnk_ X_1	(~ – 8)	[8 – 13)	[13 – ~)
Rnk_ X_2	[0.6 – ~)	[0.3 – 0.6)	(~ – 0.3)
Rnk_ X_3	[0.06 – ~)	[0.03 – 0.06)	(~ – 0.03)
Rnk_ X_4	[0.1 – ~)	[0.05 – 0.1)	(~ – 0.05)
Rnk_ X_5	[0.01 – ~)	[0.005 – 0.01)	(~ – 0.005)

Source: own elaboration

Źródło: opracowanie własne

A similar approach was taken when dividing the main ranking into classes (Rnk_G). Here, by analogy, the division criterion was the “Average” column, where:

Class_1: Average \in [1 – 7)

Class_2: Average \in [7 – 13)

Class_3: Average \in [13 – ~).

The main “Rnk_G” ranking was tied between Prague (PRG) and Brussels (BRU). These capitals jointly ranked 1.5, as the average of 1 and 2. The fluctuations in these cities’ positions in the individual rankings can be seen in Figure 3.

Warsaw (WAW) seems to be an interesting case in our calculations. Ultimately, it placed in the middle of the rankings, at 9.5, but it shares this position with Lisbon (LIS). The case of Warsaw (WAW) is interesting because it maintains a relatively stable position among other capital cities regardless of the criterion (similar to Vienna – VIE). Figure 4 shows the positions occupied by Warsaw (WAW) and Lisbon (LIS) in the respective rankings.

In the overall ranking, it’s worth paying particular attention to the composition of Class 1 and Class 3. The high ranks of Prague (PRG), Brussels (BRU), Amsterdam (AMS), and Vienna (VIE) demonstrate that it’s inaccurate to describe trams as relics of the past. They continue to play an important role in public transport and bring many benefits, both to tourism (sometimes a tourist attraction, as in Lisbon), and to environmental protection. In some capital cities, trams are the primary means of transport (e.g. Vienna, Amsterdam), serving major arteries, while in others they complement the rapid underground railway (e.g. London, Paris). The tram clearly supports current Euro-

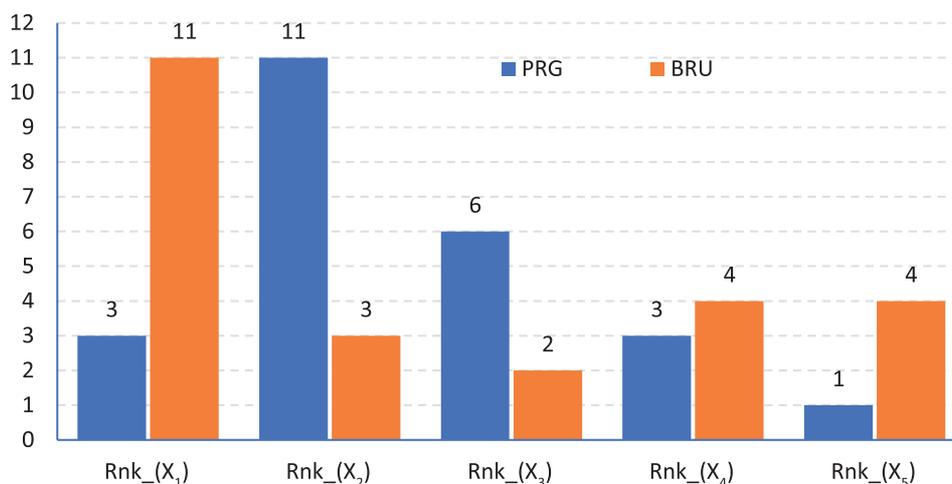


Figure 3. Rankings for Prague (PRG) and Brussels (BRU)
 Rysunek 3. Miejsca rankingowe Pragi (PRG) i Brukseli (BRU)

Source: own elaboration

Źródło: opracowanie własne

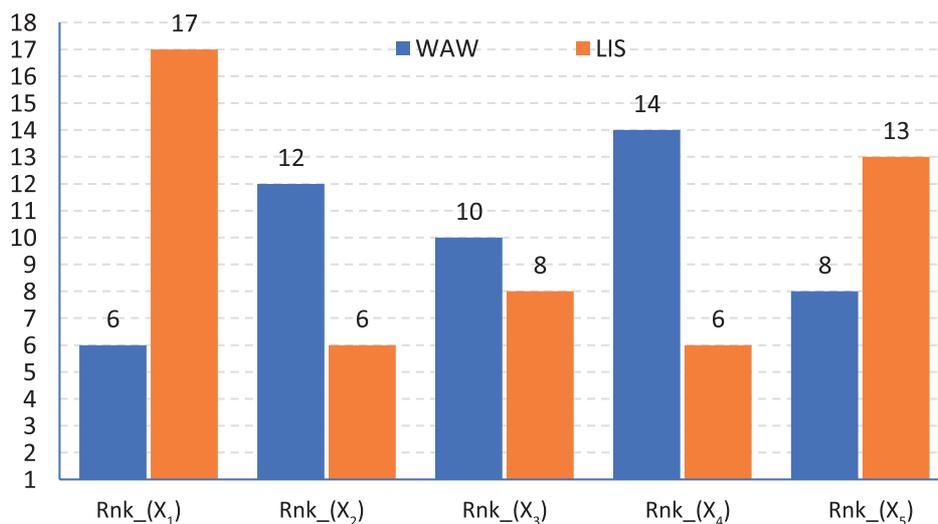


Figure 4. Rankings for Warsaw (WAW) and Lisbon (LIS)
 Rysunek 4. Miejsca rankingowe Warszawy (WAW) i Lizbony (LIS)

Source: own elaboration

Źródło: opracowanie własne

pean environmental policies. Regarding Class 3, which includes capital cities such as Stockholm (STH), Berlin (BER), Rome (ROM), and Madrid (MAD), simple answer to the question “what does the low places in the ranking for those cities mean?” is not obvious and needs to be better examined and explained in the future studies. Probably these cities still rely on less ecological means of urban and individual transport such as cars, scooters and buses, but they also use the high-speed rail network, such as Berlin. The final ranking in this study didn’t take everything into account, many other fac-

tors were omitted, and some could be connected with this research results like terrain or network coverage of other types of transport. Much depends on the quality of the tram fleet, alternative modes of urban transport, and the methods of classifying them. Perhaps some of the variables should have been weighted? This study treated all criteria equally. There are also certain architectural, spatial planning, urban planning, and other constraints that sometimes prevent the expansion of tram networks. However, it should be noted, that many cities have excellent public transportation without trams, yet they still plan to further develop tram networks rather than eliminate them from everyday life.

Finally, we also present the Spearman's rank correlation coefficient matrix, as defined in formula (1), which will demonstrate the relationships between the component rankings and the overall ranking. This matrix is presented in Table 4.

Table 4. Spearman's rank correlation matrix between component rankings and the main ranking

Tabela 4. Macierz korelacji rang Spearmana pomiędzy rankingami składowymi a rankingiem głównym

Ranking	Rnk_X₁	Rnk_X₂	Rnk_X₃	Rnk_X₄	Rnk_X₅	Rnk_G
Rnk_X ₁	1					
Rnk_X ₂	-0.4636	1				
Rnk_X ₃	0.0807	0.8046	1			
Rnk_X ₄	-0.1711	0.5697	0.4195	1		
Rnk_X ₅	0.5494	0.2163	0.5008	0.6544	1	
Rnk_G	0.3127	0.5920	0.8165	0.7323	0.86288	1

Source: own calculations

Źródło: obliczenia własne

It can be seen that some of the rankings differed significantly, while others were more similar. It should be remembered, however, that this work does not concern the assessment of the convergence of the rankings, but rather the construction of a main ranking that takes into account as many criteria and the information contained within them as possible. As an example, we decided to use the Rnk_X₅ ranking, which is closest to the main ranking (Rnk_G). In this case, the Spearman's rank correlation coefficient was 0.86. While this is a relatively high correlation, it is also important to remember that our ranking covers only 22 objects, so the position a given object occupies within it is not insignificant. The discrepancies in these positions are shown in Figure 5. The differences in some cases are very visible. The most prominent examples include: Paris (PAR*, 9 positions), Zagreb (ZAG, 6 positions), Riga (RIX, 5 positions), Athens (ATH, 4.5 positions), Helsinki (HEL, 4 positions), Bratislava (BTS, 4 positions), Bucharest (BBU, 3.5 positions) and Lisbon (LIS, 3.5 positions).

Amsterdam (AMS), Rome (ROM*), and Madrid (MAD) occupy essentially the same position in both rankings. Therefore, it seems that the concept of assessing the quality and development of the tram network using a multi-criteria approach should not be controversial, although the authors agree that a different approach and a larger number of criteria would likely have resulted in different results, however, it is typical for rankings creation.

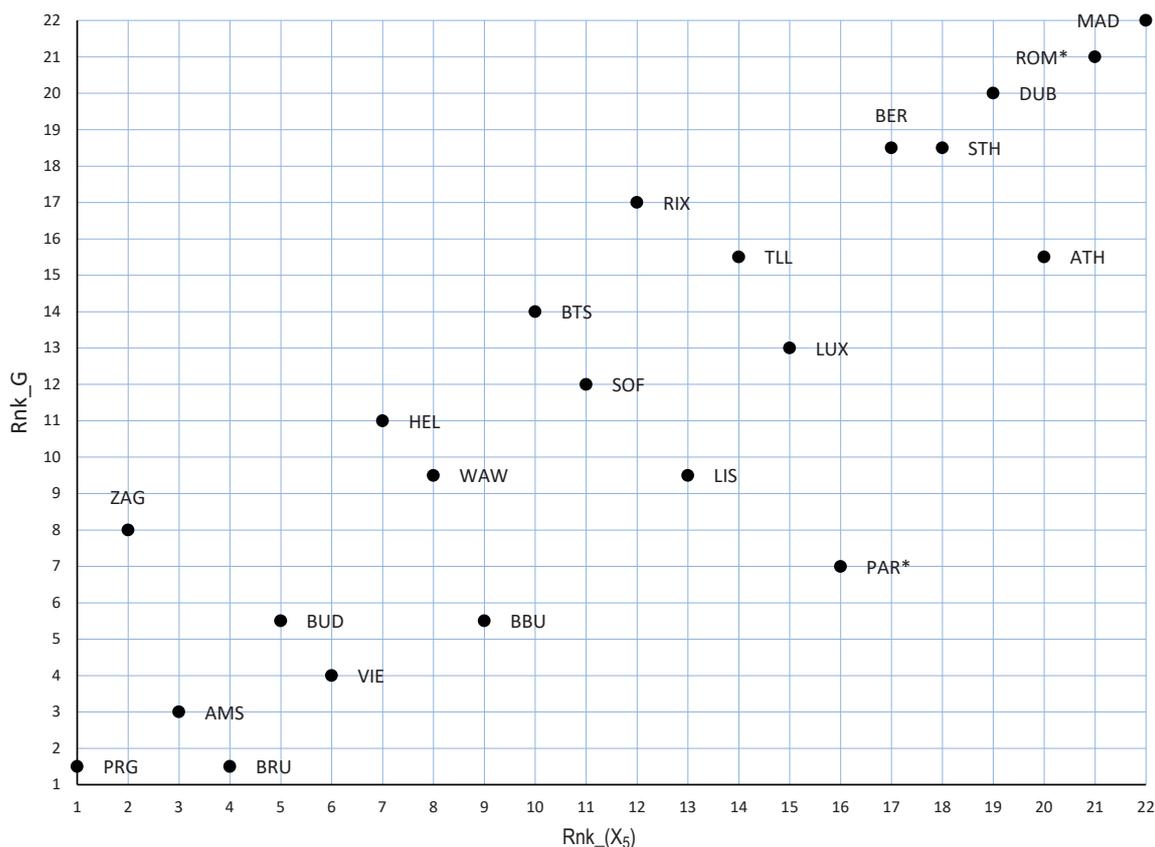


Figure 5. Comparison of Rnk_X5 and Rnk_G rankings
 Rysunek 5. Porównanie miejsc rankingowych Rnk_X5 i Rnk_G

Source: own elaboration

Źródło: opracowanie własne

Summary and conclusions

The authors of the study believe that trams are an important topic, or at least one that deserves attention. Tram transport offers many benefits – being powered by electricity, which means they don't generate as much pollution in the city as vehicles powered by combustion engines. Even electric cars and buses are to some extent more harmful to the environment, if only because heavy metals must be extracted to produce batteries, which necessitate their disposal at the end of their service life. Trams don't face this problem. It's known fact that trams also contribute to environmental pollution through their electricity consumption, but the continued emphasis on renewable energy sources will mitigate this problem [Choi et al. 2022; Leopa & Anghelache 2015].

It is worth noting that rolling stock, including trams, is more amenable to modernization, meaning that after 30 years it can be rebuilt and still be used. In the case of buses, this time is much shorter. It's obvious that trams, especially modern ones, are expensive, but the costs are offset by their service life. Trams also have greater passenger capacity than buses [Zespół Doradców Gospodarczych TOR 2019].

Another important argument in favor of trams is traffic regulations [Duan et al. 2024, Czerepicki et al. 2021]. In most cases, they have priority over other road users. This is crucial during rush hours. It seems that this study is only the starting point to wider research. The topic is broad and this study can be treated as the pilot or an introduction to this topic. The criteria themselves may raise some concerns as they may be too narrow to draw the final conclusions. The authors realize that limiting the study to the capitals of EU countries does not provide a picture of the entire coverage of the connection network in each country, as there are also not capital cities with a strong importance for tram lines. There are many cities in Europe and around the world with much more developed tram infrastructure, rolling stock quality, and coverage, so this data is incomparable on the country level. At the same time with the large amount of data collected from various cities in studied countries, another and more complicated research method should be used. This work is an attempt to address the topic, but still, there is much to ponder. Capital cities should work on a larger network of eco-friendly rail vehicles. In Warsaw, for example, old routes are being reinstated.

References

- Aczel D.A., Sounderpandian J., 2018: Statistics in management, PWN, Warsaw.
- Arvidsson N., Browne M., 2013: A review of the success and failure of tram systems to carry urban freight: the implications for a low emission intermodal solution using electric vehicles on trams, *European Transport/Trasporti Europei* 54, 1–5.
- Bałchanowski M., Boryczka U., 2023: A Comparative Study of Rank Aggregation Methods in Recommendation Systems, *Entropy* 25(1), 132.
- Barmina D.V., 2023: History of the tram, Appearance and development, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv.
- Choi M., Kang G., Kwak J., Jang Y., Lee S., 2022: Calculating the environmental benefits of trams, *Chemical Engineering Transactions* 97, 43–48.
- Czerepicki A., Krukowicz T., Górka A., Szustek J., 2021: Traffic light priority for trams in Warsaw as a tool for transport policy and reduction of energy consumption, *Sustainability* 13(8), 4180.
- Duan Y., Zhao Y., Sun M. et al., 2024: Can tram construction improve traffic pollution? A micro-scale examination in Songjiang, *Journal of Cleaner Production* 448, 141674.
- Green O., 2020: Rails in the road: A history of tramways in Britain and Ireland, Pen & Sword Transport, Barnsley.
- Leopa A., Anghelache D., 2015: Urban Pollution Issues Generated by Trams Traffic, *The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati. Fascicle IX, Metallurgy and Materials Science* 38(4), 32–37.
- Mathieu C., Mauras S., 2018: How to aggregate top-lists: Approximation algorithms via scores and average ranks, Cornell University, ArXiv:1811.01537, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1811.01537>
- Metelka S., Janoš V., 2024: Tram-train system as a potential transport solution for the Olomouc Region, *Transport* 39(1), 25–36.
- Naegeli L., Weidmann U., Nash A., 2012: Checklist for successful application of tram–train systems in Europe, *Transportation Research Record* 2275(1), 39–48.
- Petkov D., 2020: Tramway Renaissance in Western Europe, Springer Fachmedien, Wiesbaden.

Phipps A., Schwandl R., 2023: Tram atlas Südosteuropa, Robert Schwandl Verlag, Berlin.

Stanisz A., 2006: Przystępny kurs statystyki. Tom 1, Statsoft Polska, Kraków.

Taczanowski J., Kołoś A., Fiedień Ł., 2025: A monument to socialist industrialisation or a tool for creating urban development? Rehabilitation of former industrial tram lines (FITL) in Central-Eastern Europe after socialist industrialisation in the context of transit oriented development, *Cities* 170, 106673.

Tramwaje Warszawskie, 2025: <https://tramwajdowilanowa.pl/> [accessed: 31.08.2025].

UrbanRail.Net, 2025, <https://www.urbanrail.net/eu/euromet.htm> [accessed: 31.08.2025].

Zespół Doradców Gospodarczych TOR, 2019: Renesans tramwaju w Polsce, <https://zdgtor.pl/publikacje/renesans-tramwaju-w-polsce/> [accessed: 31.08.2025].

Aneta Pawłowska-Hulbój¹✉, Bartosz Grucza², Michał Koziel¹,
Adam Kaniuk¹, Wojciech Popiołek¹, Wojciech Orzeł¹

¹ Państwowy Instytut Medyczny MSWiA w Warszawie

² Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Optymalizacja logistyki wewnętrznej w Państwowym Instytucie Medycznym MSWiA z zastosowaniem lean management

Optimization of internal logistics in the State Medical Institute of the Ministry of Internal Affairs and Administration with the use of Lean Management

Synopsis. Celem artykułu jest ocena możliwości zastosowania koncepcji lean healthcare management w warunkach polskiej instytucji ochrony zdrowia oraz odpowiedź na pytanie, czy wdrożenie rozwiązań lean może doprowadzić do poprawy efektywności logistyki wewnętrznej w Państwowym Instytucie Medycznym MSWiA. W badaniu skoncentrowano się na optymalizacji procesów zaopatrzenia i transportu materiałów oraz odpadów medycznych. Zastosowano metody analizy procesowej, Gemba Walk oraz regułę Pareto, co pozwoliło na identyfikację marnotrawstw i wskazanie kierunków usprawnień. W efekcie opracowano rekomendacje dotyczące przeniesienia części zadań transportowych z personelu medycznego do działu zaopatrzenia, co doprowadziło do zmniejszenia obciążenia pracowników medycznych i zwiększenia efektywności obsługi pacjenta. Wyniki badań wskazują, że wdrożenie koncepcji lean w logistyce szpitalnej może przynieść wymierne korzyści organizacyjne i ekonomiczne, poprawiając jakość świadczeń zdrowotnych oraz zwiększając satysfakcję pacjentów i pracowników.

✉ **Aneta Pawłowska-Hulbój** – Państwowy Instytut Medyczny MSWiA; e-mail: aneta.pawlowska@pimmswia.gov.pl; <https://orcid.org/0009-0009-8000-6050>

Bartosz Grucza – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Kolegium Zarządzania i Finansów; e-mail: bgrucz@sgh.waw.pl; <https://orcid.org/0000-0002-4355-1705>

Michał Koziel – Państwowy Instytut Medyczny MSWiA; e-mail: michal.koziel@pimmswia.gov.pl; <https://orcid.org/0009-0001-4722-3477>

Adam Kaniuk – Państwowy Instytut Medyczny MSWiA; e-mail: adam.kaniuk@pimmswia.gov.pl; <https://orcid.org/0009-0003-9189-5523>

Wojciech Popiołek – Państwowy Instytut Medyczny MSWiA; e-mail: wojciech.popiolek@pimmswia.gov.pl; <https://orcid.org/0009-0009-4012-9953>

Wojciech Orzeł – Państwowy Instytut Medyczny MSWiA; e-mail: wojciech.orzel@pimmswia.gov.pl; <https://orcid.org/0009-0008-3190-0147>

Słowa kluczowe: lean healthcare management, logistyka wewnętrzna, optymalizacja procesów, transport medyczny

Abstract. The aim of this article is to assess the possibility of applying the Lean Healthcare Management concept in the conditions of a Polish healthcare institution and to answer the question of whether the implementation of Lean tools can lead to an increase in the efficiency of internal logistics at the State Medical Institute of the Ministry of Interior and Administration. The study focused on optimizing the supply and transport of medical materials and waste. Methods such as process analysis, Gemba Walk, and the Pareto rule were used, enabling the identification of inefficiencies and directions for improvement. As a result, recommendations were developed to transfer part of the transport tasks from medical staff to the Supply Department, which reduced the workload of healthcare professionals and increased patient service efficiency. The findings indicate that the implementation of Lean in hospital logistics can bring measurable organizational and economic benefits, improving the quality of healthcare services as well as the satisfaction of patients and staff.

Keywords: Lean Healthcare Management, internal logistics, process optimization, medical transport

Kody JEL: L230, O330

Wprowadzenie

Termin „lean” w języku angielskim oznacza „szczupły”, co w kontekście koncepcji lean management [Womack, Jones 1996, s. 25] odnosi się do odchudzonej lub uproszczonej struktury realizacji planu operacyjnego. Jest to nowoczesne podejście zmierzające do zwiększania efektywności organizacyjnej. Mimo że koncepcja ta nosi angielską nazwę, jej korzenie sięgają Japonii. Lean management wywodzi się z filozofii lean production (odchudzonej produkcji) [Kubis 2005, s. 291], która została wdrożona po raz pierwszy w japońskiej firmie motoryzacyjnej Toyota [Liker 2016, s. 13–19].

Koncepcja lean management dotyczy głównie sektorów przemysłowych, wywodzi się bowiem z branży motoryzacyjnej, gdzie po raz pierwszy zastosowano ten sposób zarządzania, doprowadzając do skrócenia czasu realizacji procesów produkcyjnych, redukcji zużywanych zasobów i ograniczenia nakładu pracy [Dennis 2015, s. 22–25] – a zatem ogólnej poprawy efektywności poprzez koncentrację na dostarczaniu wartości oraz eliminację marnotrawstwa („muda”) [Rother 2009, s. 25–35].

W ciągu kilkunastu lat od wprowadzenia koncepcji lean znalazła ona zastosowanie także w ochronie zdrowia jako lean healthcare management (LHM) [Bukowska-Piastowska i in. 2021, s. 43]. Celem tego podejścia jest poprawa efektywności procesów, eliminacja marnotrawstwa [Bąk 2022, s. 34] i skoncentrowanie się na dostarczaniu pacjentom wartości. Lean healthcare management opiera się na filozofii ciągłego doskonalenia i angażowania pracowników w optymalizację działań [Toussaint, Berry 2013, s. 74]. Lean w ochronie zdrowia promuje standaryzację jako sposób na ograniczenie zmienności w działaniu, co prowadzi do jego bardziej przewidywalnych wyników

i wyższej jakości usług [Radnor, Osborne 2013, s. 270]. Wprowadza też w placówkach ochrony zdrowia standard zakładający, że w centrum uwagi znajduje się pacjent i jego potrzeby. Procesy są projektowane tak, aby poprawić jakość obsługi i bezpieczeństwo oraz dostępność usług medycznych. LHM opiera się na dążeniu do redukcji zbędnych kroków w poszczególnych procesach, minimalizacji błędów medycznych, optymalizacji czasu oczekiwania pacjentów oraz ograniczeniu nadmiarowej dokumentacji [Olive, Brown 2009, s. 1–3]. Organizacje wdrażające lean healthcare management regularnie analizują swoje procesy i na podstawie zebranych danych i obserwacji wprowadzają usprawnienia [Dunn 2009, s. 1–2]. Kluczowe jest zaangażowanie wszystkich pracowników, od personelu medycznego, poprzez administrację, aż do pacjenta, w proces identyfikowania problemów i proponowania ich rozwiązań [Janiszewski i in. 2017, s. 38].

W praktyce lean healthcare management wykorzystuje się najczęściej takie narzędzia jak:

- analiza procesowa oraz mapowanie procesu – obejmujące przedstawienie wizualne, w czytelnej i przejrzystej formie graficznej, rzeczywistych procesów realizowanych w organizacji,
- Gemba Walk – zespołowa obserwacja procesu w miejscu, w którym jest on realizowany, w celu identyfikacji oraz redukcji marnotrawstwa,
- 5S – dotyczące organizacji miejsca pracy w sposób efektywny i uporządkowany,
- Kanban – skupiający się na zarządzaniu przepływem zadań w celu uniknięcia nadprodukcji lub opóźnień,
- cykl PDCA (Plan-Do-Check-Act) – obejmujący doskonalenie procesów,
- zasada Pareto – wykorzystująca założenie, że w wielu przypadkach ok. 20% nakładów pracy i wysiłku odpowiada za realizację ok. 80% rezultatów.

Koncepcja lean healthcare management i model organizacji oparty na niej przyczyniają się do poprawy jakości usług medycznych, obniżenia kosztów oraz zwiększenia satysfakcji zarówno pacjentów, jak i pracowników ochrony zdrowia [Korkosz-Gębska 2019, s. 158]. W literaturze przedmiotu wskazuje się konkretne korzyści dla organizacji ochrony zdrowia wynikające z wdrożenia lean, takie jak: poprawa bezpieczeństwa i jakości, skrócenie czasu oczekiwania i pobytu pacjentów w placówce, poprawa płynności procesów, wzrost zadowolenia pacjentów i ich rodzin oraz pozytywne efekty finansowe [Grabian 2016, s. 6–7]. Za cel badania przyjęto ocenę możliwości zastosowania koncepcji lean healthcare management w warunkach polskiej instytucji ochrony zdrowia oraz znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy wdrożenie rozwiązań lean prezentowanych w literaturze przedmiotu może doprowadzić do zwiększenia efektywności logistyki wewnętrznej w Państwowym Instytucie Medycznym MSWiA. Badanie przeprowadzono w ramach projektu pn. „Opracowanie i wdrożenie do praktyki doskonalenia zawodowego kadry medycznej i zarządzającej koncepcji Lean Healthcare Management – program edukacyjny dla szpitali w zakresie zarządzania zasobami i procesami” finansowanego ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W jego ramach zrealizowano pełny cykl prac optymalizacyjnych zgodnie z logiką szczupłego zarządzania, począwszy od analizy procesowej, poprzez planowanie, aż do wdrożenia optymalizacji do praktyki Instytutu. Za przedmiot badań przyjęto organizację logistyki wewnętrznej szpitala i wykorzystano klasyczne narzędzia lean, które zaadaptowano na potrzeby polskiej instytucji publicznej ochrony zdrowia.

Materiały i metody – wykorzystanie koncepcji lean healthcare management w przeprowadzonym badaniu

W ramach realizowanego badania zdecydowano się na zastosowanie metod lean healthcare zgodnie z rekomendacjami uzyskanymi po przeprowadzeniu analiz literaturowych. Opisano zastosowane narzędzia lean, takie jak: analiza procesowa, Gemba Walk, reguła Pareto, analiza pracochłonności [Rossi i in. 2022, 12295]. Dodatkowo podczas mapowania procesów logistyki wewnętrznej przeprowadzono badania ankietowe wśród interesariuszy organizacyjnych, głównie klinik i oddziałów szpitala. Pozyskano dane z ponad 70 jednostek przy wysokim odsetku odpowiedzi (ponad 80-proc. zwrot ankiet). Badanie umożliwiło oszacowanie pracochłonności transportu wewnętrznego realizowanego przez personel medyczny.

Badanie trwało 6 miesięcy i zostało przeprowadzone w 2024 roku. Podstawowy zespół badawczy liczył pięć osób. Pierwszym etapem wprowadzania optymalizacji zgodnie z metodą lean było formalne powołanie w Państwowym Instytucie Medycznym MSWiA inicjatywy projektowej, ustalenie planu działania oraz uzgodnienie kluczowych założeń i celu współpracy. Lider zespołu przygotował plan zawierający:

- opis sposobu zaangażowania zespołu projektowego,
- uzgodnienie planu projektu, w tym: harmonogramu ramowego, podstawowych zasad współpracy, struktury zespołu, podziału obowiązków i odpowiedzialności oraz listy technik i narzędzi lean planowanych do wykorzystania.

Analiza procesowa i potencjalna optymalizacja procesów dotyczyła funkcjonowania działu zaopatrzenia, dlatego kluczowe było zaangażowanie właściwych interesariuszy oraz wskazanie właściciela procesu biznesowego transportu i zaopatrzenia. W rezultacie zaangażowano do inicjatywy kierownika działu zaopatrzenia oraz pracownika realizującego czynności wykonawcze. W ramach definiowania struktury zespołu oraz podziału obowiązków uzgodniono odpowiedzialności za realizację zadań z zastosowaniem matrycy RACI w zaadaptowanej wersji polskojęzycznej RWZKA (R – realizujący, W – wspierający, Z – zapewniający jakość, K – konsultujący merytorycznie, A – analityk danych). Podczas przypisywania członków zespołu do ról projektowych wzięto pod uwagę ich preferencje, tak aby każda osoba czuła się w swojej roli kompetentnie i pewnie.

W procesie opracowywania harmonogramu ramowego badania zastosowano podejście zwinne (agile), charakteryzujące się uzgodnieniem stałych ram czasowych, które przeznaczone zostały na poszczególne zadania. W celu poszukiwania optymalizacji wykorzystano wybrane narzędzia lean management przedstawione w części teoretycznej. Określono też podstawowe zasady współpracy zespołu badawczego (tabela 1).

Aby zespół projektowy realizował zadania w sposób efektywny, zorganizowany i przewidywalny, ustalono podstawowe zasady organizacji jego pracy podczas badania:

- określono cotygodniową rutynę pracy (np. warsztaty odbywały się zawsze we czwartki o godz. 11:00–12:00 w sali X);
- ustalono i zakomunikowano podstawowe zasady współpracy w zespole projektowym;
- przyjęto podejście zwinne do realizacji celu;
- dokumentację projektową zapisywano i udostępniono online na platformie Microsoft Sharepoint;

Tabela 1. Role i zasady współpracy w projekcie
 Table 1. Roles and principles of cooperation in the project

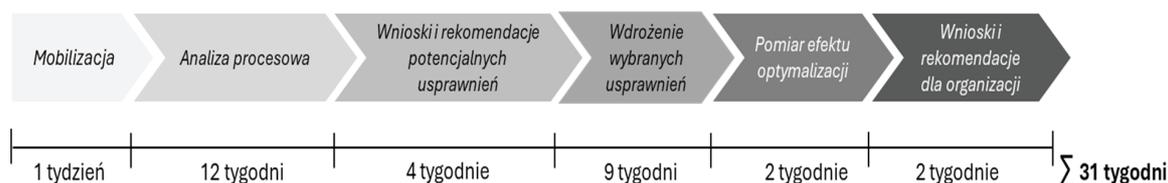
Kto (rola w projekcie)	Do czego w ogóle potrzebny? (w projekcie)	Kompetencje (wiedza, doświadczenie, rola w PIM)
Lider nurtu Analizy procesowej Ekspert Lean	<ul style="list-style-type: none"> Planowanie i zarządzanie projektem optymalizacji DZ Uzgodnienie metodyki pracy oraz ustalenia zakresów odpowiedzialności Upewnienie się że metody Lean są wykorzystywane Dzielenie się wiedzą ekspercką z zakresu technik zarządzania Lean 	<ul style="list-style-type: none"> Wiedza z zakresu zarządzania Lean w medycynie Prowadzenie projektów, myślenie analityczne Praktyczne doświadczenie w realizacji inicjatyw Lean Praktyczna znajomość metodyk Lean i sposobu wykorzystania Zna się na obszarze DZ, wie jak się pracuje na DZ z perspektywy szefa Posiada doświadczenie w koordynowaniu działu DZ Zna wyzwania oddziału oraz personelu DZ Nie boi się wprowadzać zmian i innowacji
Kierownik Działu Zaopatrzenia	<ul style="list-style-type: none"> Dzieli się swoją wiedzą nt. funkcjonowania DZ Potwierdza jak wyglądają procedury na DZ oraz obsługa sytuacji wyjątkowych Wspiera zmianę funkcjonowania DZ (jeżeli w nią wierzy ;) 	<ul style="list-style-type: none"> Zna się na obszarze DZ, wie jak się pracuje na DZ z perspektywy pracownika Posiada doświadczenie w realizacji zadań zaopatrzeniowych Zna wyzwania personelu DZ Komfortowo czyje się ze zmianą i innowacją
Pracownik Działu Zaopatrzenia	<ul style="list-style-type: none"> Dzieli się swoją wiedzą nt. funkcjonowania DZ Potwierdza jak wyglądają procedury na DZ oraz obsługa sytuacji wyjątkowych Wyjaśnia szczegółowe czynność procesu u podstaw 	<ul style="list-style-type: none"> Podstawowa znajomość Lean Umiejętność obsługi programów do konstruowania diagramów procesowych (Visio, PPT) Myślenie analityczne
Konsultant Lean #1	<ul style="list-style-type: none"> Dokumentowanie diagramów procesu Zadawanie pytań pomocniczych nt. procesu pozwalających jego precyzyjne zrozumienie i dekompozycję 	<ul style="list-style-type: none"> Podstawowa znajomość Lean Umiejętność obsługi programów do konstruowania diagramów procesowych (Visio, PPT) Myślenie analityczne
Konsultant Lean #2	<ul style="list-style-type: none"> Dokumentowanie diagramów procesu Rejestrowanie potencjalnych wyzwań i nieoptymalności w ramach obecnego procesu 	<ul style="list-style-type: none"> Umiejętność wyszukiwania danych z Hurtowni danych (znajomość SQL) Znajomość i umiejętność interpretacji danych zapisywanych w HIS Doświadczenie w analizie zbiorów danych medycznych
Administrator hurtowni danych HIS	<ul style="list-style-type: none"> Zbieranie danych nt. długości czasu trwania poszczególnych zadań procesu DZ , pozyskiwanie danych na „zamówienie” Interpretacja danych zgromadzonych w HIS 	

Źródło: opracowanie własne
 Source: own elaboration

- do zapisywania mapy procesów i rejestrowania zagadnień wykorzystano oprogramowanie Microsoft Office (PowerPoint, Visio, Excel);
- podczas warsztatów analizy procesowej z udziałem zespołów merytorycznych realizowano równocześnie następujące zadania:
 - rysowanie mapy procesu,
 - konstruktywna krytyka rozwiązań obecnego procesu (w poszukiwaniu potencjalnych rozwiązań w odpowiedzi na zidentyfikowane marnotrawstwa),
 - rejestrowanie istotnych spostrzeżeń,
 - rejestrowanie potencjalnych optymalizacji.

Przyjęcie powyższych zasad prowadzenia prac w ramach badania pozwoliło na wypracowanie ramowego harmonogramu działania przedstawionego na rysunku 1.

Podczas budowy **harmonogramu** prac wyznaczono maksymalne ramy czasowe na realizację poszczególnych zadań



Rysunek 1. Ogólny plan realizacji optymalizacji z wykorzystaniem lean

Figure 1. General plan of optimization implementation using Lean

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

Wyniki badań

Dzięki zastosowaniu metody Pareto opracowano wstępną metrykę procesu głównego, która już na etapie pierwszej analizy procesowej pozwoliła wytypować podprocesy odgrywające najbardziej istotne biznesowo role, również w kontekście pracochłonności wykonywanych zadań. Efekty analizy procesu głównego przedstawiono na rysunku 2.

Następnie, zgodnie z przyjętą listą priorytetów istotności biznesowej, dokonano mapowania wszystkich procesów i podprocesów (łącznie 26 procesów – 3 procesy główne, 23 podprocesy). Przyjęto powszechnie stosowaną notację graficzną prezentacji procesów, zgodną z logiką BPMN (business process model and notation) – graficzną notację służącą do opisywania procesów biznesowych, której przykład przedstawiono na rysunku 3.

Po przyjęciu reguł funkcjonowania zespołu badawczego już podczas warsztatów mapowania identyfikowano zarówno pojawiające się nieefektywności, jak i inicjatywy optymalizacji. W tym celu przygotowano specjalny formularz badawczy (rysunek 4). Zebrano łącznie 32 spostrzeżenia, zidentyfikowano dwie nieefektywności i zgłoszono jedną inicjatywę usprawnień.

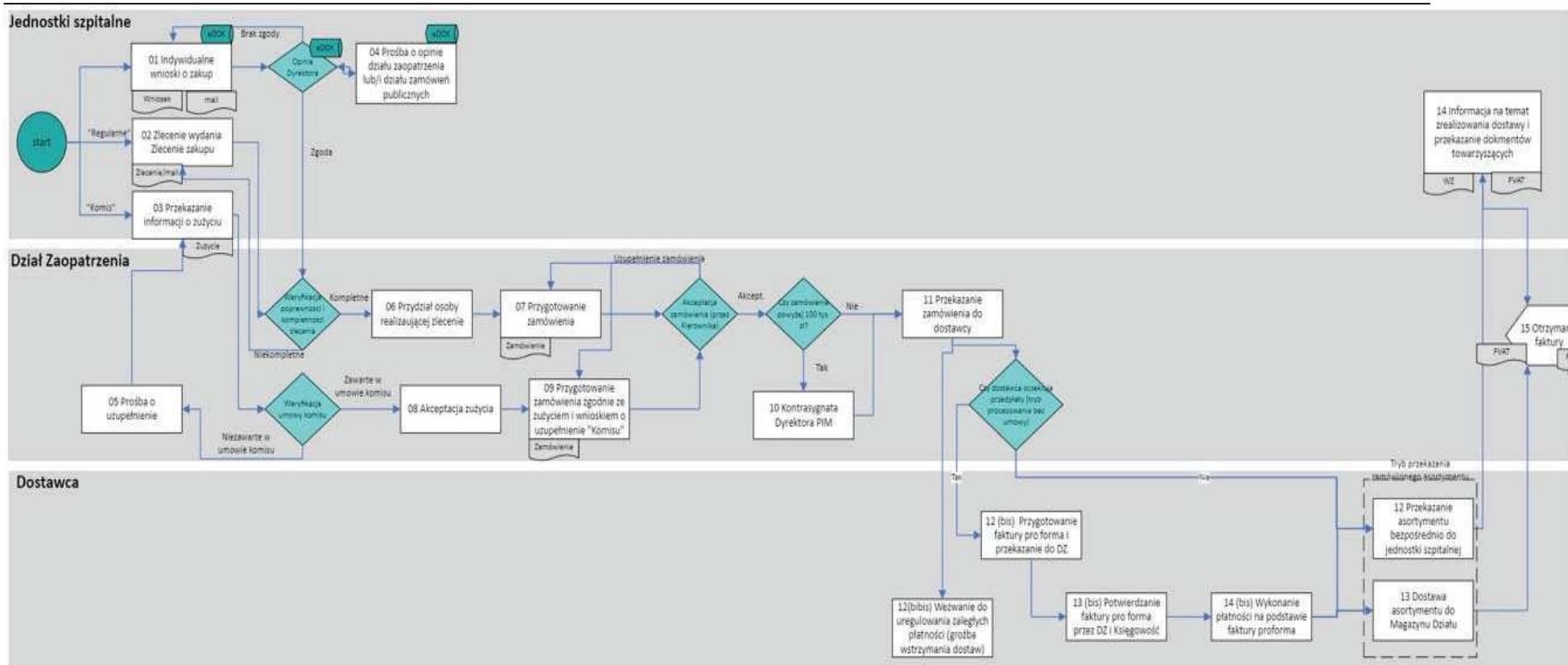
Wymiarowanie procesu i analizę danych realizowano, mierząc zarówno czas, pracochłonność i koszt, jak i efekt wykonywanej pracy. Zastosowane podejście umożliwiło zrozumienie złożoności zagadnienia i dobranie właściwych metod lean. Na rysunku 5

Proces główny DZ	Właściciel procesu	Podproces	Problemy / priorytety (w kolejności)	Metryka wystąpienia (rocznie)	Metryka pracochłonność (% całego działu)	Uwagi
1. Przyjmowanie i realizowanie zapotrzebowania z jednostek szpitalnych	Jerzy Szymański	1.1 Przygotowanie forecastu zakupów i niezbędnego budżetu	1.5	1.1 kilka razy rocznie	1.1 2%	Liczba pracowników: 28 (wszystkich razem z kierownikiem) 20 (w tym procesie)
		1.2 Monitorowanie wykonania budżetu zakupowego	1.3	1.2 co kwartał	1.2 2%	
		1.3 Przygotowanie wniosków o postępowanie zakupowe (w tym potwierdzanie budżetu)		1.3 40-50 postępowań	1.3 25 %	
		1.4 Realizacja (logistyka) zleceń zakupowych dla jednostek szpitalnych		1.4 proces ciągły	1.4 20%	
		1.5 Przyjmowanie , wydawanie i ewidencjonowanie zakupów (PZ , WZ, FVAI)		1.5 > 10 k rocznie	1.5 25%	
		1.6 Przygotowywanie statystyk z wykonania zakupów na życzenie		1.6 Kilkanaście razy rocznie	1.6 1%	
2. Usługa Pralnicza	Jerzy Szymański	2.1 Nadzór nad firmą wykonawczą		2.1 proces ciągły	2.1 5%	8 (w tym procesie)
		2.2 Transport wewnętrzny- rozwożenie asortymentu		2.2 proces ciągły	2.2 15%	

Półowa procesu odpowiada za 85% pracochłonności całego Działu Zaopatrzenia

Rysunek 2. Analiza ilościowa procesu głównego
Figure 2. Quantitative analysis of the main process

Źródło: opracowanie własne
Source: own elaboration



Rysunek 3. Przykład mapowania procesu realizowanego przez dział zaopatrzenia

Figure 3. Example of process mapping carried out by the supply department

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

Lista wybranych inicjatyw optymalizacji uzgodniona w trakcie serii warsztatów analizy procesowej:

Lp.	DZIAŁ ZAOPATRZENIA	Priorytet	Opis Nieefektywności	Skutek / problem	Proponowana metoda optymalizacji	Zmiana procesowa	Zmiana informatyczna
1	X	2	Duża ilość dokumentów związana z zamówieniami- zaangażowanie wielu osób w papierowy proces akceptacji. Brak systemu obsługi pełnego przepływu dokumentów powiązanych z Działem zaopatrzenia	Konieczność generowania i drukowania dokumentacji papierowej. Pozyskiwanie podpisów , zaangażowania czasu menadżerów	Wdrożenie rozwiązania informatycznego work-flow dla całego procesu szarego . Cyfryzacja pełnej dokumentacji administracyjnej	X	X
2	X	1	Personel medyczny realizuje zadania transportu materiałów medycznych, co jest kompetencyjnie poza obszarem działalności.	Ograniczanie czasu personelu medycznego na działalność medyczną	Przeniesienie czynności transportu materiałów medycznych do Działu Zaopatrzenia	X	



Kluczowe wyzwania i potencjalne nieoptymalności w procesie transportu wewnętrznego

- ✓ Pracownicy biatego personelu zaangażowani w transport wewnętrzny
- ✓ Niewystarczająca liczba zainteresowanych pracowników gospodarczych/bardzo niskie uposażenia,
- ✓ Windy – mała liczba, duże obciążenie, wysoka awaryjność,
- ✓ Brak właściwych środków transportu zarówno ułatwiających transport, jak i czyniących go bezpiecznym (zakażenia, temperatura w trakcie transportu, itp.),
- ✓ Niewystarczająca przestrzeń magazynowa w działach zaopatrzenia jak i magazynkach oddziałowych (konieczność pracy przy wysokiej rotacji zapasów),
- ✓ Uzależnienie od dostawców/ firm transportowych
- ✓ Praca transportu oraz jednostek zaopatrujących (działy, magazyny, itp.) w systemie jednozmianowym.

Rysunek 4. Lista kluczowych nieefektywności

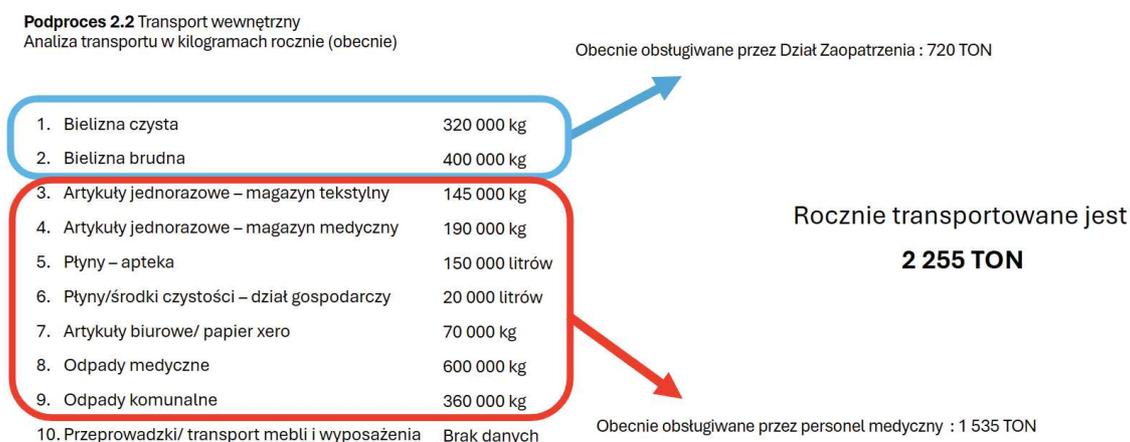
Figure 4. List of key inefficiencies

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

przedstawiono podstawowe parametry ilościowe określone podczas wymiarowania podprocesu transportu wewnętrznego w celu oszacowania skali możliwej do wprowadzenia optymalizacji – przeniesienia zadań z obszaru medycznego do działu zaopatrzenia.

Na podstawie analizy szczegółowej wybranego podprocesu (2.2 – transport wewnętrzny) przeprowadzono obserwację i zaproponowano konkretne rekomendacje. Przed rozpoczęciem badania dział zaopatrzenia realizował transport dwóch z dziewięciu kategorii materiałów wewnętrznych o szacunkowej wadze 720 ton. Pozostałe siedem



Rysunek 5. Analiza podprocesu nr 2.2 – transportu wewnętrznego

Figure 5. Analysis of sub-process no. 2.2 – internal transport

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

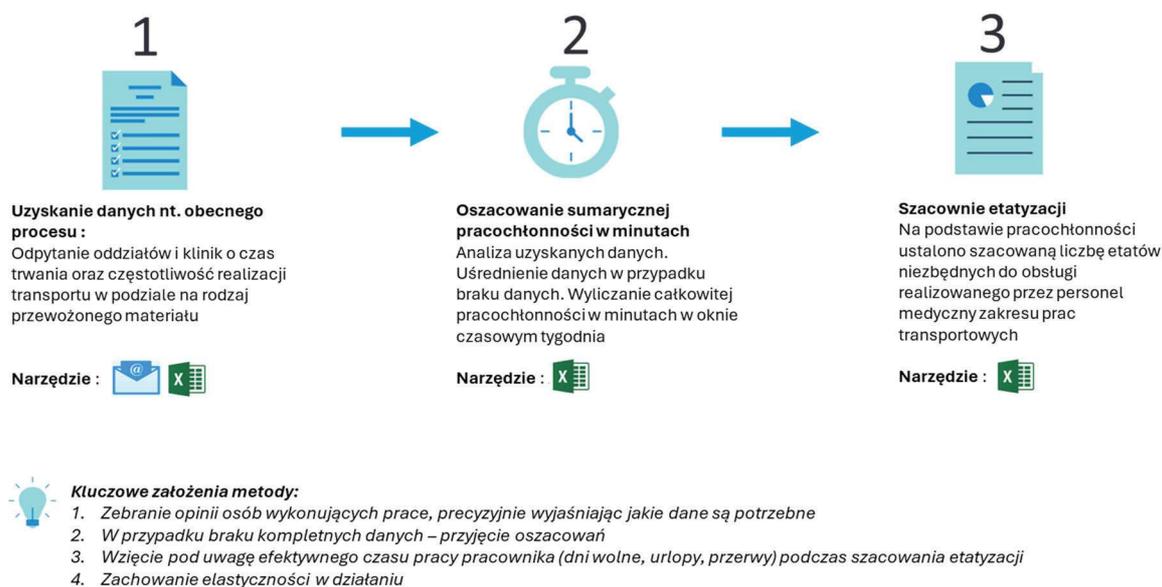
kategorii materiałów transportowano wewnątrz oddziałów przy zaangażowaniu personelu medycznego (szacunkowa waga: 1535 ton). Ten sposób realizacji prac transportowych nie był optymalnym rozwiązaniem, ponieważ:

- personel medyczny realizujący transport nie mógł wykonywać w tym czasie swoich podstawowych obowiązków wobec pacjentów,
- skuteczność realizacji zadań transportowych wymagała sprawności fizycznej, co nie było kryterium stosowanym podczas rekrutacji w przypadku zatrudniania personelu medycznego i powodowało obniżoną efektywność wykonywanej pracy z powodu niedopasowania kompetencji,
- w aspekcie ekonomicznym łączny koszt zatrudnienia pracownika zaopatrzenia jest istotnie niższy niż pracownika personelu medycznego,
- mała liczba wind, ich duże obciążenie oraz wysoka awaryjność powodowały zatory i długi czas oczekiwania, dodatkowo dezorganizując pracę personelu medycznego.

Na podstawie przeprowadzonych badań zespół projektowy zarekomendował zatem przeniesienie odpowiedzialności za realizację transportu wewnętrznego w Państwowym Instytucie Medycznym MSWiA do jednostki specjalizującej się w tego typu działaniach – działu zaopatrzenia.

Przeprowadzono dokładną analizę pracochłonności niezbędnej do przejęcia transportu materiałów wykonywanego dotychczas przez personel medyczny przez dział zaopatrzenia Instytutu. Oszacowano wielkość niezbędnej dodatkowej etatyzacji tego działu w celu skutecznego przejęcia zadania. Przeanalizowano potencjalne obszary synergii wynikającej z łączenia zadań i oszacowano oczekiwane korzyści po wdrożeniu zmian. Uzgodniono też mierniki sukcesu (KPI) wdrożenia zmiany.

Proces szacowania pracochłonności uzgodniono z wewnętrznymi interesariuszami Instytutu – przedstawiono go graficznie na rysunku 6.



Rysunek 6. Model szacowania etatyzacji

Figure 6. Model of workload estimation

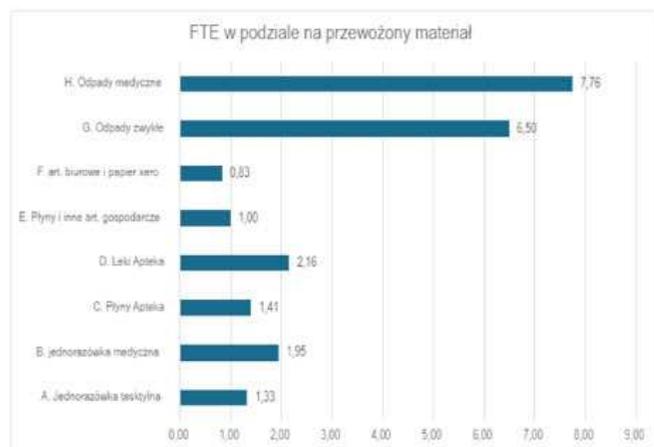
Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

W celu ustalenia zakresu czynności transportowych oraz oszacowania niezbędnej pracochłonności przeprowadzono ankietę z 76-ciu klinikami/oddziałami/poradniami zbierając informację o dniu oraz liczbie kursów z danym materiałem oraz szacunkowym czasem trwania kursu.

Lp.	Klinika/Oddział/Poradnia	Czy mam dane	Środek transportu	Lokalizacja docelowa / magazynu		Poniedziałek		Wtorek		Środa		Czwartek		Piątek		Sobota		Niedziela		Suma czasu [min]	
				Piętro	Winda	Ilość kursów	Średni czas kursów														
				7	Blok Operacyjny Chirurgii	TAK	Duży wózek L	Budynek b	Piętro 5	Winda B3	8	34	7	32	7	32	8	36	8		34
8	Klinika Kardiologii i Transplantologii	TAK		Budynek A	Piętro 5	Winda A1	9	33	7	32	4	30	9	30	6	35	0	0	0	0	1125
9	Klinika Ortopedii i Traumatologii	TAK	Roll-kontener D	Budynek E	Piętro 4	Winda L1	8	36	8	36	5	36	6	35	9	37	4	35	4	35	1546

Przeanalizowano zebrane dane i oszacowano pracochłonność prac w podziale na czynności transportu poszczególnych materiałów



Rodzaj transportowanego materiału	Suma czasu tygodniowo [min]	FTE
A. Jednorazówka tekstylna	1 903	1,33
B. Jednorazówka medyczna	2 780	1,95
C. Płyny Apteka	2 013	1,41
D. Leki Apteka	3 080	2,16
E. Płyny i inne art. gospodarcze	1 428	1,00
F. Art. biurowe i papier xero	1 191	0,83
G. Odpady zwykłe	9 280	6,50
H. Odpady medyczne	11 080	7,76
suma	32 754	22,94

Do szacowania etatyżacji na podstawie zebranych czasów czynności założono, że:

- Informacje od oddziałów są wiarygodne
- Założono, że przeciętna ilość dni pracujących dla jednego etatu na przestrzeni roku wynosi 17 dni w miesiącu (uwzględnia urlop i dni święta)

Całkowitą, dodatkową etatyżację oszacowano na **23 FTE**, przy czym:

- Nie sprawdzony jest poziom wiarygodności wpisanych przez oddziały danych (np. istnieje ryzyko istotnego przeszacowania)
- Prawdopodobnie personel szary specjalizujący się w czynnościach transportowych będzie je wykonywał efektywniej z powodu możliwości łączenia kilku przewozów w jeden cykl

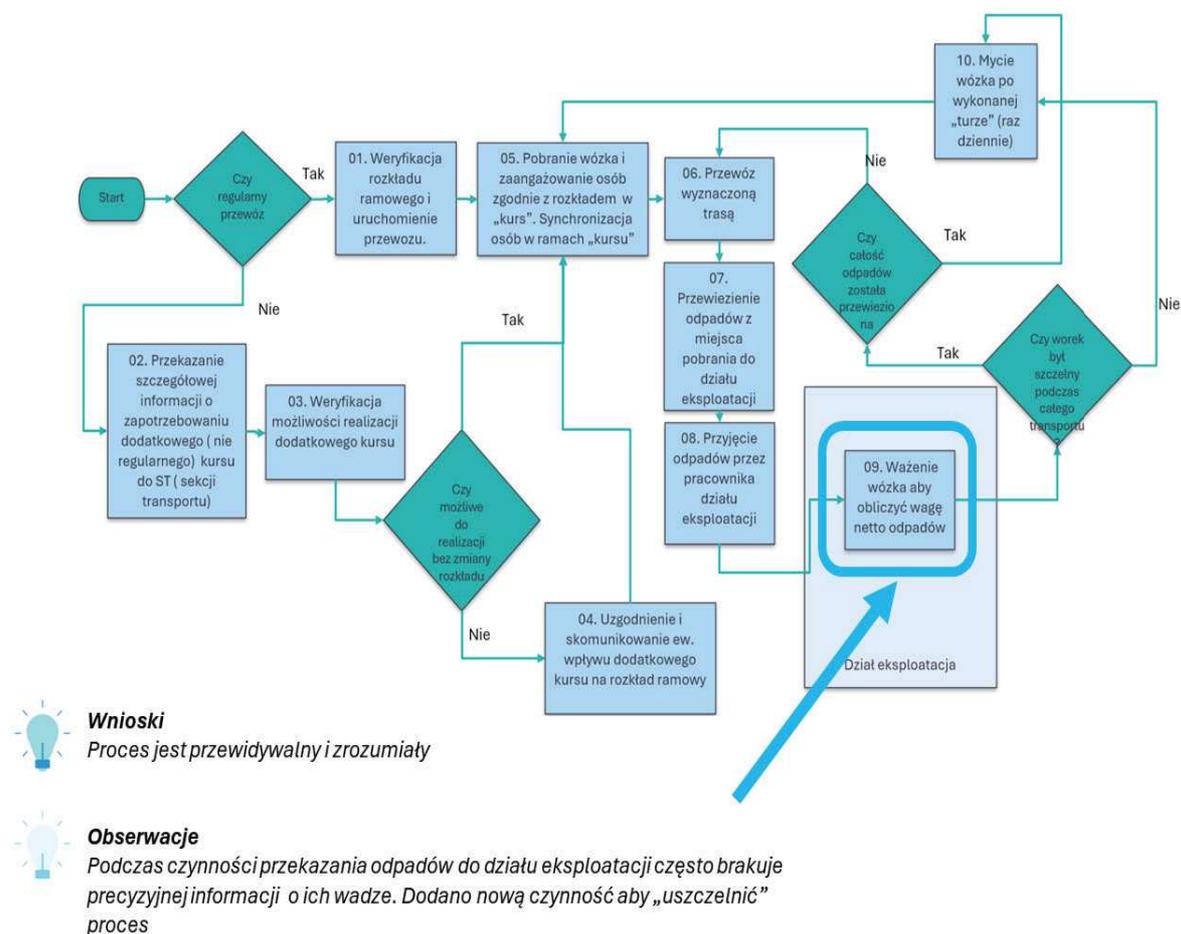
Rysunek 7. Estymowanie pracochłonności dla czynności transportu wewnętrznego realizowanej przez personel medyczny
Figure 7. Workload estimation for internal transport activities performed by medical staff

Źródło: opracowanie własne
Source: own elaboration

Na podstawie zebranych danych oszacowano, że miesięczna pracochłonność obsługi procesu transportu wewnętrznego przez personel medyczny wynosi ok. 23 FTE (23 etaty). Była to kluczowa informacja wejściowa dla planowania wdrożenia zmiany w organizacji. Wyniki oszacowania przedstawiono na rysunku 7.

Następnie, analogicznie jak w przypadku mapowania procesów głównych i podprocesów, podczas warsztatów zespołu badawczego zaprojektowano nowy, optymalny sposób przebiegu obsługi transportu wewnętrznego. Przedstawiono go na rysunku 8.

W celu implementacji zmiany procesowej w organizacji zaplanowano i przeprowadzono szereg czynności przygotowawczych, które przedstawiono na rysunku 9. Kluczowym zagadnieniem, na które zwrócono uwagę, była transparentna i spójna komunikacja wewnątrz organizacji dotycząca planu, terminu i sposobu wdrożenia zmiany procesowej. W tym celu zaangażowano interesariuszy zmiany. W ramach przygotowania

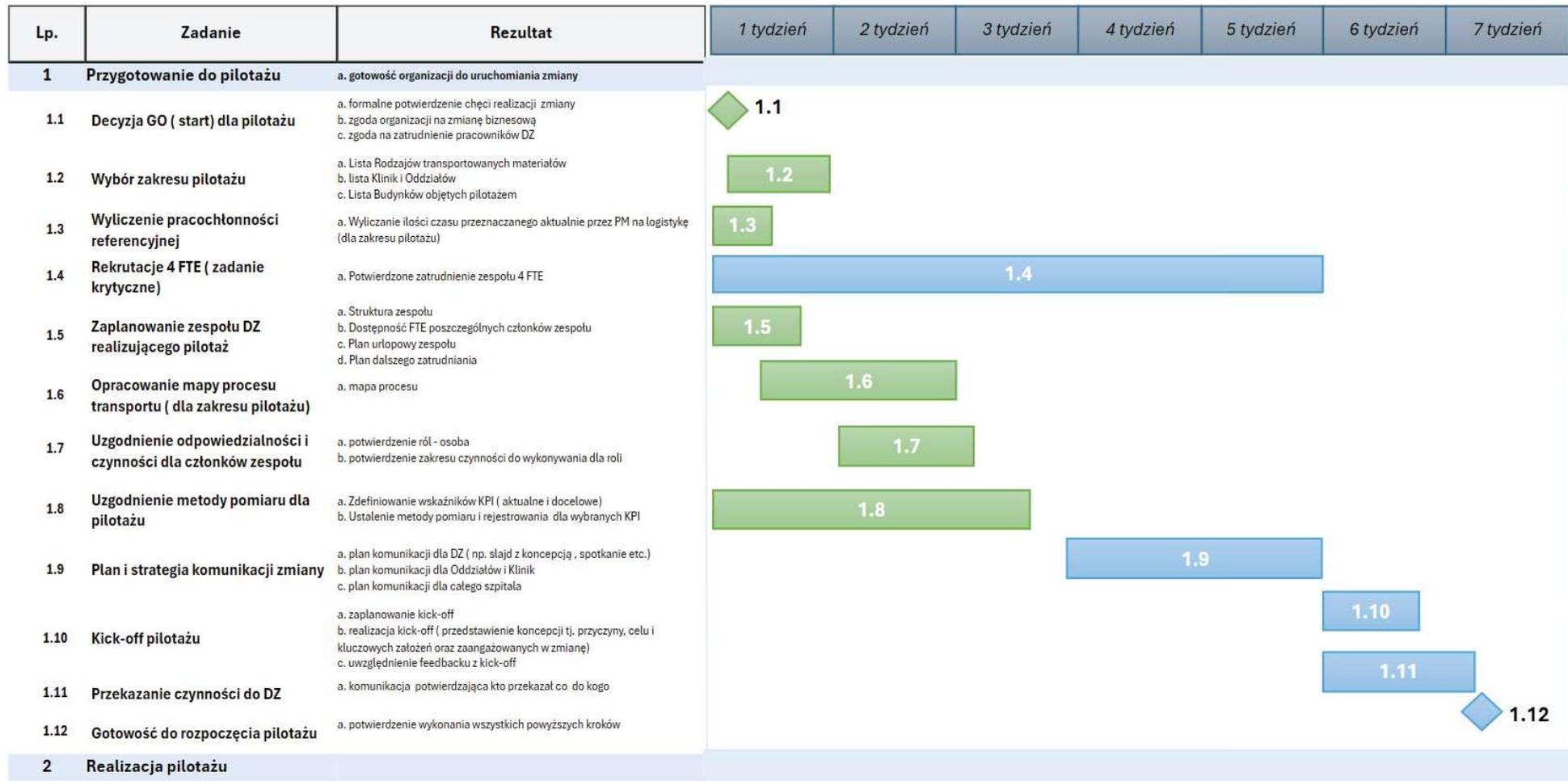


Rysunek 8. Mapowanie czynności dla nowego procesu transportu wewnętrznego przejmowanego przez dział zaopatrzenia

Figure 8. Mapping of activities for the new internal transport process taken over by the supply department

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration



Rysunek 9. Plan przygotowania do uruchomienia pilotażu

Figure 9. Preparation plan for pilot implementation

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

LP	Nazwa KPI	Opis KPI	Kwantyfikator	Metoda pomiaru	Oczekiwana zmiana KPI
1	Poziom stanu czystości na oddziałach	Oczekiwany jest wyższy poziom czystości na oddziale z uwagi na odzyskany czas PM	Ocena zespołu Kontroli Zakażeń Szpitalnych	Kontrola wizualna i uznaniowa	Zauważalna pozytywna zmiana
2	Ilość czasu na realizację	Ilość czasu przeznaczanego na realizację przekazanych czynności do DZ z Oddziałów	Stosunek ilości FTE które realizują przekazane czynności do ilości FTE które zadeklarowały Oddziały i Kliniki (4FTE)	Pomiar FTE zespołu realizującego w stosunku do wykonanej pracy	Ilość FTE poniżej zadeklarowanej przez Oddziały FTE
3	Satysfakcja Personelu Medycznego ze zmiany	Satysfakcja Personelu Medycznego ze zmiany	Uznaniowość Personel Medycznego	Ankieta wśród pielęgniarek oddziałowych nt. zauważonych zmian	pozytywna zmiana

Rysunek 10. Kluczowe mierniki umożliwiające pomiar efektów wdrożenia optymalizacji w organizacji

Figure 10. Key indicators for measuring the effects of optimization implementation in the organization

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

informowano cyklicznie o postępach w gotowości do wdrożenia zmiany i w razie konieczności korygowano i adaptowano plan.

Aby stworzyć jednoznaczną podstawę oceny wyniku optymalizacji oraz umożliwić śledzenie jej postępów, dobrano odpowiedni zestaw mierników tego procesu i precyzyjnie określono metody jego monitorowania. Kluczowe mierniki procesu optymalizacji przedstawiono na rysunku 10.

Podsumowanie i wnioski

Zastosowanie koncepcji lean management w opiece zdrowotnej, szczególnie w obszarze logistyki wewnętrznej w kontekście przeprowadzonych badań, okazało się możliwe i efektywne. Lean management wykorzystano, koncentrując się przede wszystkim na eliminacji marnotrawstwa, zwiększaniu wartości dla pacjenta oraz poprawie jakości procesów wewnętrznych, co dało się przełożyć na wewnętrzne rozwiązania transportowe. Na podstawie badania przeprowadzonego w Państwowym Instytucie Medycznym MSWiA zidentyfikowano kluczowe korzyści, które uzyskano dzięki zastosowaniu koncepcji lean w logistyce organizacji:

- poprzez zwiększenie zatrudnienia w dziale zaopatrzenia o cztery etaty odciążono równowartość ok. 6,25 etatów personelu medycznego z czynności transportowych na rzecz podstawowych obowiązków medycznych,
- zaoszczędzono miesięcznie ok. 10 tys. zł na różnicy kosztów wynagrodzenia osób realizujących czynności transportowe przed zmianą oraz po optymalizacji,
- rozładowano spiętrzenia i kolejki (np. do wind w godzinach szczytu), co pozwoliło na zidentyfikowanie i zredukowanie marnotrawstw w procesach logistycznych, takich jak nadmiar zapasów, niepotrzebny transport czy zbyt długi czas oczekiwania,

- dzięki standaryzacji procesów i wdrażaniu najlepszych praktyk zwiększono efektywność operacyjną, co doprowadziło do szybszego dostarczania usług pacjentom,
- dzięki poprawie przepływu i dostępności usług oraz zmniejszeniu czasu oczekiwania pacjenci uzyskali lepszą jakość usług, co zwiększyło ich satysfakcję, a personel medyczny odzyskał czas, który wcześniej przeznaczal na transport materiałów,
- optymalizacja i uproszczenie metod pracy spowodowały zwiększenie motywacji i zadowolenia pracowników medycznych i okołomedycznych,
- lepiej rozumiano role i zadania w zespole, co wspomagało efektywną współpracę między różnymi jednostkami organizacyjnymi Instytutu,
- centralizacja procesu transportu pozwoliła na wykorzystanie w organizacji efektu synergii i skali,
- wsparcie kultury ciągłego doskonalenia pozwoliło na bieżąco reagować na zmieniające się potrzeby i wyzwania.

Dla skutecznego wdrożenia lean management w logistyce wewnętrznej opieki zdrowotnej szczególnie ważne okazało się zaangażowanie pracowników, rzeczywiste wsparcie ze strony liderów – dyrekcji placówki, zapewnienie właściwych działań wspierających pracowników w postaci szkoleń oraz odpowiedniej infrastruktury technologicznej wspierającej zmiany. Wdrożenie optymalizacji lean nastąpiło z wykorzystaniem najlepszych praktyk i metod filozofii szczupłego zarządzania oraz hybrydowego – klasycznego i zwinnego (agile) – podejścia do zarządzania projektami.

Bibliografia

- Bąk D., 2022: Metody i narzędzia Lean Management w zarządzaniu szpitalem – studia przypadków. *Zdrowie Publiczne i Zarządzania* 20(2), 34–46.
- Bukowska-Piastrzyńska A., Karkowski T.A., Banaś M., 2021: Lean management jako koncepcja doskonalenia polskich szpitali. Wolters Kluwer Polska, Warszawa, 43.
- Dennis P., 2015: *Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. Productivity Press, Florida.
- Dunn L., 2009: 5 Key Principles for Hospitals from Toyota's Lean Production System. *Becker's Hospital Review*, <https://www.beckershospitalreview.com/hospital-management-administration/5-key-principles-for-hospitals-from-toyotas-lean-production-system/> [dostęp: 05.06.2025].
- Graban M., 2016: *Lean Hospitals. Improving Quality, Patient Safety, and Employee Engagement*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Janiszewski J., Węgrzyn M., Kuczuk M., 2017: Poprawa efektywności wykorzystania zasobów i jakości procesów w opiece zdrowotnej przy zastosowaniu koncepcji Lean Management. *Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Nauki o Zarządzaniu* 3(32), 34–42.
- Korkosz-Gębska J., 2019: Lean Hospitals as a concept supporting the sustainable development of hospitals. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu* 63(9), 152–160.
- Kubis N., 2005: Narzędzia lean management. *Zagadnienia Techniczno-Ekonomiczne* 50(2–3), 291–303.
- Liker J.K., 2016: *Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata*. MT Biznes, Warszawa.

- Olive M., Brown M., 2009: Toyota Production System: Transforming Healthcare Organizations for the 21st Century. *Patient Safety & Quality Healthcare*. <https://www.psqh.com/analysis/toyota-production-system-transforming-healthcare-organizations/> [dostęp: 05.06.2025].
- Radnor Z., Osborne S., 2013: Lean: A failed theory for public services? *Public Management Review* 15(2), 265–287.
- Rossi A.H.G., Marcondes G.B., Pontes et al., 2022: Lean tools in the context of industry 4.0: literature review, implementation and trends. *Sustainability* 14(19), 12295.
- Rother M., 2009: *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*. McGraw Hill, New York, NY.
- Toussaint J., Berry L., 2013: The Promise of Lean in Health Care. *Mayo Clinic Proceedings* 88(1), 74–82.
- Womack J.P., Jones D.T., 1996: *Lean Thinking. Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster, New York, NY.

Konrad Staniszewski[✉], **Zuzanna Lehmann**

Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania, Instytut Logistyki,
Koło Naukowe „Logistyka”

Balans pomiędzy stabilnością a ekologią – odporność i zrównoważenie łańcucha dostaw w sektorze paliwowym

Balancing sustainability, ecology-resilience and sustainability of the fuel supply chain

Synopsis. Zmiany w gospodarce i rosnące wymagania dotyczące zrównoważonego rozwoju stawiają wiele wyzwań. Głównym założeniem jest pogodzenie stabilności operacyjnej z regulacjami ekologicznymi i oczekiwaniami społecznymi. Realizacja działań operacyjnych w łańcuchach dostaw jest możliwa jedynie przy zbalansowaniu w systemach realizacji celów odporności oraz zrównoważenia praktyk. Same łańcuchy dostaw są skomplikowane, wynika to chociażby z różnorodnych sytuacji geopolitycznych, zasięgu oraz wpływu na środowisko. Celem niniejszego opracowania było wskazanie kierunków i wyzwań związanych z wdrażaniem zrównoważonego rozwoju oraz perspektywy integracji zrównoważonych i odpornych łańcuchów dostaw w sektorze paliwowym. W ramach badania przeprowadzono wywiad z dyrektorem generalnym Polskiej Organizacji Gazu Płynnego, a także analizę raportów branżowych w celu wyznaczenia prognozy kierunku rozwoju strategii logistycznych i zarządzania ryzykiem. Efektem będzie wskazanie kierunków rozwoju rynku paliwowego, wśród których wyróżnić można wdrożenie nowoczesnych rozwiązań paliw alternatywnych opartych na biopaliwach.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, sektor paliwowy, łańcuchy dostaw, odporne łańcuchy dostaw, zrównoważone łańcuchy dostaw, paliwa alternatywne, Europejski Zielony Ład

[✉] **Konrad Staniszewski** – Koło Naukowe „Logistyka”, Instytut Logistyki, Wydział Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska; e-mail: konradstaniszewski@student.put.poznan.pl
Zuzanna Lehmann – Koło Naukowe „Logistyka”, Instytut Logistyki, Wydział Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska; e-mail: zuzannalehmann@student.put.poznan.pl

Abstract. Changes in the economy and increasing demands for sustainability pose many challenges. The main one is to reconcile operational sustainability with green regulations and societal expectations. The implementation of operational activities in supply chains is only possible with the balance of achieving resilience goals and sustainable practices in systems. Supply chains themselves are characterized by strong complexity. This is due, for example, to a variety of geopolitical situations, coverage, and environmental impacts. The aim of the article was to indicate directions for development, challenges related to implementation, and prospects for the integration of sustainable and resilient supply chains in the fuel sector. The study included an interview with the CEO of POGP Group, as well as an analysis of industry reports to forecast the direction of logistics and risk management strategies. The study will identify directions for the development of the fuel market based on data analysis, including the implementation of modern alternative fuel solutions based on biofuels.

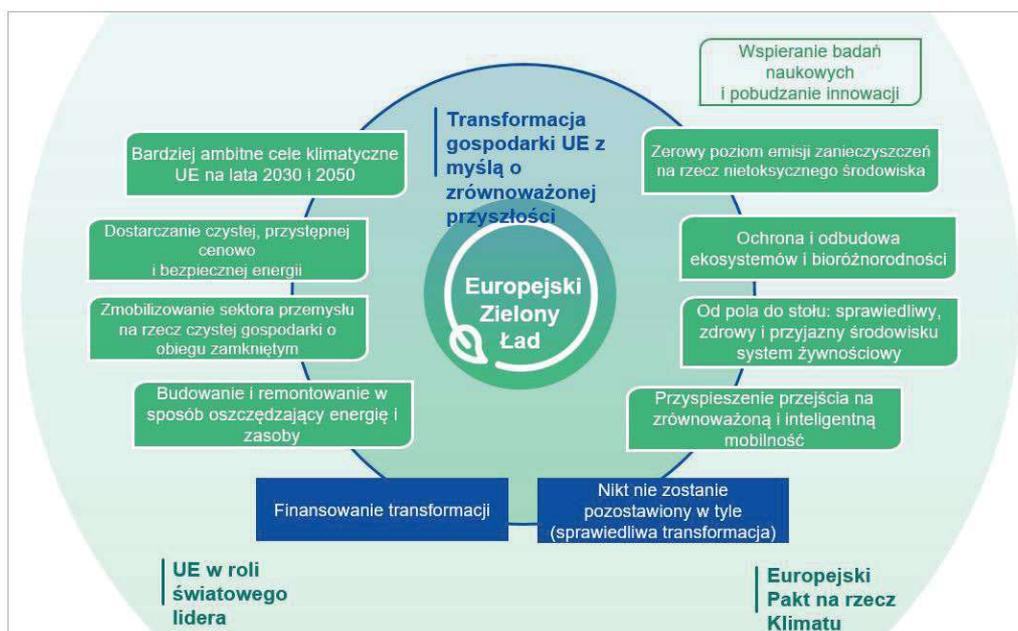
Keywords: sustainability, fuel sector, supply chains, resilient supply chains, sustainable supply chains, alternative fuels, European Green Deal

Kody JEL: Q37, Q52, Q59

Wprowadzenie

Państwa członkowskie Unii Europejskiej, w tym Polska, zbliżają się do kluczowej daty w ramach realizacji założeń Agendy 2030. Rok 2030 wiąże się z weryfikacją realizacji siedemnastu celów Zrównoważonego Rozwoju (ZR, ang. Sustainable Development Goals – SDG) [ONZ 2015]. Jednym z kluczowych elementów współczesnej logistyki jest tworzenie funkcjonujących zgodnie z założeniami łańcuchów dostaw. Przedsiębiorstwa muszą dostosować swoje łańcuchy dostaw do wymagań dyrektywnych Unii oraz uwarunkowań prawnych w Polsce. Tworzenie zrównoważonych łańcuchów dostaw staje się kluczowym wyzwaniem współczesnej logistyki. Obecnie obowiązującym dokumentem stanowiącym podstawę wprowadzania założeń zrównoważonego rozwoju jest Europejski Zielony Ład (European Green Deal – EGD) [Nowicka 2020]. Osiągnięcie założeń EGD jest kluczowym czynnikiem branym pod uwagę przy budowie kanałów dostaw (rys. 1).

Kolejnym ważnym aspektem wpływającym na funkcjonowanie łańcuchów dostaw jest niestabilna sytuacja geopolityczna. W ostatniej dekadzie gwałtownie zwiększyła się liczba niepokoi międzynarodowych oraz wewnętrznych, co równocześnie stwarza nowe wyzwania w procesie zarządzania łańcuchami dostaw. Przykładem wpływu wzrostu liczby obszarów konfliktowych na łańcuchy dostaw jest sytuacja w cieśninach Kanału Sueskiego. Kanałem przepływa rocznie 17 tys. statków, co stanowi ok. 10% światowego handlu. Wojna palestyńsko-izraelska spowodowała zagrożenie zerwania ciągłości łańcuchów w cieśninie Bab al-Mandab, czyli w Bramie Łez, gdzie atakowane są przepływające statki. Sytuacja ta spowodowała konieczność przekierowania dróg transportowych, które obecnie wiodą przez Przylądek Dobrej Nadziei [Wojciechowska 2023]. Pokazuje to, jak ważne jest budowanie odpornych łańcuchów dostaw dla ich sprawnego funkcjonowania.



Rysunek 1. Założenia Europejskiego Zielonego Ładu

Figure 1. Assumptions of the European Green Deal

Źródło: [Komisja Europejska 2015]

Source: [Komisja Europejska 2015]

Branża paliwowa stanowi strategiczny element funkcjonowania narodowych i światowych systemów gospodarczych i jest jednocześnie branżą szczególnie wrażliwą w kontekście działań zmierzających do osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju. Konieczność redukcji emisji CO₂ do zera wywiera ogromny wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstw paliwowych i nacisk na poszukiwanie alternatywnych form produktów paliwowych nieemitujących dwutlenku węgla. Przykładem może być Grupa Kapitałowa Anwim, w przypadku której wydobycie oraz eksploatacja paliw kopalnych odpowiada za 99,7% emisji całej organizacji [Połetek 2024].

Celem artykułu było wskazanie kierunków rozwoju i wyzwań związanych z wdrażaniem założeń SDG oraz perspektyw integracji zrównoważonych i odpornych łańcuchów dostaw w sektorze paliwowym. Realizacja celu oparta została na przeglądzie literatury wraz z analizą wyników badań empirycznych. W badaniu połączono dwie techniki: wywiadu oraz analizy danych wtórnych.

Materiał i metody

Metoda badawcza zastosowana w niniejszej pracy polegała na wywiadzie indywidualnym (badaniu jakościowym przeprowadzonym w formie rozmowy z jednym respondentem [Żelazo 2013]) z Bartoszem Kwiatkowskim, dyrektorem regionalnym Polskiej Organizacji Gazu Płynnego, oraz analizie danych wtórnych. W artykule zostały wykorzystane raporty branżowe firm z sektora paliwowego. W wywiadzie natomiast zostały zadane następujące pytania:

1. Jakie są obecnie największe wyzwania dla paliwowych łańcuchów dostaw związane ze zrównoważonym rozwojem?
2. Jakie rozwiązania wdrażają członkowie POGP, aby realizować założenia zrównoważonego rozwoju?
3. W raportach POGP znaleźć można informację na temat paliw alternatywnych – które z nich promuje organizacja?
4. Czy wykorzystanie paliw odnawialnych, tj. eter dimetylowy (DME), umożliwi przedsiębiorstwom paliwowym budowę zrównoważonego łańcucha dostaw?
5. W jaki sposób tak strategiczna dla systemów gospodarczych państw branża jest narażona na przerwanie łańcucha dostaw?
6. Czy istnieje możliwość budowy odpornego łańcucha dostaw w branży paliwowej?

Wywiad indywidualny został przeprowadzony z respondentem aktywnie zaangażowanym w tworzenie paliwowych łańcuchów dostaw i posiadającym rozległą wiedzę w tej kwestii, co wniosło wysoką wartość merytoryczną do przeprowadzonych badań. Wywiad opierał się na korespondencji mailowej, w ramach której respondent odpowiedział na dwa zestawy pytań związanych odpowiednio z rezyliencją łańcucha dostaw oraz zrównoważeniem sektora paliwowego. Zebrane odpowiedzi porównano z danymi dostępnymi w raportach branżowych oraz źródłach literaturowych, co pozwoliło na sformułowanie kompleksowych wniosków.

Wykorzystanie metody wywiadu oraz przeglądu źródeł umożliwia triangulację metod badawczych, co zwiększa jakość otrzymanych wyników oraz ich przystępność dla sektora paliwowego.

Przegląd literatury

Pojęcie zrównoważonego rozwoju

Początki koncepcji zrównoważonego rozwoju sięgają lat 60. ubiegłego wieku. Główną przyczyną jej powstania była obawa dotycząca nadmiernej eksploatacji surowców naturalnych przy zwiększonym wzroście demograficznym. Kluczową publikacją, która wprowadziła pojęcie zrównoważonego rozwoju, był raport [Brundtland 1987]. W dokumencie tym zdefiniowano pojęcie zrównoważonego rozwoju jako „rozwój, który zaspokaja potrzeby obecnego pokolenia, nie ograniczając możliwości przyszłych pokoleń do zaspokojenia ich własnych potrzeb”. Na początku XXI w. organizacja UNESCO stworzyła raport, w którym zawarła obowiązującą we współczesnej polityce międzynarodowej definicję: „rozwój, który równoważy obecny dobrobyt ludzi i postęp gospodarczy z ochroną zasobów i integralnością ekologiczną” [UNESCO 2005].

W idei zrównoważonego rozwoju oraz towarzyszącej jej koncepcji triple bottom line (TBL) wyróżnia się trzy filary: środowiskowy, gospodarczy i społeczny. Są one równorzędne i tylko ich integralny rozwój prowadzi do realizacji ZR. W ocenie czynnika środowiskowego uwzględnia się zmiany klimatyczne oraz ochronę zasobów planety. W podejściu gospodarczym przewiduje się stworzenie przedsiębiorstwem różnego rodzaju przestrzeni do maksymalnie szybkiego rozwoju, któremu towarzyszy odpowiedzialna konsumpcja i wykorzystywanie zasobów. Aspektem społecznym jest równowaga i sprawiedliwość dla ludzi przy pełnym poszanowaniu ich praw [Velenturf i Purnell 2021].

Możliwe jest wyszczególnienie okresów, kiedy zrównoważony rozwój stał się kluczowym pojęciem związanym z globalizacją w świadomości ludzi. Przełom nastąpił pod koniec XX wieku, przede wszystkim za sprawą opublikowanego w 1987 roku raportu zatytułowanego „Nasza wspólna przyszłość” [Brundtland 1987] oraz konferencji ONZ „Szczyt Ziemi”, która odbyła się w Rio de Janeiro w 1992 roku. W opublikowanej podczas tej konferencji Agendzie 21 podkreślono, że „Działania na rzecz zrównoważonego rozwoju muszą odbywać się na poziomie lokalnym, krajowym i międzynarodowym, a ich skuteczność będzie zależała od zaangażowania rządów, organizacji międzynarodowych, sektora prywatnego oraz społeczeństwa obywatelskiego. Każdy z tych podmiotów ma do odegrania kluczową rolę w procesie transformacji ku zrównoważonemu rozwojowi” (ONZ 1992). Pierwsze 15 lat kolejnego wieku było kluczowe z powodu rozwoju tej idei, powiększonej o zasięg lokalny i, co najważniejsze, unijny. Michael Jacobs, publikując w 1992 roku pracę o tytule „Sustainable Development as a Contested Concept” postawił tezę, że zrównoważony rozwój jest różnorodnie interpretowany i postrzegany bardziej jako ideologia i koncept polityczny. Publikacja ta stała się punktem zwrotnym w procesie normalizacji zagadnienia ZR. Pełna harmonizacja norm i regulacji nastąpiła w 2015 roku wraz z ogłoszeniem Agendy 2030 [ONZ 2015]. ONZ przyjęło w niej aż 17 głównych celów rozwoju (SDG – rys. 2).



Rysunek 2. Cele zrównoważonego rozwoju wg Agendy 2030

Figure 2. Sustainability Development Goals

Źródło: [Ministerstwo Rozwoju i Technologii 2019]

Source: [Ministerstwo Rozwoju i Technologii 2019]

- Skupiając się na aspekcie gospodarczym, można wyróżnić spośród nich cztery punkty:
- 8. „Promowanie trwałego, włączającego i zrównoważonego wzrostu gospodarczego, pełnej i produktywniej pracy oraz godnej pracy dla wszystkich” – punkt ten odnosi się do inkluzywnego rozwoju gospodarczego, opartego na zapewnieniu efektywnej pracy.
 - 9. „Budowa odpornej infrastruktury, promowanie zrównoważonego przemysłu oraz wspieranie innowacji” – podkreśla znaczenie innowacji i promocji uprzemysłowienia zgodnie z głównymi filarami zrównoważonego rozwoju.

- 10. „Zapewnienie zrównoważonego wzorca konsumpcji i produkcji” – wprowadza potrzebę systemowej zmiany z gospodarki modeli linearnych do systemu obiegu zamkniętego.
- 11. „Wzmocnienie środków realizacji i ożywienie globalnego partnerstwa na rzecz zrównoważonego rozwoju” – podkreśla znaczenie szerszego i globalnego partnerstwa w celu wdrożenia również pozostałych celów.

Implementacja celów zrównoważonego rozwoju zależy od czynników politycznych, społecznych, moralnych, technologicznych, ekonomicznych oraz ekologicznych. Velenturf i Purnell [2021] podzielili ją na etapy: pierwszym jest zrównoważenie trzech płaszczyzn (triple bottom line), jedynie część wspólna dla każdej z nich wskazuje na ZR. Kolejnym etapem jest osadzenie wszystkich celów w określonym środowisku, a ostatnim – odejście od granic wszystkich celów i zdefiniowanie systemu jako narzędzia, aby można było utrzymać dobrostan społeczny. Każde przedsiębiorstwo pragnące przyczynić się do realizacji idei zrównoważonego rozwoju powinno planować swoje strategie tak, by uwzględnić czynniki ekologiczne, społeczne i gospodarcze [Velenturf i Purnell 2021].

Zrównoważony rozwój w sektorze paliwowym obejmuje głównie zrównoważenie potrzeb energetycznych społeczeństwa przy zachowaniu dbałości o surowce naturalne. Działania podejmowane w kierunku budowy zrównoważonych łańcuchów dostaw różnią się w zależności od poziomów i ogniw. Producenci paliw i rafinerie szukają alternatywnych technologii umożliwiających rezygnację z paliw kopalnianych, a jednocześnie poszczególne podmioty minimalizują swój ślad węglowy oraz emisję CO₂ w każdym procesie zachodzącym w łańcuchu dostaw. W aspekcie społecznym podejmowane są działania pozwalające zapewnić bezpieczeństwo energetyczne przy budowaniu pełnej świadomości odbiorców. W aspekcie gospodarczym natomiast inwestycje oraz procesy uwzględniają wszelkie normy i regulacje związane ze zrównoważonymi łańcuchami dostaw.

Budowanie łańcuchów dostaw

Wiek XXI przyniósł rozwój logistyki globalnej, a wraz z nią idei, konceptu i wiedzy dotyczących budowania odpornych łańcuchów dostaw. Liczba pośredników, nazywanych również „ogniwami”, jest różna w zależności od takich czynników, jak bliskość rynków zbytu czy wielkość sieci dystrybucji. Według Kołoskowskiego i Józwiaka [2012] „Łańcuch dostaw to sieć producentów i usługodawców, którzy współpracują ze sobą w celu przetwarzania i przemieszczania dóbr – od fazy surowca do poziomu użytkownika końcowego. Wszystkie te podmioty są połączone przepływami dóbr fizycznych, przepływami informacji oraz przepływami pieniężnymi”.

Teoria łańcucha dostaw skupia się w pełni na zintegrowaniu ogniw, aby mogły one współpracować w sposób harmonijny i niezachwiany bez względu na jakąkolwiek sytuację kryzysową, która mogłaby wystąpić. W tradycyjnych modelach każda firma pracowała w pewnej izolacji, co prowadziło do zwiększania zapasów, opóźnienia dostaw oraz niedopasowania do aktualnych potrzeb rynku. Według Christophera [2000] łańcuch dostaw nie skupia się wyłącznie na relacji pomiędzy przedsiębiorstwami w celu fizycznego dostarczenia produktu. Ważnym aspektem jest m.in. powiązanie wszelkich systemów informatycznych, takich jak WMS (warehouse management system) czy ERP (enterprise resource planning), wspomagających i optymalizujących przepływ produk-

tów przy ich pełnym monitoringu. Zbudowanie odpowiedniego i efektywnego łańcucha dostaw potrafi przyczynić się do znacznego zwiększenia konkurencyjności na rynku i zmniejszenia kosztów operacyjnych, a także zwiększenia efektywności procesów zachodzących zarówno w samych przedsiębiorstwach, jak i pomiędzy nimi [Kołosowski i Józwiak 2012].

Jak piszą Wieland i Durach [2021]: „Rezyliencja łańcucha dostaw to zdolność łańcucha dostaw do przetrwania, adaptacji lub transformacji w obliczu zmian”. Pojęcie to jest przypisane do łańcucha dostaw w pełni przystosowanego do zmieniającej się sytuacji. Zmienne warunki funkcjonowania łańcucha są związane z zakłóceniami o różnej wielkości i skali złożoności. W kontekście łańcucha dostaw, a dokładniej zarządzania nim, odporność oznaczać będzie przywrócenie płynności przepływów po takich wydarzeniach, jak epidemia i pandemia, katastrofy naturalne czy znaczące złamania gospodarcze. Dla zdefiniowania pojęcia „odpornego łańcucha dostaw” kluczowe były m.in. publikacje [Yossi & Rice Jr. 2005; Ponoramov & Holcomb 2009; Wieland & Wallenburg 2013, Wieland & Durach 2021]. Autorzy ci wyróżnili trzy podstawowe zdolności odpornych łańcuchów dostaw:

- elastyczność – zdolność dostosowania się do zmiennych warunków;
- redundancja – dysponowanie alternatywnymi źródłami dostaw i zapasów lub innymi trasami, co pozwoli utrzymać ciągłość operacji w przypadku nieprzewidzianych sytuacji;
- szybka reakcja – zdolność do maksymalnie szybkiej reakcji na zmiany poprzez optymalizację operacji i dostosowywanie planów procesowych.

Odporny łańcuch dostaw jest szczególnie istotny w branży paliwowej, mającej bardzo duży wpływ na pozostałe gałęzie gospodarki. Jego budowanie stanowi fundament aktualnej działalności przedsiębiorstw z tego sektora. Elastyczne i odporne łańcuchy dostaw umożliwiają optymalizację i efektywne zarządzanie procesami, skutecznie minimalizując ryzyko i maksymalizując wpływy.

Zrównoważone praktyki w łańcuchach dostaw w branży paliwowej

W sektorze paliwowym zauważalna jest zmiana podejścia do zarządzania łańcuchami dostaw zgodnie z definicją zrównoważonego rozwoju oraz jego głównymi filarami. Działania prośrodowiskowe podjęła m.in. Grupa Kapitałowa Anwim, prowadząca sieć stacji Moya oraz zajmująca się sprzedażą hurtową i przewozem paliw kopalnianych. Inwestuje w technologię pojazdów elektrycznych i napędzanych paliwem wodorowym, a do 2030 roku ma dysponować 10 tys. punktów ładowania [Połetek 2024]. Rozwijają się też w kierunku paliw alternatywnych: „Specjalne dodatki uszlachetniające dodawane do paliwa pozwalają zredukować jego zużycie o średnio 3–4%, co przyczynia się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Drugim rozwiązaniem jest wykorzystanie biopaliw, czyli paliw z dodatkiem biokomponentów. Emisja dwutlenku węgla, który powstaje przy spalaniu takiej substancji, jest biogeniczna, czyli neutralna dla środowiska” [Połetek 2024].

W Unii Europejskiej zarejestrowane jest 270 tys. aut, a tylko 5% z nich ma napęd umożliwiający wykorzystanie paliw alternatywnych [Jaworska-Cierniak 2025]. Są to paliwa lub źródła energii niepochodzące z ropy naftowej i pozyskiwane w celu zasilenia pojazdów transportowych, charakteryzujące się zmniejszoną emisją spalin i wpływem na środowisko [Pangsy-Kania et al. 2024]. Powstają dzięki zrównoważonym innowacjom

w zakresie wdrożenia nowego produktu, udoskonalenia procesu produkcji czy wynalezienia nowej technologii [Adomako i Nguyen 2023]. W aspekcie ich zastosowania wyróżnia się następujące grupy paliw alternatywnych:

- a) elektryczność,
- b) napęd wodorowy,
- c) amoniak,
- d) biopaliwa,
- e) paliwa syntetyczne oraz parafina,
- f) gaz naturalny w postaci gazowej (CNG – compressed natural gas),
- g) płynny gaz naturalny (LNG – liquefied natural gas),
- h) płynny gaz ziemny (LPG – liquefied petroleum gas) [ECEEE 2023].

Jak piszą Pangsy-Kania et al. [2024]: „Są one [grupy paliw alternatywnych] podzielone na trzy kategorie: alternatywne paliwa kopalne dla fazy przejściowej (CNG, LNG, LPG, paliwa syntetyczne i parafinowe wytwarzane z energii nieodnawialnej), paliwa alternatywne dla pojazdów bezemisyjnych (energia elektryczna, wodór, amoniak) oraz paliwa odnawialne (biopaliwa – paliwa z biomasy i biopaliwa)”.

Grupa Orlen z kolei, będąca wiodącym dystrybutorem w sektorze paliwowym, oprócz zagadnień rozwoju neutralności klimatycznej skupia się także na filarze społecznym: najważniejszym zasobem są dla niej ludzie, a więc i ich dobrostan. Przedsiębiorstwo wdraża innowacyjne rozwiązania mające na celu poprawę bezpieczeństwa oraz warunków pracy i w swoim zarządzaniu strategicznym opiera się na określonych i mierzalnych celach rozwoju w tym zakresie [Grupa Orlen 2024].

Odporne łańcuchy dostaw w branży paliwowej

Systemy dystrybucyjne, zarządzanie którymi opiera się na umiejętności strategicznego myślenia oraz zapobiegania zakłóceniom, nazywamy odpornymi łańcuchami dostaw [Konecka et al. 2016]. Z poziomu menadżerskiego są to łańcuchy dostaw, które są ukierunkowane na unikanie zaburzeń oraz niwelację ich ewentualnych skutków [Boin et al. 2010]. Jak pisze Fiksel [2003]: „Odporne łańcuchy dostaw wymagają odporności poszczególnych jego elementów i podsystemów, a o odporności całego łańcucha dostaw przesądza odporność najsłabszego ogniwa”. Charakteryzują się czterema głównymi cechami:

- a) wielostronnością (diversity) – podejście pożądane w przypadku działań oraz zachowań w łańcuchu dostaw;
- b) sprawność (efficiency) – zdolność systemu do maksymalizacji efektów przy minimalizacji nakładów;
- c) umiejętność dostosowywania się (adaptability) – elastyczność w odniesieniu do zachodzących zmian;
- d) spójność (cohesion) – efekt sprzężenia zmiennych systemowych z elementami systemu [Fiksel 2003].

Strategiczne znaczenie łańcuchów dostaw paliw dla funkcjonowania gospodarki światowej staje się newralgicznym aspektem wskazującym na wymóg rozwoju w kierunku zwiększania ich odporności. Innowacje w tym zakresie mają:

- zwiększyć poziom zabezpieczenia ładunku;

- umożliwić monitoring w czasie rzeczywistym na każdym poziomie procesu;
- zwiększyć jakość paliw dystrybuowanych w ramach samochodowego transportu lądowego (monitorowanie zanieczyszczenia produktu w czasie rzeczywistym w celu uniknięcia zanieczyszczeń).

Przykładowo współpraca pomiędzy polską firmą informatyczną ATROM i niemieckim koncernem HARR umożliwiła stworzenie oprogramowania pozwalającego zarządzać procesem dystrybucji paliw oraz monitorować jego każdy etap [Weremij 2013].

Zwiększanie odporności łańcuchów dostaw w sektorze paliwowym jest kluczowe szczególnie w czasach niepokoju geopolitycznych czy konfliktów zbrojnych. Ważne jest także zapewnienie ciągłości zasilania systemów łańcuchów dostaw. Sankcje nałożone na Federację Rosyjską spowodowały w 2022 roku zmniejszenie importu ropy z Rosji o 90%. Rada Europejska i Rada Unii Europejskiej zaleciły krajom członkowskim EU działania związane z:

- a) dywersyfikacją źródeł oraz dróg dostaw;
- b) upowszechnianiem odnawialnych źródeł energii;
- c) zwiększaniem efektywności energetycznej;
- d) łączeniem międzysystemowych sieci gazowych i elektroenergetycznych [Consilium 2023].

Zalecenia te stanowią podstawę współczesnej metodyki budowania łańcuchów dostaw w kierunku odporności na zakłócenia.

Wyniki badań i dyskusja

Wywiad z dyrektorem generalnym POGP

Jednym z elementów badania był wywiad przeprowadzony z Bartoszem Kwiatkowskim, dyrektorem generalnym Polskiej Organizacji Gazu Płynnego (POGP). „POGP została założona w 1996 roku i od tego czasu aktywnie uczestniczy w życiu branży paliwowej. Członkami Organizacji są jednostki produkcyjno-handlowe, zajmujące się zakupem, rozlewem i dystrybucją gazu skroplonego LPG, a także produkcją i obrotem urządzeniami służącymi do jego transportu, magazynowania i eksploatacji. Od lutego 2020 r. przedmiotem aktywności analitycznej POGP jest również skroplony gaz ziemny LNG” [POGP 2025a].

W tabeli 1 zamieszczono odpowiedzi dyrektora generalnego POGP na pytania dotyczące zrównoważonych łańcuchów dostaw w branży paliwowej.

W skład pakietu Fit for 55 wchodzi 12 propozycji zmian legislacyjnych, w tym:

1. Zwiększenie do 2030 roku udziału OZE (odnawialnych źródeł energii) w końcowym zużyciu energii do 40%.
2. Zmiana systemu handlu emisjami CO₂.
3. Powiększenie sieci ładowania/uzupełniania pojazdów o napędzie alternatywnym.
4. Promowanie paliw niskoemisyjnych w transporcie morskim.
5. Promowanie zrównoważonych paliw w transporcie lotniczym [Regionalna Izba Gospodarcza Pomorza 2025].

Tabela 1. Opinia dyrektora generalnego POGP na temat zrównoważenia łańcuchów dostaw w branży paliwowej

Table 1. Opinion of the Director General of POGP on the sustainability of supply chains in the fuel industry

Pytanie	Odpowiedź
Jakie są obecnie największe wyzwania dla paliwowych łańcuchów dostaw związane ze zrównoważonym rozwojem?	Wdrożenie pakietu Fit for 55, a dokładniej sposób jego wdrożenia.
Jakie rozwiązania wdrażają członkowie POGP, aby realizować założenia zrównoważonego rozwoju?	Nasza branża przyjęła zasadniczo zobowiązania Deklaracji Turyńskiej.
W raportach POGP znaleźć można informacje na temat paliw alternatywnych. Które z nich promuje POGP?	Najważniejszymi paliwami są dla nas bio LPG (w szczególności biopropan), a w dalszej perspektywie DME, jednak komercjalizacja tego paliwa może być trudna w obecnych europejskich warunkach legislacyjnych.
Czy wykorzystanie paliw odnawialnych tj. DME pozwoli przedsiębiorstwom paliwowym na budowę zrównoważonego łańcucha dostaw?	To zależy. Ogólnie komercjalizacja DME w obecnych warunkach niestabilności legislacji europejskiej i niezwykle nieprecyzyjnego prawa będzie trudna do przeprowadzenia.

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

Zmiany te mają prowadzić do zwiększenia zrównoważenia rozwoju Unii Europejskiej, a ich wdrożenie stało się wyzwaniem dla przedsiębiorstw działających w wymienionych obszarach. Jednak to sposób ich wdrażania jest kluczowym czynnikiem pozwalającym na rozwój i zwiększenie pozycji danego podmiotu na tle konkurencji.

Rozwiązania wprowadzane przez członków Polskiej Organizacji Gazu Płynnego są uwarunkowane przez zapisy Deklaracji Turyńskiej. Zakłada ona wdrażanie alternatywnych zrównoważonych paliw i biopaliw, które są krokiem milowym w budowaniu zintegrowanej sieci biorafinerii i mają stopniowo zastępować tradycyjne sieci paliw kopalnianych [Liquid Gas Europe 2024]. Członkowie POGP inwestują oraz rozwijają technologię biopaliw pozwalających na wdrażanie zrównoważonych łańcuchów dostaw.

Kluczowymi biopaliwami dla Polskiej Organizacji Gazu Płynnego są bio LPG (szczególnie biopropan). Rozwojową technologią jest także DME (eter dimetylowy). Jednak z przeprowadzonego wywiadu wynika, że występują problemy prawne związane z legislacją i legalną komercjalizacją tego typu paliw.

Analizując odpowiedzi zamieszczone w tabeli 1, można stwierdzić, że implementacja zrównoważonego łańcucha dostaw w branży paliwowej jest możliwa i obecnie proces ten jest przeprowadzany. Pojawiają się jednak bariery legislacyjne, które ograniczają możliwości zastosowania alternatywnych biopaliw.

Bezpieczeństwo łańcuchów dostaw w sektorze paliwowym to istotny aspekt funkcjonowania całej gospodarki światowej. Ciągłość dostaw może być zagrożona przez wiele czynników, dyrektor generalny POGP wyróżnił trzy kluczowe: geopolityczne, klimatyczne oraz ekonomiczne (tabela 2).

Tabela 2. Opinia dyrektora generalnego POGP na temat odporności łańcuchów dostaw w sektorze paliwowym

Table 2. Results of an interview with the Director General of POGP on resilient supply chains in the fuel sector

Pytanie	Odpowiedź
W jaki sposób tak strategiczna dla systemów gospodarczych państw branża paliwowa jest narażona na przerwanie łańcucha dostaw?	Najważniejsze uwarunkowania związane są zapewne z kilkoma czynnikami: – politycznymi, w tym wojennymi, np. ataki Huti, które zmusiły część statków do opływania Afryki, albo konflikt Algierii z Marokiem ograniczający możliwości wywozu algierskiego gazu. Dodatkowo w mojej ocenie LPG słabo nadaje się do weaponizacji, bo nie wymaga tak złożonej infrastruktury jak gaz ziemny; – klimatycznymi, np. spadek przepustowości Kanału Panamskiego w 2023 r., co ograniczyło dostawy amerykańskiego LPG do Japonii; – w przypadku gazów odnawialnych: podaż surowców odnawialnych i konkurencja między ich odbiorcami.
Czy istnieje możliwość budowy odpornego łańcucha dostaw w branży paliwowej?	Stuprocentowa odporność jest zapewne mrzonką, bo od pewnego poziomu bezpieczeństwa każdy kolejny procent kosztuje wykładniczo więcej niż poprzedni. Ale na pewno można budować bardzo odporny łańcuch dostaw.

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

Rozmówca wskazał na istotną rolę konfliktów zbrojnych w zakłóceniach kanałów dystrybucji, podając przykłady dotyczące zarówno transportu (ataki Huti), jak i zaopatrzenia (uniemożliwienie wywozu gazu z Algierii). Zauważył jednak, że rynek LPG (liquefied petroleum gas) nie wymaga złożonej infrastruktury, co powoduje mniejsze zainteresowanie militarne tym obszarem.

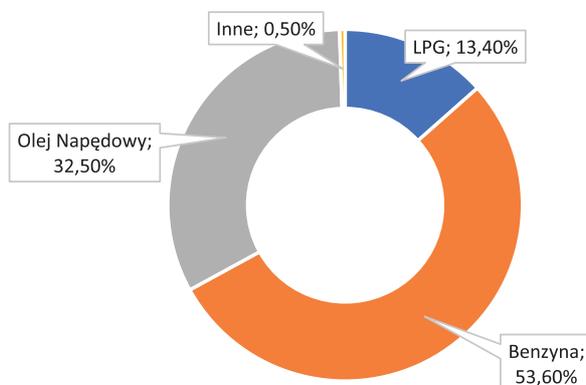
W opracowaniu podnoszony był niejednokrotnie wpływ branży paliwowej na klimat i środowisko, jednak także klimat ma wpływ na łańcuchy dostaw paliw. Respondent wskazał przykład Kanału Panamskiego, w przypadku którego to zmiany klimatyczne zakłóciły dostawy drogą morską (tabela 2). Wysokie temperatury i niski poziom opadów spowodował suszę zmniejszającą przewóz towarów o 10,3 mln ton [Portal Stoczniovy 2023].

W wywiadzie wskazywano również na czynnik ekonomiczny związany z konkurencyjnością na rynku paliw alternatywnych oraz ograniczoną liczbą dostawców. Młody rynek gazów odnawialnych generuje małą podaż przy dużej liczbie zainteresowanych odbiorców.

Zwiększenie odporności łańcuchów dostaw jest w sektorze paliwowym możliwe, jednak zdaniem dyrektora POGP niemożliwe jest ich zabezpieczenie przed wszystkimi zakłóceniami. Budowa bardzo odpornych łańcuchów dostaw wiąże się z wysokimi kosztami wdrożenia, które rosną wykładniczo wraz ze zwiększaniem wskaźnika procentowego bezpieczeństwa (tabela 2). Podsumowując, nowe technologie muszą zostać uwarunkowane prawnie, co pozwoli na ich szerokie wykorzystanie. Zapewnienie pełnej odporności oraz zrównoważenia jest obecnie celem nieosiągalnym, ale wdrożenie odpowiednich rozwiązań i dywersyfikacja źródeł zaopatrzenia i surowców jest kluczowa dla zwiększenia efektywności łańcuchów dostaw we współczesnych czasach.

Analiza raportów Polskiej Organizacji Gazu Płynnego

W ramach badań przeanalizowano raport Polskiej Organizacji Gazu Płynnego za rok 2024 dotyczący głównie polskiego rynku gazu płynnego [POGP 2025b].



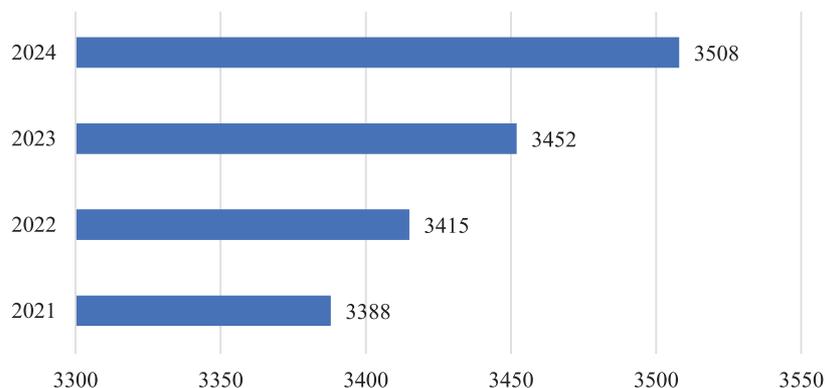
Rysunek 3. Paliwo stosowane w samochodach osobowych w Polsce w 2024 r. [%]

Figure 3. Passenger cars in Poland by fuel used in 2024 [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie [POGP 2025b]

Source: own elaboration based on [POGP 2025b]

Obecnie głównym rodzajem napędu stosowanym w Polsce jest napęd benzynowy (53,60%), a następnie olej napędowy (32,5%), dopiero na trzecim miejscu znajduje się gaz LPG (13,4%). Pozostałe formy napędu obsługują 0,5% rynku samochodowego (rys. 3). Zauważalne jest duże wykorzystanie „niezrównoważonych” paliw, powodujących zanieczyszczenie powietrza oraz nie pochodzących z odnawialnych źródeł energii (OZE).



Rysunek 4. Liczba samochodów zasilanych autogazem w Polsce w latach 2021–2024 [tys. szt.]

Figure 4. Number of cars powered by autogas in Poland in 2021–2024 [thousands]

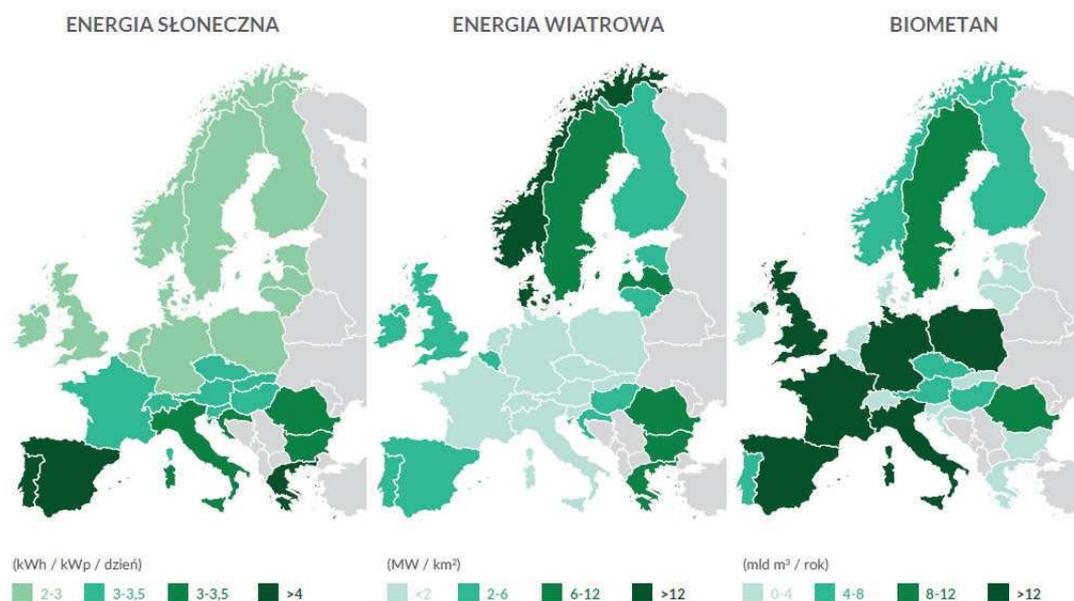
Źródło: opracowanie własne na podstawie [POGP 2025b]

Source: own elaboration based on [POGP 2025b]

Pomimo małego udziału w rynku niskoemisyjnego paliwa LPG (rys. 3) liczba zarejestrowanych samochodów z napędem typu LPG rośnie – o 3,5% w ciągu 4 lat (rys. 4). Wdrażanie napędów LPG jest pierwszym etapem budowania zrównoważonych łańcuchów dostaw. Osiągnięcie pełnego zrównoważenia jest jednak możliwe tylko

dzięki rozwojowi paliw alternatywnych z OZE, które zastąpią nieodnawialne paliwa kopalniane. Członkowie POGP wdrażają rozwiązania bazujące na biopaliwach, a przedsiębiorstwa gazowe są szczególnie zainteresowane wykorzystaniem bio LPG. „Bio LPG (odnawialny LPG) to dobre narzędzie dla biznesu w realizacji standardów ESG (environmental, social, governance) oraz transgranicznego podatku węglowego (CBAM). Jego zastosowanie pozwala nie tylko na stabilizację kaloryczności biometanu, ale także niskoenergetycznych paliw gazowych, takich jak gaz ziemny grupy L, wspierając tym samym zrównoważoną transformację energetyczną gazownictwa” – stwierdził Świątosław Kariuk z I-Maximum sp. z o.o., uczestnik prac nad standardami technicznymi wykorzystania biometanu w sieciach gazowych [POGP 2025b].

Wdrożenie zrównoważonego łańcucha dostaw wiąże się z implementacją paliw niekopalnianych, jednym z nich jest biometan. Sam biometan ma jednak niestabilną kaloryczność, jej ustabilizowanie jest możliwe właśnie dzięki bio LPG.



Rysunek 5. Europejski potencjał produkcji energii z wybranych źródeł odnawialnych

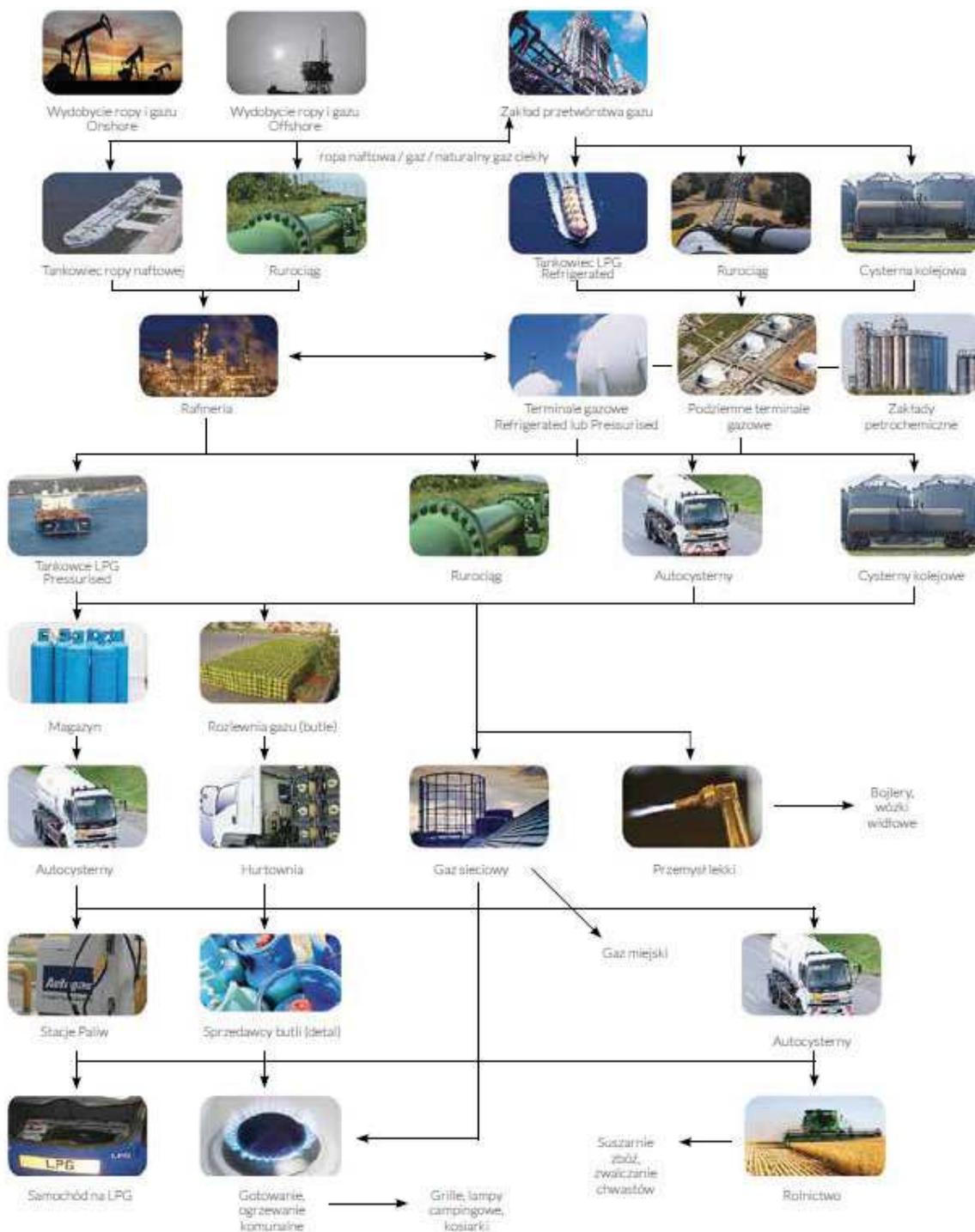
Figure 5. European energy production potential from selected renewable sources

Źródło: [POGP 2025b]

Source: [POGP 2025b]

Potencjał produkcji energii z wybranych OZE przedstawiono na rysunku 5. Największy zasięg geograficzny ma biometan, który jest alternatywną przyszłością rynku paliwowego.

Potwierdzeniem tych wniosków są słowa zawarte w najnowszym raporcie POGP: „Wykorzystanie gazu płynnego do wzbogacania biometanu może znacząco zwiększyć potencjał rynku paliw odnawialnych, sprzyjając zarówno dywersyfikacji dostaw, jak i spełnieniu celów klimatycznych. Warunkiem jest dostrzeżenie przez decydentów synergii pomiędzy rozwojem rynku biometanu i (bio)propanu i wdrożenie wymaganych zmian, które uczyniłyby Polskę jednym z liderów transformacji energetycznej w Europie” [POGP 2025b].



Rysunek 6. Łańcuch dostaw sektora gazowego

Figure 6. Gas sector supply chain

Źródło: [POGP 2025b]

Source: [POGP 2025b]

Złożoność gazowego łańcucha dostaw zobarazowano na rysunku 6. Zwiększenie jego odporności jest niezbędne dla dalszego funkcjonowania rozbudowanej sieci dostaw. Wspomniane przez dyrektora generalnego POGP czynniki związane z dużą konkuren-

cyjnością mogą stać się kluczowym zagrożeniem dla przedsiębiorstw działających w tym obszarze. Wdrożenie paliw alternatywnych umożliwi dywersyfikację asortymentu i jednocześnie zyskanie wyższej pozycji na tle konkurencji. Mówiono o tym m.in. w trakcie jednego z wydarzeń organizowanych przez Polską Organizację Gazu Płynnego: „Stworzenie rynku paliw OZE [prelegent] uznał za bardzo istotne dla zachowania roli gazu płynnego w nadchodzących dekadach, bowiem odnawialne paliwa – zwłaszcza lokalnej produkcji – zapewniłyby bezpieczeństwo dostaw przy jednoczesnej realizacji celów redukcyjnych. Bryksa odniósł się także do kwestii wprowadzenia embarga na LPG z Rosji, mówiąc, że polskie stanowisko w tej sprawie akcentuje konieczność solidarnego działania na poziomie Unii Europejskiej, bowiem nałożenie jednostronnych środków ograniczających byłoby nieskuteczne. Za główne wyzwania uznał konieczność dywersyfikacji kierunków dostaw oraz optymalizację systemu utrzymywania zapasów obowiązkowych” [POGP 2023].

Podsumowanie i wnioski

Celem artykułu było wskazanie kierunków rozwoju i wyzwań związanych z wdrażaniem zrównoważonych i odpornych łańcuchów dostaw w sektorze paliwowym oraz perspektyw ich integracji. Zrealizowanie tego celu możliwe było dzięki przeanalizowaniu literatury tematycznej i danych wtórnych pochodzących z raportów POGP oraz przeprowadzeniu wywiadu z Bartoszem Kwiatkowskim, dyrektorem generalnym Polskiej Organizacji Gazu Płynnego.

W kontekście kierunków rozwoju istotne jest wdrożenie postanowień Deklaracji Turyńskiej oraz pakietu Fit for 55 w paliwowych łańcuchach dostaw. Jest to możliwe dzięki inwestycji w paliwa alternatywne. Rynek oparty jest obecnie na wysokoemisyjnych paliwach kopalnianych. Aktualne dane wskazują na zwiększenie liczby zarejestrowanych aut z napędem LPG, mającym niższą emisyjność CO₂. Kierunkiem rozwoju sektora paliwowego jest implementacja biopaliw, a szczególnie biometanu, bio LPG oraz DME. W kontekście bezpieczeństwa łańcuchów dostaw kluczowa jest dywersyfikacja źródeł zaopatrzenia oraz dróg transportowych. Wskazane przez B. Kwiatkowskiego zagrożenia dla ciągłości łańcuchów dostaw paliw wiążą się z wykorzystaniem ograniczonej liczby dostawców oraz form transportu. W celu wskazania konkretnych rozwiązań wymagane są dalsze badania.

Wdrożenie zrównoważonych i odpornych łańcuchów dostaw związane jest z licznymi barierami. W branży paliwowej barierą dla zwiększania rezyliencji łańcuchów dostaw są koszty. Wzrastają one wykładniczo, a osiągnięcie 100-proc. bezpieczeństwa jest niemożliwe. W przyszłości możliwe będzie budowanie bardzo odpornych łańcuchów dostaw dzięki prowadzeniu badań dotyczących rozwiązań koncepcyjnych i technologicznych zmniejszających koszty. Również zrównoważenie łańcuchów dostaw w myśl pakietu Fit for 55 jest obecnie kosztochłonne. Krótki czas realizacji stawianych celów oraz wysokie wymagania sprawiają, że zielone łańcuchy dostaw są trudno osiągalne. Kluczowym czynnikiem dla wdrożenia i zdobycia pozycji konkurencyjnej jest znalezienie właściwego sposobu wprowadzenia zmian.

Podsumowując kierunek oraz bariery budowania rezyliентnych i zrównoważonych łańcuchów dostaw, możliwe jest określenie perspektywy rozwoju tych łańcuchów w sektorze paliwowym. Ich utrzymanie oraz zwiększenie efektywności jest uwarunkowane

integracją dwóch aspektów – odporności i zrównoważenia. Wprowadzenie alternatywnych paliw OZE oraz poszerzenie oferty asortymentowej umożliwi zmniejszenie eksploatacji surowców kopalnianych oraz emisji CO₂ i jednoczesną dywersyfikację źródeł zaopatrzenia. Zrównoważenie jest związane z trzema filarami. Poza widocznym aspektem środowiskowym wprowadzenie nowych źródeł dostaw spowoduje stworzenie nowych miejsc pracy (filar gospodarczy i społeczny), a konkurencja między dostawcami wpłynie na polepszenie jakości produktów oraz wprowadzenie nowych, tańszych alternatyw (filar gospodarczy). Przystępne ceny i zwiększona dostępność (zapewnienie ciągłości dostaw) umożliwią eliminację nierówności społecznych (filar społeczny).

Poruszona w publikacji tematyka wymaga przeprowadzenia dalszych badań w celu weryfikacji postawionych założeń oraz ich konfrontacji z innymi środowiskami branżowymi.

Bibliografia

- Adomako S., Nguyen N.P., 2023: Co-innovation behavior and sustainable innovation in competitive environments. *Sustainable Development* 31(3), 1735–1747.
- Boin A., Kelle P., Whybark D.C., 2010: Resilient supply chains for extreme situations: Outlining a new field of study. *International Journal of Production Economics* 126(1), 1–6.
- Brundtland G.H., 1987: Our common future – call for action. *Environmental Conservation* 14(4), 291–294.
- Christopher M., 2000: Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw. Strategie obniżki kosztów i poprawy poziomu usług. Polskie Centrum Doradztwa Logistycznego, Warszawa.
- Consilium, 2023: Rynkowe skutki rosyjskiej inwazji na Ukrainę: reakcja UE. <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/eu-response-russia-military-aggression-against-ukraine-archive/impact-of-russia-s-invasion-of-ukraine-on-the-markets-eu-response/> [dostęp: 09.05.2025].
- ECEEE 2023: Effort Sharing Regulation. European Council for an Energy Efficient Economy. <https://www.eceee.org/policy-areas/product-policy/effort-sharing-regulation/> [dostęp: 03.10.2023].
- Fiksel J., 2003: Designing resilient, sustainable systems. *Environmental Science & Technology* 37(23), 5330–5339.
- Grupa Orlen 2024: Zrównoważony rozwój. Pracownicy – bezpieczeństwo i dobre warunki pracy. <https://www.orlen.pl/pl/zrownowazony-rozwoj/strategia-zrownowazonego-rozwoju/pracownicy> [dostęp: 08.05.2025].
- Jaworska-Cierniak M., 2025: Co warto wiedzieć o paliwach alternatywnych? Akademia ESG. <https://akademiaesg.pl/baza-wiedzy/co-warto-wiedziec-o-paliwach-alternatywnych/> [dostęp: 08.05.2025].
- Kołosowski A., Józwiak A., 2012: Zrównoważony łańcuch dostaw. *Systemy Logistyczne Wojsk* 38, 129–140.
- Komisja Europejska, 2019: Komunikat Komisji – Europejski Zielony Ład, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&fro-m=DE> [dostęp: 12.05.2025].

- Konecka S., Stajniak M., Szopik-Depczyńska K., 2016: Bezpieczeństwo łańcucha dostaw. *Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 11, 159–163.
- Liquid Gas Europe, 2024: Liquid Gas Europe co-signed the Turin joint statement on sustainable biofuels on 29 April. <https://www.liquidgaseurope.eu/news/liquid-gas-europe-co-signed-the-turin-joint-statement-on-sustainable-biofuels-on-29-april/> [dostęp: 12.05.2025].
- Ministerstwo Rozwoju i Technologii, 2019: Cele zrównoważonego rozwoju. <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/cele-zrownowazonego-rozwoju> [dostęp: 12.05.2025].
- Nowicka K., 2020: Zielone łańcuchy dostaw 4.0. [w:] J. Gajewski, W. Paprocki (red.), *Polityka klimatyczna i jej realizacja w pierwszej połowie XXI wieku*. Centrum Myśli Strategicznych, Sopot, 115–135.
- ONZ, 1992: Agenda 21. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf> [dostęp: 08.05.2025].
- ONZ, 2015: Rezolucja Zgromadzenia Ogólnego A/RES/70/1: Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030. https://www.unic.un.org.pl/files/164/Agenda%202030_pl_2016_ostateczna.pdf [dostęp: 08.05.2025].
- Pangsy-Kania S., Biegańska J., Flouros F., 2024: Alternative Fuels as a Sustainable Innovation in Vehicle Fleet Across the EU-27: Diagnosis and Prospect for Development. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe* 27(4), 173–194.
- POGP, 2023: O przyszłości LPG na Forum Paliw Gazowych. <https://www.pogp.pl/aktualnosci/o-przyszlosci-lpg-na-forum-paliw-gazowych> [dostęp: 13.05.2025].
- POGP, 2025a: Polska Organizacja Gazu Płynnego. <https://www.pogp.pl/pogp/o-pogp> [dostęp: 12.05.2025].
- POGP, 2025b: Polska Organizacja Gazu Płynnego. Raport roczny 2024. <https://www.pogp.pl/materialy/raporty-pogp> [dostęp: 12.05.2025].
- Połetek B., 2024: Branża paliwowa a zrównoważony rozwój – raport Anwim. Akademia ESG. <https://akademiaesg.pl/branza-paliwowa-a-zrownowazony-rozwoj-raport-grupy-anwim/> [dostęp: 05.05.2025].
- Ponoramov S.Y., Holcomb M.C., 2009: Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management* 20(1), 124–143.
- Portal Stoczniowy, 2023: Kanał Panamski – spadek wolumenu ładunków w 2023 roku. <https://portalstoczniowy.pl/kanal-panamski-spadek-wolumenu-ladunkow-w-2023-roku/> [dostęp: 05.05.2025].
- Regionalna Izba Gospodarcza Pomorza, 2025: Nowy pakiet klimatyczny: Fit for 55. <https://rigp.pl/nowy-pakiet-klimatyczny-fit-for-55,619,pl> [dostęp: 12.05.2025].
- UNESCO, 2005: United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014): International Implementation Scheme. UNESCO, Paryż.
- Velenturf A.P., Purnell P., 2021: Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable Production and Consumption* 27, 1437–1457.
- Weremij T., 2013: Innowacja w łańcuchu logistycznym paliw płynnych a konkurencyjność. *Logistyka* 4, 22–25.
- Wieland A., Durach C.F., 2021: Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics* 42(3), 315–322.
- Wieland A., Wallenburg C.M., 2013: The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 43(4), 300–320.

- Wojciechowska A., 2023: Morze Czerwone pustoszeje. Statki rezygnują z trasy przez Kanał Sueski. Bankier.pl. <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Morze-Czerwone-pustoszeje-Statki-rezygnuja-z-trasy-przez-Kanal-Sueski-8665378.html> [dostęp: 05.05.2025].
- Yossi S., Rice Jr. J.B., 2005: A supply chain view of the resilient enterprise. <https://sloanreview.mit.edu/article/a-supply-chain-view-of-the-resilient-enterprise/> [dostęp: 12.05.2025].
- Żelazo M., 2013: Kwestionariusz wywiadu jako narzędzie badawcze. *Obronność – Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Obrony Narodowej* 2(6), 222–238.

Szymon Szefer[✉], Michalina Górnecka

Studenckie Koło Doskonalenia Procesów, Politechnika Poznańska

Analiza porównawcza metody załadunku kartonów luzem i na paletach w procesach logistycznych w transporcie drogowym

Comparative analysis of loose carton loading and palletized loading methods in logistics processes in road transport

Synopsis. Celem artykułu jest przeprowadzenie analizy porównawczej metody załadunku kartonów luzem i na paletach transportowych w procesach logistycznych. W pracy omówiono m.in. charakterystykę obu metod, uwzględniono czas załadunku i rozładunku, wykorzystanie przestrzeni ładunkowej, koszty operacyjne, wpływ na sposób i efektywność magazynowania, a także na łańcuch dostaw, w tym elastyczność w planowaniu i realizacji zleceń. Uwzględniono również aspekty środowiskowe oraz poziom bezpieczeństwa przewożonego towaru. Ponadto poświęcono uwagę scenariuszom, w których każde z analizowanych rozwiązań znajduje uzasadnione zastosowanie, oraz możliwościom innowacyjnego usprawnienia procesów załadunku w kontekście automatyzacji i robotyzacji. W badaniu wykorzystano metodę przeglądu literatury oraz badanie ankietowe przeprowadzone wśród ekspertów z branży TSL. Ankieta pozwoliła uzyskać praktyczne opinie dotyczące organizacji pracy, bezpieczeństwa ładunku, ryzyka błędów operacyjnych, wpływu na procesy magazynowe oraz możliwości automatyzacji procesów logistycznych. Wyniki badania wskazują, że załadunek na paletach wiąże się z wyższym poziomem automatyzacji, bezpieczeństwa towaru i elastyczności przy organizacji transportu, natomiast załadunek luzem umożliwia efektywniejsze wykorzystanie przestrzeni ładunkowej i obniżenie kosztów jednostkowych w określonych warunkach. Wnioski podkreślają zasadność indywidualnego podejścia do wyboru metody załadunku w zależności od specyfiki danego transportu, priorytetów operacyjnych i dostępnych technologii.

Słowa kluczowe: załadunek kartonu luzem, załadunek na paletach, logistyka załadunku, łańcuch dostaw, decyzje transportowe

✉ **Szymon Szefer** – Studenckie Koło Doskonalenia Procesów, Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania, Instytut Logistyki; e-mail: szymon.szefer@student.put.poznan.pl; <https://orcid.org/0000-0002-6184-486X>

Michalina Górnecka – Studenckie Koło Doskonalenia Procesów, Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania, Instytut Logistyki; e-mail: michalina.gornecka@student.put.poznan.pl

Abstract. The objective of this paper is to conduct a comparative analysis of loose carton loading and palletized loading methods in logistics processes. The study discusses the characteristics of both methods, taking into account loading and unloading time, utilization of cargo space, operational costs, the impact on storage methods and efficiency, as well as effects on the supply chain, including flexibility in planning and order execution. Environmental aspects and cargo safety are also considered. Furthermore, the paper examines scenarios in which each solution is justifiably applied, along with opportunities for innovative improvements in loading processes in the context of automation and robotics. The research methodology includes a literature review and a survey conducted among experts from the transport and logistics industry. The survey provided practical insights regarding work organization, cargo safety, operational risk, the impact on warehousing processes, and the potential for the automation of logistics operations. The results indicate that palletized loading supports a higher degree of automation, enhances cargo safety, and offers greater flexibility in transport organization. In contrast, loose loading allows for more efficient use of cargo space and reduces unit costs under specific conditions. The conclusions emphasize the need for an individualized approach to selecting the loading method, depending on the specifics of the transport, operational priorities, and available technologies.

Keywords: loading of loose cartons, palletized loading, loading logistics, supply chain, transport decisions

Kody JEL: R41, L91, O33

Wstęp

Współczesna logistyka, zmierzająca do zwiększenia efektywności procesów transportowych i magazynowych, wymaga optymalizacji również na etapie załadunku towaru. Wybór między załadunkiem kartonów luzem a załadunkiem na paletach wpływa nie tylko na koszty i organizację transportu, ale również na bezpieczeństwo przesyłek i środowisko oraz możliwości automatyzacji procesów logistycznych. Mimo rosnącego znaczenia automatyzacji w branży TSL w praktyce obserwuje się brak jednoznacznych wytycznych odnośnie do optymalnej metody załadunku w różnych scenariuszach operacyjnych. Konieczne staje się więc przeprowadzenie porównawczej analizy efektywności, elastyczności i opłacalności obu metod, uwzględniającej zmieniające się uwarunkowania logistyczne i technologiczne.

W dobie dynamicznych zmian w logistyce oraz rosnącej presji zwiększania efektywności i ograniczania emisji CO₂ optymalizacja procesów załadunku stanowi istotny czynnik konkurencyjności przedsiębiorstw transportowych i logistycznych. Analiza metod załadunku kartonów umożliwia identyfikację rozwiązań, które mogą przynieść realne korzyści kosztowe, operacyjne oraz środowiskowe. Ponadto rozwój technologii automatyzacji i robotyzacji procesów logistycznych sprawia, że wybór odpowiedniej metody załadunku nabiera dodatkowego znaczenia w kontekście przyszłych inwestycji w innowacje.

Celem artykułu było przeprowadzenie analizy porównawczej metody załadunku kartonów luzem i na paletach w procesach logistycznych, z uwzględnieniem efektywności operacyjnej, kosztów, wpływu na procesy magazynowe i bezpieczeństwo, aspektów środowiskowych oraz możliwości automatyzacji.

Zakres opracowania obejmuje analizę dwóch alternatywnych metod załadunku kartonów w kontekście ich zastosowania w operacjach logistycznych. Skupiono się na kluczowych aspektach mających wpływ na efektywność procesów transportowych i magazynowych. Uwzględniono takie obszary, jak czas realizacji załadunku i rozładunku, koszty operacyjne, wykorzystanie przestrzeni ładunkowej, wpływ na organizację magazynu, bezpieczeństwo ładunku i pracowników, a także na cały łańcuch dostaw. Dodatkowo poddano ocenie możliwości automatyzacji i robotyzacji oraz oddziaływanie analizowanych metod na środowisko.

Artykuł oparty został zarówno na przeglądzie literatury branżowej, jak i na danych empirycznych, obejmujących badanie ankietowe, analizę obliczeniową efektywności przestrzennej załadunku oraz obserwację rzeczywistych procesów logistycznych. Wykorzystanie różnych źródeł danych umożliwiło kompleksowe ujęcie badanego zagadnienia. Struktura pracy składa się z kilku powiązanych logicznie części. W pierwszej z nich zawarto przegląd literatury, w którym opisano definicje oraz charakterystykę obu metod załadunku, a także ich wpływ na czas, koszty, bezpieczeństwo, środowisko i funkcjonowanie łańcucha dostaw. Następnie przedstawiono metodykę badawczą, w której opisano przebieg i zakres przeprowadzonych badań. Kolejny rozdział prezentuje wyniki badań, w tym odpowiedzi respondentów ankiety, dane uzyskane dzięki obliczeniom symulacyjnym oraz obserwacje wpływu metod załadunku na sposób magazynowania. Dalsza część artykułu zawiera dyskusję wyników, w tym przegląd innowacyjnych rozwiązań technologicznych oraz analizę przypadków zasadnego zastosowania każdej z metod w określonych warunkach operacyjnych. Całość kończy się zestawieniem kluczowych wniosków wpływających z przeprowadzonych analiz i badań.

W ramach analizy sformułowano trzy pytania badawcze, które ukierunkowały zakres rozważań teoretycznych i empirycznych zawartych w artykule. Po pierwsze, która z metod – załadunek kartonów luzem czy na paletach – jest bardziej efektywna w kontekście czasu operacji oraz wykorzystania dostępnej przestrzeni ładunkowej? Po drugie, w jaki sposób metoda załadunku wpływa na kluczowe aspekty funkcjonowania logistyki, w tym koszty operacyjne, bezpieczeństwo transportu oraz organizację pracy? Po trzecie, w jakich warunkach techniczno-organizacyjnych każda z metod znajduje uzasadnione zastosowanie? Odpowiedzi na powyższe pytania opracowano w oparciu o przegląd literatury, wyniki badania ankietowego oraz analizy symulacyjne i obserwacyjne.

Przegląd literatury

Definicja i charakterystyka metod załadunku

Załadunek kartonów luzem polega na bezpośrednim rozmieszczeniu pojedynczych opakowań jednostkowych (najczęściej kartonów) na podłodze przestrzeni ładunkowej pojazdu lub kontenera, bez zastosowania jakichkolwiek nośników, takich jak palety. Kartony są układane warstwowo, od ściany do ściany i od podłogi po sufit, w celu maksymalnego wykorzystania przestrzeni ładunkowej [Pallet Enterprise 2009]. Główną cechą tej metody załadunku jest w pełni ręczne operowanie ładunkiem – każdy karton jest przemieszczany indywidualnie, co eliminuje możliwość wykorzystania standardowych wózków widłowych lub zautomatyzowanych systemów załadunkowych [Zhang i in. 2024,

s. 82–86]. Metoda ta była w przeszłości stosowana powszechnie przy przewozie drobnicy i do dziś znajduje zastosowanie w niektórych sytuacjach, szczególnie wtedy, gdy kluczowe znaczenie ma maksymalne wykorzystanie przestrzeni ładunkowej [Sowa 2023, s. 7–12]. Efektywne i bezpieczne przeprowadzenie załadunku kartonów luzem wymaga odpowiedniego zaplanowania oraz znajomości zasad układania towaru. Zaleca się układanie paczek w tzw. szachownicę, co pozwala związać ładunek i zapewnić jego większą stabilność [Sieczka 2019, s. 631–633]. Każda warstwa powinna być możliwie płaska i równomiernie upakowana. Puste przestrzenie należy wypełnić materiałami sztauerskimi, takimi jak poduszki powietrzne, kliny, pasy transportowe czy maty antypoślizgowe [Bell 2021; Sieczka 2019, s. 632]. Najcięższe kartony powinny znaleźć się na spodzie środka transportu, a lżejsze wyżej, co zapobiega zgniataniu i poprawia stabilność ładunku, a także obniża środek ciężkości pojazdu [Gallagher, Heberger 2015, s. 6–9; Sowa 2023, s. 18–20]. Należy również unikać nierównomiernego rozłożenia ciężaru, np. skupienia masy tylko z jednej strony naczepy, ponieważ może to doprowadzić do zaburzenia stateczności pojazdu lub przekroczenia poziomu dopuszczalnych nacisków na osie [Sieczka 2019, s. 632–635]. Ręczny charakter załadunku kartonów luzem wiąże się z dużą intensywnością pracy fizycznej. Pracownicy powinni stosować się do zasad ergonomii i bezpieczeństwa pracy, takich jak uginanie nóg przy podnoszeniu ciężarów (zamiast zginania pleców) czy unikanie gwałtownych skrętów tułowia. W przypadku cięższych opakowań zaleca się pracę zespołową lub zastosowanie pomocniczych urządzeń transportowych, takich jak wózki ręczne, taśmy rolkowe czy podnośniki [Gallagher, Heberger 2015, s. 3–4; Zhao 2022, s. 2–4]. Istotne jest również, aby załadunek był prowadzony z przerwami, gdyż zmęczenie pracowników zwiększa ryzyko popełniania przez nich błędów i odnoszenia urazów [Zhao 2022, s. 6–8]. Końcowy etap załadunku kartonów luzem, czyli wypełnienie przestrzeni przy drzwiach, powinien być realizowany ze szczególną starannością. Ostatnie rzędy kartonów należy zabezpieczyć przed przemieszczaniem i wysypaniem się podczas otwierania drzwi. Stosuje się w tym celu bele rozporowe, listwy zabezpieczające lub pasy mocujące montowane do uchwytów w podłodze i ścianach naczepy [Bell 2021; Sieczka 2019, s. 634–635]. Niedopuszczalne jest transportowanie ładunku pod naciskiem wymuszającym domknięcie drzwi, ponieważ może to stanowić zagrożenie dla osób otwierających naczepę oraz dla samego ładunku.

Drugą szeroko stosowaną metodą załadunku jest załadunek paletowy. Polega on na formowaniu zbiorczych jednostek ładunkowych przy użyciu palet, na których układane są kartony. Standardowym nośnikiem w logistyce europejskiej jest paleta EURO (europaleta) o wymiarach 1200 × 800 mm. Kartony umieszcza się na niej warstwowo, stosując układ naprzemienny [Sowa 2023, s. 17–20], który poprawia stabilność ułożenia i zapobiega przesuwaniu się towaru. Zasada układania cięższych kartonów na dole, a lżejszych wyżej obowiązuje również przy paletyzacji, pozwala to uniknąć zgniatania i zwiększyć stabilność jednostki ładunkowej [Gallagher, Heberger 2015, s. 6–9]. Po ułożeniu towaru na palecie całość zabezpiecza się folią stretch, taśmami spinającymi lub kapturami foliowymi, a następnie przewozi przy użyciu wózków widłowych lub ręcznych. Należy także dokonać wizualnej kontroli stanu palet – uszkodzone europalety mogą prowadzić do przewrócenia się ładunku lub jego uszkodzenia podczas transportu. Paletyzacja zyskała status standardu w logistyce przemysłowej, ponieważ znacząco zwiększa efektywność procesów ładunkowych i rozładunkowych, ułatwia magazynowanie, umożliwia auto-

matyzację procesów oraz przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa operacyjnego. Jest rozwiązaniem preferowanym w logistyce wielkoskalowej, szczególnie tam, gdzie znaczenie ma szybkość operacji i powtarzalność jednostek ładunkowych [Sowa 2023, s. 21–23; Singh i in. 2014, s. 51–59].

Metodyka badań

Na potrzeby opracowania przeprowadzono badanie ankietowe, w ramach którego poproszono uczestników o ocenę różnych aspektów analizowanych metod załadunku. Ankieta to technika zbierania danych w formie pisemnej za pomocą kwestionariusza. Charakteryzuje się możliwością uzyskania dużej liczby informacji przy stosunkowo niskich nakładach środków i sił [Sztumski 1995 s. 129–131, 137–138]. Kwestionariusz ankiety przygotowano w formie elektronicznej. Zawarto w nim pytania zamknięte i jedno pytanie otwarte związane ze sprawowanym przez respondenta stanowiskiem. Ankieta została przeprowadzona z wykorzystaniem formularzy Google w maju 2025 roku. Wielkość próby wyniosła osiem osób, przy czym dobór respondentów miał charakter celowy i obejmował ekspertów z branży TSL.

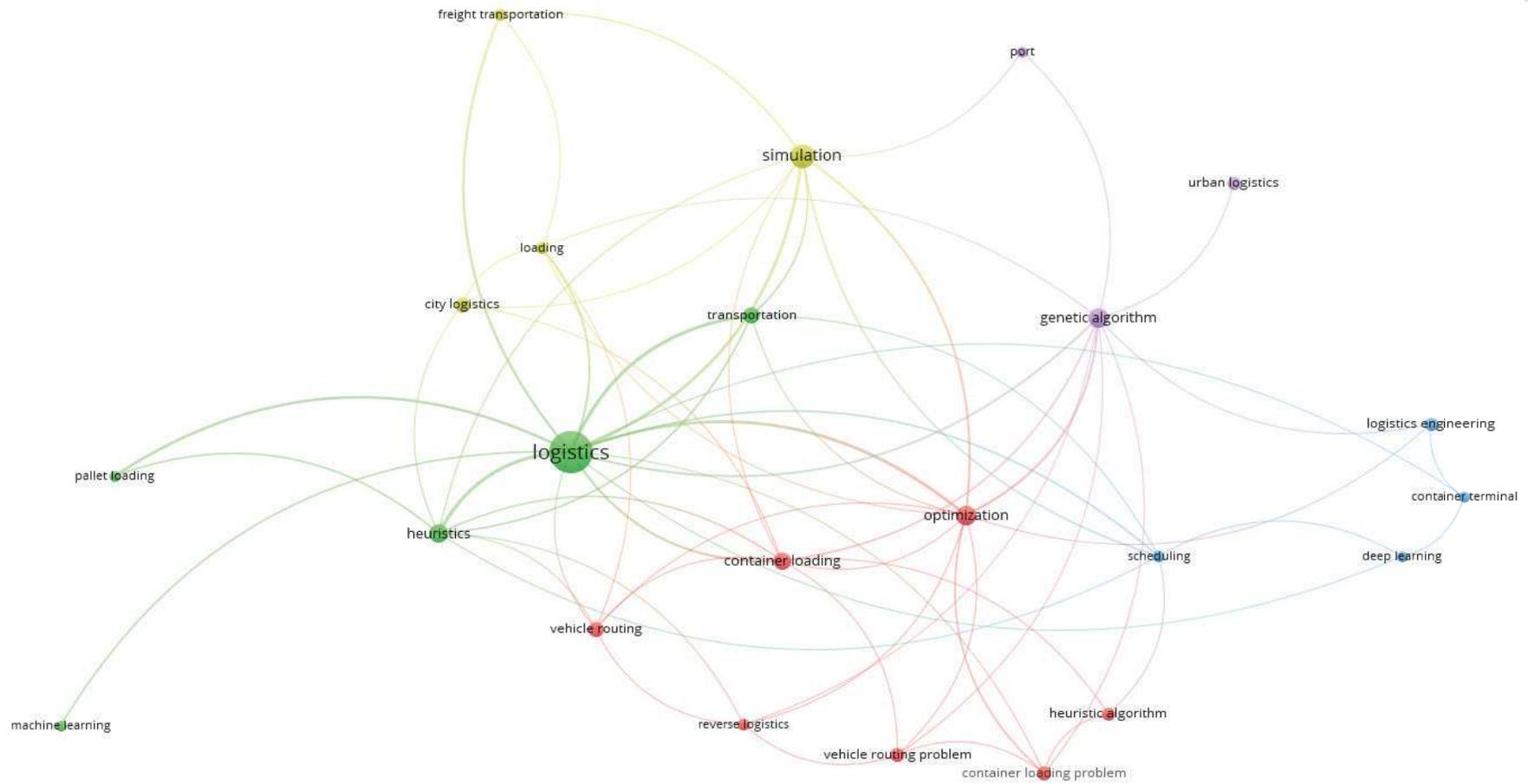
Dokonano również obliczeń symulacyjnych wypełnienia naczepy samochodu ciężarowego o standardowych wymiarach $13,6 \times 2,45 \times 2,7$ m [BTA International 2025] dla załadunku kartonów luzem i paletowego. Przyjęto założenie, że wykorzystywane są kartony (opakowania zbiorcze) o standardowych wymiarach: $600 \times 400 \times 400$ mm i palety EURO o standardowych wymiarach: $1200 \times 800 \times 144$ mm [Deviatkin, Horttanainen 2020, s. 1; Frąs i in. 2018, s. 26–29]. Liczba warstw na palecie wynosi cztery, a kartony można układać jedynie w orientacji poziomej. Założenia symulacji zostały opracowane na podstawie wiedzy eksperckiej i odzwierciedlają realne warunki operacji logistycznych.

Przeprowadzono także obserwację otoczenia zawodowego jednej z fabryk produkujących wyroby tytoniowe. Zakład stosuje obydwie metody załadunku, a obserwacja umożliwiła pozyskanie informacji o wpływie danej metody na proces magazynowania.

Wizualizacja mapy tematycznej słów kluczowych wygenerowana w programie VOSviewer (rys. 1) pozwoliła zidentyfikować główne obszary badawcze związane z logistyką, załadunkiem, optymalizacją i automatyzacją procesów transportowych. Do stworzenia bazy danych publikacji, na podstawie której opracowano mapę, wykorzystano zasoby bazy bibliograficznej Scopus.

Analiza klastrow tematycznych wskazuje na silne powiązania między takimi zagadnieniami jak: logistyka (logistics), załadunek (loading), optymalizacja (optimization), trasowanie pojazdów (vehicle routing), symulacja (simulation), algorytmy genetyczne (genetic algorithms) czy uczenie maszynowe (machine learning). Jednocześnie zauważalna jest marginalizacja takich terminów jak problem rozmieszczenia ładunku na palecie (pallet loading problem) czy problem załadunku kontenera (container loading problem) w kontekście ujęcia operacyjnego oraz praktycznego zastosowania w codziennych procesach logistycznych.

Choć zagadnienie loading zajmuje centralną pozycję w przestrzeni semantycznej i jest silnie skorelowane z terminami inżynierskimi oraz optymalizacyjnymi, to jednak większość analiz skupia się na ujęciu matematycznym i algorytmicznym (np. integer programming, heuristic algorithms, container loading problems). Brakuje natomiast



Rysunek 1. Współwystępowanie słów kluczowych

Figure 1. The co-occurrence of the author's keywords

Źródło: opracowanie własne w programie VOSviewer

Source: own elaboration in VOSviewer

metod załadunku na efektywność operacyjną, elastyczność systemu logistycznego, koszty oraz przyszłą automatyzację, co jest słabo reprezentowane w dotychczasowej literaturze przedmiotu.

Czas załadunku i rozładunku

Efektywność załadunku i rozładunku to kluczowy element procesów logistycznych, mający bezpośredni wpływ na koszty operacyjne oraz wydajność całego łańcucha dostaw. Poniżej zaprezentowano analizę porównawczą metody załadunku i rozładunku kartonów luzem oraz paletyzowanego. Ładunek kartonów luzem odbywa się najczęściej ręcznie, dlatego również w tej pracy przyjęto takie założenie, natomiast ładunek paletyzowany przebiega w sposób zmechanizowany z użyciem wózków widłowych. Literatura przedmiotu wskazuje, że załadunek i rozładunek palet odbywa się szybciej i łatwiej.

Na przykładzie magazynu zlokalizowanego w Polsce przeanalizowano załadunek 900 kartonów o łącznej masie ok. 27 ton. Ręczny załadunek kartonów luzem wymagałby pracy co najmniej trzech osób przez ok. 4 godziny, co daje łącznie ok. 12 roboczogodzin. Wariant paletyzowany tego samego ładunku (24 palety) umożliwia załadunek w czasie poniżej jednej godziny, wykonywany przez jednego pracownika [DTA 2025]. Opracowanie techniczne firmy Cascade Corporation pokazuje, że wprowadzenie systemu paletowego skróciło czas załadunku naczepy ciężarówki z ok. 150 min do jedynie 30 min (o 80% mniej) [Cascade 1995, s. 6–8]. Inne badania także podkreślają wysoką wydajność załadunku i rozładunku paletyzowanego i jego przewagę nad manipulacją kartonami luzem. W jednym z eksperymentów magazynowych załadunek 33 palet o masie ok. 1815 kg każda zajmowało przeciętnie 38,4 min, czyli średnio 1,2 min na jedną paletę [Burdzik i in. 2014, s. 326–327]. Czas ręcznego załadunku tego samego wolumenu byłby wielokrotnie dłuższy. Z kolei rozładunek spaletyzowanego towaru przebiega szybko i efektywnie dzięki użyciu wózków widłowych – w tym samym eksperymencie zajął on 30,4 min. Jak informuje firma Labor Loop, rozładunek kontenera luzem trwa średnio pięciokrotnie dłużej niż rozładunek kontenera z paletami – w analizowanym przypadku rozładunek 800 kartonów luzem zajął ponad 4 godziny, a z użyciem palet niecałą godzinę (przy wykorzystaniu odpowiednich urządzeń) [Labor Loop 2025]. Paletyzacja pozwala zatem skrócić czas rozładunku o co najmniej 75%.

Na podstawie danych literaturowych można uśrednić czasy poszczególnych operacji, uwzględniając ich zakres i wartości orientacyjne (tab. 1).

Tabela 1. Porównanie czasów załadunku i rozładunku

Table 1. Comparison of loading and unloading times

Rodzaj operacji	Metoda	Uśredniony czas operacji
Załadunek	kartony luzem	3,5–4 h
Załadunek	paletyzowany	30–60 min
Rozładunek	kartony luzem	>4 h
Rozładunek	paletyzowany	30–45 min

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Cascade 1995, s. 6–8; Burdzik i in. 2014, s. 326–327; Labor Loop 2025]

Source: own elaboration based on [Cascade 1995, p. 6–8; Burdzik et al. 2014, p. 326–327; Labor Loop 2025]

Koszty operacyjne związane z załadunkiem

Metoda załadunku towarów znacząco wpływa na strukturę i wysokość ponoszonych przez przedsiębiorstwo kosztów logistycznych. Wybór paletyzacji generuje dodatkowe koszty, które nie występują przy załadunku kartonów luzem – kluczowa jest konieczność zakupu palet. Standardowa paleta drewniana kosztuje średnio kilkadziesiąt złotych, dlatego pełen załadunek naczepy wymagającej ok. 33 palet stanowi istotny składnik kosztów jednostkowych operacji. Ponadto eksport ładunków na paletach z surowego drewna wymaga uwzględnienia wymogów fitosanitarnych dotyczących drewnianego materiału opakowaniowego. Zgodnie z międzynarodowym standardem ISPM 15 oraz przepisami państw trzecich wymagania te odnoszą się do samych palet (i innych opakowań z surowego drewna) niezależnie od rodzaju przewożonego towaru, podczas gdy opakowania z drewna przetworzonego (np. sklejka, płyty wiórowe) są z tych obowiązków zwolnione [FAO/IPPC 2019; European Commission 2023; PIORiN 2023]. W praktyce większość krajów spoza UE wymaga, aby opakowania takie były poddane zatwierdzonemu zabiegowi (np. obróbce termicznej) i oznakowane znakiem IPPC zgodnym z ISPM 15, czego koszty ponoszą eksporterzy [FAO/IPPC 2019; Hagedorn 2009, s. 14–16]. Dodatkowym kosztem związanym z paletyzacją jest foliowanie jednostek ładunkowych, co pociąga za sobą konieczność zakupu materiałów, takich jak folia stretch, oraz przeprowadzenia samej operacji foliowania. Paletyzacja umożliwia jednak efektywne wykorzystanie sprzętu mechanicznego, takiego jak wózki widłowe oraz przenośniki, a dzięki mechanizacji istotnie zredukowane są koszty pracy manualnej. Chociaż zakup oraz utrzymanie sprzętu mechanicznego wiążą się z określonymi nakładami finansowymi (np. koszt zakupu wózka widłowego to ok. 22,5 tys. euro), rozłożenie tych kosztów na dużą liczbę operacji logistycznych okazuje się korzystniejsze ekonomicznie niż ciągłe finansowanie pracy ręcznej [Carlan i in. 2023, s. 2–4]. Krótszy czas pracy wynikający z paletyzacji wpływa korzystnie na koszty zasobów ludzkich. Zgodnie z danymi zaprezentowanymi wcześniej, załadunek paletowy może być nawet pięciokrotnie bardziej efektywny czasowo niż ręczny załadunek kartonów luzem. Przy założeniu, że szacunkowy koszt pracownika wynosi 40 zł/h, przeprowadzono następujące obliczenia:

- załadunek paletowy (45 minut): $45/60 \times 40 \text{ zł} = 30 \text{ zł}$;
- załadunek kartonów luzem (225 minut): $225/60 \times 40 \text{ zł} = 150 \text{ zł}$.

Zatem również koszty pracy ludzkiej przy ręcznym załadunku mogą być nawet pięciokrotnie wyższe niż przy załadunku paletowym. Różnice te mogą okazać się jeszcze bardziej znaczące w praktyce, gdyż operacje ręczne wymagają zazwyczaj zaangażowania większej liczby pracowników. Przy dużej skali operacji logistycznych, rzędu np. 20 wysyłek dziennie, różnica kosztów wynikająca z metody załadunku może wynieść miesięcznie nawet 70 tys. zł (przy przyjęciu przedstawionych wyżej parametrów).

Paletyzacja czy załadunek kartonów luzem oznacza wybór między wyższymi kosztami transportu a wyższymi kosztami pracy. Kwestia opłacalności wyboru konkretnej metody załadunku zależy w dużej mierze od struktury kosztów danego przedsięwzięcia logistycznego. Kluczowym czynnikiem determinującym tę opłacalność jest relacja między oszczędnościami wynikającymi z frachtu a dodatkowymi kosztami związanymi z pracą manualną oraz zakupem i obsługą palet. Modelowa analiza kosztów przeprowadzona przez Virginia Tech wskazuje, że przy obecnych stawkach frachtu w przypadku

większości typowych dóbr szybko zbywalnych bardziej ekonomiczną opcją jest załadunek luzem [Hagedorn 2009, s. 14–16]. Nawet w krajach o relatywnie wysokich kosztach pracy dodatkowy wydatek związany z obsługą ręczną nie przewyższa oszczędności wynikających z możliwości załadunku większej liczby towarów do pojedynczego kontenera. Jeśli zastosowanie palet wymagałoby użycia dodatkowego kontenera, załadunek kartonów luzem będzie zdecydowanie bardziej opłacalny. Odwrotna sytuacja występuje w przypadku towarów ciężkich, gdzie ograniczeniem nie jest objętość, lecz masa kontenera. W takich przypadkach różnica w liczbie możliwych do załadowania kartonów przy zastosowaniu którejkolwiek z analizowanych metod będzie znikoma. Bardziej opłacalna staje się wówczas paletyzacja, ponieważ pozwala na szybszą i bardziej zautomatyzowaną obsługę ładunku, co przekłada się na obniżenie kosztów operacyjnych. Innymi słowy, jeśli paletyzacja pozwala w pełni wykorzystać dopuszczalną wagę kontenera, to jej zastosowanie przynosi korzyści w postaci sprawniejszego przeładunku oraz niższych kosztów pracy. Natomiast gdyby objętość zajmowana przez palety wymagała załadunku do dodatkowego kontenera, bardziej racjonalne byłoby ładowanie kartonów luzem, co pozwala uniknąć nadmiernych kosztów frachtu i zoptymalizować ekonomiczną efektywność transportu.

Wpływ metody załadunku na łańcuch dostaw

Wysyłka paletowa znacząco usprawnia działanie łańcucha dostaw, ponieważ standaryzowane wymiary i nośniki umożliwiają dokładne zaplanowanie przestrzeni ładunkowej w pojazdach i kontenerach, co poprawia przewidywalność załadunku oraz skraca czas operacji przeładunkowych [Rushton 2010, s. 236–256]. Mechaniczne podnoszenie i transport palet za pomocą wózków widłowych, przenośników rolkowych czy suwnic pozwala zautomatyzować procesy magazynowe, a etykiety RFID lub kody kreskowe umieszczone na paletach ułatwiają szybkie śledzenie lokalizacji i rotacji zapasów w systemach WMS [Rushton 2010, s. 323–326]. Dzięki temu skraca się czas realizacji zamówień, rośnie liczba cykli magazynowych, a ryzyko błędów czy uszkodzeń towarów maleje, co przekłada się na większą wydajność całego łańcucha dostaw. Załadunek kartonów luzem, choć często bardziej ekonomiczny pod względem kosztu transportu przypadającego na jednostkę produktu, wiąże się z niską standaryzacją i koniecznością ręcznego układania, zabezpieczania i oznaczania każdej sztuki ładunku. W warunkach dynamicznych łańcuchów dostaw, gdzie zmiany w grafiku czy typie ładunku mogą nastąpić z dnia na dzień, brak możliwości szybkiego przeorganizowania układu bez użycia palet utrudnia elastyczne reagowanie na nowe zamówienia [Rushton 2010, s. 236–256].

Jednocześnie rozwój technologii chwytaków kartonowych pozwala częściowo łączyć zalety obu podejść. Hydrauliczne chwytaki wyposażone w gumowe nakładki o wysokim współczynniku tarcia potrafią bezpiecznie unieść ciężkie opakowania bez palet pod warunkiem odpowiedniego doboru ciśnienia docisku, uwzględniającego dynamiczne wstrząsy, sięgające nawet 2 G podczas gwałtownego zatrzymania ładunku. W praktycznych testach przy zastosowaniu minimalnego ciśnienia obliczonego na podstawie modelu numerycznego zaobserwowano średni poślizg wynoszący jedynie ok. 3 mm [Park i in. 2017, s. 25–34], co uznano za akceptowalne i pozwalające zacho-

wać ciągłość operacji magazynowych bez konieczności stosowania tradycyjnych palet. Elastyczna organizacja transportu wymaga nie tylko mechanicznych rozwiązań, lecz także zaawansowanej integracji z systemami informatycznymi. W przypadku paletyzacji dane o każdym ładunku są od razu dostępne w WMS, co umożliwia automatyczne generowanie planów załadunku, optymalizację i szybką zmianę konfiguracji pojazdów. Brak automatyzacji przy załadunku kartonów luzem skutkuje wydłużeniem czasu przyjęcia towaru do magazynu oraz większym ryzykiem pomyłek przy inwentaryzacji i przydziale miejsca składowania. Nawet przy zastosowaniu chwytaków kartonowych konieczne jest oznakowanie każdej jednostki, co jest dodatkowym obciążeniem dla pracowników i systemów IT.

Podsumowując, choć załadunek kartonów luzem może być korzystny w niektórych sytuacjach (np. niestandardowe gabaryty, niski wolumen), to z perspektywy efektywności, przejrzystości przepływu towarów i zdolności szybkiego dostosowania się do zmieniających warunków rynkowych znacznie lepiej sprawdza się podejście paletowe. Ustandaryzowane jednostki ładunkowe, wsparcie automatyzacji i pełna integracja z WMS nie tylko przyspieszają operacje przeładunkowe, ale także pozwalają dynamicznie zarządzać zasobami transportowymi, co przekłada się na wysoką elastyczność organizacji transportu w nowoczesnych łańcuchach dostaw.

Ekologiczność prezentowanych rozwiązań

Załadunek kartonów luzem pozwala optymalnie wypełnić przestrzeń ładunkową, dzięki czemu na jednostkę towaru przypada mniej kursów transportowych. Przekłada się to na mniejsze zużycie paliwa i obniżoną emisję CO₂ [Baumel 2011, s. 79–81] w całym łańcuchu dostaw. W przypadku wysyłki paletowej część przestrzeni zajmują same palety, co obniża efektywność ładowności i może wymagać dodatkowego transportu tych jednostek pomocniczych.

Transport kartonów luzem nie wymaga stosowania palet, folii stretch czy kątowników, co zmniejsza liczbę generowanych odpadów opakowaniowych [Scioșteanu, Criveanu 2023]. Jednak brak mechanicznego zabezpieczenia zwiększa ryzyko uszkodzeń towarów, co skutkuje większą ilością odpadów produktowych i koniecznością ponownej produkcji. Z kolei paletyzacja umożliwia lepsze ułożenie ładunku, co zmniejsza ryzyko uszkodzenia produktów [White 2017, s. 5–7], ale generuje znaczące ilości materiałów zabezpieczających, zwłaszcza przy jednorazowym użyciu, co niekorzystnie wpływa na ślad węglowy transportu.

Palety drewniane czy plastikowe można zazwyczaj poddawać recyklingowi lub eksploatować wielokrotnie, co częściowo niweluje negatywne skutki ich produkcji i utylizacji. Niemniej jednak każdorazowe wprowadzenie nowej partii palet wiąże się ze zużyciem surowców (drewna, tworzyw sztucznych) oraz energii potrzebnej do produkcji i konserwacji palet [White 2017, s. 5–6].

Badania nad chwytakami kartonowymi pokazują, że ich zastosowanie umożliwia obsługę ciężkich opakowań bez konieczności użycia palet, co sprzyja ograniczeniu zużycia drewna i materiałów opakowaniowych. Rozwój tych rozwiązań był napędzany m.in. potrzebą redukcji wykorzystania palet wynikającą z konieczności optymalizacji kosztów

i dostosowania się do wymagań fitosanitarnych dotyczących drewna używanego w paletach. Jednocześnie odgrywają one kluczową rolę w zmniejszaniu strat towarowych podczas przewozu, co przekłada się także na ograniczenie liczby odpadów i lepszy bilans ekologiczny całego procesu logistycznego [Park i in. 2017, s. 25–34].

Z perspektywy zrównoważonego rozwoju optymalny wybór między załadunkiem kartonów luzem a paletowym powinien uwzględniać nie tylko koszty i efektywność operacyjną, ale również analizę cyklu życia opakowań i poziomu strat produktowych. W praktyce najlepsze rezultaty ekologiczne osiąga się dzięki minimalizacji odpadów opakowaniowych (poprzez redukcję lub wielokrotne użycie palet), przy jednoczesnym zapewnieniu wystarczającej ochrony towarów, dzięki czemu zmniejsza się zarówno zużycie surowców, jak i emisja związana z dodatkowymi kursami transportowymi [Scrioșteanu, Criveanu 2023].

Aspekty bezpieczeństwa a metody załadunku

Wybór formy załadunku bezpośrednio determinuje poziom ochrony przewożonych towarów, bezpieczeństwa pracowników oraz stabilności całego procesu transportowego.

Załadunek kartonów luzem, choć pozwala na maksymalne wykorzystanie przestrzeni, wiąże się z wysokim ryzykiem przemieszczania się ładunku podczas transportu. Towary układane pojedynczo bez ustandaryzowanych jednostek ładunkowych mogą się przesuwać pod wpływem drgań, przyspieszeń lub gwałtownych manewrów pojazdu, co prowadzi do ich uszkodzeń mechanicznych [Park i in. 2017, s. 25–34]. Brak możliwości mechanicznej obsługi każdej jednostki wymusza ręczne przenoszenie, układanie i zabezpieczanie towarów, czyli czynności powtarzalne i obciążające układ mięśniowo-szkieletowy pracowników, co znacząco zwiększa ryzyko kontuzji związanych z przeciążeniami, nienaturalną postawą czy pośpiechem.

W załadunku paletowym towary są grupowane na standaryzowanych paletach, a operacje dokonywane przede wszystkim przy użyciu wózków widłowych lub przenośników. Mechanizacja pozwala zmniejszyć bezpośrednie obciążenie fizyczne pracowników, ustandaryzowany kształt palety minimalizuje ryzyko przesunięć ładunku i związanych z tym uszkodzeń, a uporządkowany układ ładunku ułatwia zachowanie właściwych procedur BHP na rampach i w magazynach [Park i in. 2017, s. 25–34; Grabowska 2023, s. 171–172].

Niestandardowy charakter ładunku luzem utrudnia zastosowanie systemów automatycznego monitoringu i zabezpieczeń, co może prowadzić do przerw w realizacji dostaw lub uszkodzeń sprzętu [Ferreira, Reis 2023]. Natomiast paletyzacja, dzięki integracji z systemami WMS i prostemu sterowaniu ruchem wózków widłowych, wspiera szybkie i bezpieczne przeładunki oraz umożliwia wprowadzenie nowoczesnych rozwiązań, takich jak suwnice czy systemy AS/RS, minimalizujące ryzyko wystąpienia błędów ludzkich [Mourral 2020, s. 7–28].

W efekcie najbardziej kompleksową ochronę, zarówno z punktu widzenia bezpieczeństwa, jak i pracowników, zapewni zastosowanie palet lub dobrze zaprojektowanych chwytaków kartonowych, przy jednoczesnym zachowaniu właściwych parametrów roboczych wynikających z przeprowadzonych badań nad tarcie i obciążeniami dynamicznymi [Park i in. 2017, s. 25–34; Grabowska 2023, s. 179–181].

Wyniki badań

Wyniki badania ankietowego

W ramach przeprowadzonych badań ankietowych zebrano opinie ośmiu ekspertów z branży TSL (transport, spedycja, logistyka), reprezentujących różne doświadczenie zawodowe (od 0–2 lat do 6–10 lat praktyki) i stanowiska (m.in. spedytor, specjalista ds. logistyki wewnętrznej oraz pracownik transportowy). Celem badania było poznanie ocen różnych aspektów organizacyjnych i technologicznych załadunku towarów, a przedstawione wnioski mają charakter eksploatacyjno-poglądowy z uwagi na wielkość próby. Wyniki badania przedstawiono w tabeli 2 (wartości w niej podane oznaczają liczbę głosów oddanych na daną metodę załadunku). Wskazują one na zdecydowanie preferowanie przez ekspertów załadunku paletowego. Metoda ta uzyskała przewagę we wszystkich ocenianych aspektach – od organizacji pracy, przez bezpieczeństwo, po odporność na błędy, efektywność przy dużych wolumenach, możliwość automatyzacji oraz nadzór. Choć w przypadku jednego z pytań pojawiły się głosy wskazujące także rozwiązania alternatywne, ogólny wynik jednoznacznie potwierdza dominującą rolę załadunku paletowego we współczesnych i przyszłościowych procesach logistycznych.

Tabela 2. Zestawienie odpowiedzi ekspertów dotyczących oceny metod załadunku
Table 2. Summary of experts' responses regarding the evaluation of loading methods

Kryterium oceny	Załadunek kartonów luzem	Załadunek kartonów na paletach
Łatwiejsza organizacja	1	7
Bezpieczniejszy sposób załadunku	0	8
Metoda mniej podatna na błędy ludzkie	0	8
Bardziej odpowiednia przy dużych wolumenach przesyłek	2	6
Bardziej przyszłościowa (automatyzacja/robotyzacja)	0	8
Wymaga większego nadzoru logistycznego	8	0

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego

Source: own elaboration based on survey study

Wyniki obliczeń symulacyjnych – wykorzystanie powierzchni ładunkowej

Do analizy załadunku przyjęto standardową naczepę o wymiarach: 13,6 m dł., 2,45 m szer. i 2,70 m wys., co daje całkowitą objętość ładunkową ok. 90 m³ [DSV 2025]. Naczepa ta może pomieścić 33 palety typu EURO [Gładeko 2025]. Przedmiotem analizy był pojedynczy karton o wymiarach: 0,6 m dł., 0,4 m szer. i 0,4 m wys., co odpowiada objętości 0,096 m³. Przeprowadzono porównanie dwóch wariantów załadunku kartonów – luzem oraz na europaletach o standardowych wymiarach 1200 × 800 × 144 mm. Wyznaczono dla nich maksymalną liczbę kartonów, wykorzystywaną objętość oraz efektywność przestrzeni ładunkowej.

W pierwszym wariantcie załadunku luzem kartony ułożone zostały poziomo, najkorzystniej pod kątem wymiarów naczepy (0,6 m na szerokość i 0,4 m na długość). W takiej konfiguracji możliwe było umieszczenie 34 kartonów wzdłuż długości naczepy (13,6 m) oraz czterech kartonów w poprzek (2,4 m). Jedna warstwa składała się zatem

ze 136 kartonów. Maksymalna wysokość ładunku wynosiła sześć warstw (łącznie 2,4 m wysokości), co umożliwia załadunek 816 kartonów. Łączna objętość zajmowana przez kartony wyniosła 78,34 m³, co oznacza efektywność wykorzystania przestrzeni ładunkowej na poziomie 87,1%. W drugim wariantcie, z zastosowaniem palet o wym. 1200 × 800 mm, każda paleta mieściła w jednej warstwie cztery kartony ułożone poziomo. Maksymalna liczba palet wyniosła 33, co jest zgodne z typową pojemnością naczepy tego typu. Każda paleta została załadowana sześcioma warstwami kartonów, co przy wysokości palety 144 mm daje łączną wysokość ładunku 2,544 m (ograniczoną wysokością naczepy – 2,7 m). Załadowano w sumie 792 kartony. Objętość kartonów wyniosła 76,03 m³, dodatkowa objętość zajmowana przez palety wyniosła ok. 4,56 m³, zatem całkowita objętość ładunku wraz z paletami wyniosła 80,59 m³, co oznacza efektywność wykorzystania przestrzeni ładunkowej na poziomie 89,58%.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że zastosowanie palet skutkuje większą efektywnością wykorzystania przestrzeni ładunkowej w porównaniu do załadunku luzem (pomimo zajmowania dodatkowej przestrzeni przez same nośniki). Jeśli natomiast zmienilibyśmy wysokość kartonu na 445 mm, uzyskamy zupełnie inne wyniki (tab. 3). W takim przypadku załadunek kartonów luzem odznacza się wyższą efektywnością wykorzystania przestrzeni ładunkowej w porównaniu do załadunku paletowego.

Tabela 3. Wykorzystanie powierzchni ładunkowej wypełnionej kartonem o wymiarach 600 × 400 × 445 mm

Table 3. Utilization of the loading area (cardboard boxes 600 × 400 × 445 mm)

Wariant	Liczba kartonów	Wykorzystana objętość [%]	Efektywność [%]
Załadunek kartonów luzem	816	87,15	96,87
Załadunek na paletach	660	75,05	83,42

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Cascade 1995; Burdzik i in. 2014; Labor Loop 2025]

Source: own elaboration based on [Cascade 1995; Burdzik i in. 2014; Labor Loop 2025]

Wyniki obserwacji – wpływ na sposób magazynowania

Analiza wykazała istotny wpływ metody załadunku na przebieg procesu magazynowania. W przypadku załadunku paletowego standardową praktyką jest magazynowanie gotowych do wysyłki paletowych jednostek ładunkowych (PJŁ), jeśli tylko pozwalają na to możliwości technologiczne przedsiębiorstwa. W praktyce jednak występują ograniczenia, takie jak niemożność stworzenia przez roboty paletyzujące jednostek o wymaganej wysokości lub bariery ergonomiczne podczas ręcznego układania jednostek przez pracowników. Mimo tych trudności magazynowanie gotowych PJŁ jest uważane za rozwiązanie wysoce efektywne, do którego przedsiębiorstwa dążą ze względu na znaczną oszczędność czasu podczas załadunku oraz zwiększoną efektywność operacyjną.

W przypadku załadunku kartonów luzem niemal zawsze pojawia się konieczność ich uprzedniego magazynowania po zakończeniu procesu produkcyjnego. Często praktykowane jest również ich przechowywanie na paletach, co sprzyja automatyzacji oraz umożliwia lepsze zarządzanie przestrzenią magazynową. Kluczową różnicą jest jednak sposób formowania paletowej jednostki ładunkowej. W tym przypadku dąży się do maksymalizacji wykorzystania dostępnej przestrzeni poprzez zastosowanie np. palety che-

micznej o wymiarach 1200 × 1200 mm, czyli znacząco większej od standardowej palety EURO (1200 × 800 mm). Dzięki zastosowaniu większych palet możliwe jest zwiększenie liczby opakowań zbiorczych przypadających na jedną warstwę. Liczba warstw także jest maksymalizowana przy uwzględnieniu ograniczeń wynikających z dostępnej technologii paletyzacji oraz wymagań związanych ze stabilnością palety. Pozwala to na zwiększenie ilości towarów przechowywanych w jednym gnieździe magazynowym, co prowadzi do bardziej efektywnego wykorzystania powierzchni magazynowej.

Innowacyjność

W obliczu rosnących wymagań dotyczących efektywności i zrównoważonego rozwoju w logistyce intensywnie poszukuje się rozwiązań eliminujących konieczność stosowania tradycyjnych palet. Jedną z obiecujących koncepcji jest nanoszenie na ścianki kartonów heksagonalnej struktury metalizowanej wykonanej w technologii PVD (physical vapor deposition). Proces ten polega na precyzyjnym wytłoczeniu na wyznaczonych fragmentach ścian kartonów subtelnymi wgłębieniami mających kształt plastra miodu, a następnie selektywnym napyleniu cienkiej, kilkumikrometrowej powłoki metalu (np. aluminium lub stopu Al-Zn). Tak powstałe uchwyty łączą w sobie lekkość i biodegradowalność papieru z wytrzymałością oraz przewodnością metalu, umożliwiając bezramowe i bezklamrowe mocowanie pasów lub lin transportowych.

Metalizowane punkty mocowania cechują się znaczną nośnością oraz wysoką odpornością na ścieranie, przy jednoczesnym przyroście masy kartonu na poziomie zaledwie kilkunastu gramów. Tak minimalna zmiana wagi nie ma istotnego wpływu na zużycie paliwa podczas transportu, ułatwia natomiast recykling: papier ulega hydrolizie, a cienka powłoka metalu oddziela się w procesie odzysku surowców.

Wdrożenie tej technologii wymaga modyfikacji istniejących linii produkcyjnych, a personel produkcyjny powinien przejść szkolenie w zakresie metod spinania ładunków z wykorzystaniem nowych uchwytów, z uwzględnieniem możliwości monitoringu naprężeń dzięki powłoce przewodzącej.

Technologia metalizowanych uchwytów znakomicie współgra z klasycznymi metodami klejenia kartonów. W obszarach pozbawionych napyłonej struktury można stosować kleje hot-melt lub wodne, które uszczelniają i wzmacniają krawędzie opakowania. Dzięki takiemu połączeniu mechaniczna wytrzymałość uchwytów zyskuje wsparcie adhezyjne, co poprawia stabilność wielowarstwowych układów ładunkowych oraz zwiększa odporność na przesunięcia i drgania podczas transportu.

Mimo licznych korzyści implementacja tego rozwiązania wiąże się z pewnymi wyzwaniem. Do najważniejszych należą: konieczność precyzyjnej kontroli parametrów procesu napylenia oraz zapewnienie właściwej segregacji odpadów w zakładach recyklingu. Ponadto niewłaściwie zabezpieczona powłoka może ulec korozji w warunkach podwyższonej wilgotności.

Pomimo tych ograniczeń, przy odpowiednim zarządzaniu procesem i dostosowaniu procedur produkcyjnych oraz recyklingowych technologia metalizowanych uchwytów ma potencjał, by stać się standardem w nowoczesnym transporcie drogowym i przyczynić się do redukcji kosztów logistycznych i odpadów paletowych oraz poprawy bezpieczeństwa i zwiększenia możliwości monitorowania ładunków.

Przypadki zasadnego zastosowania obu rozwiązań

Wybór odpowiedniej metody załadunku kartonów powinien być uzależniony od warunkowań technicznych, ekonomicznych oraz organizacyjnych konkretnego procesu logistycznego. Analiza literatury, danych empirycznych i wyników przeprowadzonych badań ankietowych pozwala na wskazanie typowych scenariuszy, w których każda z opisywanych metod znajduje uzasadnione zastosowanie.

Załadunek kartonów luzem, polegający na ręcznym umieszczaniu opakowań zbiorczych bezpośrednio w przestrzeni ładunkowej pojazdu lub kontenera, znajduje zastosowanie przede wszystkim wtedy, gdy priorytetem jest maksymalne wykorzystanie dostępnej objętości. Metoda ta pozwala zminimalizować straty przestrzenne związane z użyciem nośników, takich jak palety, co bywa istotne w przypadku lekkich i regularnych gabarytowo produktów, których transport ograniczany jest przez objętość, a nie masę. W takich przypadkach możliwe jest znaczące zwiększenie liczby przewożonych jednostek ładunkowych bez zwiększania liczby operacji transportowych.

Załadunek kartonów luzem może być również korzystny w warunkach ograniczonego dostępu do infrastruktury magazynowej i sprzętu przeładunkowego, np. w lokalizacjach niewyposażonych w wózki widłowe lub rampy. Brak konieczności wykorzystywania palet obniża również koszty materiałowe i eliminuje potrzebę ich magazynowania, wymiany lub zwrotu. Badania ankietowe wykazały, że część praktyków decyduje się na ten wariant szczególnie w przypadku transportu produktów trwałych mechanicznie, przy mniejszych zamówieniach lub w sytuacjach wymagających większej elastyczności układu ładunku.

Warto jednak podkreślić, że w przypadku ładunków ciężkich wymienione powyżej zalety załadunku kartonów luzem przestają mieć znaczenie. Gdy niezależnie od sposobu pakowania pojazd osiąga dopuszczalną masę, dołożenie dodatkowego wolumenu przestaje być możliwe, a głównymi przewagami stają się efektywność przeładunkowa i koszt pracy.

Załadunek na paletach znajduje szerokie zastosowanie w nowoczesnych systemach logistycznych, szczególnie tam, gdzie kluczowe są standaryzacja, mechanizacja oraz bezpieczeństwo. Kartony ułożone na paletach mogą być sprawnie załadowywane i rozładowywane przy użyciu wózków widłowych lub systemów przenośnikowych, co znacząco skraca czas operacji i redukuje koszty robocizny. Metoda ta zapewnia również większą stabilność ładunku, ogranicza ryzyko uszkodzeń oraz umożliwia łatwiejsze śledzenie i zarządzanie jednostkami ładunkowymi w systemach magazynowych.

Wyniki badania ankietowego wskazują, że większość respondentów preferuje rozwiązanie paletowe – podkreślali oni jego większą efektywność, bezpieczeństwo oraz zgodność z infrastrukturą magazynową. Jest to rozwiązanie szczególnie korzystne w przypadku ograniczeń czasowych, dużej skali operacji oraz możliwości wykorzystania sprzętu zmechanizowanego. Paletyzacja jest również często wymagana przez odbiorców instytucjonalnych oraz operatorów logistycznych, co czyni ją bardziej uniwersalnym i przewidywalnym rozwiązaniem w łańcuchach dostaw. W przypadku towarów ciężkich lub transportowanych na dalsze odległości, gdzie głównym ograniczeniem jest masa, a nie objętość, metoda paletowa umożliwia pełne wykorzystanie ładowności przy zachowaniu wysokiej efektywności przeładunku.

Na podstawie przeprowadzonych analiz i badań można stwierdzić, że żadna z analizowanych metod załadunku nie jest jednoznacznie lepsza. Załadunek kartonów luzem

sprawdza się tam, gdzie kluczowe jest maksymalne wykorzystanie przestrzeni i minimalizacja kosztów materiałowych, a załadunek paletowy dominuje wtedy, gdy istotna jest szybkość, standaryzacja i bezpieczeństwo operacji logistycznych. W praktyce optymalizacja procesu logistycznego powinna się opierać na kompleksowej analizie: rodzaju produktu, dostępnej infrastruktury, ograniczeń transportowych oraz oczekiwań odbiorcy.

Wnioski

Przeprowadzone badania umożliwiły sformułowanie odpowiedzi na postawione pytania badawcze, a także wskazanie najistotniejszych implikacji praktycznych wynikających z porównania metod załadunku kartonów luzem i na paletach w procesach logistycznych.

W odpowiedzi na pierwsze pytanie badawcze stwierdzono, że załadunek paletowy cechuje wyraźnie krótszy czas realizacji oraz niższe zapotrzebowanie na zasoby ludzkie. Dzięki wysokiemu stopniowi mechanizacji oraz integracji z systemami WMS metoda ta umożliwia standaryzację operacji, co przekłada się na zwiększoną wydajność i bezpieczeństwo pracy oraz mniejsze ryzyko błędów operacyjnych. Z drugiej strony, załadunek kartonów luzem, pomimo większej pracochłonności, zapewnia wyższą efektywność wykorzystania przestrzeni ładunkowej, zwłaszcza w przypadku towarów lekkich o regularnych kształtach, których transport ogranicza wolumen, a nie masa.

Odpowiadając na drugie pytanie badawcze, wykazano, że załadunek paletowy sprzyja automatyzacji, elastycznemu planowaniu operacyjnemu oraz przejrzystości przepływów materiałowych, natomiast załadunek kartonów luzem, choć ogranicza możliwości mechanizacji i utrudnia śledzenie ładunku, może być korzystny w warunkach nierozwiniętej infrastruktury technicznej lub wysokich kosztów frachtu.

Na trzecie pytanie badawcze, dotyczące zasadności zastosowania każdej z metod, odpowiedziano na podstawie zarówno danych empirycznych, jak i literaturowych. Załadunek kartonów luzem znajduje zastosowanie przede wszystkim w przypadku lekkich produktów objętościowych, niskich kosztów pracy i ograniczeń przestrzennych, podczas gdy metoda paletowa dominuje w środowiskach wymagających wysokiej powtarzalności, szybkości operacji oraz zgodności z wymaganiami odbiorców instytucjonalnych.

Syntetyzując wyniki badań, należy podkreślić, że optymalny wybór metody załadunku powinien być każdorazowo determinowany specyfiką operacyjną, profilem towaru, możliwościami infrastrukturalnymi oraz strategią przedsiębiorstwa w zakresie automatyzacji i zrównoważonego rozwoju. Wskazane jest indywidualne podejście do decyzji operacyjnych, uwzględniające również potencjał wdrażania innowacyjnych rozwiązań technologicznych, takich jak chwytaki kartonowe czy struktury metalizowane, które mogą w przyszłości redefiniować tradycyjne modele załadunku.

Bibliografia

- Baumel C.P., 2011: Measuring bulk product transportation fuel efficiency, *Journal of the Transportation Research Forum* 50(1), 79–88.
- Bell J., 2021: Investigation of the forces of a load securing strap in different plants, *EVU Online*, <https://www.evu-online.org/investigation-of-the-forces-of-a-load-securing-strap-in-different-plants> [dostęp: 12.05.2025].

- BTA International, 2025: Dimensions of trucks and trailers, <https://www.bta-international.com/en/information/dimensions-trucks-trailers> [dostęp: 12.05.2025].
- Burdzik R., Cieśla M., Śladowski A., 2014: Cargo loading and unloading efficiency analysis in multimodal transport, *Promet – Traffic & Transportation* 26(4), 323–331.
- Carlan V., Ceulemans D., van Hassel E. et al., 2023. Automation in cargo loading/unloading processes: do unmanned loading technologies bring benefits when both purchase and operational cost are considered? *Journal of Shipping and Trade* 8, 20.
- Cascade, 1995: Push/Pull & Slipsheet Handling Manual, Cascade Corporation, Portland, OR.
- Deviatkin I., Horttanainen M., 2020: Carbon footprint of an EUR-sized wooden and a plastic pallet, *E3S Web of Conferences* 158, 03001.
- DSV, 2025: Naczepa kurtynowa – standard, <https://www.dsv.com/pl-pl/nasze-rozwiazania/rodzaje-transportu/transport-drogowy/wymiary-naczep/naczepa-kurtynowa> [dostęp: 12.05.2025].
- DTA, 2025: Co to jest paletyzacja i jakie są jej korzyści?, <https://dta.com.pl/blog-dta/paletyzacja-magazyn/> [dostęp: 12.05.2025].
- European Commission, 2023: Requirements for wood packaging & dunnage, Directorate-General for Health and Food Safety, https://food.ec.europa.eu/plants/plant-health-and-biosecurity/trade-plants-plant-products-non-eu-countries/requirements-wood-packaging-dunnage_en [dostęp: 12.05.2025].
- FAO/IPPC, 2019: ISPM 15. Regulation of wood packaging material in international trade, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.ippc.int/en/publications/regulation-wood-packaging-material-international-trade-0/> [dostęp: 12.05.2025].
- Ferreira B., Reis J., 2023: A systematic literature review on the application of automation in logistics, *Logistics* 7(4), 80.
- Frań J., Olsztyńska I., Scholz S., 2018: Standardization and certification of the wooden packaging in international trade, *Research in Logistics and Production* 8(1), 25–37.
- Gallagher S., Heberger J.R., 2015: The effects of operator position, pallet orientation, and palletizing condition on low back loads in manual bag palletizing operations, *International Journal of Industrial Ergonomics* 47, 84–92.
- Gladeko, 2025: Naczepa standard/mega – wymiary i ładowność, <https://www.gladeko.com.pl/tabor,Naczepa-standardmega,23> [dostęp: 12.05.2025].
- Grabowska J., 2023: Safety of transportation of pallet shipments by a selected logistics operator, *Scientific Papers of Silesian University of Technology, Organization and Management Series* 189, 167–182.
- Hagedorn A.J., 2009: The effect of pallets and unitization on the efficiency of intercontinental product movement using ocean freight containers, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.
- Labor Loop, 2025: How Long Does It Take to Unload a Shipping Container?, <https://www.laborloop.com/how-long-does-it-take-to-unload-a-shipping-container> [dostęp: 12.05.2025].
- Mourral E., Lesaffre C., 2020: Benefits and challenges of an automated storage and retrieval system: A theoretical study on Food and Pharmaceutical automated storage and retrieval process, Master Thesis, Linnaeus University, Växjö–Kalmar.
- Pallet Enterprise, 2009: Floor Loading Versus Palletization for Sea Transit: New Tool Developed at Virginia Tech Provides Optimum Solutions, <https://palletenterprise.com/floor-loading-versus-palletization-for-sea-transit-new-tool-developed-at-virginia-tech-provides-optimum-solutions/> [dostęp: 19.11.2025].

- Park J., Kim J., Park J., Horvath L., Kim G., 2017: Numerical analysis of clamping pressure during carton clamp handling of heavyweight corrugated packages, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 10(5), 25–34.
- PIORiN, 2023: Opakowania drewniane, Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa, <https://www.gov.pl/web/piorin/opakowania-drewniane> [dostęp: 19.11.2025].
- Rushton A., Croucher P., Baker P., 2010: *The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain*, 4th ed., Kogan Page, London.
- Scrioșteanu A., Criveanu M.M., 2023: Reverse logistics of packaging waste under the conditions of a sustainable circular economy at the level of the European Union states, *Sustainability* 15(20), 14727.
- Sieczka J., 2019: Bezpieczeństwo w przewozach ładunku transportem samochodowym, *Gospodarka Materiałowa i Logistyka* 71(5), 627–649.
- Singh P., Singh J., Antle J., Topper E., Grewal G., 2014: Load securement and packaging methods to reduce risk of damage and personal injury for cargo freight in truck, container and intermodal shipments, *Journal of Applied Packaging Research* 6(1), 47–62.
- Sowa M., 2023: Palety ładunkowe. Teoretyczne i praktyczne wymiary eksploatacji w aspekcie zrównoważonego rozwoju, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Sztumski J., 1995: *Wstęp do metod i technik badań społecznych*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice.
- White M.S., 2017: A comparison of pallet strength and functionality: Litco's engineered molded wood pallets compared to GMA-style new and repaired wooden pallets, Litco International, Vienna, OH.
- Zhang X., Zheng D., Li B., 2024: Current problems in a new distribution center under labor shortage, *Advances in Economics and Management Research ICMEDTI 2024*, 11, 82–88.
- Zhao Y.S., Jaafar M.H., Mohamed A.S.A., Azraai N.Z., Amil N., 2022: Ergonomics risk assessment for manual material handling of warehouse activities involving high shelf and low shelf binning processes: application of marker-based motion capture, *Sustainability* 14(10), 5767.

Michał Tukaj^{1✉}, Marlena Samek-Wojtyła²

¹ Grodno S.A. w Michałowie-Grabinie

² Szkoła Podstawowa im. W. Szafera w Żarkach

Rola operatorów logistycznych w procesach magazynowania i dystrybucji w modelu dropshippingowym

The role of logistics operators in warehousing and distribution within the dropshipping model

Synopsis. Celem artykułu jest zidentyfikowanie zakresu i charakteru roli operatorów logistycznych w procesach magazynowania i dystrybucji w modelu dropshippingowym. Badanie oparto na analizie danych wtórnych pochodzących z raportów finansowych i dokumentów korporacyjnych trzech znanych podmiotów funkcjonujących w globalnym e-commerce, tj. Alibaba Group (Cainiao), PDD Holdings (Temu) oraz SHEIN, obejmujących pierwszą połowę 2025 roku. Wyniki wskazują, że operatorzy logistyczni stanowią krytyczne ogniwo w modelu dropshippingowym, decydujące o sprawności realizacji zamówień i wiarygodności całego łańcucha dostaw. Analiza ujawniła także zróżnicowanie w zakresie transparentności raportowania oraz akcentowania aspektów strategicznych – od finansowych i operacyjnych (Alibaba, PDD) po środowiskowe i społeczne (SHEIN). We wnioskach podkreślono potrzebę rozwijania nowych ram teoretycznych i praktycznych, które ujmują rolę operatorów logistycznych w kategoriach operacyjnych oraz strategicznych i środowiskowych.

Słowa kluczowe: dropshipping, operatorzy logistyczni, logistyka magazynowania, dystrybucja, cross-border e-commerce, ESG, transparentność raportowania

Abstract. The aim of this article is to analyze the role of logistics operators in warehousing and distribution processes within the dropshipping model. The study is based on secondary data analysis derived from financial reports and corporate documents of the largest global e-commerce players, including Alibaba Group (Cainiao), PDD Holdings (Temu), and SHEIN, covering the first half of 2025. The findings indicate that logistics operators represent a critical link in the dropshipping

✉ **Michał Tukaj** – Grodno S.A. w Michałowie-Grabinie; e-mail: michaltukaj@o2.pl; <https://orcid.org/0009-0001-6572-9914>

Marlena Samek-Wojtyła – Szkoła Podstawowa im. Władysława Szafera w Żarkach; e-mail: samek.marlena@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-0230-0493>

model, determining order fulfillment performance and the overall reliability of supply chains. The analysis also revealed significant differences in reporting transparency and strategic focus – ranging from financial and operational aspects (Alibaba, PDD) to environmental and social dimensions (SHEIN). The conclusions highlight the need for new theoretical and practical frameworks that conceptualize the role of logistics operators not only in operational but also in strategic and environmental terms.

Keywords: dropshipping, logistics operators, warehousing logistics, distribution, cross-border e-commerce, ESG, transparent reporting

Kody JEL: L81, M11, M21, R41, Q56

Wstęp

Rozwój handlu elektronicznego w ostatnich dwóch dekadach w istotny sposób zmienił funkcjonowanie współczesnych łańcuchów dostaw. Jednym z modeli biznesowych zdobywających coraz większą popularność jest dropshipping. Jest to strategia sprzedaży polegająca na eliminacji klasycznie rozumianego magazynu po stronie sprzedawcy i przekazywaniu zleceń bezpośrednio dostawcy, który odpowiada za realizację wysyłki do klienta końcowego [Witkowski 2003, s. 44]. Takie rozwiązanie znacząco ogranicza koszty operacyjne oraz przenosi odpowiedzialność za dystrybucję i magazynowanie na operatorów logistycznych [Christopher 2016, s. 89]. W związku z tym zauważalna jest zmiana znaczenia partnerów logistycznych, pełniących dotychczas funkcję pośredników w przepływie dóbr, a obecnie stających się ogniwem determinującym poziom obsługi klienta i konkurencyjność sprzedawcy internetowego [Kawa 2020, s. 112]. W literaturze przedmiotu dropshipping analizowany jest zarówno jako innowacyjny model biznesowy [Badenhorst 2019, s. 67], jak i w kontekście funkcjonowania globalnych łańcuchów dostaw [Zhang i in. 2021, s. 140]. W opracowaniach uwzględniani są operatorzy logistyczni typu 3PL i 4PL oraz centra fulfillment, umożliwiające ograniczenie czasu dostaw i optymalizację procesów magazynowych [Rushton i in. 2017, s. 133]. Badacze podkreślają, że model dropshippingowy wiąże się także z wyzwaniami, m.in. brakiem kontroli nad stanami magazynowymi, trudnościami w synchronizacji danych czy wysokimi kosztami obsługi zwrotów [Kisperska-Moroń 2018, s. 54]. Obecnie znaczenia nabierają również same procesy magazynowania i dystrybucji, które w warunkach międzynarodowych przepływów towarów, zwłaszcza w modelu cross-border, wymagają skoordynowanej współpracy wielu podmiotów. Rozwój handlu transgranicznego (cross-border e-commerce) wiąże się nie tylko z intensyfikacją przepływów logistycznych, lecz również z rosnącą presją na cyfryzację i innowacje technologiczne przedsiębiorstw działających w tym modelu [Chen i in. 2024]. W tym kontekście pojawia się potrzeba systematycznego badania roli operatorów logistycznych zapewniających fizyczny przepływ dóbr i coraz częściej uczestniczących w kształtowaniu strategii przedsiębiorstw e-commerce, a także odpowiadających za wdrażanie rozwiązań związanych ze zrównoważonym rozwojem [Klein & Popp 2022; Campisi i in. 2023]. Znaczenie tego zagadnienia potęgują obserwacje rynku, wskazujące, że w pierwszej połowie 2025 roku działalność podmio-

tów globalnych, takich jak Alibaba Group (Cainiao), PDD Holdings (Temu) oraz SHEIN, była w wysokim stopniu zdeterminowana decyzjami logistycznymi. Przykłady te pokazują, że operatorzy logistyczni są już nie wykonawcami zadań, ale strategicznymi partnerami, determinującymi możliwości rozwoju i skalowania oraz wiarygodność modeli dropshippingowych na arenie międzynarodowej.

Celem artykułu jest zidentyfikowanie zakresu i charakteru roli operatorów logistycznych w procesach magazynowania i dystrybucji w modelu dropshippingowym w oparciu o analizę danych wtórnych, obejmujących raporty finansowe, komunikaty korporacyjne i dokumenty strategiczne trzech wiodących platform e-commerce. Sformułowano następujące pytanie badawcze: Jaką funkcję pełnią obecnie operatorzy logistyczni w procesach magazynowania i dystrybucji w modelu dropshippingowym? Przyjęto hipotezę, że stanowią oni krytyczne ogniwo modelu dropshippingowego, determinujące przebieg procesów magazynowania i dystrybucji. W dalszej części artykułu przedstawiono przegląd literatury, opis zastosowanych materiałów i metod, wyniki badań oraz ich interpretację, a także podsumowanie i wnioski wskazujące na ograniczenia analizy oraz możliwe kierunki dalszych badań.

Przegląd literatury z zakresu tematyki badań

W nurcie podstaw teoretycznych dropshipping bywa ujmowany jako kontraktowy model dystrybucji, w ramach którego detalista przekazuje realizację zamówienia dostawcy/producentowi, eliminując konieczność własnego magazynowania, a tym samym przenosząc znaczną część funkcji logistycznych poza swoją organizację [Christopher 2016, s. 88–92]. W ujęciu praktycznym supply chain management, zgodnie z terminologią przyjmowaną przez Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), czyli zarządzanie łańcuchem dostaw obejmuje integrację kluczowych procesów logistycznych, informacyjnych i finansowych wzdłuż całego łańcucha wartości [CSCMP 2022]. W tym kontekście rola podmiotów zewnętrznych – zwłaszcza 3PL – polega na integracji usług transportowych, magazynowych, fulfillmentowych oraz IT [Lynch 2013]. W literaturze anglojęzycznej akcentuje się różnice poziomów integracji między 3PL i 4PL (orchestrator) a nowszymi konceptami 5PL (network design + IT), co ma znaczenie w modelach bezmagazynowych [Rushton i in. 2017, s. 130–137]. Te fundamenty definicyjne są rozwijane w publikacjach dotyczących e-fulfillmentu i wielokanałowości, w których dropshipping jest ujmowany jako wariant strategii realizacji zamówień o wysokiej zależności od partnerów zewnętrznych [Agatz i in. 2008]. Kwerenda literatury przedmiotu oraz badań modelowych pokazuje, że wybór między dropshippingiem a zamówieniami partiami (batch ordering) wynika z układu sił w łańcuchu (power), asymetrii informacji oraz struktury kosztów zapasu i dostawy [Lei & Xue 2022].

W literaturze operacyjnej analizuje się też strategie cenowo-kontraktowe (np. commitment-penalty contracts) w łańcuchach z dropshippingiem, wskazując na możliwość przesunięcia ryzyka zapasu w stronę producentów/3PL [Bares 2022; por. Gan i in. 2010]. Niemniej jednak publikacje koncepcyjne i przeglądowe potwierdzają, że outsourcing realizacji e-tailowej na rzecz 3PL (lub operatora platformowego) umożliwia skalowanie popytu przy ograniczonej kontroli zapasu [Haskel 2017]. Należy zauważyć, że w modelu

dropshippingowym ciężar magazynowania spoczywa na operatorach, a w praktyce na centrach fulfillment pełniących funkcję buforów popytu, realizujących mikrokompletacje i wysyłki jednostkowe (pick, pack & ship) przy wysokim stopniu automatyzacji [Rushton i in. 2017, s. 133]. Badania centrów Amazon pokazują, że lokalizacja i rozmieszczenie sieci fulfillment w dużym stopniu wpływają na czas dostaw i koszty końcowe, a w efekcie na przewagę konkurencyjną przedsiębiorstwa w handlu online [Houde i in. 2017]. Przegląd publikacji traktujących o e-fulfillmencie wskazuje natomiast, że przejęcie realizacji przez 3PL/4PL wymaga odpowiedniej integracji informacyjnej (widoczność zapasu, status zamówień, prognozy) – w przeciwnym wypadku rośnie ryzyko występowania „fałszywej dostępności” i opóźnień [Ponce 2020].

Należy również zwrócić uwagę na kwestię dystrybucji ostatniej mili w środowisku dropshipping. Jest to bowiem najkosztowniejszy i najbardziej wrażliwy odcinek dystrybucji w e-commerce. W literaturze przedmiotu zidentyfikowano bariery dla rozwoju tego segmentu dotyczące zrównoważenia, wydajności i akceptacji konsumenckiej (dostawa do domu vs. paczkomaty vs. click & collect) [Klein & Popp 2022]. Zwłaszcza analiza materiałów badawczych, raportów i artykułów dotyczących okresu pandemii COVID-19 wskazuje na skokowy wzrost wolumenów i reorganizację miejskiej logistyki w zakresie dostaw, co przyspieszyło adaptację punktów odbioru i konsolidacji przesyłek [Campisi i in. 2023]. Najnowsze badania porządkują bariery we wdrażaniu strategii ostatniej mili (od ograniczeń infrastrukturalnych po kwestie środowiskowe i kosztowe) z perspektywy e-detalistów [González-Romero i in. 2025]. W aspekcie modelu dropshippingowego znaczenie ma również cross-docking i integracja z operatorami ekspresowymi, zwłaszcza w handlu transgranicznym. W obszarze cross-border e-commerce literatura i raporty branżowe wskazują na rosnącą zależność szybkich dostaw jednostkowych od transportu lotniczego oraz na zmienność kosztów i przepustowości (efekt popytu generowanego przez platformy fast fashion). Aktualne doniesienia rynkowe wskazują na znaczną zmienność wolumenów przewozów lotniczych w relacjach Chiny–USA, wynikającą m.in. z regulacji taryfowych i zmian w polityce handlowej [Reuters 2025a]. Determinuje to stawki, sezonowość i decyzje o lokowaniu magazynów poza krajem pochodzenia [Reuters 2024]. Badania formalne wskazują paralelnie na rozszerzanie się i zagęszczanie infrastruktury e-commerce w regionach peryferyjnych oraz ograniczanie i odchodzenie od centralnej roli platform logistycznych i ich wpływu na koszty dystrybucji [Fried 2023]. Aktualne opracowania informują, że współdzielenie usług logistycznych w e-handlu transgranicznym oraz integracja cyfrowa pozwalają ograniczyć niepewność i skrócić lead time [Khuban i in. 2025].

Poddając analizie literaturę z zakresu omawianej problematyki, należy zwrócić uwagę na toczącą się w ostatnich latach dyskusję nt. logistyki zwrotów. Wyniki przeprowadzanych badań, zwłaszcza od czasu pandemii COVID-19, dowodzą, że koszty reverse logistics w e-commerce rosną wraz z omnichannelem, a znaczenie krytyczne mają wciąż: widoczność strumieni zwrotnych, decyzje o odsprzedaży/likwidacji oraz integracja danych [Nanayakkara i in. 2022]. Badania dotyczące logistyki zwrotów z perspektywy menedżerskiej wskazują natomiast, że konsolidacja dostaw (dostarczenie całego koszyka naraz kosztem szybkości) może zmniejszać prawdopodobieństwo zwrotów – z implikacjami dla strategii SLA operatorów [Cui & Sun 2024]. W opracowaniach dotyczących tego tematu podkreśla się również rosnącą świadomość kosztów

środowiskowych i finansowych „darmowych” zwrotów. Elementy te determinują działania detalistów zmierzających do przeprojektowania polityk i procesów oraz podjęcia kooperacji z wyspecjalizowanymi platformami obsługującymi zwroty [Schiffer 2019]. Prace badawcze i raporty z ostatnich lat (2022–2025) wskazują na hybrydyzację, tj. łączenie dropshippingu z magazynem własnym oraz z fulfillmentem 3PL w przypadku najważniejszych jednostek magazynowych (SKU). Ma to na celu skrócenie lead time i uzyskanie stabilizacji serwisów [NTT Data 2022].

W procesie magazynowania zauważalnie rośnie także rola robotyzacji, micro-fulfillmentu i analityki predykcyjnej (popyt, alokacja, SLA), przy czym 4PL/5PL pełnią funkcję integratora ekosystemu (dostawcy, przewoźnicy, IT) [AutoStore 2023]. Z perspektywy strategii kosztów e-fulfillment w omnichannelu determinuje to działania w zakresie rachunkowości procesowej i dynamicznej alokacji zleceń do węzłów (FC, sklepy, MFC) [Rodríguez-García i in. 2024].

Na podstawie przeglądu literatury stwierdzono, że dotychczasowe badania nad dropshippingiem koncentrują się głównie na aspektach kontraktowych [Lei & Xue 2022], ryzyku w łańcuchach dostaw [Gan i in. 2010] oraz wyzwaniach związanych z obsługą zwrotów [Nanayakkara i in. 2022]. Literatura przedmiotu w mniejszym stopniu traktuje natomiast o roli operatorów logistycznych jako podmiotów odpowiedzialnych za procesy magazynowe oraz dystrybucję w modelach bezmagazynowych. Biorąc pod uwagę znaczenie centrów fulfillment [Rushton i in. 2017] oraz rosnące wyzwania logistyki ostatniej mili [Klein & Popp 2022; Campisi i in. 2023], wskazana jest, zdaniem autorów, pogłębiona analiza tego zagadnienia.

Materiały i metody

Przeprowadzone badanie miało charakter analizy danych wtórnych (desk research), skoncentrowanej na raportach branżowych i sprawozdaniach finansowych wybranych podmiotów związanych z globalnym modelem dropshippingowym i logistyką cross-border e-commerce. Wybór tej metody wynikał z wysokiej dostępności źródeł o charakterze oficjalnym oraz ich wiarygodności w kontekście oceny roli operatorów logistycznych w procesach magazynowania i dystrybucji. Zdecydowano się na zawężenie horyzontu czasowego do pierwszej połowy 2025 roku (tj. I i II kwartału). Analiza została przeprowadzona w oparciu o wyniki kwartalne spółek PDD Holdings i Alibaba Group, a także dokumenty korporacyjne SHEIN, które stanowią istotne odniesienie do praktyk logistycznych stosowanych w sektorze fast fashion.

W przypadku PDD Holdings uwzględniono raporty kwartalne za pierwszy i drugi kwartał 2025 roku [PDD Holdings 2025a, 2025b]. Znalazły się w nich dane finansowe grupy, w tym informacje dotyczące kosztów operacyjnych oraz roli infrastruktury logistycznej w obsłudze dynamicznie rosnącej platformy Temu. Równolegle analizie poddano wyniki kwartalne i roczne Alibaba Group, w szczególności w zakresie działalności segmentu Cainiao Smart Logistics Network. Uwzględniono sprawozdania obejmujące dane za pierwszy i drugi kwartał roku fiskalnego 2025 [Alibaba Group 2025a, 2025b]. Dodatkowo wykorzystano półroczny raport spółki za 2025 rok, w którym szczegółowo przedstawiono rolę Cainiao jako globalnego operatora fulfillment [Alibaba Group 2025c].

W celu uzupełnienia kontekstu jakościowego do analizy włączono dokumenty SHEIN, w tym raport, w którym zaprezentowane zostały działania środowiskowe i logistyczne podjęte przez przedsiębiorstwo w 2024 roku w obszarze transportu i łańcucha dostaw [SHEIN 2025a]. Uwzględniono także porozumienie zawarte w sierpniu 2025 r. pomiędzy SHEIN a Lufthansa Cargo dotyczące współpracy w zakresie stosowania w transporcie zrównoważonych paliw lotniczych (SAF) [SHEIN 2025b]. Dokumenty te nie zostały uwzględnione w analizie ilościowej, lecz posłużyły do interpretacji strategicznych kierunków rozwoju operatorów logistycznych w obszarze transportu lotniczego.

Zebrane źródła zostały pozyskane bezpośrednio z oficjalnych stron internetowych działów relacji inwestorskich spółek oraz stron korporacyjnych. Weryfikacja polegała na porównaniu komunikatów prasowych i pełnych raportów z ich publikacjami wtórnymi w serwisach branżowych i finansowych. Ekstrakcja danych opierała się na dosłownym przytoczeniu opublikowanych wartości liczbowych (m.in. przychodów segmentowych Cainiao, wyników EBITA) oraz fragmentów narracyjnych dotyczących działalności logistycznej. Analiza treści stanowi ugruntowaną metodę badawczą umożliwiającą systematyczne i obiektywne wnioskowanie na podstawie przekazów tekstowych [Krippendorff 2018]. W niniejszym badaniu zastosowano podejście kierowane (directed content analysis), zgodnie z ujęciem Hsieh i Shannon [2005]. Proces analizy obejmował redukcję danych, ich systematyczną kategoryzację oraz interpretację wzorców narracyjnych, zgodnie z klasycznym podejściem do analizy danych jakościowych [Miles et al. 2014]. Punktem wyjścia były ramy teoretyczne logistyki w modelu dropshippingowym, obejmujące trzy obszary działalności operatorów logistycznych: 1. magazynowanie i fulfillment, 2. dystrybucja i ostatnia mila, 3. logistyka cross-border oraz działania ESG związane z transportem. Koncepcje te posłużyły do zdefiniowania kategorii nadrzędnych jeszcze przed przystąpieniem do kodowania. Następnie dokonano systematycznego przyporządkowania fragmentów narracji (opisów, deklaracji strategicznych, informacji o inwestycjach) do ustalonych kategorii. W sytuacjach, w których materiał empiryczny ujawniał nowe, nieprzewidziane wcześniej aspekty, stosowano dodatkowe kody uzupełniające, zachowując jednak ogólną strukturę analizy kierowanej. Podejście to umożliwiło integrację danych liczbowych i narracyjnych oraz wyodrębnienie wzorców dotyczących roli operatorów logistycznych w modelu dropshippingowym (tab. 1).

Tabela 1. Kategorie analizy treści narracji logistycznych badanych podmiotów e-commerce w kontekście modelu dropshippingowego

Table 1. Categories of directed content analysis of logistics narratives of the analyzed e-commerce companies in the context of the dropshipping model

Kategoria logistyczna	Źródło danych	Przykład narracji
Magazynowanie i fulfillment	Alibaba (Cainiao)	Inwestycje w huby logistyczne
Dystrybucja i ostatnia mila	PDD Holdings	Współpraca z operatorami transportu transgranicznego
Cross-border i ESG	SHEIN + Lufthansa Cargo	Paliwa SAF, kompensacja emisji

Źródło: opracowanie własne na podstawie [PDD Holdings 2025a, 2025b; Alibaba Group 2025b, 2025c; SHEIN 2025a, 2025b]

Source: own elaboration based on [PDD Holdings 2025a, 2025b; Alibaba Group 2025b, 2025c; SHEIN 2025a, 2025b]

Przyjęta metodyka pozwala na wyciągnięcie wniosków w oparciu o dane pewne i pochodzące z wiarygodnych źródeł, przy jednoczesnych ograniczeniach charakterystycznych dla analiz danych wtórnych. Do najważniejszych należy brak granularnych wskaźników operacyjnych oraz niemożność pełnego porównywania poszczególnych spółek ze względu na ich odmienne sposoby raportowania. Z tego względu przeprowadzona analiza miała charakter opisowy i porównawczy, a jej celem było wskazanie roli operatorów logistycznych w procesach magazynowania i dystrybucji w modelu dropshippingowym, a nie kwantyfikacja ich efektywności na poziomie szczegółowych KPI.

Wyniki badań i dyskusja

Dynamika finansowa i znaczenie segmentu logistycznego

Analiza sprawozdań finansowych dotyczących pierwszej połowy 2025 roku ujawnia wyraźne różnice w sposobie raportowania nt. działalności logistycznej przez wybrane do badania podmioty, wskazując równocześnie na wspólny mianownik w postaci strategicznego znaczenia operatorów logistycznych w modelach opartych na dropshippingu. W przypadku Alibaba Group segment Cainiao Smart Logistics Network został przedstawiony jednoznacznie jako ogniwo integrujące procesy e-commerce z usługami fulfillment i dystrybucji. W raporcie za marzec 2025 r., obejmującym pierwszy kwartał roku fiskalnego 2025, spółka wskazała na stabilne przychody tego segmentu [Alibaba Group 2025a]. Potwierdza to utrzymanie roli Cainiao w obsłudze dynamicznie rosnącego wolumenu transakcji transgranicznych. W sprawozdaniu za czerwiec 2025 r., odpowiadającym drugiemu kwartałowi roku fiskalnego 2025, zaakcentowano dalszy rozwój usług logistycznych w zakresie cross-border oraz dystrybucji ostatniej mili [Alibaba Group 2025b]. Pozwala to wyciągnąć wniosek, że segment ten stanowi strategiczne przedłużenie działalności handlowej grupy. Raport półroczny opublikowany w czerwcu 2025 r. uwypuklał natomiast rolę Cainiao jako globalnego operatora logistycznego, inwestującego w rozbudowę sieci międzynarodowych hubów i systemów technologicznych pozwalających na zwiększenie widoczności łańcucha dostaw [Alibaba Group 2025c]. Wyniki te mają znaczenie z perspektywy finansowej oraz operacyjnej i strategicznej. Segment Cainiao w coraz większym stopniu pełni funkcję bufora umożliwiającego optymalizację przepływów magazynowych i dystrybucyjnych w skali globalnej. W praktyce oznacza to, że operator logistyczny nie tylko wykonuje powierzone zadania, ale także współtworzy model biznesowy Alibaba Group, umożliwiając realizację sprzedaży w modelu dropshippingowym z zachowaniem wysokiej jakości obsługi klienta. Wcześniejsza kwerenda literatury przedmiotu wskazuje, że takie działanie (tj. przesunięcie akcentu z funkcji operacyjnej na strategiczną) jest charakterystyczne dla dojrzałych łańcuchów dostaw w handlu elektronicznym, w których przewaga konkurencyjna budowana jest poprzez integrację logistyki i technologii [Christopher 2016; Rushton i in. 2017].

Nieco inaczej prezentuje się sytuacja w PDD Holdings. Raporty za pierwszy i drugi kwartał 2025 roku [PDD Holdings 2025a, 2025b] dostarczają danych na poziomie grupy, bez wyodrębniania wskaźników stricte logistycznych. Mimo braku precyzyjnych informacji segmentowych narracja spółki podkreśla znaczenie inwestycji w rozwój logistyki jako warunku utrzymania dynamiki wzrostu platformy Temu. Zawarte

w raportach odniesienia do poprawy jakości obsługi oraz rozszerzenia współpracy z operatorami odpowiedzialnymi za transport transgraniczny i ostatnią milę pokazują, że sukces PDD zależy w dużej mierze od sprawności partnerów logistycznych. Analiza ta znajduje potwierdzenie w badaniach literaturowych, które wskazują, że w modelu dropshippingowym to operatorzy odpowiadają za najbardziej wrażliwe elementy procesu, tj. terminowość, koszty dostaw oraz obsługę zwrotów [Nanayakkara i in. 2022].

Porównanie obu spółek pokazuje, że transparentność raportowania nt. działalności logistycznej pozwala określić strategiczną rolę operatorów w całym modelu biznesowym. W przypadku Alibaba Group dostępność szczegółowych danych dotyczących Cainiao umożliwia wyciągnięcie wniosku, iż segment logistyczny generuje przychody oraz tworzy warunki dla skalowalności i odporności modelu dropshippingowego. W odniesieniu do PDD Holdings brak szczegółowych danych wymaga przeprowadzenia analizy pośredniej opartej na narracji i trendach wzrostowych, jednak również w tym przypadku rolę operatorów logistycznych określić można jako krytyczną dla utrzymania przez spółkę konkurencyjności dostaw (tab. 2).

Tabela 2. Porównanie operatorów logistycznych (Alibaba/PDD/SHEIN)

Table 2. Logistics operators comparison (Alibaba/PDD/SHEIN)

Wskaźnik/obszar	Alibaba Group (Cainiao)	PDD Holdings (Temu)	SHEIN
Transparentność raportowania	Wysoka – szczegółowy segment Cainiao	Niska – brak danych segmentowych	Średnia – głównie narracje ESG
Kluczowy obszar logistyki	Fulfillment + cross-border + ostatnia mila	Cross-border + ostatnia mila	Cross-border + ESG
Akcent strategiczny	Operacyjny + finansowy + technologiczny	Operacyjny	Środowiskowy + społeczny (SAF, ESG)
Model relacji z operatorami	Strategiczny partner	Partner usługowy	Partner ESG/ /środowiskowy

Źródło: opracowanie własne na podstawie [PDD Holdings 2025a, 2025b; Alibaba Group 2025b, 2025c; SHEIN 2025a, 2025b]

Source: own elaboration based on [PDD Holdings 2025a, 2025b; Alibaba Group 2025b, 2025c; SHEIN 2025a, 2025b]

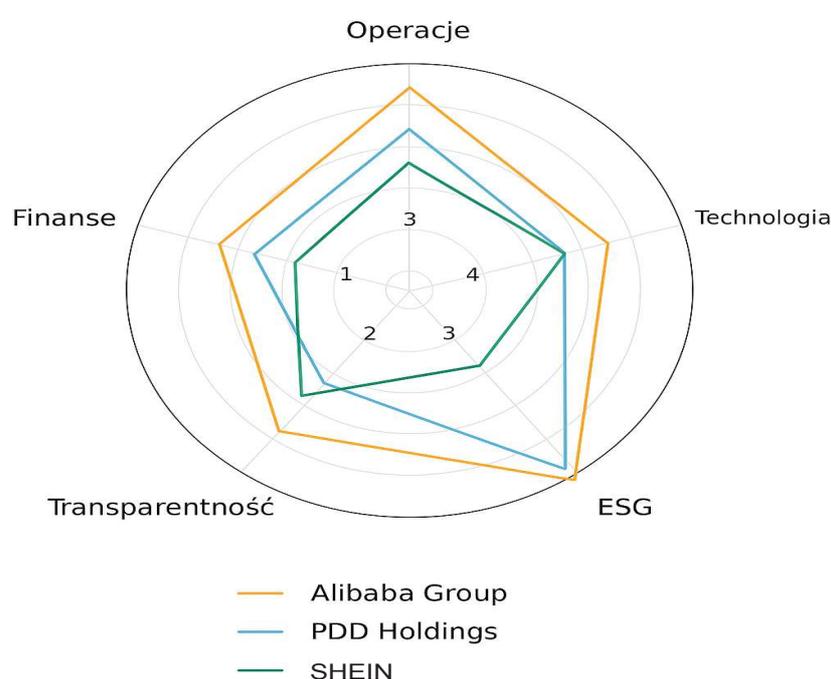
W obu przypadkach zaobserwowano, że operatorzy logistyczni nie są postrzegani wyłącznie jako dostawcy usług, a coraz częściej zaczynają pełnić funkcję współtwórców wartości w globalnych łańcuchach dostaw.

Praktyki zrównoważonego rozwoju i logistyka cross-border

Analiza materiałów opublikowanych przez SHEIN w końcu I i II kwartału 2025 r. pozwala dostrzec, że globalne podmioty w obszarze handlu elektronicznego oraz powiązanej z nim logistyki cross-border zaczynają integrować strategie środowiskowe z działalnością operacyjną. Raport [SHEIN 2025a] wskazuje na szereg działań podjętych przez przedsiębiorstwo, a mających na celu redukcję emisji oraz zwiększenie przejrzystości łańcucha dostaw. Dokument szczegółowo opisuje m.in. inicjatywy związane z kompensacją śladu węglowego oraz inwestycje w efektywność energetyczną magazynów i pro-

cesów transportowych. Zwrócono uwagę na położony w raportach akcent na współpracę z partnerami logistycznymi w zakresie poprawy standardów środowiskowych. Zdaniem autorów potwierdza to rosnące oczekiwania wobec operatorów pełniących funkcję krytycznych ogniw modelu dropshippingowego. Warto podkreślić, iż już w tym samym roku (w sierpniu 2025) SHEIN zawarło porozumienie z Lufthansa Cargo dotyczące stosowania zrównoważonych paliw lotniczych (SAF) w transporcie powietrznym [SHEIN 2025b]. Porozumienie to wpisuje się w szerszy trend, zgodnie z którym operatorzy logistyczni odpowiedzialni za transport transgraniczny, zwłaszcza lotniczy, są zobligowani do aktywnego udziału w redukcji negatywnego wpływu łańcucha dostaw na środowisko. W warunkach modelu dropshippingowego, w ramach którego towar przemierza często tysiące kilometrów dzielących producenta od konsumenta, zastosowanie paliw SAF stanowi narzędzie ograniczania emisji oraz strategiczną inwestycję w wiarygodność marek funkcjonujących w segmencie fast fashion.

Na rys. 1 zaprezentowano porównanie pięciu najważniejszych obszarów strategicznych operatorów logistycznych (operacje, technologia, ESG, transparentność, finanse). Skala widniejąca na rysunku ma charakter porządkowy i przyjmuje wartości od 1 do 5, gdzie 1 oznacza niskie znaczenie danego obszaru w modelu biznesowym spółki, a 5 – wysokie znaczenie. Poszczególne wartości nadano na podstawie analizy treści raportów korporacyjnych oraz informacji dotyczących działalności logistycznej przedsiębiorstw w pierwszej połowie 2025 roku.



Rysunek 1. Obszary strategiczne operatorów logistycznych (skala 1–5, gdzie 1 – znaczenie niskie, a 5 – znaczenie wysokie)

Figure 1. Strategic areas of logistics operators

Źródło: opracowanie własne na podstawie [PDD Holdings 2025a, 2025b; Alibaba Group 2025b, 2025c; SHEIN 2025a]

Source: own elaboration based on [PDD Holdings 2025a, 2025b; Alibaba Group 2025b, 2025c; SHEIN 2025a]

Porównanie to wskazuje na zmianę charakteru relacji pomiędzy sprzedawcami internetowymi a operatorami logistycznymi. Logistyka cross-border była analizowana tradycyjnie przede wszystkim pod kątem kosztów i czasu dostaw [Zhang i in. 2021], jednak obserwowane działania SHEIN mogą sugerować, iż obecnie operatorzy stają się partnerami także w realizacji celów środowiskowych i społecznych. W tym kontekście rola operatorów poszerza się o optymalizację przepływów materialnych oraz współodpowiedzialność za kształtowanie wizerunku przedsiębiorstwa i jego zgodność z regulacjami środowiskowymi. Działania SHEIN należy rozpatrywać w kategoriach dobrowolnych inicjatyw CSR oraz jako odpowiedź na presję konsumentów, regulacji prawnych (obowiązujących zwłaszcza w krajach Unii Europejskiej) i wprowadzanych restrykcji dotyczących zrównoważonego rozwoju i raportowania niefinansowego. Operatorzy logistyczni, uczestnicząc w tego rodzaju inicjatywach, stają się zatem integralną częścią realizacji strategii ESG, a ich kompetencje wykraczają poza standardową obsługę transportową i magazynową. Porównując przypadek SHEIN z wynikami analiz tego samego obszaru dotyczącymi Alibaba Group i PDD Holdings, zauważono, że te dwie ostatnie spółki eksponują przede wszystkim aspekty finansowe i operacyjne swoich usług logistycznych, nie skupiając się na wymiarze środowiskowym i społecznym. Obie perspektywy łączy jednak strategiczna rola operatorów logistycznych, determinujących możliwość rozwoju modelu dropshippingowego. Z tego względu stwierdzono, że praktyki SHEIN są zapowiedzią kierunku, w jakim będą zmierzały także inne podmioty branżowe, zobligowane do łączenia efektywności kosztowej z odpowiedzialnością środowiskową.

Interpretacja wyników i dyskusja

Interpretacja uzyskanych wyników pozwala na sformułowanie wniosków dotyczących roli operatorów logistycznych w modelu dropshippingowym. Dane finansowe i informacje podawane przez Alibaba Group pokazują, że segment Cainiao Smart Logistics Network nie powinien być traktowany jedynie jako zaplecze operacyjne, stanowi bowiem integralny element strategii korporacyjnej. Inwestycje w rozwój międzynarodowych hubów logistycznych oraz w usługi fulfillment potwierdzają, że logistyka magazynowania i dystrybucji staje się obecnie źródłem przewagi konkurencyjnej w globalnym handlu elektronicznym [Alibaba Group 2025a, 2025b, 2025c]. W ujęciu teoretycznym można zauważyć, że rola operatorów logistycznych wpisuje się w koncepcję logistyki jako narzędzia strategicznego zarządzania wartością [Christopher 2016], korespondując tym samym z literaturą przedmiotu wskazującą na tendencje rozwojowe w kierunku integracji procesów fizycznych i informacyjnych [Rushton i in. 2017]. Raporty PDD Holdings, choć mniej transparentne w zakresie szczegółowych wskaźników logistycznych, potwierdzają, że sukces platformy Temu koreluje z wysoką jakością współpracy z operatorami odpowiedzialnymi za transport transgraniczny i ostatnią milę [PDD Holdings 2025a, 2025b]. Brak wyodrębnionych danych segmentowych nie pozwala na przeprowadzenie precyzyjnych porównań z Cainiao, jednak powtarzające się akcenty narracyjne wskazujące na inwestycje w poprawę obsługi klienta i rozwój zaplecza logistycznego pozwalają przypuszczać, iż w obu przypadkach operatorzy pełnią funkcję krytycznego ogniwa w całym modelu dropshippingowym. Wniosek badawczy znajduje potwierdzenie w analizie literatury przedmiotu, zgodnie z którą wrażliwość modelu na terminowość dostaw i obsługę zwrotów przesuwają ciężar odpowiedzialności z detalistów na operato-

rów logistycznych [Nanayakkara i in. 2022]. W tym ujęciu operatorzy obsługują rosnące wolumeny zamówień oraz stają się faktycznymi gwarantami stabilności i reputacji całej platformy. Analiza dokumentów SHEIN wskazuje natomiast na wyraźne przesunięcie dyskursu w kierunku odpowiedzialności środowiskowej.

Raport opublikowany przez SHEIN w czerwcu 2025 roku [SHEIN 2025a] oraz porównanie z Lufthansa Cargo z sierpnia 2025 roku [SHEIN 2025b] pokazują, że operatorzy logistyczni nie są już postrzegani wyłącznie jako podmioty zapewniające fizyczny przepływ dóbr, ale również jako partnerzy w realizacji celów ESG. Współpraca SHEIN z Lufthansą w zakresie stosowania zrównoważonych paliw lotniczych stanowi przykład, iż logistyka cross-border staje się obecnie obszarem integrującym cele ekonomiczne, operacyjne i środowiskowe. To zjawisko znajduje potwierdzenie w literaturze przedmiotu, w której podkreśla się, że logistyka ostatniej mili i transport transgraniczny wymagają nowych rozwiązań technologicznych i organizacyjnych, pozwalających ograniczyć koszty środowiskowe przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej jakości obsługi [Klein & Popp 2022; Campisi i in. 2023].

Warto zwrócić uwagę również na zróżnicowany poziom raportowania i transparentności analizowanych spółek. Alibaba Group prezentuje segment Cainiao w sposób pozwalający na szczegółową identyfikację jego roli w procesach magazynowania i dystrybucji, umożliwiając wyciągnięcie jednoznacznych wniosków dotyczących rosnącego znaczenia operatora logistycznego w modelu dropshippingowym. W przypadku PDD Holdings informacje są bardziej ogólne, co utrudnia analizę dynamiki logistyki w strukturze korporacyjnej. SHEIN z kolei eksponuje głównie materiały jakościowe, potwierdzające, iż przyszłość logistyki dropshippingowej nie może być analizowana wyłącznie w kategoriach kosztów i efektywności, lecz musi uwzględniać także wymiar środowiskowy i regulacyjny. Wyniki badań należy zestawić z wcześniejszymi wnioskami z analizy literatury przedmiotu, które podkreślają, że w handlu elektronicznym operatorzy logistyczni stopniowo przejmują funkcję integratorów łańcucha dostaw, a ich rola wykracza poza tradycyjnie rozumiane magazynowanie i transport [Christopher 2016; Rushton i in. 2017; Zhang i in. 2021]. Analiza empirycznego materiału badawczego pozwala stwierdzić, że operatorzy logistyczni w modelu dropshippingowym determinują sprawność realizacji zamówień oraz kierunki strategicznego rozwoju całych platform e-commerce. Interpretacja wyników potwierdza przyjętą hipotezę badawczą, iż w modelu dropshippingowym operatorzy logistyczni stanowią krytyczne ogniwo determinujące przebieg procesów magazynowania i dystrybucji. Na tle wyników badań ujawnia się nowy wymiar tej roli, tj. integracja funkcji logistycznych z wymogami zrównoważonego rozwoju i standardami ESG. Stwierdza się zatem, że w analizowanym okresie pierwszej połowy 2025 roku operatorzy logistyczni wybranych podmiotów umożliwiali realizację procesów magazynowania i dystrybucji oraz współtworzyli kierunki ewolucji globalnych łańcuchów dostaw w warunkach rosnącej presji regulacyjnej i społecznej.

Wnioski

Przeprowadzone badanie oparte na analizie danych wtórnych dotyczących pierwszej połowy 2025 roku pozwala przede wszystkim stwierdzić, iż logistyka w modelu dropshippingowym wymaga spojrzenia bardziej wielowymiarowego, niż dotychczas

zakładano. Zidentyfikowane różnice w zakresie transparentności raportowania między spółkami oraz odmienne akcenty strategiczne (finansowe, operacyjne i środowiskowe) wskazują, że rola operatorów logistycznych w tym modelu nie jest jednolita, ale uwarunkowana kontekstowo i zależna od sposobu zarządzania całym ekosystemem e-commerce. Ograniczeniem przeprowadzonych analiz literaturowych i danych empirycznych jest brak jednolitych wskaźników operacyjnych w raportach publicznych. Uniemożliwia to porównania ilościowe w takich obszarach, jak m.in. terminowość dostaw czy sprawność procesów magazynowych. Zjawisko to samo w sobie może stanowić przedmiot przyszłych badań, koncentrujących się na sposobach standaryzacji raportowania działań logistycznych oraz na konsekwencjach braku przejrzystości dla oceny roli operatorów. Ograniczeniem było również wykorzystanie wyłącznie źródeł wtórnych, uniemożliwiających weryfikację danych poprzez obserwację bezpośrednią lub badania ankietowe.

Z perspektywy dalszych badań zasadne wydaje się pogłębienie analiz porównawczych, obejmujące większą grupę podmiotów działających w modelu dropshippingowym, zwłaszcza operatorów 3PL i 4PL w Europie Środkowo-Wschodniej. Interesującym kierunkiem może być także identyfikacja powiązań pomiędzy praktykami ESG i efektywnością operacyjną. Pozwoliłoby to określić związek między presją środowiskową a innowacyjnością w logistyce cross-border. Zdaniem autorów zasadne byłyby również badania nad nowymi wskaźnikami oceny jakości usług logistycznych, które wykraczają poza klasyczne miary czasu i kosztu i obejmują m.in. zdolność operatorów do wdrażania innowacji technologicznych oraz budowania zaufania w relacjach z partnerami biznesowymi.

Bibliografia

- Agatz N.A.H., Fleischmann M., van Nunen J.A.E.E., 2008: E-fulfillment and multi-channel distribution – A review, *European Journal of Operational Research* 187(2), 339–356, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.04.024>
- Alibaba Group, 2025a: Alibaba Group announces March quarter 2025 and fiscal year 2025 results, https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1577552/000110465925049400/tm2515233d1_ex99-1.htm [dostęp: 03.09.2025].
- Alibaba Group, 2025b: Alibaba Group announces June quarter 2025 results, https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1577552/000110465925085638/tm2524743d1_ex99-1.htm [dostęp: 03.09.2025].
- Alibaba Group, 2025c: Annual Report on Form 20-F for Fiscal Year 2025, <https://www.sec.gov/ix?doc=/Archives/edgar/data/1577552/000095017025090161/baba-20250331.htm> [dostęp: 03.09.2025].
- AutoStore, 2023: Warehouse Automation: State of the Market Report 2023, <https://www.autostoresystem.com/insights/warehouse-fulfillment-state-of-the-market-report-2023> [dostęp: 03.09.2025].
- Barcs C., Pop I.L., Toader C., Ighian D., 2022: Drop-Shipping – A Business Model Without Holding Inventory: A Case Study of Online Store, MPRA Paper, 118638.
- Campisi T., Scorrano M., Al-Rashid M.A., Tesoriere G., 2023: A literature review of the main factors influencing e-commerce and last-mile delivery projects during COVID-19 pandemic, *Transportation Research Procedia* 69, 552–559, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.207>

- Chen K., Luo S., Kin Tong D.J., 2024: Cross border e-commerce development and enterprise digital technology innovation – empirical evidence from listed companies in China, *Heliyon* 10(15), e34744.
- Cui R., Lu Z., Sun T., Golden J.M., 2024: Sooner or Later? Promising Delivery Speed in Online Retail, *Manufacturing & Service Operations Management* 26(1), 233–251, <https://doi.org/10.1287/msom.2021.0174>
- Christopher M., 2016: *Logistics & Supply Chain Management* (5th ed.), Pearson, Londyn.
- CSCMP, 2022: *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*, Council of Supply Chain Management Professionals, https://cscmp.org/CSCMP/cscmp/educate/scm_definitions_and_glossary_of_terms.aspx [dostęp: 03.09.2025].
- Fried T., Goodchild A., 2023: E-commerce and logistics sprawl: A spatial exploration of last-mile logistics platforms, *Journal of Transport Geography* 112, 103692, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103692>
- Gan X., Sethi S.P., Zhou J., 2010: Commitment-penalty contracts in drop-shipping supply chains with asymmetric demand information, *European Journal of Operational Research* 204(3), 449–462, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.11.008>
- González-Romero I., Ortiz-Bas Á., Prado-Prado J.C., 2025: Last-mile strategies in e-commerce. Identifying barriers to sustainability from online retailers' perspectives, *Research in Transportation Business & Management* 60, 101367, <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2025.101367>
- Haskel F., Mulolli L., 2017: *The Role of Drop Shipping in E-Commerce – A Case Study of a Swedish IT & Consumer Electronics E-Tailer*, Master's thesis, University of Gothenburg, <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/52792> [dostęp: 3.09.2025].
- Hsieh H.-F., Shannon S.E., 2005: Three approaches to qualitative content analysis, *Qualitative Health Research* 15(9), 1277–1288, <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>
- Houde J.-F., Newberry P., Seim K., 2017: *Economies of Density in E-Commerce: A Study of Amazon's Fulfillment Center Network*. NBER Working Paper 23361, rev. 2021, National Bureau of Economic Research, https://www.nber.org/system/files/working_papers/w23361/revisions/w23361.rev1.pdf [dostęp: 3.09.2025].
- Kawa A., 2020: *Out-of-Home Delivery as a Solution of the Last Mile Problem in E-commerce*, [in:] Golinska-Dawson P., Tsai K.M., Kosacka-Olejnik M. (eds.), *Smart and Sustainable Supply Chain and Logistics – Trends, Challenges, Methods and Best Practices*, Springer, Cham.
- Kisperska-Moroń D., Niestrój K., Świłała M., 2018: *Budowanie łańcucha dostaw jutra w świetle teorii i wyników badań*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Klein P., Popp B., 2022: Last-mile delivery methods in e-commerce: Does perceived sustainability matter for consumer acceptance and usage?, *Sustainability* 14(24), 16437, <https://doi.org/10.3390/su142416437>
- Krippendorff K., 2018: *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology* (4th ed.), SAGE, Thousand Oaks, CA.
- Khooban Z., Mutlu N., de Kok T., 2025: *Cross-channel Return Collaboration in Cross-border E-commerce*, 10.2139/ssrn.5496396
- Lei J., Xue M., 2022: Drop-shipping or batch ordering: Contract choice in the presence of information sharing and quality decision, *Journal of Modelling in Management* 16(2), 287–302, <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.11.002>
- Lynch J., 2013: *3PL Definition Guide: 46 Logistics Support Services Explained*, <https://www.thelogisticsoflogistics.com/wp-content/uploads/2013/11/3PL-Definition-Guide-46-Logistics-Support-Services-Explained.pdf> [dostęp: 3.09.2025].

- Miles M.B., Huberman A.M., Saldaña J., 2014: *Qualitative Data Analysis. A Methods Sourcebook* (3rd ed.), SAGE, Thousand Oaks, CA.
- Nanayakkara P.R., Jayalath M.M., Thibbotuwawa A., Perera H.N., 2022: A circular reverse logistics framework for handling e-commerce returns, *Cleaner Logistics and Supply Chain* 5, 100080, <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100080>
- NTT Data, 2021: 2022 (26th) Annual Third-Party Logistics Study, NTT Data, Penske Logistics, Penn State University, <https://us.nttdata.com/en/-/media/assets/reports/3pl-2022-study.pdf> [dostęp: 03.09.2025].
- PDD Holdings, 2025a: PDD Holdings announces first quarter 2025 unaudited financial results, <https://investor.pddholdings.com/news-releases/news-release-details/pdd-holdings-announces-first-quarter-2025-unaudited-financial/> [dostęp: 03.09.3035].
- PDD Holdings, 2025b: PDD Holdings announces second quarter 2025 unaudited financial results, <https://investor.pddholdings.com/news-releases/news-release-details/pdd-holdings-announces-second-quarter-2025-unaudited-financial/> [dostęp: 03.09.3035].
- Ponce D., Contreras I., Laporte G., 2020: E-commerce shipping through a third-party supply chain, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 140, 101970, <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101970>
- Reuters, 2024: Rise of fast-fashion Shein, Temu roils global air cargo industry, <https://www.reuters.com/business/retail-consumer/rise-fast-fashion-shein-temu-roils-global-air-cargo-industry-2024-02-21/> [dostęp: 03.09.2025].
- Reuters, 2025a: China-US air freight tumbles on ‘de minimis’ tariff; airlines adjust routes, <https://www.reuters.com/world/china/china-us-air-freight-tumbles-de-minimis-tariff-airlines-adjust-routes-2025-05-16/> [dostęp: 03.09.2025].
- Rodríguez-García M., González-Romero I., Ortiz-Bas Á., Prado-Prado J.C., 2024: E-fulfillment cost management in omnichannel retailing: An exploratory study, *Computers in Industry* 159–160, 104094, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104094>
- Rushton A., Croucher P., Baker P., 2017: *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain* (6th ed.), Kogan Page, Londyn.
- Schiffer J., 2019: The unsustainable cost of free returns, *Vogue Business*, <https://www.voguebusiness.com/consumers/returns-rising-costs-retail-environmental> [dostęp: 3.09.2025].
- SHEIN, 2025a: Sustainability & Social Impact Report 2024, <https://www.sheingroup.com/wp-content/uploads/2025/06/SHEIN-2024-Sustainability-and-Social-Impact-Report-Final-14-June.pdf> [dostęp: 03.09.2025].
- SHEIN, 2025b: SHEIN and Lufthansa Cargo sign MoU to promote sustainable air transportation, <https://www.sheingroup.com/corporate-news/shein-and-lufthansa-cargo-sign-mou-to-explore-initiatives-to-promote-more-sustainable-air-transportation/> [dostęp: 03.09.2025].
- van der Aalst W., 2016: *Process Mining: Data Science in Action* (2nd ed.), Springer, Cham.
- Witkowski J., 2003: *Zarządzanie łańcuchem dostaw. Koncepcje, procedury, doświadczenia*, PWE, Warszawa.
- Zhang D., Pee L.G., Cui L., 2021: Artificial Intelligence in E-Commerce Fulfillment: A Case Study of Resource Orchestration at Alibaba’s Smart Warehouse, *International Journal of Information Management* 57, 102304.

Tomasz Zdzieborski✉

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Organizacja transportu miejskiego w warszawskiej dzielnicy Targówek w opinii mieszkańców

Assessment of the organization of urban transport in Warsaw's Targówek district in the opinion of residents

Synopsis. Transport miejski stanowi jeden z głównych filarów sprawnego funkcjonowania miasta. Za jego organizację odpowiadają władze miejskie, które kształtują komunikację miejską poprzez inwestowanie w infrastrukturę oraz sterowanie instrumentami polityki transportowej. Celem artykułu była ocena organizacji transportu miejskiego w warszawskiej dzielnicy Targówek wraz z zaproponowaniem usprawnień jego funkcjonowania. Do oceny wykorzystano dane Urzędu Dzielnicy Targówek i raporty Warszawskiego Transportu Publicznego oraz wyniki badania ankietowego przeprowadzonego drogą elektroniczną wśród 521 mieszkańców Targówka. Z badań wynika, że dzielnica ta jest zróżnicowana pod względem dostępności transportu miejskiego. Większość badanych mieszkańców jest zadowolona z organizacji komunikacji miejskiej, ale nie zgadza się ze stwierdzeniem, że organizacja ta jest już w pełni rozwinięta. Z tego względu władze miasta powinny poprawić połączenia komunikacyjne zarówno wewnątrz analizowanej dzielnicy, jak i między Targówkiem i dzielnicami sąsiadującymi.

Słowa kluczowe: autobus, komunikacja miejska, metro, transport miejski, Targówek

Abstract. Public transport is one of the main pillars of a city's efficient functioning. Its organization is the responsibility of city authorities, who shape public transport through infrastructure investments and the management of transport policy instruments. The aim of this article was to assess the organization of public transport in the Targówek district of Warsaw and propose improvements. The assessment used data from the Targówek District Office, reports from Warsaw Public Transport, and the results of an electronic survey conducted among 521 Targówek residents. The research shows that the Targówek district is diverse in terms of public transport accessibility. Most residents surveyed are satisfied with the public transport system, but disagree that it is fully developed. Therefore, city authorities should improve transport connections within the district and with neighboring districts.

Keywords: bus, public transport, metro, urban transport, Targówek

Kody JEL: R410, R530

✉ **Tomasz Zdzieborski** – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, absolwent studiów magisterskich na kierunku logistyka; e-mail: tom.zdziebor@gmail.com

Wprowadzenie

W wyniku migracji ludzi do miast oraz dużego przyrostu naturalnego obszary miejskie znacząco się powiększają, poszerzając swoje granice. Władze samorządowe muszą stale inwestować w poprawę organizacji oraz rozwój transportu miejskiego, który jest koniecznym warunkiem funkcjonowania każdej aglomeracji [Rodrigue 2024, s. 239–245].

W literaturze przedmiotu występuje wiele definicji transportu miejskiego. Zdaniem Wyszomirskiego [2010, s. 13], transport miejski (komunikacja miejska) jest usługą publiczną, której organizatorem są lokalne władze samorządowe. Działa on na terenie jednej lub wielu gmin, na podstawie porozumień międzygminnych lub w ramach związków komunalnych. W polskim prawodawstwie definicję komunikacji miejskiej podaje ustawa z 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym. Według niej komunikacja miejska to usługa transportu publicznego świadczona w obrębie miasta lub na terenie kilku sąsiadujących gmin, pod warunkiem że zawarły one porozumienie lub utworzyły związek międzygminny w celu wspólnej organizacji transportu zbiorowego (dotyczy to również przewozów metropolitalnych) [Ustawa 2010, s. 3–4].

Transport zbiorowy ma charakter publiczny, cechuje się regularnością i ściśle określonym rozkładem jazdy, który jest ustalany przez organizatorów i operatorów transportu publicznego. Dodatkowo rozwija się wraz z rozwojem przestrzennym miasta i jego aglomeracji. Mimo że transport zbiorowy jest usługą publiczną, zazwyczaj nieprzynoszącą zysków, podlega zasadom rynkowym [Jurczak 2021, s. 39].

Na obszarach podmiejskich transport zbiorowy napotyka istotne problemy ekonomiczne. Znaczne odległości między poszczególnymi obszarami podmiejskimi a centrum oraz rozproszony charakter potoków pasażerskich sprawiają, że utrzymywanie regularnych połączeń komunikacyjnych bywa nieopłacalne. Rzadkie kursy nie są w stanie przyciągnąć wystarczającej liczby pasażerów, co obniża atrakcyjność transportu publicznego. Dodatkowo istniejące połączenia często nie odpowiadają rzeczywistym potrzebom pasażerów, zwłaszcza w kontekście godzin pracy mieszkańców przedmieść. Z tego powodu znaczna część osób dojeżdżających do centrum decyduje się na korzystanie z własnego samochodu, co jest możliwe dzięki rosnącej zamożności mieszkańców miast oraz rozbudowanej sieci dróg dojazdowych. Co więcej, samochód zapewnia podróżującym większy komfort niż komunikacja miejska, ponieważ umożliwia bezpośrednie dotarcie do celu, bez konieczności przesiadania się i oczekiwania na przystankach. Dlatego na obszarach podmiejskich transport indywidualny zyskuje na znaczeniu bardziej niż transport miejski. Wpływa to na wzrost liczby samochodów osobowych poruszających się po mieście, co przy ograniczonej przepustowości dróg zmniejsza płynność przejazdu i powoduje kongestie [Mężyk 2019, s. 23–24]. Według Tomanek [2023, s. 116–117], wraz z rozwojem obszarów podmiejskich rozwiązaniem rosnących problemów komunikacyjnych jest integracja transportu zbiorowego z indywidualnym. Jednak coraz większe wykorzystanie transportu indywidualnego w porównaniu do zbiorowego może doprowadzić do powstania tzw. błędnego koła transportu miejskiego [Osses i Fernandez 2006, s. 84].

Wzrost liczby samochodów osobowych w ruchu miejskim jest jedną z głównych przyczyn zatłoczenia miast, co prowadzi do poważnych problemów związanych z degradacją środowiska naturalnego [Kulińska i Masłowski 2020, s. 34]. W wyniku dużego natężenia

ruchu pojazdy spalają więcej paliwa i przyczyniają się do zanieczyszczenia powietrza, gleby i wód, uwalniając do atmosfery szkodliwe substancje, takie jak dwutlenek węgla (CO₂), tlenki azotu (NO_x) oraz ołów (Pb). Dodatkowo intensywny ruch drogowy odpowiada za wzrost poziomu hałasu i drgań, co negatywnie przekłada się na zdrowie i samopoczucie mieszkańców miast. Długo utrzymujący się hałas i zanieczyszczenie powietrza mogą powodować różnego rodzaju zaburzenia oraz choroby. W miastach poziom hałasu generowanego przez ruch samochodowy przekracza często 75 dB [Mężyk i Zamkowska 2019, s. 89–91], a zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z 22 stycznia 2014 r. dopuszczalne natężenie hałasu w strefach śródmiejskich nie powinno przekraczać 68 dB w ciągu dnia oraz 60 dB w nocy [Rozporządzenie 2014, s. 3]. Duże natężenie ruchu zmniejsza również bezpieczeństwo na drogach. Wypadki drogowe są jednymi z najpoważniejszych konsekwencji funkcjonowania transportu – ich skutki nie ograniczają się do wymiaru osobistego, mają również wymiar ekonomiczny związany ze stratami materialnymi [Mężyk i Zamkowska 2019, s. 92].

Funkcjonowanie i rozwój komunikacji miejskiej uzależnione są w dużej mierze od władz samorządowych, które prowadzą politykę transportową. W zależności do wielkości i specyfiki danego miasta jej główne cele mogą się różnić. Jednak elementem wspólnym dla większości z nich jest zapewnienie odpowiednich warunków dla bezpiecznego oraz wydajnego funkcjonowania transportu, przy jego jak najmniejszym negatywnym wpływie na środowisko, oraz zwiększenie dostępności transportu dla mieszkańców. W ramach realizacji tych głównych celów władze miejskie dążą do zmniejszenia transportu indywidualnego, przede wszystkim realizowanego za pomocą samochodów osobowych, na rzecz transportu zbiorowego [Grzelec i Wyszomirski 2017, s. 260–261].

Projektowaniu sieci połączeń komunikacyjnych musi towarzyszyć rozpoznanie potrzeb mieszkańców. Transport miejski spełnia swój cel wtedy, gdy spełnia oczekiwania użytkowników. W związku z tym istotne jest wcześniejsze poznanie wielkości i struktury popytu na usługi transportu miejskiego oraz postulatów i preferencji rezydentów miast poprzez badania, w których wykorzystuje się pomiary liczby pasażerów oraz ankiety i wywiady [Grzelec 2024, s. 6].

Celem głównym badań przeprowadzonych przez autora była ocena organizacji transportu miejskiego w warszawskiej dzielnicy Targówek. W pracy postawiono dwie hipotezy badawcze:

H1. Wybór komunikacji miejskiej determinuje czas przejazdu.

H2. Mieszkańcy Targówka w ramach komunikacji miejskiej korzystają najczęściej z transportu autobusowego.

Materiały i metody

W trakcie badań dokonano przeglądu literatury przedmiotu z zakresu funkcjonowania transportu miejskiego. W analizach wykorzystano dane Urzędu Dzielnicy Targówek oraz raporty Warszawskiego Transportu Publicznego. Zrealizowano ponadto badania własne na podstawie przygotowanego kwestionariusza ankiety, który sporządzono w formularzu Microsoft Forms i rozdystrybuowano wśród mieszkańców dzielnicy za pomocą grup

sąsiedzkich prowadzonych w serwisie Facebook, takich jak „Targówek, Bródno, Zacisze – TeBeZeT”, „Targówek, Bródno, Zacisze – Hyde Park” oraz „Targówek, Bródno, Zacisze – platforma sąsiedzka”. W badaniach wykorzystano metodę CAWI (Computer-Assisted Web Interview), jedną z technik zbierania danych ilościowych przez Internet, która ułatwia objęcie badaniem dużej grupy respondentów. Ankietowani udzielają odpowiedzi samodzielnie za pomocą komputera lub urządzenia mobilnego, korzystając z elektronicznego kwestionariusza. Badanie trwało 2 tygodnie (od 17 do 31 marca 2025 r.) i wzięło w nim udział 521 respondentów. Grupa ta nie stanowiła reprezentatywnej próby, ale obejmowała część mieszkańców Targówka, których opinie pozwoliły na sformułowanie pewnych wniosków.

Jako metodę analizy danych zastosowano analizę porównawczą. Do prezentacji otrzymanych wyników posłużono się metodą opisową i graficzną.

Wyniki badań

Targówek jest jedną z 18 dzielnic Warszawy i znajduje się na prawym brzegu Wisły. Jego powierzchnia wynosi blisko 24,33 km², co daje mu 9. miejsce pod względem wielkości wśród warszawskich dzielnic. W 2023 roku liczba mieszkańców Targówka wynosiła 123,1 tys., w tym 66,4 tys. kobiet i 56,7 tys. mężczyzn [Urząd Statystyczny 2024, s. 41, 66].

Komunikacja miejska funkcjonująca w analizowanej dzielnicy jest zarządzana przez Zarząd Transportu Miejskiego (ZTM) w Warszawie. Składa się z transportu autobusowego, tramwajowego i metra, a także pociągów miejskich i regionalnych oraz transportu rowerowego. Cała dzielnica należy do pierwszej strefy biletowej, a stacja kolejowa Warszawa Zacisze Wilno wyznacza granice pierwszej i drugiej strefy. Na terenie Targówka działa jeden Punkt Obsługi Pasażera (POP) usytuowany w podziemnym pawilonie stacji metra Kondratowicza oraz 43 automaty biletowe znajdujące się na przystankach i stacjach – 21 z nich należy do Mennicy Polskiej, a 23 do firmy Mera. Na jeden biletomat przypada zatem średnio 2868 mieszkańców, co daje tej dzielnicy trzecie miejsce w Warszawie pod względem dostępności biletomatów, zaraz po Śródmieściu i Pradze-Północ [WTP 2025b; ZTM 2025, s. 20].

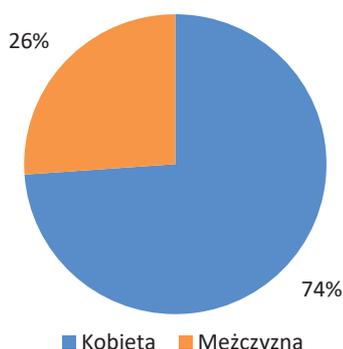
Na terenie Targówka znajduje się łącznie 245 przystanków autobusowych, które są obsługiwane w ciągu dnia przez 41 linii autobusowych [WTP 2025c]. Przez dzielnicę przebiega tylko jedno torowisko tramwajowe typu TB, ciągnące się od Ronda Żaba wzdłuż ulic: św. Jacka Odrowąża, Matki Teresy z Kalkuty oraz Rembielińskiej, w stronę Annapola. Łączna liczba przystanków tramwajowych na Targówku wynosi 19 [ZTM 2025, s. 27] i są one obsługiwane przez cztery linie tramwajowe (o numerach: 1, 3, 4 i 25) [WTP 2025c].

W 2019 roku na terenie Targówka oddano do użytku publicznego dwie stacje metra linii M2 (Targówek Mieszkaniowy i Trocka). Kolejne trzy stacje (Zacisze, Kondratowicza i Bródno) otwarto w 2022 roku. Przy stacji metra Kondratowicza uruchomiono jedyny na Targówku parking typu P+R (park and ride), liczący 109 miejsc postojowych dla samochodów osobowych [WTP 2025a]. Dotychczasowa sieć połączeń autobusowych w dzielnicy została przeorganizowana i znaczną część linii skierowano do obsługi stacji metra.

Dzielnica Targówek ma cztery stacje kolejowe (Warszawa Praga, Warszawa Toruńska, Warszawa Targówek i Warszawa Zacisze Wilno), przez które kursują pociągi miejskie Szybkiej Kolei Miejskiej (SKM) oraz pociągi regionalne Kolei Mazowieckich (KM) [KOLEO 2025].

W badanej dzielnicy jest łącznie 13,31 km tras rowerowych i 1934 stojaki rowerowe [Urząd Dzielnicy Targówek 2025]. Na terenie Targówka funkcjonuje również 20 stacji rowerów miejskich Veturilo, które należą do systemu Warszawskiego Roweru Publicznego (WRP) [Veturilo 2025].

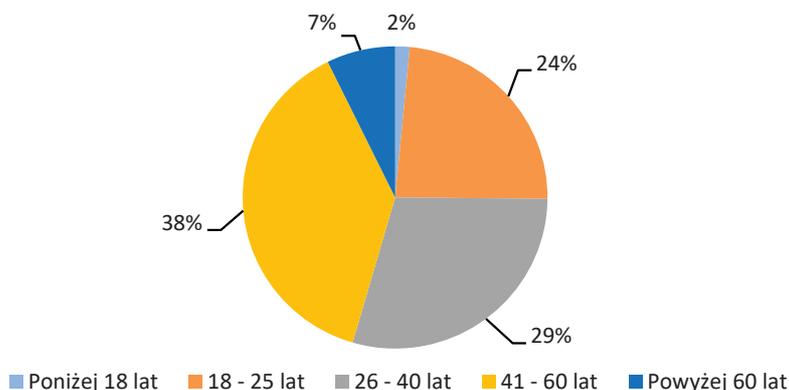
Charakterystyka respondentów



Rysunek 1. Struktura badanych według płci
Figure 1. Structure of respondents by gender
Źródło: badanie własne
Source: own study

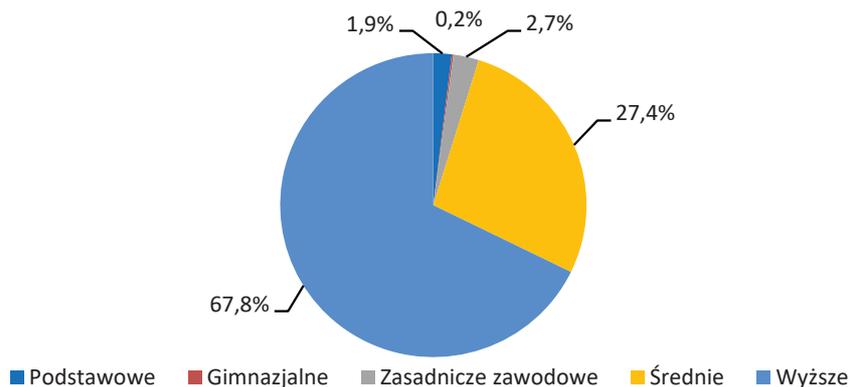
W badaniu ankietowym wzięło udział 521 mieszkańców Targówka, w tym 385 kobiet (74%) i 136 mężczyzn (26%; rys. 1).

Analizowana grupa różniła się pod względem wieku, wykształcenia i sytuacji zawodowej. Mieszkańcy poniżej 18 roku życia stanowili jedynie 2% respondentów (rys. 2). Osoby mające od 18 do 25 lat reprezentowały 24% badanej grupy, a od 26 do 40 lat – 29%. Najliczniejszą grupę respondentów tworzyły osoby między 41 a 60 rokiem życia (38%), a starsze (powyżej 60 lat) stanowiły 7%.



Rysunek 2. Struktura ankietowanych według wieku
Figure 2. Structure of respondents by age
Źródło: badanie własne
Source: own study

Wśród ankietowanych najwięcej było osób z wykształceniem wyższym (67,8%) oraz średnim (27,4%; rys. 3). Absolwenci zasadniczych szkół zawodowych stanowili 2,7%, a osoby z wykształceniem podstawowym 1,9%. Tylko jedna osoba (0,2%) miała wykształcenie gimnazjalne.



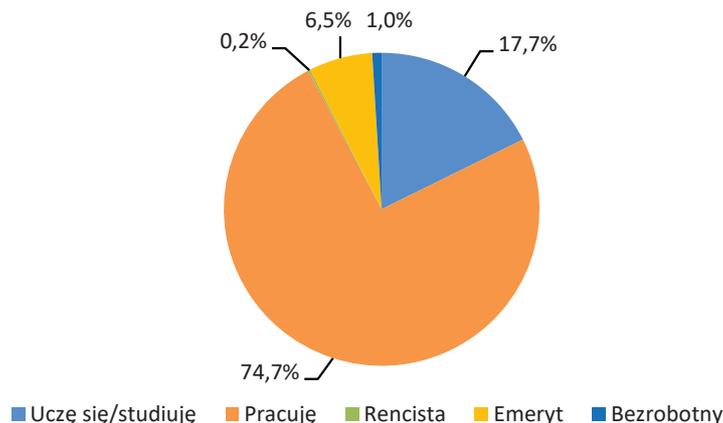
Rysunek 3. Struktura respondentów według poziomu wykształcenia

Figure 3. Structure of respondents by education level

Źródło: badanie własne

Source: own study

Większość, bo 74,7% respondentów, zadeklarowała, że pracuje, a 17,7%, że uczy się bądź studiuje (rys. 4). Emeryci stanowili 6,5%, a bezrobotni 1%. Wśród ankietowanych znalazł się tylko jeden rencista (0,2%).



Rysunek 4. Struktura respondentów według sytuacji zawodowej

Figure 4. Structure of respondents by professional situation

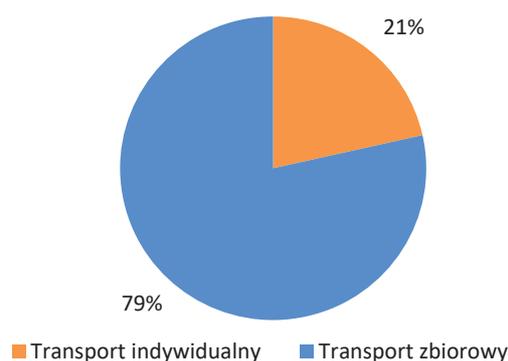
Źródło: badanie własne

Source: own study

Z analiz wynika zatem, że grupa respondentów była zróżnicowana pod wieloma względami. Prawie trzy czwarte badanych stanowiły kobiety, dominowały również osoby pracujące, z wykształceniem wyższym.

Czynniki wpływające na wybór środka transportu

79% ankietowanych mieszkańców Targówka do poruszania się po mieście wykorzystuje transport zbiorowy (rys. 5). Pozostałe 21% korzysta najczęściej z transportu indywidualnego.



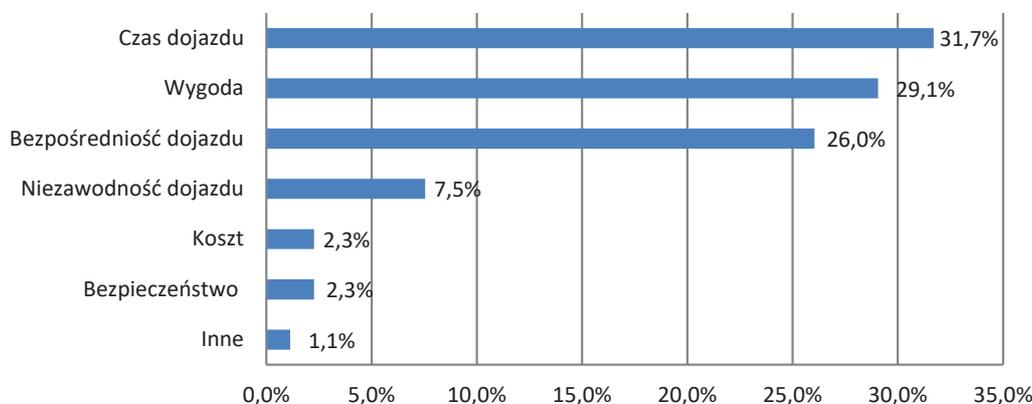
Rysunek 5. Najczęstszy sposób realizowania przejazdów po mieście

Figure 5. The most common way to travel around the city

Źródło: badanie własne

Source: own study

Dla osób korzystających z transportu indywidualnego najważniejszymi czynnikami wpływającymi na wybór samochodu są: czas dojazdu (31,7%), wygoda (29,1%) oraz możliwość bezpośredniego dotarcia (26%; rys. 6). Niezawodność dojazdu jest istotna dla 7,5% badanych mieszkańców, a koszty i bezpieczeństwo wskazało po 2,3%. Dla 1,1% ankietowanych samochód stanowi narzędzie pracy.



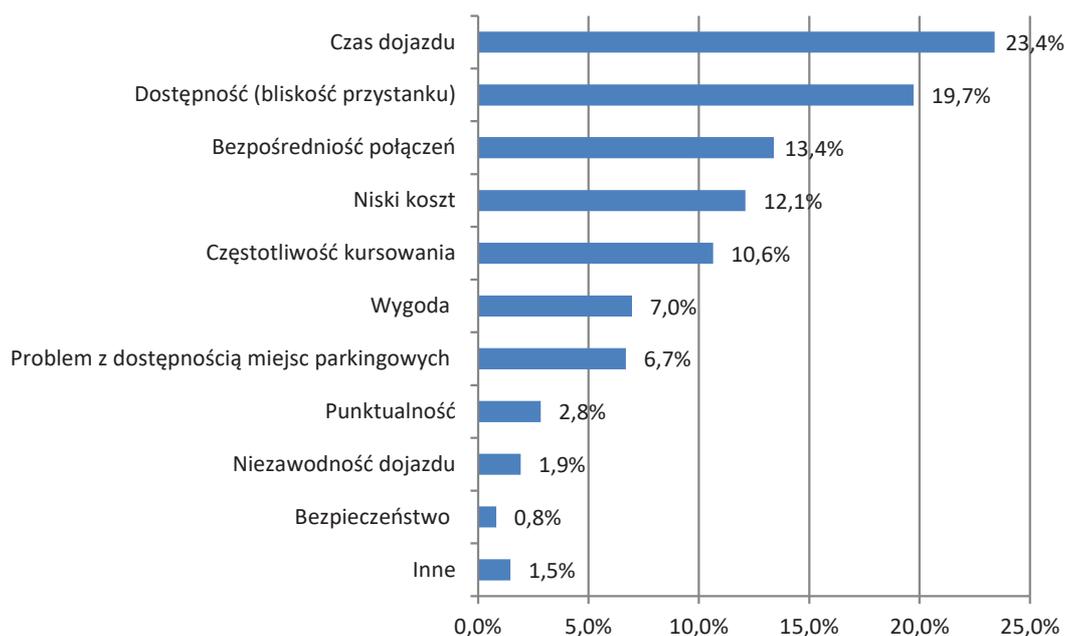
Rysunek 6. Czynniki wpływające na wybór transportu indywidualnego (samochodu)

Figure 6. Factors influencing the choice of an individual means of transport (car)

Źródło: badanie własne

Source: own study

Do głównych czynników wyboru transportu miejskiego badani mieszkańcy Targówka zaliczyli czas dojazdu (23,4%) oraz dostępność przystanku (19,7%; rys. 7). Na tej podstawie pozytywnie zweryfikowana została pierwsza hipoteza badawcza, zgodnie z którą mieszkańcy wybierają komunikację miejską ze względu na krótki czas dojazdu. Bezpośrednie połączenia wskazało 13,4%, niski koszt – 12,1%, a częste kursowanie – 10,6%.



Rysunek 7. Czynniki wpływające na wybór transportu miejskiego

Figure 7. Factors influencing the choice of public transport

Źródło: badanie własne

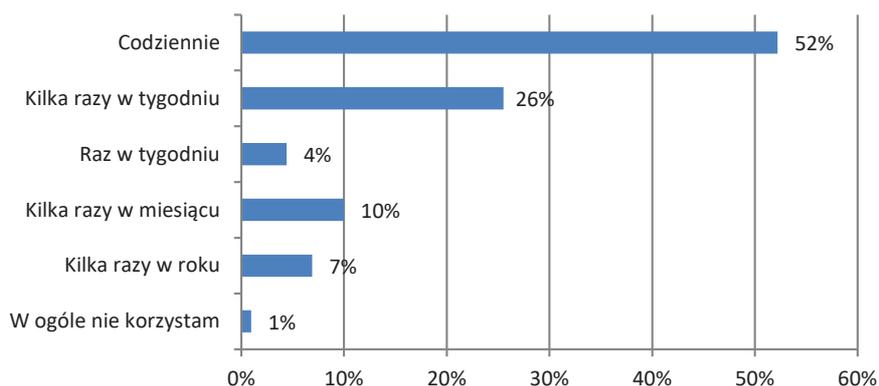
Source: own study

Wygoda oraz problem z dostępnością miejsc parkingowych ma znaczenie dla ok. 7% ankietowanych. Najbardziej biorą oni pod uwagę punktualność (2,8%), niezawodność dojazdu (1,9%) i bezpieczeństwo (0,8%). Spośród innych czynników wyboru transportu miejskiego ankietowani wymieniali najczęściej: nieposiadanie prawa jazdy i samochodu, zbyt duże zatłoczenie ulic utrudniające jazdę autem, możliwość przewiezienia większej liczby osób oraz mniejsze zanieczyszczenie środowiska niż w przypadku transportu indywidualnego.

Połowa badanych mieszkańców Targówka korzysta codziennie z komunikacji miejskiej (rys. 8), 26% – kilka razy w tygodniu, a 4% – raz w tygodniu. Raz w miesiącu transportem miejskim przemieszcza się 10%, a kilka razy w roku 7%. Jedyne 1% ankietowanych zadeklarowało, że w ogóle nie korzysta z transportu zbiorowego.

Mieszkańcy Targówka najczęściej korzystają z transportu miejskiego, gdy jadą do pracy (26%) oraz na spotkania towarzyskie czy zajęcia rekreacyjne (25%; rys. 9). W celu załatwienia spraw osobistych z komunikacji miejskiej korzysta 18% respondentów, a realizacji zakupów 15%. 9% badanych dociera w ten sposób do szkoły lub na uczelnię, natomiast 6% wykorzystuje transport miejski podczas załatwiania spraw służbowych.

Prawie połowa badanych mieszkańców Targówka (48%) kupuje bilety w stacjonarnych automatach biletowych, a z automatów ulokowanych w pojazdach korzysta 23% (rys. 10). 12% ankietowanych kupuje bilety w Punktach Obsługi Pasażera ZTM. Aplikacje operatorów zewnętrznych, takie jak Mobilet i Jakdojade, cieszą się wśród respondentów większą popularnością niż oficjalna aplikacja Warszawskiego Transportu Publicznego, czyli mobiWAWA.

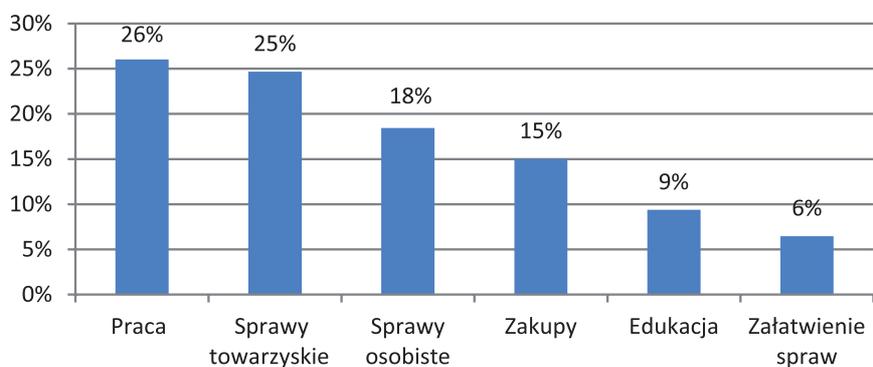


Rysunek 8. Częstotliwość korzystania z transportu miejskiego

Figure 8. Frequency of using public transport

Źródło: badanie własne

Source: own study

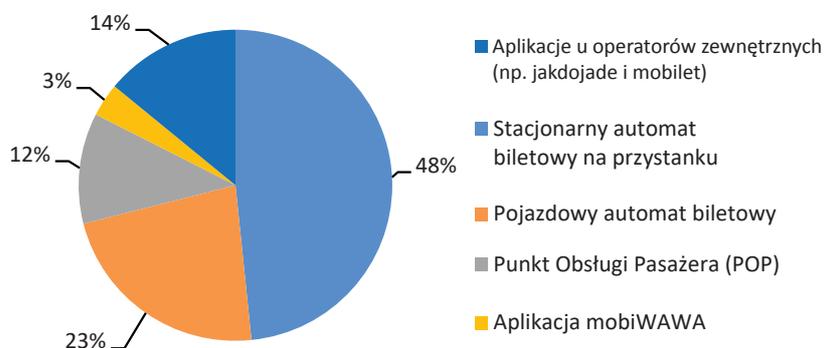


Rysunek 9. Cele przejazdu transportem miejskim

Figure 9. Purposes of public transport travel

Źródło: badanie własne

Source: own study



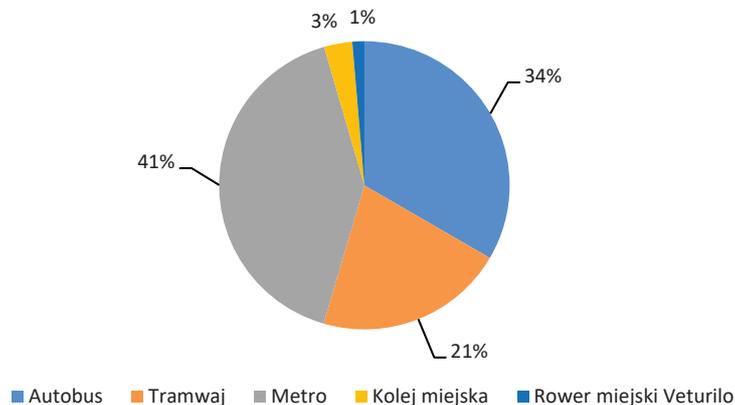
Rysunek 10. Najczęstszy sposób kupowania biletu

Figure 10. The most common way to buy a ticket

Źródło: badanie własne

Source: own study

Najczęściej wykorzystywanym przez mieszkańców Targówka środkiem transportu miejskiego jest metro (41%; rys. 11). Z autobusu korzysta 34% ankietowanych, a z tramwaju 21%. Ankietowani najrzadziej jeżdżą koleją miejską (3%) i rowerami miejskimi Veturilo (1%). Na podstawie uzyskanych wyników można zatem stwierdzić, że sformułowana w ramach pracy druga hipoteza, według której mieszkańcy Targówka korzystają najczęściej z autobusów, została zweryfikowana negatywnie.



Rysunek 11. Najczęściej wykorzystywany środek transportu miejskiego

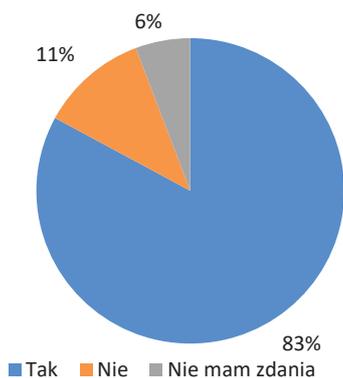
Figure 11. The most frequently used means of urban transport

Źródło: badanie własne

Source: own study

Rozwój transportu miejskiego w opinii mieszkańców

83% respondentów stwierdziło, że otwarcie metra poprawiło funkcjonowanie komunikacji miejskiej w analizowanej dzielnicy (rys. 12). Z kolei 11% miało odmienne zdanie, a 6% nie wyraziło opinii na ten temat.



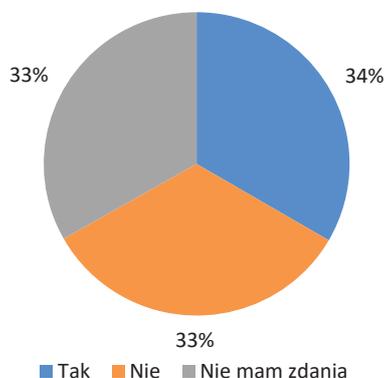
Rysunek 12. Opinie respondentów na temat pozytywnego wpływu otwarcia metra na funkcjonowanie komunikacji miejskiej w dzielnicy Targówek

Figure 12. Respondents' opinions on the positive impact of the metro opening on the functioning of public transport in the Targówek district

Źródło: badanie własne

Source: own study

Respondenci nie byli w stanie jednoznacznie stwierdzić, czy otwarcie metra w ich dzielnicy zmniejszyło liczbę kongestii na drogach (rys. 13): 34% zgodziło się z tym stwierdzeniem, 33% wyraziło odmienną opinię, a pozostałe 33% nie miało zdania na ten temat.



Rysunek 13. Opinie ankietowanych dotyczące wpływu uruchomienia metra na zmniejszenie liczby kongestii na drogach w dzielnicy Targówek

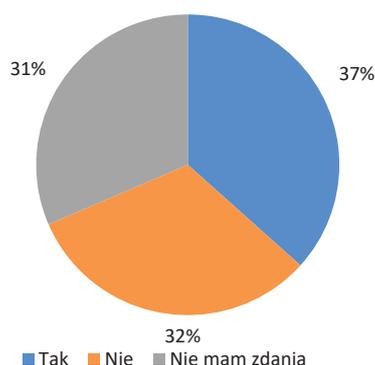
Figure 13. Opinions of respondents regarding the impact of the launch of the metro on reducing road congestion in the Targówek district

Źródło: badanie własne

Source: own study

W przypadku pytania, czy ankietowani są zadowoleni z reorganizacji ruchu autobusowego w dzielnicy po otwarciu metra na Targówku, 37% mieszkańców wyraziło zadowolenie ze zmian, 32% miało odmienną opinię, a 31% respondentów nie miało zdania (rys. 14).

Większość badanych mieszkańców Targówka (65%) uważa, że za mało zostało wybudowanych parkingów typu P+R (park and ride – parkuj i jedź) przy stacjach metra na terenie dzielnicy (rys. 15). Odmiennego zdania było 9% ankietowanych, a 26% nie miało opinii na ten temat.



Rysunek 14. Poglądy badanych mieszkańców Targówka na temat ich zadowolenia z reorganizacji ruchu autobusowego po otwarciu metra

Figure 14. The views of the surveyed residents of Targówek on their satisfaction with the reorganization of bus traffic after the opening of the metro

Źródło: badanie własne

Source: own study



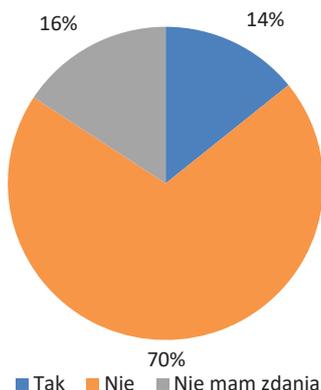
Rysunek 15. Opinie respondentów na temat zbyt małej liczby parkingów typu P+R w dzielnicy Targówek

Figure 15. Respondents' opinions on too few P+R parking lots in the Targówek district

Źródło: badanie własne

Source: own study

Jeśli chodzi o kwestię przyłączenia Targówka do strefy płatnego parkowania, 70% respondentów było przeciwnych takiemu rozwiązaniu, za przyłączeniem opowiedziało się 14%, a 16% nie miało zdania na ten temat (rys. 16).



Rysunek 16. Opinie ankietowanych na temat przyłączenia Targówka do strefy płatnego parkowania

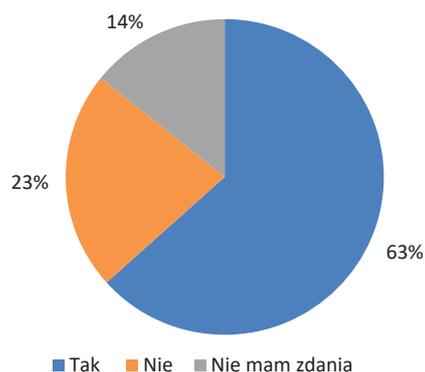
Figure 16. Opinions of respondents on the inclusion of Targówek in the paid parking zone

Źródło: badanie własne

Source: own study

Ponad połowa badanych mieszkańców Targówka (63%) jest zadowolona z organizacji transportu miejskiego w dzielnicy (rys. 17). Swoje niezadowolenie wyraziło 22% ankietowanych, a 14% nie miało zdania na ten temat.

Prawie połowa respondentów (48%) uważa, że transport miejski w dzielnicy jest wystarczająco rozwinięty, aby zaspokajać potrzeby mieszkańców (rys. 18). Ze stwierdzeniem tym nie zgodziło się 39% ankietowanych, a 13% nie miało zdania.

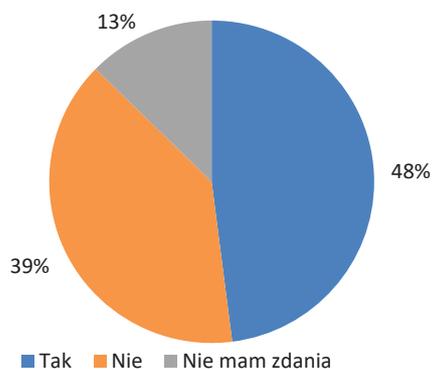


Rysunek 17. Opinie ankietowanych dotyczące ich zadowolenia z organizacji komunikacji miejskiej w dzielnicy Targówek

Figure 17. Opinions of respondents regarding their satisfaction with the organization of public transport in the Targówek district

Źródło: badanie własne

Source: own study



Rysunek 18. Poglądy respondentów na temat wystarczająco rozwiniętego transportu miejskiego w dzielnicy Targówek

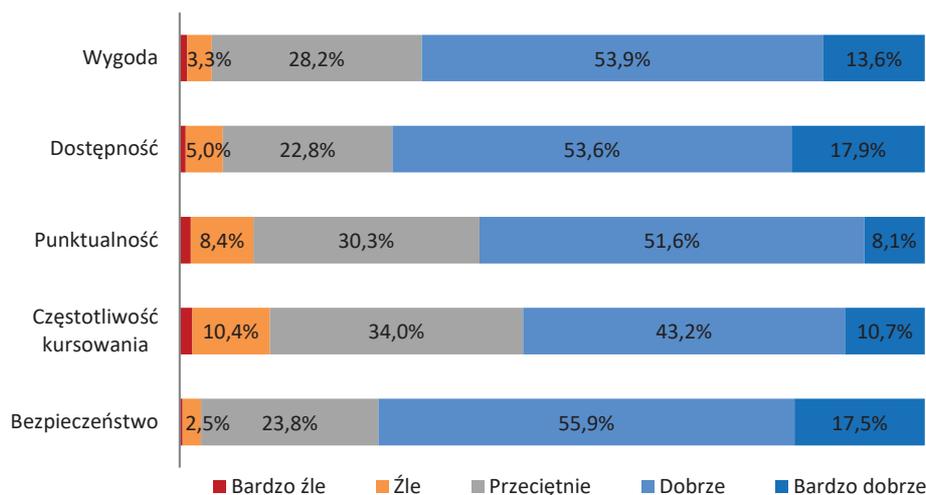
Figure 18. Respondents' views on the sufficiently developed urban transport in the Targówek district

Źródło: badanie własne

Source: own study

Ocena jakości komunikacji miejskiej

Spośród wszystkich parametrów jakości funkcjonowania komunikacji miejskiej w dzielnicy Targówek najwyżej oceniono dostępność (17,9% mieszkańców) oraz bezpieczeństwo (17,5%; rys. 19). Większość ankietowanych uznała za „dobre”: wygodę (53,9%), dostępność (53,6%), punktualność (51,6%) oraz bezpieczeństwo (55,9%), a mniej częstotliwość kursowania (43,2%). Oceny przeciętne dotyczyły głównie częstotliwości kursowania (34%) i punktualności (30,3%), a najniższe – częstotliwości kursowania (1,7%) i punktualności (1,5%).



Rysunek 19. Jakość transportu miejskiego według badanych mieszkańców

Figure 19. The quality of urban transport according to surveyed residents

Źródło: badanie własne

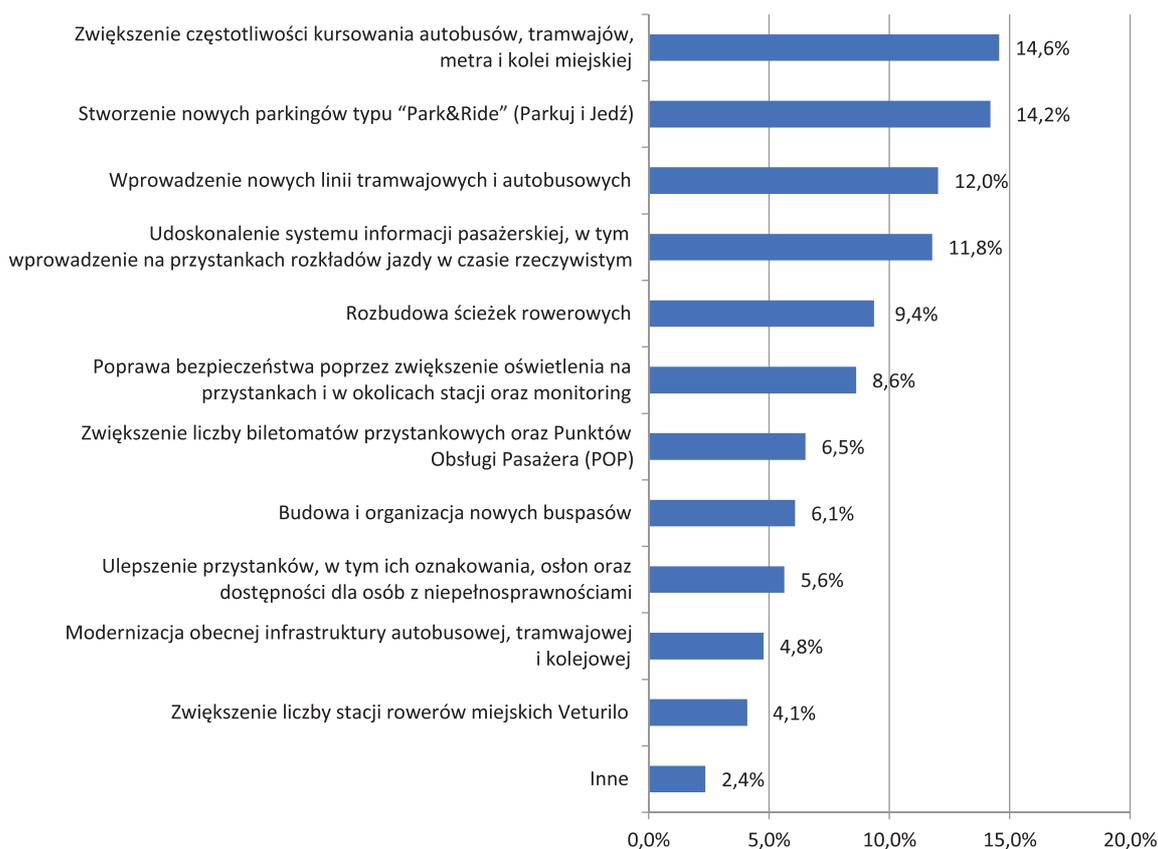
Source: own study

Propozycje usprawnień transportu miejskiego w dzielnicy Targówek

W kwestii możliwości poprawy transportu publicznego w dzielnicy najczęściej ankietowanych opowiedziało się za zwiększeniem częstotliwości kursowania środków komunikacji miejskiej (14,6%) oraz za wybudowaniem nowych parkingów typu P+R (14,2%; rys. 20). Duże poparcie ze strony mieszkańców zyskał również pomysł uruchomienia nowych linii autobusowych i tramwajowych (12%) oraz udoskonalenia systemu informacji pasażerskiej, w tym wprowadzenia na przystankach rozkładów jazdy w czasie rzeczywistym (11,8%). Propozycję rozbudowy tras rowerowych poparło 9,4% ankietowanych, a poprawy bezpieczeństwa na przystankach przez ich doświetlenie i zainstalowanie monitoringu 8,6%. Z kolei za postulatem zwiększenia liczby biletomatów przystankowych wraz z Punktami Obsługi Klienta (POK) oraz rozbudowy buspasów opowiedziało się ok. 6% respondentów. Mieszkańcy Targówka najrzadziej sugerowali ulepszenie przystanków przez poprawę ich oznakowania, zainstalowanie osłon oraz ułatwienie dostępu do nich osobom niepełnosprawnym (5,6%), modernizację obecnej infrastruktury środków komunikacji miejskiej (4,8%) i budowę nowych stacji rowerów miejskich Veturilo (4,1%).

Wśród innych propozycji poprawy funkcjonowania transportu miejskiego w analizowanej dzielnicy ankietowani podawali zarówno konkretne przykłady już wcześniej wymienianych propozycji, jak i nowe rozwiązania. Postulowali ulepszenie sieci połączeń autobusowych wewnątrz dzielnicy, zwłaszcza zwiększenie liczby autobusów nocnych. Respondenci podkreślali, że duża część autobusów na Targówku ma na długich odcinkach takie same trasy i zbliżoną częstotliwość kursowania.

W przypadku transportu tramwajowego ankietowani sugerowali zamknięcie przystanków nadmiarowych, zlokalizowanych zbyt blisko siebie, zwłaszcza na odcinku ul. Rembielińskiej. Przez częste zatrzymywanie się tramwaju na przystankach wydłuża się czas przejazdu.



Rysunek 20. Propozycje usprawnień komunikacji miejskiej w dzielnicy Targówek

Figure 20. Proposals for improving public transport in the Targówek district

Źródło: badanie własne

Source: own study

W celu poprawy komunikacji naziemnej, zwłaszcza z dzielnicami położonymi na lewym brzegu Wisły, mieszkańcy zaproponowali wybudowanie Mostu Krasieńskiego, który połączyłby Bródno (od strony ul. Matki Teresy z Kalkuty) z Żoliborzem (na wysokości ul. Zygmunta Krasieńskiego).

W zakresie transportu rowerowego ankietowani zwrócili uwagę na potrzebę zwiększenia liczby dostępnych rowerów miejskich oraz zagęszczenia ich stacji. Według respondentów, stacje Veturilo są położone blisko stacji metra, jednak pozostawienie roweru za darmo na stacji oddalonej od metra jest problematyczne ze względu na ich małą liczbę. Dodatkowo mieszkańcy proponują zwiększenie liczby zadaszonych miejsc służących do parkowania rowerów, które zostaną objęte miejskim monitoringiem w celu ograniczenia kradzieży.

Respondenci proponują również wybudowanie nowych parkingów przeznaczonych dla mieszkańców Targówka. Część miejsc parkingowych zlikwidowano z powodu budowy metra, a po jego otwarciu nie zwiększono ich liczby. Osoby spoza Warszawy zostawiają samochody przy stacjach metra, zajmując miejsca postojowe mieszkańcom dzielnicy. Ankietowani zwracali uwagę na ten problem szczególnie w przypadku stacji metra Zacisze, zwłaszcza na ulicach dojazdowych do niej, które w godzinach pracy są całkowicie zastawione przez samochody, co utrudnia przemieszczanie się.

Podsumowanie i wnioski

Z badań ankietowych przeprowadzonych wśród mieszkańców Targówka wynika, że większość respondentów wybiera transport miejski jako najczęstszy sposób poruszania się po mieście, głównie ze względu na szybki czas dojazdu, co potwierdza pierwszą hipotezę badawczą. Ponad połowa ankietowanych codziennie korzysta z komunikacji miejskiej, w tym najczęściej z metra, co pozwoliło zweryfikować negatywnie drugą hipotezę badawczą, według której autobusy są najpopularniejszym środkiem transportu wśród mieszkańców Targówka. Jeśli chodzi o funkcjonowanie transportu miejskiego, mieszkańcy dzielnicy najwyżej ocenili jego dostępność oraz bezpieczeństwo, a najniżej częstotliwość kursowania i punktualność. Większość ankietowanych uważa, że otwarcie metra polepszyło działanie transportu miejskiego w dzielnicy, jednak wybudowano za mało parkingów typu P+R. Respondenci nie byli w stanie jednoznacznie stwierdzić, czy otwarcie metra zmniejszyło liczbę kongestii na Targówku oraz czy są zadowoleni z reorganizacji ruchu autobusowego. Większość badanych mieszkańców wyraziło zadowolenie z organizacji komunikacji miejskiej, lecz nie wszyscy uważają, że jest ona wystarczająco rozwinięta.

W celu poprawy funkcjonowania komunikacji miejskiej na terenie Targówka Zarząd Transportu Miejskiego powinien poprawić połączenia komunikacyjne zarówno wewnątrz dzielnicy, jak i z sąsiadującymi dzielnicami i miastami. Wybudowanie Mostu Krasieńskiego, łączącego bezpośrednio Targówek z Żoliborzem, znacząco skróciłoby czas przejazdu z prawego brzegu Wisły na lewy.

Innym rozwiązaniem służącym polepszeniu komunikacji wewnątrz dzielnicy jest rozwój ścieżek rowerowych oraz zwiększenie liczby stacji rowerów miejskich *Veturilo*. Dodatkowo postawienie nowych, zadaszonych i monitorowanych stojaków rowerowych przy przystankach oraz stacjach metra zachęciłoby mieszkańców do pozostawiania tam swoich rowerów i przesiadania się do transportu miejskiego.

W kwestii transportu autobusowego duże znaczenie ma zwiększenie częstotliwości kursowania autobusów oraz przywrócenie części połączeń sprzed otwarcia metra, jak i wprowadzenie nowych relacji. Główne przesiadkowe przystanki autobusowe mogłyby być wyposażone w elektroniczne wyświetlacze rozkładów jazdy w czasie rzeczywistym, tak jak na większości przystanków tramwajowych. Jednym z rozwiązań służących polepszeniu ruchu autobusowego byłoby zbudowanie nowych buspasów na głównych drogach dojazdowych do centrum, dzięki czemu autobusy nie będą grzęznąć w zatorach drogowych, a szybszy dojazd do centrum jeszcze bardziej zachęci mieszkańców do rezygnacji z samochodów na rzecz korzystania z komunikacji miejskiej podczas poruszania się po mieście.

Wraz z powstawaniem nowych osiedli, zarówno na Targówku, jak i na przedmieściach, ważne jest zwiększanie liczby parkingów typu P+R przy stacjach metra. Jednak priorytetem powinna być dobra organizacja transportu miejskiego umożliwiającego dojazd do miejscowości podwarszawskich. Zwiększającej się liczbie osób przyjeżdżających codziennie do stolicy należy zapewnić dogodne połączenia komunikacyjne, aby chętniej korzystali oni z transportu publicznego niż z samochodów osobowych.

Reasumując, analizowana dzielnica jest zróżnicowana pod względem dostępności komunikacji miejskiej i niektóre jej obszary wymagają pod tym względem poprawy.

Jednak rozwój transportu miejskiego na Targówku nie może się ograniczać wyłącznie do granic dzielnicy, ale musi współgrać z planami rozwoju Warszawskiego Transportu Publicznego obejmującego całą aglomerację warszawską.

Bibliografia

- Grzelec K., 2024: Wykorzystanie wyników badań marketingowych preferencji i zachowań transportowych na rynku transportu miejskiego – przykład aglomeracji gdańskiej, *Marketing i Rynek* 5, 3–15.
- Grzelec K., Wyszomirski O., 2017: Polityka transportowa w miastach i aglomeracjach. [w:] R. Rydzkowski (red.), *Współczesna polityka transportowa*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Jurczak M., 2021: *Innowacje w transporcie publicznym*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.
- KOLEO, 2025: Rozkłady jazdy PKP. <https://koleo.pl/> [dostęp: 05.03.2025].
- Kulińska E., Masłowski D., 2020: *Zarządzanie bezpieczeństwem miejskiej komunikacji zbiorowej*. Difin, Warszawa.
- Mężyk A., 2019: Problemy komunikacji w miastach – kierunki rozwiązań. *Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 235(12), 22–29.
- Mężyk A., Zamkowska S., 2019: *Problemy transportowe miast. Stan i kierunki rozwiązań*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Osses M., Fernandez R., 2006: Transport and air quality in Santiago, Chile. [w:] S. Basbas (red.), *Advances in City Transport: Case Studies*. WIT Press, Southampton.
- Rodrigue J.-P., 2024: *The Geography of Transport Systems*. Routledge, Nowy Jork, NY.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 stycznia 2014 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. *Dz.U.* 2014, poz. 112.
- Urząd Dzielnicy Targówek, 2025: Ścieżki rowerowe. <https://targowek.um.warszawa.pl/-/sciezki-rowerowe> [dostęp: 10.03.2025].
- Urząd Statystyczny, 2024: *Rocznik Statystyczny Warszawy 2024*. Urząd Statystyczny w Warszawie. <https://warszawa.stat.gov.pl/publikacje-i-foldery/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-warszawy-2024,6,21.html> [dostęp: 05.03.2025].
- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym. *Dz.U.* 2025, poz. 285.
- Tomanek R., 2023: Rola zeroemisyjnych form mobilności w budowaniu odporności miast. [w:] B. Kos et al. (red.), *Odporna mobilność miejska*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Veturilo, 2025: <https://veturilo.waw.pl/> [dostęp: 25.03.2025].
- WTP, 2025a: Parking P+R Metro Kondratowicza. <https://www.wtp.waw.pl/parkingi/parking-pr-metro-kondratowicza/> [dostęp: 26.02.2025].
- WTP, 2025b: Punkty Obsługi Pasażerów. <https://www.wtp.waw.pl/punkty-obslugi/> [dostęp: 19.02.2025].
- WTP, 2025c: Rozkłady jazdy WTP. <https://www.wtp.waw.pl/rozklady-jazdy/> [dostęp: 24.02.2025].
- Wyszomirski O., 2010: *Transport miejski. Ekonomia i organizacja*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- ZTM, 2025: *Informator statystyczny ZTM – grudzień 2024*. Zarząd Transportu Miejskiego w Warszawie. https://www.ztm.waw.pl/wp-content/uploads/2025/02/www_BIULETYN-GRUDZIEN_2024.pdf [dostęp: 24.02.2025].

ISSN 2450-8055



2450 8055