

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

9 (4) 2024

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

9 (4) 2024

SCIENTIFIC BOARD

Bogdan Klepacki, Warsaw University of Life Sciences – SGGW (Chairman); **Theodore R. Alter**, Pennsylvania State University, USA; **Spyros Biniotis**, 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); **Slawomir 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 – Dominika Cichočka

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

Marzena Góralczyk

Postrzeganie marketingu relacji przez nowo zatrudnionych pracowników
Perceptions of Relationship Marketing by Newly Recruited Employees 5

Teresa Gądek-Hawlena, Weronika Kilian

Analiza dostosowania usług oferowanych na terenie Lotniska Chopina w Warszawie do potrzeb pokolenia Z
Adapting the Services Offered at Warsaw Chopin Airport to the Needs of Generation Z 25

Roman Jędras

Możliwości, korzyści i bariery wdrożenia algorytmu AdaBoost w zarządzaniu procesami logistycznymi
Opportunities, Benefits, and Barriers – Implementing the AdaBoost Algorithm in Logistics Process Management 37

Tomasz Klusek

Realizacja idei zrównoważonego budownictwa na polskim rynku nieruchomości magazynowych
Implementation of the Idea of Sustainable Construction in the Polish Warehouse Real Estate Market 55

Martyna Mikołajczak, Konrad Staniszewski, Karolina Werner-Lewandowska

Zastosowanie sztucznej inteligencji w procesach logistycznych i obsłudze klienta – studium przypadku
Application of Artificial Intelligence in Logistics Processes and Customer Service – A Case Study 69

Denys Povoroznyk, Elżbieta Radochońska-Wasiewicz, Andrzej Borusiewicz, Grzegorz Dzieniszewski, Maciej Kuboń

Ekonomiczno-społeczne skutki pandemii COVID-19 oraz wojny w Ukrainie a efektywność procesów transportowych
Economic and Social Effects of the COVID-19 Pandemic, the War in Ukraine, and the Efficiency of Transport Processes 85

Przybytniowski Jarosław, Kusto Barbara, Dziekański Paweł

Ubezpieczenia jako forma transferu ryzyka ekologicznego w jednostkach samorządu terytorialnego
Insurance as a Form of Transferring Ecological Risk in Local Government Units 99

***Mohammed Sanusi Sadiq, Invinder Paul Singh, Muhammad Makarfi Ahmad,
Buhari Bilyaminu, Bashir Sani Sanyinna, Zakari Fatima Saidu***

Output Supply and Inputs Demand Elasticities of Small-Scale Onion Production
in Nigeria's Kano State

Elastyczność popytu na produkcję i nakłady na produkcję cebuli na małą skalę
w stanie Kano w Nigerii 117

Marzena Góralczyk 

Uniwersytet Zielonogórski


Postrzeganie marketingu relacji przez nowo zatrudnionych pracowników

Perceptions of Relationship Marketing by Newly Recruited Employees

Synopsis. Celem artykułu było scharakteryzowanie, w jaki sposób nowo zatrudnieni pracownicy postrzegają marketing relacji w swoim miejscu pracy. W artykule zaprezentowano różne aspekty dotyczące marketingu relacji w kontekście związków danego podmiotu z interesariuszami zewnętrznymi. Ponadto w części empirycznej zaprezentowano wyniki własnych badań w odniesieniu do autorskiego podejścia do determinant kształtujących marketing relacji na podstawie grupy respondentów z województwa lubuskiego. Badania przeprowadzono w okresie od kwietnia do września 2023 roku. Zaproponowane podejście dotyczące marketingu relacji stanowi odniesienie do ważnego obszaru zagadnień z zakresu zarządzania przedsiębiorstwem. Z przeprowadzonych badań wynika, że współpraca między partnerami biznesowymi wymaga: bieżącego rozwiązywania problemów, procesu ciągłego komunikowania się i stałego przepływu informacji. Kolejnym czynnikiem jest budowanie dobrego wizerunku. Ponadto dostrzec można elementy kształtujące satysfakcję z relacji w postaci odczuwania potrzeb partnera oraz wychodzenie im naprzeciw. Ważne jest także, w opinii respondentów, dostarczanie podzespołów, produktów oraz surowców na czas. Ankietowani uważają, iż budowanie dobrych relacji z partnerami powinno opierać się również na podejmowaniu wspólnych działań na rzecz społeczności lokalnej. Kształtowanie właściwych relacji z partnerami biznesowymi wymaga w przedsiębiorstwie działań zorientowanych na stałe doskonalenie różnorodnych kompetencji. Z tym wyzwaniem muszą się zmierzyć także nowo zatrudnieni pracownicy, gdyż to oni będą w niedalekiej przyszłości kształtować właściwy obraz przedsiębiorstwa.

Słowa kluczowe: postrzeganie marketingu relacji, przedsiębiorstwo, pracownicy

Abstract. The aim of the article was to characterize how newly recruited employees perceive relationship marketing in their workplace. The article presents various aspects of relationship marketing in the context of an entity's relationship with external stakeholders. Furthermore, the empirical part presents the results of the

 Marzena Góralczyk – Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Nauk Prawnych i Ekonomicznych; e-mail: m.goralczyk@wez.uz.zgora.pl; <https://orcid.org/0000-0003-2048-5386>

author's own research regarding the determinants shaping relationship marketing based on a group of respondents from the Lubuskie region. The research was conducted between April and September 2023. The proposed relationship marketing approach references an important area of business management issues. The research shows that cooperation between business partners requires ongoing problem solving, a process of continuous communication, and a constant flow of information. Another factor is building a good image. In addition, elements shaping relationship satisfaction in the form of understanding and meeting the partner's needs can be seen. Also important, according to the respondents, is the timely delivery of components, products, and raw materials. Respondents believe that building good relations with partners should also be based on taking joint actions for the benefit of the local community. For a company to develop the right relationship with its business partners, it is necessary to take measures aimed at the continuous improvement of various competencies. This challenge must also be faced by newly recruited employees, as they will shape the company's image in the near future.

Key words: perception of relationship marketing, enterprise, employees

Kody JEL: L 140, L 220

Wprowadzenie

„Marketing XXI wieku obejmuje przejście od produktu i transakcji do usług i budowania relacji” – tak zdaniem Dobiegały-Korony [2008, s. 41] należałoby określić ważne zmiany widoczne w tej sferze funkcjonowania przedsiębiorstw. W dzisiejszych czasach, przy tak dużej zmienności otoczenia, w tym na rynku pracy, przedsiębiorstwa borykają się z wieloma problemami. Należy do nich zaliczyć między innymi niedobory po stronie podażowej oraz inne, nowe wyzwania, przed którymi staje kadra zarządzająca podmiotami gospodarczymi z różnych branż przemysłu. Szczególnie ważne powinny być relacje z partnerami będącymi dostawcami, odbiorcami, czy innymi ważnymi podmiotami, z którymi przedsiębiorstwo wchodzi we wzajemne interakcje. Jest to na tyle istotne, że wzajemne oddziaływanie na siebie partnerów biznesowych przekłada się na postrzeganie przedsiębiorstwa przez ostatecznych odbiorców – klientów. Obraz tych relacji kształtowany jest przez pracowników. Będąc interesariuszami wewnętrznymi przedsiębiorstwa, tworzą źródło kreowania przewagi konkurencyjnej firmy. To jak nowo zatrudnieni pracownicy w przedsiębiorstwie odnajdą się w swoim miejscu pracy oraz jak ocenią sposoby budowania relacji z otoczeniem, jest predyktorem przyszłych zmian.

W artykule scharakteryzowano różne aspekty dotyczące marketingu relacji w kontekście związków danego podmiotu z interesariuszami zewnętrznymi. Ponadto, w części empirycznej zaprezentowano wyniki własnych badań w odniesieniu do autorskiego podejścia dotyczącego determinant kształtujących marketing relacji na podstawie wyłonionej grupy respondentów z województwa lubuskiego. Badania obejmowały okres od kwietnia do września 2023 roku.

Celem artykułu było scharakteryzowanie, w jaki sposób nowo zatrudnieni pracownicy postrzegają marketing relacji w swoim miejscu pracy. W szczególności ważne było przedstawienie, jak badani respondenci – pracownicy przedsiębiorstw/organizacji

oceniają dbałość o właściwe relacje z: dostawcami, odbiorcami, klientami i innymi podmiotami, z którymi przedsiębiorstwo/organizacja współpracuje. Ponadto istotne było także zaprezentowanie działań wpływających na budowanie dobrych relacji z partnerami biznesowymi. Podjęcie tej tematyki jest ważne z uwagi na potrzebę budowania odpowiedniej atmosfery w przedsiębiorstwie i takich podstaw kultury organizacyjnej, która sprostą aktualnym wyzwaniom i nieprzewidywalnej do końca przyszłości. Współdziałanie wielu podmiotów gospodarczych realizujących podobne cele biznesowe może wyjść naprzeciw wymaganiom otoczenia.

Marketing relacji – jego istota, znaczenie dla funkcjonowania przedsiębiorstw

Istnieje wiele różnych ujęć marketingu relacji. Z uwagi na wieloaspektowość tego zagadnienia można wyodrębnić główne obszary tematyczne w literaturze przedmiotu. Jak podają Möller oraz Halinen [2000] należy wyróżnić dwa rodzaje teorii marketingu relacji, te, które są bardziej zorientowane na konsumenta oraz oparte na sieci – międzyorganizacyjne.

Morgan i Hunt [1994, s. 34], zdefiniowali marketing relacji jako „wszystkie działania marketingowe ukierunkowane na ustanowienie, rozwój i utrzymanie udanej wymiany relacyjnej”. Według ujęcia, które prezentuje Gummesson [1999, s. 24]: „Całkowity marketing relacji to marketing oparty na relacjach, sieciach i interakcjach, uznając, że marketing jest osadzony w całkowitym zarządzaniu sieciami organizacji sprzedającej, rynku i społeczeństwa. Jest on skierowany na długoterminowe relacje wygrana–wygrana z klientami indywidualnymi, a wartość jest tworzona wspólnie między zaangażowanymi stronami. Przekracza granice między specjalistycznymi funkcjami i dyscyplinami”. Zdaniem Harkera [1999, s. 16] marketing relacji jest wynikiem tego, że organizacja jest „zaangażowana w proaktywne tworzenie, rozwijanie i utrzymywanie zaangażowanych, interaktywnych i dochodowych wymian z wybranymi klientami (partnerami)”. Według Berry’ego [2002 s.73] warto podać z kolei następujące ujęcie: „Marketing relacji w najlepszym wydaniu to filozofia, a nie tylko strategia, sposób myślenia o klientach, marketing i tworzenie wartości, a nie tylko zestaw technik, narzędzi i taktyk. Marketing relacji jest holistyczny, suma zintegrowanych części, które napędzają kompetencje marketingowe firm”. Na inny aspekt marketingu relacji zwracają uwagę Benouakrim i El Kandoussi [2013, s. 148–149]. Według ich podejścia należy go rozumieć jako: „strategiczny proces mający na celu ustanowienie, rozwój, utrzymanie i wzmocnienie sieci relacji z różnymi interesariuszami w oparciu o silne standardy gospodarcze i społeczne oraz osiągnięcie wspólnych celów”. Aby stało się to w pełni możliwe do zrealizowania konieczne jest podejmowanie działań związanych ściśle z procesem komunikowania się partnerów między sobą. Jest to proces dwukierunkowy dotyczący obietnic, których realizacja wymaga uwzględnienia ich w zakresie nie tylko planowania ale, co jest szczególnie istotne, wdrażania marketingu relacji. W rezultacie jedną z podstawowych jego zasad jest orientacja na klienta, a jej celem jest zwiększenie długoterminowej satysfakcji klientów. Wychodzi temu naprzeciw definicja Kowalskiej [2023, s. 36], która podaje, że „(...) marketing relacji najlepiej jest definiować szeroko jako: proces polegający na konsekwen-

tnym wykorzystaniu aktualnej wiedzy o indywidualnych klientach w celu stworzenia, zakomunikowania i dostarczenia wartości idealnie dopasowanej do ich potrzeb, motywującej klientów do powrotu do przedsiębiorstwa i dokonywania kolejnych zakupów w przyszłości. Realizacja tych działań prowadzi do budowania, rozwoju oraz pielęgnacji wzajemnie korzystnych relacji opartych na zaufaniu, zarówno z klientami, jak i innymi grupami interesariuszy". Gummesson [2017, s. 16] uważa, że należy stosować holistyczne podejście marketingowe, które oznacza „łączenie teorii z praktyką”. Z pewnością realizowanie tego postulatu wymaga od partnerów integracji oraz obustronnej uczciwości a także podejmowania ustaleń organizacyjnych, przy wysokim zaangażowaniu partnerów oraz ich motywacji.

W badaniach literaturowych warto odnieść się do obszarów tematycznych z zakresu marketingu relacji. Zdaniem Gupta oraz Sahu [2012] można wyodrębnić takie zagadnienia jak:

- zrozumienie marketingu relacji (zawiera np. koncepcję, definicje, uwarunkowania),
- rynek (w tym np. zaangażowanie, zaufanie, satysfakcja klienta),
- przemysł (implementacja programów, strategie rozwoju konkurencyjności rynku, praktyczna adaptacja),
- wydajność (obejmuje np. wymianę na płaszczyźnie business to business, rozwój marki korporacyjnej, przywiązanie konsumentów do firmy),
- technologia (dotyczy np. zagadnienia bezpieczeństwa, CRM).

Ponadto pracownicy i przedsiębiorstwa zdobywają nowe kompetencje, a dzięki relacjom z innymi podmiotami szybciej wchodzi na rynki. Analizując procesy zachodzące w sferze biznesu, menedżerowie powinni mieć świadomość tego jak bardzo istotne jest budowanie właściwych relacji w łańcuchu dostaw [Moberg i Speh 2003]. Aby marketing relacji w przedsiębiorstwie przyniósł oczekiwane efekty konieczne jest systemowe podejście do zarządzania relacjami, na które, jak podają Sawhney i Zabina [2002], składają się cztery wymiary, są to: strategia, procesy, technologia (w tym ważną rolę odgrywa Internet) oraz pracownicy. To oni właśnie stanowią najważniejsze ogniwo w tym procesie.

Podejmując tematykę marketingu relacji warto poznać przyczyny tworzenia się relacji między- i wewnątrzorganizacyjnych. Wasiluk oraz Tomaszuk [2020, s. 14], na podstawie dokonanego przeglądu badań w tym zakresie, wyodrębnili sześć głównych obszarów przyczyn ich tworzenia, należą do nich: konieczność, asymetria (decyzja o podjęciu współpracy motywowana jest możliwością wywierania wpływu i chęcią sprawowania kontroli), wzajemność (wynika z realizacji wspólnych celów i interesów), stabilność (celem jest przewidywalność i wiarygodność funkcjonowania w niepewnym otoczeniu), wydajność (przesłanką jest uzyskanie wyższej efektywności) i legitymizacja (wynika z chęci uzyskania uznania w otoczeniu np. podyktowana jest kształtowaniem określonego wizerunku).

Do czynników decydujących o sukcesie strategii marketingu relacji należą między innymi [Hunt i in. 2006]:

- kompetencyjne (np. kompetencje związane z rynkiem, zarządzanie relacjami),
- czynniki marketingu wewnętrznego (np. orientacja na rynek wewnętrzny),
- czynniki technologii informatycznej (wewnętrzne systemy informatyczne, zintegrowana struktura, CRM, bazy danych, *data mining*).

Stańczyk-Hugiet odnosząc się do kluczowych elementów relacji międzyorganizacyjnych, wskazując na trzy istotne aspekty, są to [2013, s. 57]: efekty relacji, natura wymiany oraz zarządzanie relacją. Do elementów spajających wszystkie wymienione aspekty należy zaliczyć: koordynację działań, wzajemność, powiązanie, wzajemną adaptację oraz zależność, kontrakty, normy relacyjne. Te ostatnie wskazywane są także przez Czakona [2007] jako jedne z wielu atrybutów relacji współdziałania, w których można znaleźć także między innymi: czas trwania, korzyści, wymianę, czy zaangażowanie. Zdaniem Wawaka [2015] jakość zarządzania w przedsiębiorstwie zależy między innymi od zasobów, które należy optymalnie wykorzystać oraz współpracy z partnerami, co przyczynia się do zwiększenia wartości organizacji oraz przynosi wymierne korzyści dla klienta. Tak więc jest to zgodne z realizacją założeń dotyczących marketingu relacji. Jego podstawy kształtowane są w przedsiębiorstwie, a główne filary osadzone są na zarządzaniu relacjami z pracownikami, w tym szczególnie na zwracaniu uwagi na emocjonalnym kontekst „relacji pracownika i organizacji jako pracodawcy” [Moczydłowska i in. 2017, s. 71]. Należy uznać, że: „Jakość relacji wewnątrz organizacji jest jedną z najważniejszych determinant jakości jej relacji zewnętrznych” [Moczydłowska i in. 2017, s.35].

Materiał i metody

W artykule, oprócz zaprezentowania różnych ujęć marketingu relacji, przedstawiono także wyniki własnych badań empirycznych. Stanowią one fragment badań zrealizowanych w odniesieniu do bardziej kompleksowych zagadnień z zakresu zarządzania przedsiębiorstwem. Badanie miało charakter anonimowy i zrealizowano je przy zastosowaniu kwestionariusza ankiety. Respondenci odpowiadali na cztery pytania zamknięte jednokrotnego wyboru oraz jedno pytanie wielokrotnego wyboru, które były związane bezpośrednio z przyjętą w artykule tematyką. Dobór próby badawczej nie był probabilistyczny, ale zadbane o to, aby zapewnić dużą różnorodność ankietowanych. W opracowaniu wykorzystano badania empiryczne przeprowadzone na grupie 134 osób zatrudnionych w województwie lubuskim w okresie od kwietnia do września 2023 roku. Zostali oni wyłonieni spośród respondentów reprezentujących różny staż pracy w podmiotach gospodarczych, w zdecydowanej większości przedsiębiorstwach. Na potrzeby publikacji zastosowano kryterium zatrudnienia w podmiocie do pięciu lat włącznie. Nie brano pod uwagę osób, których okres zatrudnienia był dłuższy niż pięć lat. Charakterystykę ankietowanych zaprezentowano w tabeli 1.

W badanej grupie respondentów 58,2% stanowiły kobiety, 41,8% to mężczyźni. W zakresie stanowiska pracy większa liczba wskazań dotyczyła pracowników zatrudnionych na stanowiskach wykonawczych (76,9%), a 23,1% to osoby, które pracowały na stanowiskach kierowniczych. Aż 64,9% badanych wykonywało pracę umysłową, a 54,5% pracę fizyczną. Należy jeszcze dodać, że część osób wykonywała oba rodzaje pracy.

Ponadto w wyniku zgromadzonych danych sporządzono zestawienie tabelaryczne przedstawiające charakterystykę przedsiębiorstw/organizacji, w których zatrudnieni byli respondenci. Zaprezentowano je w tabeli 2.

Table 1. Charakterystyka badanych respondentów

Table 1. Characteristics of studied population

Wyszczególnienie		Udział [%]
Płeć respondentów	kobieta	58,2
	mężczyzna	41,8
Typ stanowiska pracy	wykonawcze	76,9
	kierownicze	23,1
Charakter pracy	praca fizyczna	54,5
	praca umysłowa	64,9

* Niektórzy respondenci wykonywali zarówno pracę fizyczną, jak i umysłową.

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.

Source: own study based on empirical research results.

Tabela 2. Charakterystyka przedsiębiorstw/organizacji, w których zatrudnieni byli badani respondenci

Table 2. Characteristics of enterprises/organizations in which the respondents were employed

Wyszczególnienie	Grupy	Udział [%]
Okres funkcjonowania przedsiębiorstwa/organizacji na rynku	do 5 lat	22,4
	od 6 do 10 lat	16,4
	od 11 do 15 lat	11,2
	od 16 do 20 lat	12,7
	powyżej 20 lat	37,3
Zasięg geograficzny przedsiębiorstwa/organizacji na rynku*	rynek lokalny	27,6
	rynek regionalny	26,1
	rynek krajowy	39,6
	rynek międzynarodowy	41,8
Rodzaj działalności przedsiębiorstwa/organizacji*	produkcja	33,6
	handel	46,3
	usługi	45,5
	inne	10,4
Forma prawna	przedsiębiorstwo państwowe	20,15
	przedsiębiorstwo prywatne	70,15
	inna forma	9,70
Wielkość przedsiębiorstwa	mikro (mniej niż 10 pracowników)	15,7
	małe (od 10 do 49 pracowników)	27,6
	średnie (od 50 do 249 pracowników)	19,4
	duże (więcej niż 249 pracowników)	37,3

*W przypadku dwóch obszarów charakteryzujących badane podmioty, w których pracowali respondenci, tj. ze względu na zasięg geograficzny działalności oraz rodzaj działalności, respondenci mogli wybrać więcej niż jedną odpowiedź

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.

Source: own study based on empirical research results.

Badani pracownicy byli zatrudnieni w podmiotach gospodarczych, których okres funkcjonowania na rynku był zróżnicowany. Najliczniejszą grupę stanowiły te, które istnieją ponad 20 lat – 37,3%. Zasięg geograficzny był również zróżnicowany, niektóre

podmioty były aktywne nie tylko na jednym rynku. Stwierdzono, że największa grupa była aktywna na rynku międzynarodowym – 41,8%. Większość badanych podmiotów to przedsiębiorstwa prywatne (70,15% badanych podmiotów).

Wyniki badań i dyskusja

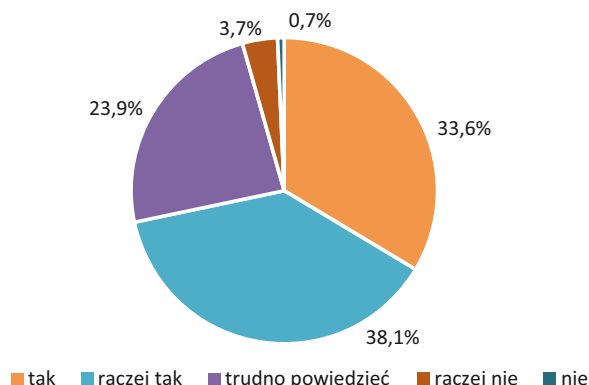
Według Danielaka [2023, s. 87]: „Za pośrednictwem wzajemnie ukształtowanych relacji strony dążą do osiągnięcia wspólnych celów, dzieląc się wiedzą, odpowiedzialnością, aby poprzez wspólne podejmowanie decyzji osiągać korzyści i redukować koszty oraz kształtować efektywność łańcucha dostaw. Odpowiednie zarządzanie relacjami z kontrahentami może przyczynić się do poprawy jakości oferowanych produktów, dlatego jest to ważny element strategii firmy”. Z uwagi na tak istotne aspekty realizacji praktycznego wymiaru marketingu relacji niezbędne jest poznanie tego, jak nowo zatrudnieni pracownicy przedsiębiorstw/organizacji postrzegają marketing relacji w swoim miejscu pracy.

Oprócz dokonanej przeglądu literatury z tego zakresu ukazane zostały także wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród respondentów. W celu zaprezentowania opinii respondentów w zakresie budowania dobrych relacji z dostawcami, odbiorcami, klientami oraz innymi przedsiębiorstwami, organizacjami i instytucjami, z którymi przedsiębiorstwo/organizacja współpracuje z szerszej perspektywy, dokonano podziału badanych respondentów na cztery grupy tj. osoby, które pracowały w podmiotach funkcjonujących w różnym obszarze aktywności na rynku. W pierwszej analizowano opinie respondentów, którzy byli zatrudnieni w przedsiębiorstwach funkcjonujących w sferze przemysłu, w drugiej w sferze handlu, kolejna to przedsiębiorstwa działające w sferze usług, a ostatnia to inne podmioty. Badani określili czy proces ten przebiegał dobrze (odpowiedź „tak” lub „raczej tak”) czy też mają w tym zakresie jakieś zastrzeżenia (odpowiedź „raczej nie” lub „nie”), inna możliwość to wybór – „trudno powiedzieć”. Opinie respondentów na temat dbałości kadry zarządzającej i innych pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z dostawcami przedstawiano na rysunku 1.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że blisko 72% ankietowanych pozytywnie oceniło budowanie dobrych relacji z dostawcami. Z kolei 23,9% respondentów nie miało w tej kwestii zdania, co można tłumaczyć krótkim stażem pracy w badanym podmiocie. Tylko nieco ponad 4% ankietowanych wybrało odpowiedź przeczącą – „raczej nie” lub „nie”.

Ocena ankietowanych w odniesieniu do podmiotów funkcjonujących w różnych obszarach aktywności na rynku dotycząca budowania dobrych relacji z tą grupą interesariuszy zewnętrznych została przedstawiona na rysunku 2.

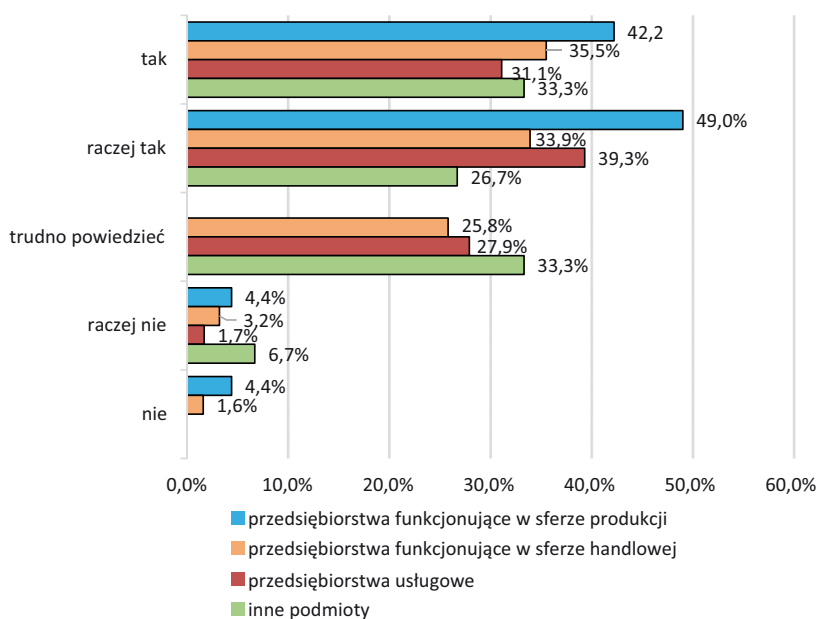
W odniesieniu do pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwach funkcjonujących w sferze produkcji 91,2% badanych wybrało odpowiedź „tak” lub „raczej tak”. Biorąc pod uwagę respondentów, którzy pracowali w sferze handlu, takiego wyboru dokonało blisko 70,0% badanych. Wśród osób zatrudnionych w podmiotach funkcjonujących w sferze usług było to również około 70,0% respondentów. W podmiotach funkcjonujących w innych obszarach aktywności na rynku otrzymano 60,0% pozytywnych odpowiedzi. Warto dodać, że odsetek negatywnych opinii był niewielki we wszystkich typach podmiotów.



Rysunek 1. Opinie respondentów na temat dbałości pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z dostawcami

Figure 1. Respondents' opinion on the care for building proper relationships with suppliers by employees of the enterprise/organization

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.
Source: own study based on empirical research results.



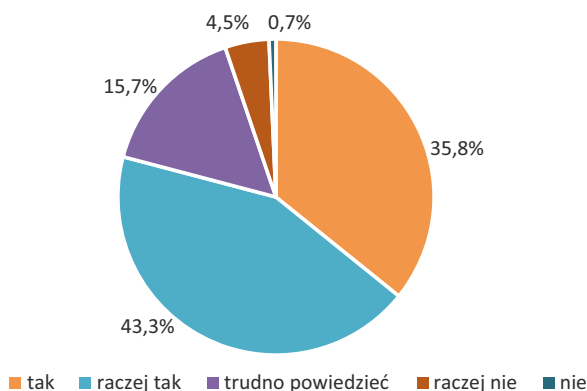
Rysunek 2. Opinie respondentów na temat dbałości pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z dostawcami – ujęcie wg branż

Figure 2. Respondents' opinion on the care for building proper relationships with suppliers by employees of the enterprise/organization – the breakdown by industry

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.
Source: own study based on empirical research results.

Konieczność budowania dobrych relacji z dostawcami jest szczególnie istotna, gdyż jak podaje Surmacz [2020, s. 43]: „Współpraca w łańcuchu dostaw to relacja między partnerami łańcucha dostaw realizowana w celu osiągnięcia niższych kosztów, wyższej jakości oraz innowacyjności produktów, zmniejszenia i dzielenia ryzyka czy też zwiększenia wartości rynkowej”.

Kolejnym ważnym zagadnieniem było ustalenie, jak respondenci postrzegają dbałość kadry zarządzającej i pozostały pracowników w przedsiębiorstwie/organizacji w odniesieniu do relacji z odbiorcami. Opinie respondentów zaprezentowane zostały na rysunku 3.



Rysunek 3. Opinia respondentów na temat dbałości pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z odbiorcami

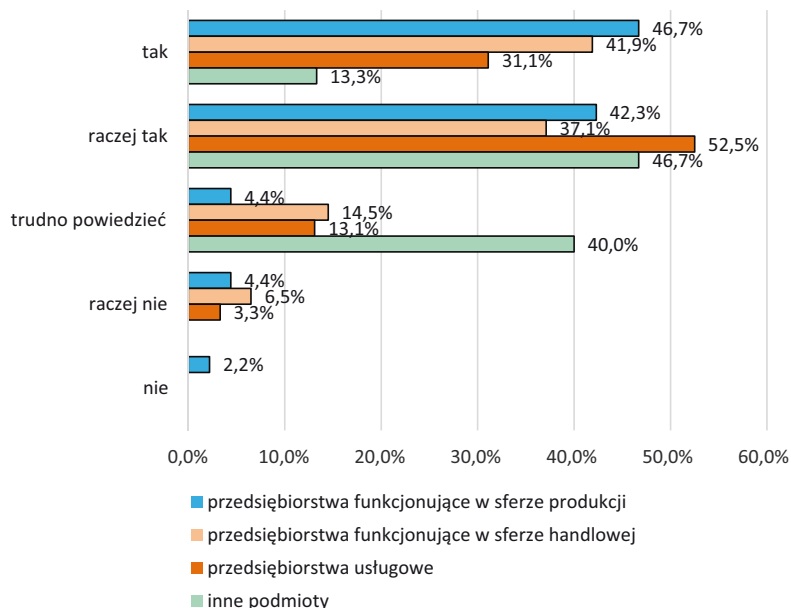
Figure 3. Respondents' opinion on the care for building proper relationships with recipients by employees of the enterprise/organization

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.
Source: own study based on empirical research results.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że 79,1% ankietowanych pozytywnie oceniało budowanie dobrych relacji z odbiorcami. Z kolei 15,7% respondentów wybrało odpowiedź „trudno powiedzieć”. Tylko 5,2% ankietowanych wybrało odpowiedź przeczącą – „raczej nie” lub „nie”.

Ocenę ankietowanych w odniesieniu do podmiotów funkcjonujących w różnych obszarach aktywności na rynku dotyczącą budowania dobrych relacji z tą grupą interesariuszy zewnętrznych przedstawiono na rysunku 4.

W odniesieniu do pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwach funkcjonujących w sferze produkcji 89,0% badanych wybrało odpowiedź „tak” lub „raczej tak”. Biorąc pod uwagę respondentów pracujących w sferze handlu, takiego wyboru dokonało blisko 79,0% badanych. Wśród osób zatrudnionych w podmiotach funkcjonujących w sferze usług było to 83,6% ankietowanych. W podmiotach funkcjonujących w innych obszarach aktywności na rynku było 60,0% pozytywnych odpowiedzi. Warto dodać, że odsetek negatywnych opinii był niewielki we wszystkich typach podmiotów.



Rysunek 4. Opinia respondentów na temat dbałości pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z odbiorcami – ujęcie wg branż

Figure 4. Respondents' opinion on the care for building proper relationships with recipients by employees of the enterprise/organization – the breakdown by industry

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.

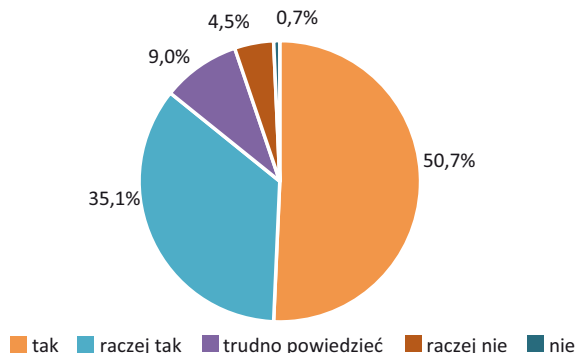
Source: own study based on empirical research results.

Budowanie właściwych relacji na rynku zaopatrzenia i zbytu wpływa na kształtowanie logistycznego potencjału konkurencyjności. Działania operacyjne w zakresie procesów logistycznych umożliwiają przedsiębiorstwu między innymi: utrzymanie dobrej reputacji, zapewnienie ciągłości działalności, zmniejszenie kosztów i wzrost jakości obsługi klienta [Gąsowska 2020]. Bez dużego zaangażowania ze strony pracowników przedsiębiorstw te działania nie przyniosłyby satysfakcjonujących firmę efektów. Nowo zatrudnieni pracownicy powinni poznać obowiązujący w danym podmiocie system wartości, a także „zaszczepić” w sobie wysoki stopień zrozumienia partnerów biznesowych, wycucia sytuacji i empatii, szczególnie wobec klientów.

Opinie respondentów na temat dbałości kadry zarządzającej i innych pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z klientami przedstawiono na rysunku 5.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że 85,8% ankietowanych pozytywnie oceniało budowanie dobrych relacji z klientami. Z kolei 9,0% respondentów nie miało w tym zakresie zdania, a 5,2% ankietowanych wybrało odpowiedź przeczącą – „raczej nie” lub „nie”.

Ocenę ankietowanych w odniesieniu do podmiotów funkcjonujących w różnych obszarach aktywności na rynku dotyczącą budowania dobrych relacji z klientami przedstawiono na rysunku 6.

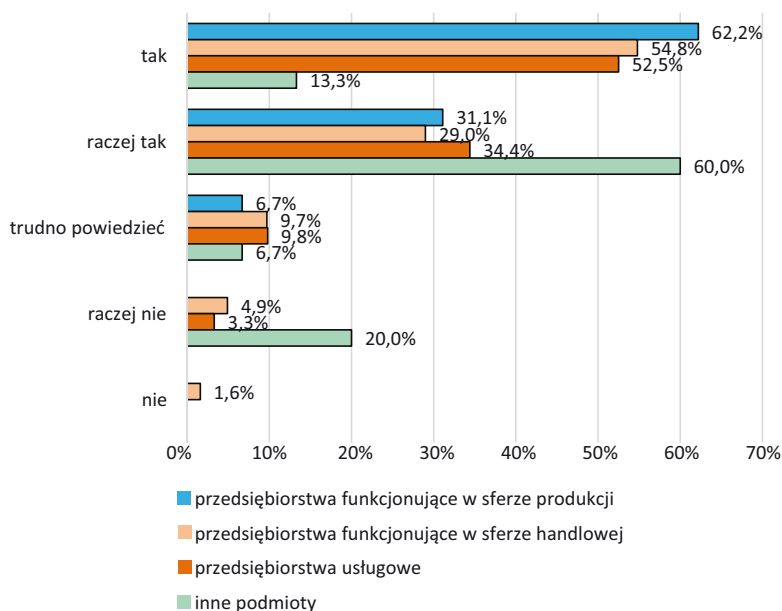


Rysunek 5. Opinie respondentów na temat dbałości pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z klientami

Figure 5. Respondents' opinion on the care for building proper relationships with customers by employees of the enterprise/organization

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.

Source: own study based on empirical research results.



Rysunek 6. Opinie respondentów na temat dbałości pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z klientami – ujęcie wg branż

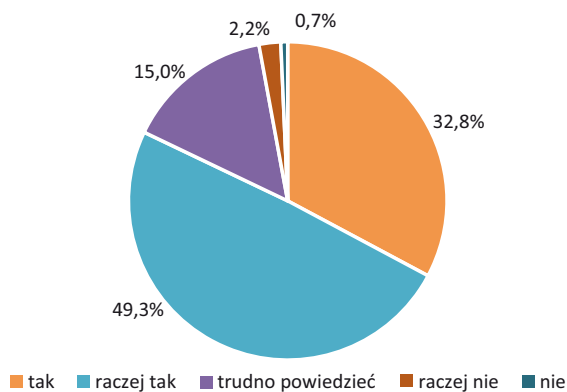
Figure 6. Respondents' opinion on the care for building proper relationships with customers by employees of the enterprise/organization – the breakdown by industry

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.

Source: own study based on empirical research results.

W odniesieniu do pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwach funkcjonujących w sferze produkcji 93,3% badanych wybrało odpowiedź „tak” lub „raczej tak”. Biorąc pod uwagę respondentów, którzy pracowali w sferze handlu, takiego wyboru dokonało blisko 83,8% badanych. Wśród osób zatrudnionych w podmiotach funkcjonujących w sferze usług było to 86,9% ankietowanych. W podmiotach funkcjonujących w innych obszarach aktywności na rynku odnotowano 73,3% pozytywnych odpowiedzi. Warto dodać, że odsetek negatywnych opinii nie był duży. Najwięcej odpowiedzi „raczej nie” stwierdzono w ostatniej grupie podmiotów.

Ocenę ankietowanych dotyczącą budowania dobrych relacji z innymi przedsiębiorstwami, organizacjami i instytucjami, z którymi przedsiębiorstwo/organizacja współpracuje przedstawiono na rysunku 7.



Rysunek 7. Opinie respondentów na temat dbałości pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z innymi podmiotami zewnętrznymi

Figure 7. Respondents' opinion on the care for building proper relationships with other external entities by employees of the enterprise/organization

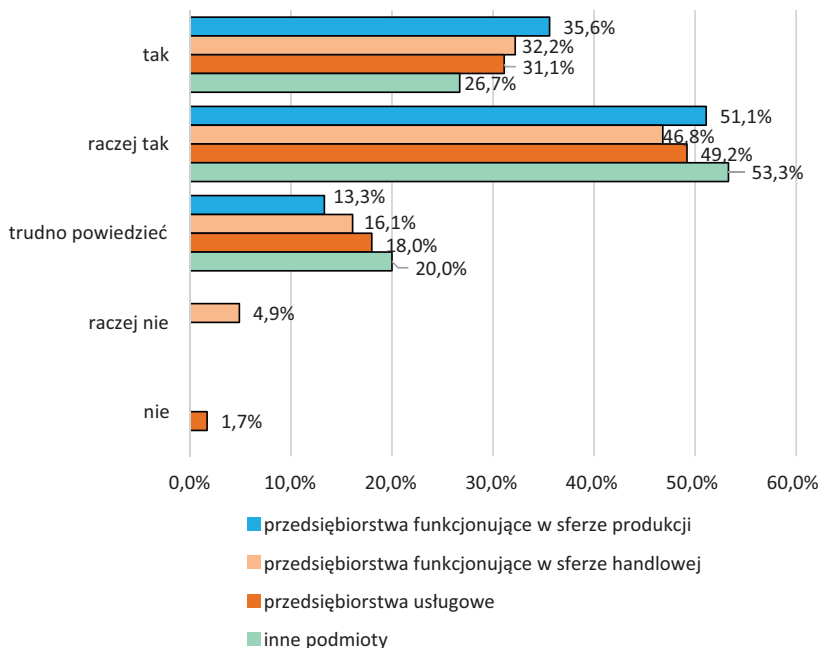
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.

Source: own study based on empirical research results.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że 82,1% ankietowanych pozytywnie oceniło budowanie dobrych relacji z innymi podmiotami zewnętrznymi. Z kolei 15,0% respondentów nie ma w tym zakresie zdania. Niespełna 3% ankietowanych wybrało odpowiedź przeczącą – „raczej nie” lub „nie”.

Ocena ankietowanych w odniesieniu do podmiotów funkcjonujących w różnych obszarach aktywności na rynku dotycząca budowania dobrych relacji z tą grupą interesariuszy zewnętrznych została przedstawiona na rysunku 8.

W odniesieniu do pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwach funkcjonujących w sferze produkcji 86,7% badanych wybrało odpowiedź „tak” lub „raczej tak”. Biorąc pod uwagę respondentów pracujących w sferze handlu takiego wyboru dokonało blisko 79,0% badanych. Wśród osób zatrudnionych w podmiotach funkcjonujących w sferze usług było to 80,3% respondentów. W podmiotach funkcjonujących w innych obszarach aktywności na rynku było to 80,0% pozytywnych odpowiedzi. Warto dodać,



Rysunek 8. Opinie respondentów na temat dbałości pracowników przedsiębiorstwa/organizacji o właściwe relacje z innymi podmiotami zewnętrznymi – ujęcie wg branż

Figure 8. Respondents' opinion on the care for building proper relationships with other external entities by employees of the enterprise/organization – the breakdown by industry

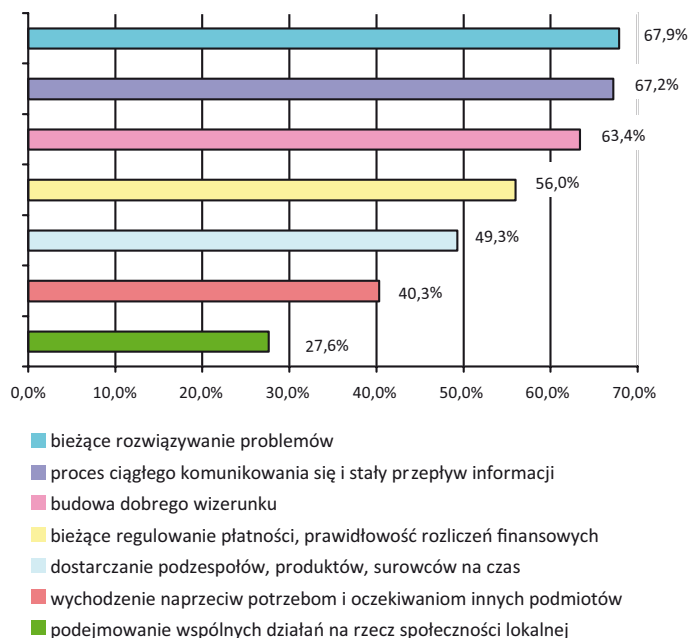
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.

Source: own study based on empirical research results.

że odsetek negatywnych opinii był bardzo niewielki, 4,9% odpowiedzi „raczej nie” dotyczyło podmiotów funkcjonujących w sferze handlu, a 1,7% pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwach usługowych wybrało odpowiedź „nie”.

Ponadto ważnym aspektem prowadzonych badań było ustalenie, jakie działania podejmowane były przez pracowników przedsiębiorstwa/organizacji w celu budowania właściwych relacji z: dostawcami, odbiorcami, klientami i innymi przedsiębiorstwami/organizacjami/institucjami, z którymi przedsiębiorstwo/organizacja współpracuje. Przedstawiono je na rysunku 9.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że pracownicy przedsiębiorstw/organizacji uznali, iż działaniami wpływającym w największym stopniu na budowanie relacji z partnerami biznesowymi były: bieżące rozwiązywanie problemów (tak uważa 67,9% respondentów), proces ciągłego komunikowania się i stały przepływ informacji (67,2% ankietowanych) oraz budowanie dobrego wizerunku (63,4% respondentów). Ważnym aspektem, jak wynika z badań, są także kwestie finansowe. Na ten czynnik zwracało uwagę 56,0% nowo zatrudnionych pracowników. Ponadto, ankietowani wybrali umiejętność wykazywania się wysokim poziomem rozumienia partnera, jego potrzeb i wychodzenia mu naprzeciw. Jest to zbieżne z opinią Stańczyk-Hugiet [2013, s. 93],



Rysunek 9. Działania podejmowane przez pracowników przedsiębiorstwa/organizacji w celu budowania właściwych relacji z podmiotami zewnętrznymi oraz klientami

Figure 9. Actions taken by enterprise/organization employees to build appropriate relationships with external stakeholders and customers

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań empirycznych.

Source: own study based on empirical research results.

która uważa, że budowanie relacji współpracy między partnerami przejawia się na przykład w: efektywnej komunikacji, podobieństwie przekonań i wartości czy wrażliwości na potrzeby innych. W wyniku realizowanych badań stwierdzono, że respondenci dostrzegają, iż podmioty, w których są zatrudnieni podejmują także wspólne działania na rzecz społeczności lokalnej. Na znaczenie zewnętrznych relacji społecznych skazuje również Klimas [2015, s. 185] podając, iż „(...) noszą znamiona zasobów strategicznych stanowiących źródło okresowej, a nawet trwałej przewagi konkurencyjnej współczesnych przedsiębiorstw. A zatem wychodząc od Barneyowskich cech zasobów strategicznych relacje społeczne są jednocześnie wartościowe, rzadkie, trudne do imitacji oraz substytucji”, co jest bardzo istotne w dzisiejszych czasach. Głosem w dyskusji może być opinia Szymańskiej, Żuchowskiego oraz Kruszyńskiego [2021, s. 18], iż: „Na rozwój więzi społecznych wpływ ma posiadanie przez strony relacji wspólnych wartości, norm etycznych i standardów postępowania oraz podobieństwo kulturowe i rozwój relacji interpersonalnych”. „W sprzedaży B2B bardzo duże znaczenie ma koncepcja marketingu partnerskiego (relacyjnego), który w odróżnieniu od podejścia transakcyjnego nie kładzie tak mocnego nacisku na pojedynczą transakcję oraz pozyskiwanie nowych klientów. Marketing partnerski kieruje firmę w stronę dbałości o obecnych klientów oraz budowanie z nimi partnerskich długoterminowych relacji”. Główne cechy charakterystyczne marketingu partnerskiego,

to między innymi [Mielczarek, 2021, s. 30]: koncentracja na utrzymaniu klienta, silne przywiązanie go do firmy, utrzymywanie stałego kontaktu z nim oraz nacisk na jakość obsługi we wszystkich obszarach organizacji. Należy uznać, że bez tworzenia właściwych podstaw kształtowania takich relacji wewnątrz danego podmiotu gospodarczego, sam tylko aktualnie istniejący wizerunek firmy nie spełniłby swojej funkcji. Konieczna jest permanentna „praca u podstaw”, a te podstawy tworzą pracownicy. Obserwacja życia firmy, w jej wielu wymiarach i płaszczyznach, może dać nowo zatrudnionym pracownikom silny impuls do dalszych aktywnych działań na rzecz dobra wspólnego rozumianego jako sprawnie funkcjonujący organizm gospodarczy, który jest w stanie pokonać wszelkie kryzysy, jeśli takie pojawiają się w przyszłości.

Warto także podkreślić, iż badani pracownicy dostrzegali znaczenie stosowania w praktyce zasady *just in time* w zakresie dostarczania podzespołów, produktów oraz surowców na czas. Jak podaje Ciszewski [2023, s. 61] *just in time*, praca zespołowa oraz komunikacja oparta na koncepcji Taiichi Ohno stanowią podwaliny – jeden z „korzeni” *lean production*, która może przyczynić się do takich pozytywnych efektów w przedsiębiorstwie jak poprawa jakości, wydajności i obsługi.

„Brak odpowiednich zasobów ludzkich do realizacji procesów logistycznych w przedsiębiorstwie usługowym i adekwatnego nimi zarządzania oraz nawiązywania współpracy w zakresie realizacji procesów logistycznych z dostawcami, klientami i innymi partnerami usług w permanentnie zmieniających się uwarunkowaniach rynkowych nawet przy zaangażowaniu nowoczesnych, coraz bardziej niezawodnych, technologii logistycznych może spowodować duże straty w przedsiębiorstwie, utratę konkurencyjności, a w konsekwencji bankructwo” [Gąsowska 2020, s. 25]. Dlatego też jak podają Moczyłowska, Korombel oraz Bitkowska [2017, s. 73]: „Behawioralne dźwignie sukcesu: zaangażowanie, współpraca i partnerstwo stanowią jednocześnie oczekiwany rezultat zarządzania relacjami z pracownikami, jak i są fundamentem relacji”.

O randze budowania właściwych relacji w sferze biznesu świadczy opinia Gąsowskiej [2020, s. 26]: „System kreowania wartości dodanej obejmuje wszystkie tworzące wartość procesy transformacji w danym przedsiębiorstwie oraz w relacji z innymi przedsiębiorstwami”. W zrealizowanych badaniach wskazuje się na aspekt społecznej odpowiedzialności biznesu, która upowszechniła się dzięki takim koncepcjom jak marketing relacji i marketing wartości [Drabik 2021, s. 18].

Budowanie relacji z partnerami biznesowymi wymaga wysokiego stopnia zaangażowania ze strony pracowników przedsiębiorstw. Zdaniem Dobiegały-Korony [2008 s. 49] tworzenie relacji z klientami „(...) musi mieć silne wsparcie w narzędziach umożliwiających komunikację oraz w personelu, który potrafi słuchać i identyfikować potrzeby”, co zostało także wykazane w zrealizowanych i zaprezentowanych badaniach empirycznych. Aktywną funkcję do spełnienia ma kadra zarządzająca. Czynniki osobowości menedżerów, w tym między innymi okazywanie chęci ciągłego uczenia i rozwoju, wysoki poziom inteligencji emocjonalnej widoczny także poprzez okazywanie empatii pracownikom niższych szczebli, powinny odgrywać istotną rolę w zakresie podejmowania racjonalnych decyzji w obszarze przywództwa [Gierczak i in. 2023], co w szczególności może odnaleźć swoje odniesienie w relacji przełożony – nowo zatrudniony pracownik. Dbłość o dążenie do wysokiego stopnia empatii wewnątrzorganizacyjnej przekłada się na relacje z partnerami zewnętrznymi. Danielak i Sobotkiewicz [2020, s. 66]

są zdania, iż: „W kształtowaniu relacji z klientami kluczowi są pracownicy bezpośrednio zaangażowani w relacje, którzy wykorzystują swoje kompetencje, sprawność intelektualną, motywację i predyspozycje do tworzenia rozwiązań dających satysfakcję odbiorcy. Od kompetencji relacyjnych pracowników zależy tworzenie, utrzymanie i rozwój relacji z klientami. Kompetencje relacyjne pracowników oraz ich specjalistyczna wiedza, doświadczenie i kultura wpływają na jakość i wartość relacji. Ponadto usprawniają komunikowanie i transfer wiedzy”.

Postulat ciągłego komunikowania się i stałego przepływu informacji zorientowany jest między innymi na dopasowanie oferty przedsiębiorstwa do oczekiwań klientów, co należy odnieść do „uzależnionego od jakości systemu informacji bieżących i perspektywicznych i umiejętności współpracy” [Dobiegała-Korona 2008, s. 50]. Sprzyja temu stosowanie rozwiązań w zakresie CRM – strategii zarządzania relacjami z klientami, które pozwalają nie tylko monitorować indywidualnych klientów, ale także „rozpoznać preferencje na linii klient – firma – klient” [Grudzewski i Hejduk 2008, s. 359]. Przedsiębiorstwo osiąga wówczas między innymi niemierzalne efekty, takie jak większa przewidywalność zachowań klientów oraz wzrost ich lojalności [Dobiegała-Korona 2008, s. 369]. Bez wątplenia należy przychylić się do stwierdzenia, iż [Przybyła 2021, s. 157]: „W procesie budowania relacji między przedsiębiorstwem a klientem bardzo istotnym czynnikiem są działania podejmowane zarówno przez pracowników, jak i wszelkie inne aktywności realizowane przez podmiot gospodarczy jako taki. Działania te powinny być wielowątkowe i wielopłaszczyznowe”. Można dzięki temu osiągnąć przewagę informacyjną w łańcuchu dostaw, którą należy rozumieć jako: „zdolność do uzyskania, przetwarzania oraz udostępniania informacji pozwalającą pokonać konkurencję bądź usprawnić cały proces logistyczny” [Szymańska i in. 2021, s. 20].

Warto nadmienić, że zadowolenie pracowników przedsiębiorstwa przekłada się na kreowanie adekwatnych wartości i w konsekwencji ma istotny wpływ na satysfakcję klientów zewnętrznych. Sprzyja temu wykorzystanie „(...) spójnego systemu działań marketingowych na rynku, aby zadowolony klient wewnętrzny identyfikował się z firmą i promował jej wizerunek na zewnątrz” [Biesaga-Słomczewska i Iwińska-Knop 2017, s. 224]. W ten sposób może być wyrażana podmiotowość pracowników, którzy dostrzegając swój wpływ na kształtowanie właściwych relacji z podmiotami/interesariuszami takimi jak: dostawcy, odbiorcy, klienci czy inne podmioty bliższego otoczenia przedsiębiorstwa/organizacji, będą z większym zaangażowaniem realizować nie tylko cele bieżące, ale również strategiczne.

Podsumowanie i wnioski

Zaproponowane podejście dotyczące marketingu relacji stanowi, ciekawe i jak należy oczekiwać, inspirujące odniesienie do tego, jakże ważnego, w dobie turbulentnych zmian w otoczeniu, obszaru zagadnień z zakresu zarządzania przedsiębiorstwem. Badani respondenci pozytywnie oceniają budowanie relacji z: dostawcami, odbiorcami, klientami i innymi podmiotami, z którymi przedsiębiorstwo/organizacja współpracuje. Najwięcej przychylnych odpowiedzi odnotowano w zakresie relacji z klientami. Biorąc pod uwagę podział badanych podmiotów na cztery grupy tj. przedsiębiorstwa aktywne w sfe-

rze produkcji, handlu, usług oraz inne podmioty stwierdzono, że pozytywną ocenę należy przypisać w pierwszej kolejności przedsiębiorstwom aktywnym w sferze produkcji.

Z przeprowadzonych badań wynika, że współpraca między partnerami biznesowymi wymaga: bieżącego rozwiązywania problemów, procesu ciągłego komunikowania się i stałego przepływu informacji. Kolejnym czynnikiem wpływającym na budowanie dobrych relacji jest dbanie o budowanie dobrego wizerunku. Ponadto dostrzec można elementy kształtujące satysfakcję z relacji w postaci odczuwania potrzeb partnera oraz wychodzenie im naprzeciw. Ważne jest także, w opinii respondentów, dostarczanie podzespołów, produktów oraz surowców na czas. Ankietowani uznali, iż budowanie dobrych relacji z partnerami powinno opierać się również na podejmowaniu wspólnych działań na rzecz społeczności lokalnej. Kształtowanie właściwych relacji z partnerami biznesowymi wymaga w przedsiębiorstwie działań zorientowanych na stałe doskonalenie różnorodnych kompetencji. Z tym wyzwaniem muszą się zmierzyć także nowo zatrudnieni pracownicy, gdyż to oni będą w niedalekiej przyszłości kształtować właściwy obraz przedsiębiorstwa.

Przeprowadzone badania mają ważne implikacje dla praktyki. Mogą stanowić podstawę do dalszych badań uwzględniających aspekty kultury organizacyjnej. Warto dodać, że przedsiębiorstwa powinny pamiętać o strategicznym wymiarze relacji, związanym z tak ważną i specyficzną dla danego podmiotu koncepcją budowania jego przyszłości.

Ponadto można podjąć badania zorientowane na wykazanie, czy istnieją różnice w postrzeganiu budowania relacji z partnerami biznesowymi i klientami w odniesieniu do przedsiębiorstw funkcjonujących w branży logistycznej. Ważne byłoby także przeprowadzenie analiz dotyczących postrzegania marketingu relacji przez przedstawicieli pracowników o zróżnicowanym stażu pracy w przedsiębiorstwie.

Do ograniczeń przeprowadzonych analiz należy zaliczyć to, iż badania nie miały charakteru probabilistycznego, co sprawia, że otrzymane wyniki nie mogą być uogólniane na całą populację.

W wyniku przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że podmiotowość pracowników w kształtowaniu relacji z partnerami biznesowymi jest ważnym aspektem marketingu relacji.

Bibliografia

- Berry L., 2002: Relationship Marketing of Services – Perspectives from 1983 and 2000, *Journal of Relationship Marketing* 1(1), 59–77, https://doi.org/10.1300/J366v01n01_05
- Benouakrim H., El Kandoussi F., 2013: Relationship marketing: literature review, *International Journal of Science and Research* 2(10), 148–152.
- Biesaga-Słomczewska E.J., Iwińska-Knop K., 2017: Marketing wewnętrzny we współczesnej organizacji, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, <https://doi.org/10.18778/8088-952-1>
- Ciszewski M., 2023: Zastosowania narzędzi Lean Production (LP) w MSP w Wielkopolsce, *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 88, 55–74, <https://doi.org/10.21008/j.0239-9415.2023.088.03>
- Czakon W., 2007: *Dynamika więzi międzyorganizacyjnych przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo AE w Katowicach, Katowice.

- Danielak W., 2023: Relacyjne podejście do zarządzania łańcuchem dostaw z perspektywy związku kapitału relacyjnego ze współpracą, [w:] W. Danielak, P. Niewiadomski, D. Sobotkiewicz (red.), *Od teorii do praktyki zarządzania*, **Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego**, Zielona Góra, 75–90, https://doi.org/10.59444/2023MONredDan_Nier5
- Danielak W.J., Sobotkiewicz D., 2020: Kształtowanie relacji biznesowych w łańcuchu dostaw na przykładzie małego przedsiębiorstwa produkcyjnego, *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie* (82), 53–68, <https://doi.org/10.21008/j.0239-9415.2020.082.04>
- Dobiegała-Korona B., 2008: Zarządzanie wartościami dla klienta (wybrane aspekty), [w:] W.M. Grudzewski, I. Hejduk (red.), *W poszukiwaniu nowych paradygmatów zarządzania*, Szkoła Główna Handlowa – Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 29–51.
- Grudzewski W.M., Hejduk I.K., 2008: Zarządzanie technologiami. **Zaawansowane technologie i wyzwanie ich komercjalizacji**, Difin, Warszawa.
- Gummesson E., 1999: *Total Relationship Marketing*, Butterworth – Heinemann, Oxford.
- Gummesson E., 2017: From relationship marketing to total relationship marketing and beyond, *Journal of Services Marketing* 31(1), 16–19, <https://doi.org/10.1108/JSM-11-2016-0398>
- Gupta A., Sahu G.P., 2012: A Literature Review and Classification of Relationship Marketing Research, *International Journal of Customer Relationship Marketing and Management* 3(1), 56–81, <https://doi.org/10.4018/ijcrmm.2012010104>
- Harker M.J., 1999: Relationship marketing defined? An examination of current relationship marketing definitions, *Marketing Intelligence & Planning* 17(1), 13–20, <https://doi.org/10.1108/02634509910253768>
- Hunt S.D., Arnett D.B., Madhavaram S., 2006: The explanatory foundations of relationship marketing theory, *Journal of Business & Industrial Marketing* 21(2), 72–87, <https://doi.org/10.1108/10610420610651296>
- Klimas P., 2015: Relacje społeczne pracowników kreatywnych jako strategiczny zasób organizacji, *Prace Naukowe Wałbrzyskiej Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości* 32(2), 179–194.
- Kowalska M., 2023: Marketing relacji w dobie technologii cyfrowych. Narzędzia komunikacji online w kreowaniu relacji z klientami, **Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne**, Warszawa.
- Mielczarek S., 2021: Sprzedaż B2B – istota relacji w dobie cyfrowej transformacji, [w:] H. Mruk, A. Sawicki (red.), *Marketing. Koncepcje i doświadczenia*, Bernardinum, Pelplin.
- Moczyłowska J.M., Korombel A., Bitkowska A., 2017: *Relacje jako kapitał organizacji*, Difin, Warszawa.
- Morgan R.M., Hunt S.D., 1994: The commitment-trust theory of relationship marketing, *Journal of Marketing* 58(3), 20–38, <https://doi.org/10.2307/1252308>
- Moberg C.R., Speh T.W., 2003: Evaluating the relationship between questionable business practices and the strength of supply chain relationships, *Journal of Business Logistics* 24(2), 1–19, <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2003.tb00043.x>
- Möller K., Halinen A., 2000: Relationship Marketing Theory: Its Roots and Direction, *Journal of Marketing Management* 16, 29–54, <https://doi.org/10.1362/026725700785100460>
- Przybyła J., 2021: CRM i CEM jako filozofie funkcjonowania przedsiębiorstw nastawionych na budowanie wartości i długoterminowe działanie na rynku, [w:] H. Mruk, A. Sawicki (red.), *Marketing. Koncepcje i doświadczenia*, Bernardinum, Pelplin, 148–169.

- Sawhney M., Zabin J., 2002: Managing and Measuring Relational Equity in the Network Economy, *Journal of the Academy of Marketing Science* 30(4), 313–332, <https://doi.org/10.1177/009207002236908>
- Stańczyk-Hugiet E.I., 2013: *Dynamika strategiczna w ujęciu ewolucyjnym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Surmacz T., 2020: Budowanie więzi międzyorganizacyjnych w opinii firm z branży motoryzacyjnej, *Gospodarka Materiałowa i Logistyka* 2, 39–44, <https://doi.org/10.33226/1231-2037.2020.2.6>
- Szymańska E.J., Żuchowski I., Kruszyński M., 2021: *Organizacja łańcuchów dostaw na wybranych rynkach produkcji roślinnej w Polsce*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Wasiluk A., Tomaszuk A., 2020: *Organizacja w sieci relacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, [źródło elektroniczne] <https://pb.edu.pl/oficyna-wydawnicza/wp-content/uploads/sites/4/2020/06/Organizacja-w-sieci-relacji.pdf> [dostęp: 28.12.2024].
- Wawak S., 2015: Model oceny jakości zarządzania, Zrównoważony rozwój organizacji, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu* 376, 395–404.

Teresa Gądek-Hawlana[✉], Weronika Kilian

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Analiza dostosowania usług oferowanych na terenie Lotniska Chopina w Warszawie do potrzeb pokolenia Z

Adapting the Services Offered at Warsaw Chopin Airport to the Needs of Generation Z

Synopsis. Czas i wydarzenia rozgrywające się w określonych jego przedziałach kształtują zachowania charakterystyczne dla danego pokolenia. Zachowania te są widoczne w obszarze usług, zwłaszcza tych, które wiążą się z przemieszczaniem. Celem artykułu było rozpoznanie oraz ocena dostosowania do potrzeb usług oferowanych na terenie Lotniska Chopina w Warszawie z perspektywy pokolenia Z. Z badań przeprowadzonych za pomocą kwestionariusza ankiety wynika, że osoby określane jako pokolenie Z pozytywnie oceniają dostęp do większości usług na terenie lotniska. Elementami, które według nich należałoby zmienić, są liczba miejsc do ładowania sprzętu elektronicznego, wypoczynku oraz uzupełniania wody. Badania wykazały też, że 17% respondentów nie wie o istnieniu strony internetowej lotniska, co wydaje się dużym zaskoczeniem, biorąc pod uwagę badaną grupę osób. Jednak ci ankietowani, którzy korzystają ze wspomnianej strony, zawarte na niej informacje oceniają pozytywnie.

Słowa kluczowe: pokolenie Z, usługi, potrzeby, zachowania.

Abstract. Time, and with it the events that take place within certain periods, shapes behaviors specific to a certain generation. These behaviors are evident in the area of services, especially those involving travel. The aim of this article was to identify and assess the adaptation of services offered at Warsaw Chopin Airport to the needs of Generation Z. Based on research carried out using a questionnaire survey, it appears that Generation Z positively assesses the accessibility of most services at the airport. The elements that, according to them, should be changed are the number of places to charge electronic equipment and areas to rest and refill water. The research shows that 17% of respondents do not know about the existence of the airport's website, which seems surprising considering the surveyed group. The rest of those surveyed use the website frequently and view the information contained therein positively.

Key words: generation Z, services, demands, behavior

Kody JEL: L84, N70, R22

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

Weronika Kilian – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; e-mail: weronika_kilian@sggw.edu.pl

Wprowadzenie

Zjawiska o charakterze społeczno-gospodarczym można analizować pod różnymi kątami. Jednym z nich, branych pod uwagę w wielu naukowych opracowaniach, jest człowiek i jego zachowanie. Jednocześnie analizy te prowadzi się z uwzględnieniem podziału na określone grupy wiekowe zwane pokoleniami. Pokolenie to możliwa do wyodrębnienia grupa ludzi, których łączy zbliżony czas urodzenia oraz znaczące wydarzenia na krytycznych etapach rozwoju [Hysa 2016, s. 387]. Przedmiotem wielu badań poświęconych m.in. rynkowi usług lotniczych są zachowania osób reprezentujących pokolenia BB, X, Y i Z [Palnychenko 2017, Han i in. 2019, Karbýgil i Sak 2023].

Pokoleniem Z nazywa się osoby urodzone po 1995 roku, w dobie powszechności mobilnych technologii i Internetu. Jest to pierwsze pokolenie, które wychowując się i socjalizując w stałym dostępie do sieci oraz mediów społecznościowych, uczyło się korzystania z nich w sposób naturalny [Chomicka i Cieź 2022, s. 94]. Pokolenie to, urodzone w erze cyfrowej, coraz częściej podróżuje za granicę [Robinson i Schänzel 2019, s. 129], a w takiej sytuacji samolot jako środek transportu jest dla niego oczywistym rozwiązaniem.

Lot samolotem wymaga wykonania wielu czynności na terenie portu lotniczego zarówno przed podróżą, jak i po niej. Oznacza to konieczność korzystania z różnych usług, zarówno tych dotyczących samej podróży (np. nadanie bagażu, odprawa bezpieczeństwa), jak i dodatkowych (np. zakup posiłku, doładowanie telefonu komórkowego, możliwość zważenia bagażu). Poziom tych usług powinien być dostosowany do potrzeb podróżnych w różnym wieku. Część oczekiwań ze strony podróżnych jest dla nich wspólna i niezależna od wieku, jednak niektóre wynikają z cech charakterystycznych dla określonej grupy wiekowej (pokolenia).

Celem niniejszego artykułu było rozpoznanie oraz ocena dostosowania do potrzeb pokolenia Z usług oferowanych na terenie Lotniska Chopina w Warszawie.

Przegląd literatury

Rynek usług lotniczych rządzi się określonymi zasadami. Pewne ograniczenia w istnieniu i kształcie infrastruktury tej gałęzi transportu oraz uwarunkowania działalności linii lotniczych, ale także poziom cen usług transportu lotniczego narzucają niekiedy konsumentom konieczność wyboru usługi transportowej nie w pełni dostosowanej do ich oczekiwań [Daroń i Wilk 2018, s. 54]. Jednak dynamiczny rozwój nowoczesnych technologii powoduje, że porty lotnicze mają coraz większe możliwości dopasowania usług do oczekiwań podróżnych. Usługi świadczone na terenie portów lotniczych, zaspokajające potrzeby podróżnych, wymagają aktywnej pracy bardzo wielu podmiotów. Należą do nich zarówno podmioty bezpośrednio wykonujące przewóz, jak i angażujące się w jego organizację czy świadczące serwis dodatkowy [Gądek-Hawlena i Żabińska 2017, s. 80]. Oznacza to, że porty lotnicze jako miejsca, w których następuje skrzyżowanie funkcji obsługi podróżnych z działalnością różnego typu podmiotów (np. linii lotniczych, biur podróży, restauracji), muszą stale dążyć do adaptowania swoich usług do zmieniających się potrzeb podróżnych [Daroń i Wilk, 2018, s. 54].

Wartość dla klienta w sferze usług jest odmienna od wartości kształtowanej na rynku dóbr trwałych. Ze względu na cechy usługi wartość w znacznie większym stopniu ma charakter niematerialny, a odbiór usługi przez klienta jest na ogół bardziej emocjonalny niż postrzeganie produktów materialnych. Nabywanie usługi wiąże się nierzadko z dużym ryzykiem i niepewnością [Chlipała 2009, s. 30]. W bardzo wielu sytuacjach, aby zadowolić konsumenta, potrzebna jest usługa, która dostarcza określoną jakość niżeli konkretny, materialny produkt.

Dostosowanie usług w portach lotniczych wiąże się z osiągnięciem przez podróżnych określonego poziomu satysfakcji, która według Skowronek [2012, s. 157] oznacza subiektywną ocenę całkowitych doświadczeń, powstającą każdorazowo w momencie styczności konsumenta z firmą, jak również zawierającą w sobie część analizy poznawczej i emocjonalnej. Usatysfakcjonowany klient chętniej korzysta z usług danego przedsiębiorstwa oraz odznacza się mniejszą czułością na wzrost cen. Z kolei według Nieżurawskiego [2010, s. 51] satysfakcja klienta to wynik procesu o podłożu psychologicznym, w którym klient dokonuje porównania zauważalnego poziomu działalności podmiotu gospodarczego lub organizacji z pewnym poziomem istniejących standardów, co zwykle jest identyfikowane z oczekiwaniami klienta.

Można wyróżnić kilka poziomów satysfakcji. Satysfakcja podstawowa jest efektem zaspokojenia potrzeb podstawowych, a satysfakcja proporcjonalna (jednowymiarowa) rośnie proporcjonalnie do wzrostu wartości składających się z wielu korzyści, jakie są oferowane (np. jakości, ceny, wygody). Ten poziom satysfakcji może być skutkiem negocjacji między nabywcą a oferentem produktów i w rezultacie musi odpowiadać co najmniej oczekiwaniom klienta. Istnieje także satysfakcja specjalna, gdy oferowane wartości przekraczają oczekiwania klienta [Kotler 2005, za: Wolniak i Zendla 2015, s. 294]. Mówi się wówczas o dostarczeniu klientowi wysokiej wartości, która może być także kluczem do jego lojalności [Czerw 2008, za: Wolniak i Zendla 2015, s. 294], co nabiera szczególnego znaczenia w przypadku pokolenia Z.

Oczekiwania pokolenia Z różnią się od oczekiwań innych pokoleń w wielu obszarach, w tym w zakresie usług oferowanych na terenie lotnisk. Dla tego pokolenia technologie cyfrowe stanowią niezbędny element codziennego życia i są przez nie wykorzystywane w różnych celach [Kotler i in. 2021, za: Hołderna-Mielcarek i in. 2024, s. 107]. Członkowie pokolenia Z przez aktywność w mediach społecznościowych dzielą się swoimi opiniami, co czyni ich krytyczną grupą konsumentów dla różnego rodzaju podmiotów gospodarczych [Rue 2018, za: Nuyken 2022, s. 310]. Z badań SITA przeprowadzonych w 2018 roku wynika, że 44,0% osób z pokolenia Z wykorzystuje technologię do odprawy – za pośrednictwem strony internetowej, telefonu komórkowego, kiosków lub automatycznej odprawy. Liczba pasażerów, którzy zdecydowali się przejść kontrolę paszportową za pomocą automatycznych bramek lub kiosków na lotniskach jest zatem dość duża. Co ważniejsze, poziom zadowolenia jest wyższy wśród pasażerów korzystających z technologii na każdym etapie podróży, przy czym wyraźny wzrost dotyczy czasu postoju, pobytu na pokładzie samolotu i odbioru bagażu [Airportadmin 2019].

Badania wskazują na silną tendencję do wykonywania większości usług samodzielnie. Jak wynika z badania Gartnera przeprowadzonego na ponad 6000 konsumentach, 38% przedstawicieli generacji Z zaprzestałoby prób rozwiązania problemu związanego

z obsługą klienta, gdyby nie mogli zrobić tego samodzielnie [EHL Graduate School 2024]. Wskazuje to na preferowanie samodzielnego rozwiązywania problemów, ale może również oznaczać niechęć do rozmowy z przedstawicielem obsługi klienta.

Innym istotnym spostrzeżeniem dotyczącym tego pokolenia jest ograniczone do minimum używanie gotówki, a korzystanie częściej z różnego rodzaju przelewów online czy portfela elektronicznego [Loan i Hoang 2023, s. 1516]. Jednocześnie, jak wynika z badań Airport Dimensions [2024], młodszy pokolenie podróżni są mniej zainteresowani wydawaniem pieniędzy na udogodnienia takie jak parking i priorytetowe wejście na pokład, z kolei znacząco więcej w porównaniu z osobami starszymi od nich wydają na nowe usługi i udogodnienia, takie jak apartamenty do spania (11% wydatków uznaniowych), gry (5%) oraz wellness i zabiegi pielęgnacyjne (9%). Wymienione zachowania pokolenia Z wskazują na potrzebę wprowadzenia zmian w portach lotniczych, polegających na zwiększeniu udziału usług opartych na technologiach cyfrowych oraz na modyfikacji dotychczasowego podejścia do obsługi klienta.

Materiały i metody

Cel i metoda badawcza

Głównym celem badania było rozpoznanie oraz ocena dostosowania do potrzeb pokolenia Z usług oferowanych na terenie Lotniska Chopina w Warszawie. Badanie przeprowadzono metodą sondażu diagnostycznego za pomocą kwestionariusza ankiety wykonanego w aplikacji Microsoft Forms. Sondaż został przeprowadzony od 4 do 25 kwietnia 2024 roku za pośrednictwem mediów społecznościowych. Kwestionariusz ankiety składał się z czterech grup pytań. Pierwsza grupa obejmowała zmienne demograficzne i społeczne (płeć, wiek, wykształcenie, status zawodowy, miejsce zamieszkania), druga – częstotliwość i cele podróży z portu lotniczego w Warszawie. Trzecia grupa pytań dotyczyła niedogodności, z jakimi spotkali się ankietowani na terenie lotniska, a czwarta – poziomu satysfakcji z realizowanych usług. Dwa spośród wszystkich pytań miały charakter otwarty. W części pytań, w których dokonywano oceny usług realizowanych na terenie lotniska, wykorzystano skalę Likerta.

W badaniu posłużono się analizą częstości oraz metodą syntezy, za pomocą której wyciągnięto wnioski z przeprowadzonych badań. Do prezentacji wyników zostały użyte trzy metody: opisowa, graficzna oraz tabelaryczna.

Charakterystyka podmiotu badań

Lotnisko Chopina w Warszawie to główny oraz największy port lotniczy w Polsce. Zlokalizowany jest w dzielnicy Włochy, jedynie 8 km od centrum miasta. Zajmuje 834 ha. Lotnisko ma aktualnie dwa terminale: terminal A (powstały z połączenia terminala 1 i terminala 2), który obsługuje pasażerów warszawskiego lotniska oraz terminal General Aviation, działający na potrzeby samolotów korporacyjnych i prywatnych oraz jako strefa dla helikopterów czy samolotów sanitarnych [NextPark 2023].

Podmioty operujące na Lotnisku Chopina dbają o zapewnienie komfortowej podróży pasażerom, stąd na jego terenie oferowane są różnego rodzaju usługi. Bogata oferta obejmuje m.in. możliwość wynajęcia samochodu w jednym z 18 punktów *rent a car*, sposób

na szybkie przejście do kontroli bezpieczeństwa dzięki usłudze *fast truck*, skrytki bagażowe, punkt informacji, stanowiska odprawy biletowo-bagażowej, ponad 3000 miejsc parkingowych, liczne punkty gastronomiczne oraz sklepy, udogodnienia dla niepełnosprawnych, udogodnienia dla dzieci typu place zabaw czy pokoje opieki nad dzieckiem, toalety, specjalne salony do odpoczynku i oczekiwania na swój lot, terminal autokarowy, postoje dla taksówek, dostępność specjalnych wózków do przewozu bagażu [Lotnisko Chopina 2024].

Lotnisko Chopina ma dogodne wewnętrzne połączenia komunikacyjne (rys. 1), które również zapewniają dojazd do warszawskiego portu lotniczego osobom przyjeżdżającym na Dworzec Centralny w Warszawie i kontynuującym podróż samolotem. Na Lotnisko Chopina można dojechać następującymi liniami autobusowymi:

- 148 – kursuje między Ursynowem i Pragą-Południe z przystankiem na lotnisku,
- 175 – łączy lotnisko z centrum Warszawy i Dworcem Centralnym,
- 188 – obsługuje trasę od lotniska przez Mokotów do Pragi-Południe,
- 331 – łączy lotnisko z południowymi dzielnicami Warszawy,
- N32 – linia nocna kursująca pomiędzy lotniskiem a Dworcem Centralnym.



Rysunek 1. Mapa wewnętrznych połączeń komunikacyjnych z portu lotniczego Warszawa-Okęcie

Figure 1. Map of intra-city transport connections from Warsaw Okęcie Airport

Źródło: [Lotnisko Chopina Airport].
Source: [Lotnisko Chopina Airport].

Ponadto połączenie pomiędzy Lotniskiem Chopina a stacją Warszawa Centralna oferują Koleje Mazowieckie oraz Szybka Kolej Miejska następującymi liniami:

- S2 – łączy lotnisko z Warszawą-Śródmieściem, Warszawą Wschodnią oraz Sulejówkiem,
- S3 – kursuje na trasie Lotnisko Chopina – Warszawa Centralna – Legionowo;
- RL – świadczy usługi na trasie Lotnisko Chopina – Warszawa Wschodnia – Modlin, umożliwiając szybki dostęp do miasta i okolic [Lotnisko Warszawa...].

Wyniki badań i dyskusja

Charakterystykę 126 respondentów zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka respondentów ($N = 126$)

Table 1. Characteristics of respondents ($N = 126$)

Cecha	Liczba	Odsetek
Płeć		
Kobiety	63	0,50
Mężczyźni	63	0,50
Wykształcenie		
Zawodowe	13	0,10
Średnie	52	0,41
Wyższe	61	0,48
Status zawodowy		
Studentka/student	23	0,18
Aktywny zawodowo	103	0,82
Miejsce zamieszkania		
Wieś	9	0,07
Miasto do 50 tys. mieszkańców	26	0,21
Miasto 51–100 tys. mieszkańców	22	0,17
Miasto 101–150 tys. mieszkańców	23	0,18
Miasto powyżej 150 tys. mieszkańców	46	0,36

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

Z danych w tabeli 1 wynika, że w badaniu wzięło udział tyle samo mężczyzn co kobiet. Były to głównie osoby z wykształceniem wyższym (48%), aktywne zawodowo (82%), zamieszkujące miasta powyżej 150 tys. mieszkańców (37%).

Częstotliwość i zasady korzystania z Lotniska Chopina w Warszawie

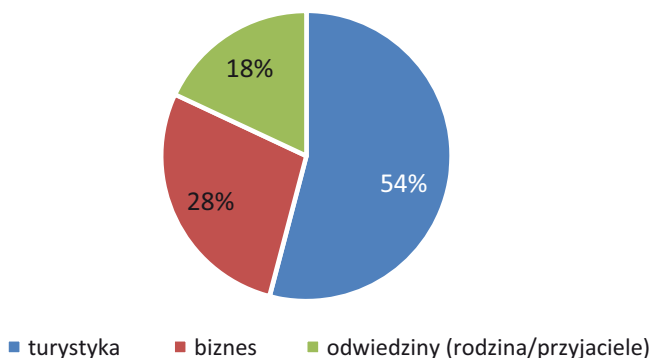
W badanej grupie ankietowanych przeważały osoby korzystające z portu lotniczego Warszawa-Okęcie raz w roku (36,06%). Były to głównie osoby aktywne zawodowo (73% badanych deklarujących podróże samolotem raz do roku). Pozostali ankietowani podali następującą częstotliwość korzystania z lotniska:

- ponad 1/4 (28,68%) – raz na 3 miesiące;
- 20,49% – raz w miesiącu;
- 9,84% – raz w tygodniu;

- 4,10% – kilka razy w tygodniu;
- 1 osoba (0,82%) – codziennie (mężczyzna aktywny zawodowo zamieszkujący miasto powyżej 150 tys. mieszkańców).

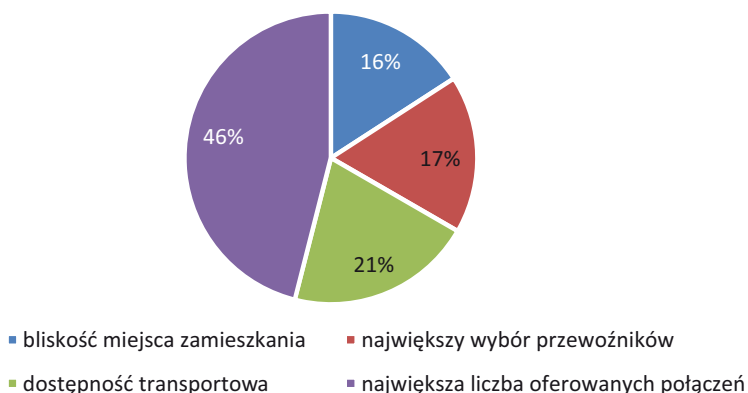
Częstotliwość korzystania z warszawskiego portu lotniczego jest powiązana z celami podróży (rys. 2).

Ponad połowa badanych (54%) podróżuje w celach turystycznych, a 28% w celach biznesowych. Wśród tych respondentów dominowali mężczyźni (ok. 57%) oraz osoby aktywne zawodowo. Najmniej podróży odbywa się w celach towarzyskich, takich jak wizyta u rodziny/przyjaciół (18%). Ten cel deklarowały głównie kobiety (59% wskazań) zamieszkujące miasta do 50 tys. mieszkańców (41%).



Rysunek 2. Najczęstszy cel podróży
Figure 2. The most frequent travel destination

Źródło: opracowanie własne.
Source: own elaboration.



Rysunek 3. Przyczyny wyboru Lotniska Chopina w Warszawie
Figure 3. Reasons for choosing Warsaw Chopin Airport

Źródło: opracowanie własne.
Source: own elaboration.

Ankietowani wybierali port lotniczy w Warszawie przede wszystkim ze względu na liczbę oferowanych połączeń (rys. 3). Ten powód podało 46% osób. Najmniejsze znaczenie miała kwestia bliskości miejsca zamieszkania (16%).

W kolejnym pytaniu poproszono ankietowanych o wskazanie problemów, z którymi zetknęli się na terenie portu lotniczego (tab. 2).

Tabela 2. Problemy, z którymi zetknęli się badani

Table 2. Problems faced by respondents

Problem	Tak (%)	Nie (%)	Nie dotyczy (%)
Problem z zaparkowaniem	18,26	18,26	63,49
Problem z przemieszczeniem walizek w związku z brakiem dostępności wózków bagażowych	15,08	42,06	42,86
Problem z odczytaniem informacji na tablicach przylotów/odlotów	12,70	87,30	0,00
Długi czas oczekiwania na odprawę bagażową	73,81	26,19	0,00
Zgubienie walizki	3,97	97,03	0,00
Uszkodzenie walizki	46,00	54,00	0

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

Jak wynika z danych w tabeli 2, największym problemem, z jakim spotkali się badani, był długi czas oczekiwania na odprawę bagażową – 73,81% wskazań. Gdy dopytano ankietowanych: „Ile czasu najdłużej zdarzyło się Pani/Panu oczekiwać w kolejce na odprawę bagażową?”, najkrótszy podany czas wynosił 40 minut, a najdłuższy 120 minut. Czas 40 minut był też najczęściej wskazywany przez ankietowanych.

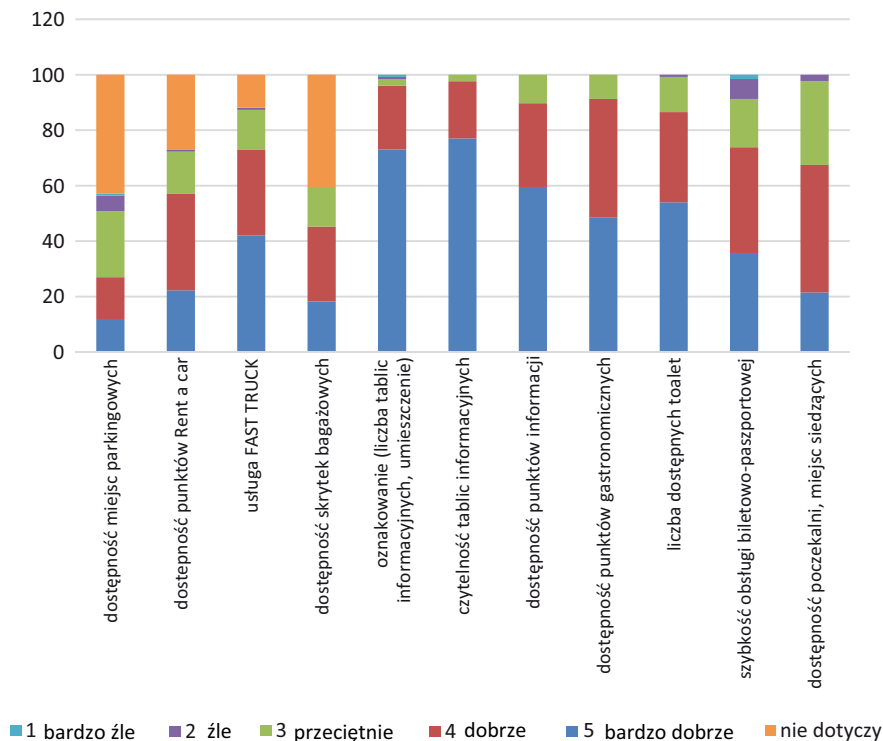
Na pytanie o problem z zaparkowaniem 63,49% badanych odpowiedziało, że ta kwestia ich nie dotyczy. Wynika to z faktu, że tylko 26% respondentów dojeżdża na lotnisko prywatnym samochodem. Pozostali korzystają m.in. z komunikacji miejskiej, Ubera czy autokaru.

Następnie poproszono ankietowanych o ocenę wybranych usług za pomocą skali Likerta (1 – bardzo źle; 2 – źle; 3 – przeciętnie; 4 – dobrze; 5 – bardzo dobrze; nie dotyczy – w przypadku, gdy nigdy nie korzystano z danej usługi). Wyniki przedstawiono na rysunku 4.

Jak wynika z powyższego wykresu, najwyżej oceniony został dostęp do informacji (czytelność tablic informacyjnych – 77% wskazań „bardzo dobrze”, oznakowanie (umieszczenie i liczba tablic – 73%, dostępność punktów informacyjnych – 59,5%), natomiast najgorzej – dostępność miejsc parkingowych (11,9%), dostępność skrzytek bagażowych (18,3%), dostępność poczekalni i miejsc siedzących (21,4% wskazań „bardzo dobrze”).

Ponadto poproszono respondentów, żeby wymienili inne, nieujęte w badaniu niedogodności, z którymi spotkali się na terenie poru lotniczego (tab. 3).

Ankietowani najczęściej skarżyli się na niedostateczną liczbę miejsc do ładowania sprzętów elektronicznych, a także niewystarczającą liczbę miejsc do siedzenia i odpoczynku na terenie obiektu. Te luki w świadczeniu usług obniżają komfort korzystania z warszawskiego lotniska.



Rysunek 4. Ocena usług oferowanych na terenie Lotniska Chopina w Warszawie

Figure 4. Rating of services offered at Warsaw Chopin Airport

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

Tabela 3. Niedogodności doświadczone przez ankietowanych i sugerowane usługi na terenie Lotniska Chopina w Warszawie

Table 3. Experienced inconveniences and suggestions for additional services at Warsaw Chopin Airport

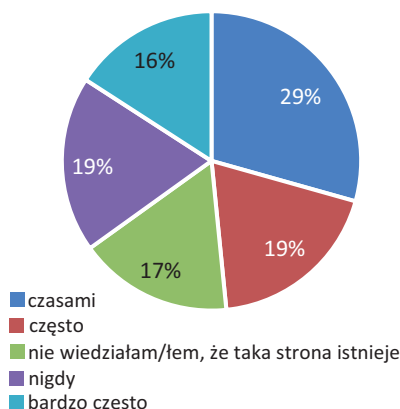
Przedstawione niedogodności	Sugerowane usługi
<ul style="list-style-type: none"> - brak wystarczającej liczby gniazdek do ładowania elektroniki, - mało wag do samodzielnego skontrolowania ciężaru bagażu - niewielka gama wyboru alkoholi w sklepach lotniskowych, - długie kolejki do punktu informacji, - rozstrojona klimatyzacja, - mała liczba miejsc w poczekalniach. 	<ul style="list-style-type: none"> - stanowiska do pakowania prezentów, - przebieralnie, - punkty naprawy uszkodzonych walizek, - punkty do zabezpieczania walizek przed lotem, - więcej punktów z darmową wodą, - miejsca do oczekiwania w pozycji leżącej.

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

Respondenci są świadomi swoich potrzeb, ponieważ zasugerowali zmiany i dodatkowe usługi, które ich zdaniem zdecydowanie podniosłyby komfort i stanowiły udogodnienie dla pasażerów. Wśród proponowanych punktów znalazły się m.in. wygodne miejsca do wypoczynku i oczekiwania na lot, przebieralnie, większa liczba dystrybutorów z darmową wodą pitną, a nawet specjalnie wydzielone miejsca do pakowania prezentów.

Innym ważnym aspektem wziętym pod uwagę w badaniu i istotnym z punktu widzenia pokolenia Z jest dostępność informacji na stronie internetowej portu lotniczego. W pierwszej kolejności zapytano respondentów, czy korzystają ze strony internetowej portu lotniczego w Warszawie (rys. 5).



Rysunek 5. Korzystanie ze strony internetowej Lotniska Chopina w Warszawie
Figure 5. Use of the Warsaw Chopin Airport website

Źródło: opracowanie własne.
Source: own elaboration.

Biorąc pod uwagę, że pokolenie Z bez trudu używa Internetu, zastanawiające jest, że aż 17% respondentów nie wiedziało o istnieniu strony internetowej lotniska. Jednocześnie osoby mające taką wiedzę korzystają ze strony często lub bardzo często (35% wskazań). Aż 63% respondentów uważa, że korzystanie ze strony internetowej portu lotniczego jest łatwe, a dostępne na niej informacje oceniają jako przydatne.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można uznać, że kwestie dotyczące dostępności różnego rodzaju usług na terenie portów lotniczych są ważne. Wynika z tego wniosek, że badania poświęcone dopasowaniu usług i satysfakcji z poziomu ich świadczenia powinny być prowadzone systematycznie i kompleksowo. Badania wykonane w ramach niniejszej pracy nie mają jednak charakteru reprezentatywnego, stąd szczegółowe wnioski mogą być odnoszone jedynie do próby badawczej. Można jednak z pewnym prawdopodobieństwem sądzić, że zaobserwowane w próbie zależności są kierunkowo zbieżne

z relacjami występującymi w całej zbiorowości pokolenia Z korzystającego z transportu lotniczego.

Z badań wynika kilka wniosków:

1. Pokolenie Z jest usatysfakcjonowane usługami oferowanymi na terenie lotniska. Szczególnie pozytywne ocenione zostały dwa elementy: dostęp do informacji na terenie lotniska oraz dostępność przestrzenna.
2. Respondenci wskazali także swoje uwagi dotyczące dostępności niektórych usług, aby polepszyć komfort podróży klientów, wśród nich istotnym problemem był czas oczekiwania na odprawę bagażową. Jest to dość istotny aspekt wpływający na niezadowolone pasażerów portu lotniczego. Pomimo że istnieje możliwość nadania bagażu samodzielnie, to wciąż jednak możliwości portu lotniczego nie są dostosowane do liczby pasażerów korzystających z niego. Ponadto postulat, który wynika z pokoleniowej przynależności badanej grupy, to konieczność zwiększenia liczby stanowisk do ładowania sprzętu elektronicznego.
3. Warte uwagi są także postulaty dotyczące stworzenia warunków do komfortowego i swobodnego wypoczynku oraz zwiększenia dostępności dystrybutorów z darmową wodą pitną.
4. Dużym zaskoczeniem wydaje się to, że 17% badanych nie wiedziało o istnieniu strony internetowej lotniska. To pokolenie bowiem szuka informacji głównie w Internecie. Taka sytuacja może być spowodowana stosunkowo rzadką częstotliwością korzystania z portu lotniczego przez respondentów i przypadkowością jego wyboru, a tym samym brakiem zainteresowania informacjami zamieszczonymi na stronie internetowej lotniska. Jednak osoby, które korzystają z tej strony, pozytywnie oceniają udostępniane na niej informacje.

Prezentowane badania stanowią przyczynek do dalszej analizy. Należałoby je rozszerzyć na większą próbę badawczą, przeprowadzić badania w różnych grupach wiekowych i porównać ich wyniki.

Bibliografia

- Airport Dimensions, 2024: Airport Experience Research 2024. AX24: The Age of The Airport Experience, [źródło elektroniczne] https://assets.ctfassets.net/mlhfk7pjn0ow/375LIWnz13b9XofOjidCK0/41d80485c91acecc99687ce9d741552e/AX24_The_Age_of_The_Airport_Experience.pdf?utm_campaign=ax24&utm_medium=socialorg&utm_source=linkedin [dostęp: 07.12.2024].
- Airportxadmin, 2019: SITA: Millennials, Gen Z to Drive Airport Tech, [źródło elektroniczne] <https://www.airportxnews.com/sita-millennials-gen-z-airport-tech/> [dostęp: 07.02.2025].
- Chomicka A., Cież M., 2022: Psychologiczna charakterystyka pokolenia Z. Przegląd badań, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, Kraków.
- Czerw A., 2008: Satysfakcja i lojalność klienta na rynku farmaceutycznym, CeDeWu, Warszawa.
- Daroń M., Wilk M., 2018: Doskonalenie wybranych obszarów obsługi klienta na przykładzie portu lotniczego, *Nowoczesne Systemy Zarządzania* 13(3), 53–66.
- EHL Graduate School, 2024: Adapting to the Customer Service Preferences of Gen Z and Millennials, [źródło elektroniczne] <https://hospitalityinsights.ehl.edu/gen-z-customer-experience-strategy> [dostęp: 07.02.2025].

- Gądek-Hawlena T., Żabinska T., 2017: Transport w turystyce, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Han H., Shim C., Lee W. S., Kim W., 2019: Product performance and its role in airline image generation and customer retention processes: Gender difference, *Journal of Travel & Tourism Marketing* 36(4), 536–548.
- Hołderna-Mielcarek B., Kubas K.A., Kujawa A., 2024: Turystyka miejska pokolenia Z w kontekście marketingu 3.0, *Turystyka Kulturowa* 3(132), 105–129.
- Hysa B. 2016: Zarządzanie różnorodnością pokoleniową, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie* (97), 385–398.
- Kaleta M., 2019: Decyzje konsumentów a założenia ekonomii behawioralnej, *Catallaxy* 4(1), 5–12.
- Karpygił E., Sak F. S., 2023: The Effects of Social Media on the Purchasing Behaviour of Airline Customers (Generation Y and Z), *Ýstanbul Gelipim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 10(2), 690–707.
- Kotler P., 2005: *Marketing, REBIS*, Poznań.
- Kotler P., Kartajaya H., Setiawan I., 2021: *Marketing 5.0. Technologie Nex Tech*, MT Biznes, Warszawa.
- Loan P.N.T., Hoang M.N.V., 2023: Generation Z's Travel Trend and Behavior: A Systematic Literature, *Journal of Economics, Finance and Management Studies* 6(4), 1511–1519.
- Lotnisko Chopina, 2024: Pasażer, [źródło elektroniczne] <https://www.lotnisko-chopina.pl/> [dostęp: 11.05.2024].
- Lotnisko Chopina Aiport, Warszawski Transport Publiczny, [źródło elektroniczne] <https://www.wtp.waw.pl/wp-content/uploads/sites/2/2021/04/lotnisko.pdf> [dostęp: 09.02.2025].
- Lotnisko Warszawa [WAW] – Fryderyka Chopina, Port Lotniczy, [źródło elektroniczne] <https://port-lotniczy.pl/polska/warszawa-okecie-waw/> [dostęp: 05.02.2025].
- Next Park, 2023: Ile terminali ma lotnisko Chopina? Eksploracja głównego portu lotniczego polski, [źródło elektroniczne] <https://nextpark.pl/pl/blog/ile-terminali-ma-lotnisko-chopina/> [dostęp: 11.05.2024].
- Niezurawski L., Pawłowska B., Witkowska J., 2010: *Satysfakcja klienta. Strategia – pomiar – zarządzanie*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Nuyken M., Zilbershtein D., Rauf A., 2022: Generation Z's perspective on restaurant service quality, *Research in Hospitality Management* 12(3), 309–318.
- Palnychenko D., 2017: Perception of Service in Airlines: A comparison of Generation X and Generation Y, *Modul University, Wiedeń*.
- Robinson V.M., Schänzel H.A., 2019: A tourism inflex: Generation Z travel experiences, *Journal of Tourism Futures* 5(2), 127–141.
- Rue P., 2018: Make way, Millennials, here comes Gen Z, *About Campus* 23(3), 5–12.
- Skowronek I., 2012: *Marketing doświadczeń: od doświadczeń klienta do wizerunku firmy*, Poltext, Warszawa.
- Wolniak R., Zendla S., 2015: Satysfakcja klienta organizacji usługowej na przykładzie portu lotniczego, *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie* 77, 291–309.
- Wolny A., Wolniak R., 2018: Ocena poziomu jakości usług świadczonych przez Port Lotniczy w Pyrzowicach, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie* 131, 595–609.
- Zięba K., 2010: Czynniki kształtujące zachowania nabywcze młodych konsumentów, *Ekonomiczne Problemy Usług* 54, 271–279.

Roman Jędras✉

Uniwersytet WSB Merito Wrocław

Możliwości, korzyści i bariery wdrożenia algorytmu AdaBoost w zarządzaniu procesami logistycznymi

Opportunities, Benefits, and Barriers – Implementing the AdaBoost Algorithm in Logistics Process Management

Synopsis. Głównym celem artykułu jest wskazanie możliwości zastosowania algorytmu AdaBoost w procesach logistycznych oraz ocena korzyści, barier i wyzwań związanych z jego wdrożeniem. Badanie skupia się na ocenie możliwości wykorzystania tego rozwiązania w optymalizacji procesów logistycznych oraz potencjale jego integracji z systemami ERP i WMS. W pracy wykorzystano przegląd literatury, analizę danych statystycznych oraz analizę porównawczą. Wyniki wskazują na znaczną poprawę precyzji prognoz popytu, efektywności operacyjnej oraz redukcję kosztów magazynowania i emisji CO₂. Jednocześnie zidentyfikowano kluczowe bariery wdrożeniowe, takie jak brak interoperacyjności systemów IT oraz duże koszty implementacji, które szczególnie dotyczą małe i średnie przedsiębiorstwa. Wnioski podkreślają potrzebę strategicznego podejścia do wdrożeń oraz intensyfikacji współpracy między sektorem naukowym a przemysłowym w celu przezwyciężenia barier. Artykuł wskazuje również na konieczność kontynuacji badań, w szczególności nad różnicami we wdrażaniu algorytmu w różnych regionach i sektorach gospodarki, aby pełniej zrozumieć jego możliwości i ograniczenia.

Słowa kluczowe: algorytm AdaBoost, sztuczna inteligencja, zrównoważony rozwój, optymalizacja procesów logistycznych, systemy ERP/WMS

Abstract. The main objective of the article is to identify the potential applications of the AdaBoost algorithm in logistics processes and to assess the benefits, barriers, and challenges associated with its implementation. The study focuses on evaluating the feasibility of using this solution to optimize logistics processes and its potential integration with ERP and WMS systems. The research methodology includes a literature review, statistical data analysis, and comparative analysis. The results indicate a significant improvement in demand forecasting accuracy, operational efficiency, and a reduction in storage costs and CO₂ emissions. At the same time, key implementation barriers have been identified, such as a lack of IT system interoperability and high implementation costs, which particularly affect small- and medium-sized enterprises.

✉ **Roman Jędras** – Uniwersytet WSB Merito Wrocław; e-mail: romanjedras@o2.pl, <https://orcid.org/0009-0002-6581-0015>

The conclusions highlight the need for a strategic approach to implementation and intensified collaboration between the academic and industrial sectors to overcome these barriers. The article also emphasizes the necessity of further research, particularly on the differences in algorithm implementation across various regions and economic sectors, to gain a deeper understanding of its potential and limitations.

Key words: AdaBoost algorithm, artificial intelligence, sustainable development, logistics process optimization, ERP/WMS systems

Kody JEL: C45, D24, L86, Q56, R41

Wprowadzenie

Współczesna logistyka stoi przed wieloma wyzwaniami, które wynikają z rosnącą zmienności popytu, wzrastających oczekiwań konsumentów oraz konieczności minimalizacji wpływu działalności na środowisko. Potrzeba poprawy efektywności operacyjnej wymusza poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań, które umożliwią sprostanie tym wyzwaniom. Jednym z takich narzędzi jest algorytm AdaBoost, znany z precyzji w modelowaniu danych i prognozowaniu. AdaBoost dzięki swojej zdolności do precyzyjnego modelowania i elastycznego dostosowywania się do zmieniających warunków jest jednym z obiecujących narzędzi w zarządzaniu logistyką. Ten algorytm, opracowany przez Freund'a i Schapire'a [1997, s. 119–139], początkowo znalazł zastosowanie w analizie danych, a obecnie jest coraz częściej wykorzystywany w logistyce do prognozowania popytu, optymalizacji zapasów i planowania tras. Jego elastyczność oraz zdolność do adaptacji w dynamicznych warunkach sprawiają, że staje się skutecznym narzędziem w zarządzaniu procesami logistycznymi. Dzięki swojej uniwersalności i skuteczności AdaBoost¹ znalazł zastosowanie w wielu krajach i sektorach przemysłu, co potwierdza jego globalny zasięg [GeeksforGeeks 2024]. Analiza możliwości jego zastosowań pozwoli na lepsze zrozumienie potencjału tego rozwiązania w magazynach, transporcie i innych procesach logistycznych.

Cel i metodyka badań

Celem artykułu jest wskazanie możliwości zastosowania algorytmu AdaBoost w procesach logistycznych oraz ocena korzyści, barier i wyzwań związanych z jego wdrożeniem. Dla potrzeb realizacji celu głównego sformułowano kilka celów szczegółowych:

- analiza zastosowania algorytmu AdaBoost w zarządzaniu zapasami w magazynach, prognozowaniu, zarządzaniu transportem,
- wskazanie możliwości integracji algorytmu AdaBoost z systemami ERP i WMS,
- identyfikacja korzyści i barier wynikających z wdrożenia.

W opracowaniu określono także cztery pytania badawcze:

1. Jakie są kluczowe korzyści z zastosowania algorytmu AdaBoost w zarządzaniu zapasami i optymalizacji procesów logistycznych?

¹ AdaBoost to algorytm *ensemble learning*, który łączy wiele prostych modeli (np. drzewa decyzyjne) w celu poprawy dokładności predykcji

2. Jakie możliwości daje integracja algorytmu AdaBoost z systemami ERP i WMS?
3. W jaki sposób zastosowanie algorytmu może przyczynić się do realizacji celów zrównoważonego rozwoju?
4. Jakie bariery technologiczne i organizacyjne występują przy implementacji algorytmu w Polsce?

W ramach badań zastosowano następujące metody badawcze:

- symulacje komputerowe – modelowanie zmiennych operacyjnych za pomocą Python (Scikit-Learn)²,
- studia przypadków – zaprezentowanie efektów wdrożeń algorytmu AdaBoost w firmie XYZ Logistics,
- analiza porównawcza – zastosowano do porównania algorytmu AdaBoost z tradycyjnymi modelami.

Dane historyczne dotyczące sprzedaży, sezonowości i emisji CO₂ posłużyły do analizy wpływu algorytmu na procesy logistyczne. Założenia badawcze obejmowały precyzję modeli oraz określenie potencjalnych oszczędności kosztowych i redukcję emisji.

W ramach badań uwzględniono kluczowe zmienne wpływające na procesy logistyczne: sezonowość popytu, koszty transportu oraz emisje CO₂.

Wszystkie wyniki przedstawione w opracowaniu uzyskano na podstawie samodzielnie przeprowadzonych symulacji w środowisku Python. Dane obejmują zbiór 100 000 rekordów historycznych zamówień logistycznych, który został poddany normalizacji i podziałowi na zbiór treningowy oraz testowy. Algorytmy były testowane w jednolitych warunkach obliczeniowych na maszynie o specyfikacji – CPU Intel i7, RAM 16GB. Modele oceniano pod względem skuteczności predykcji, efektywności obliczeniowej i energetycznej.

Wyniki badań i dyskusja

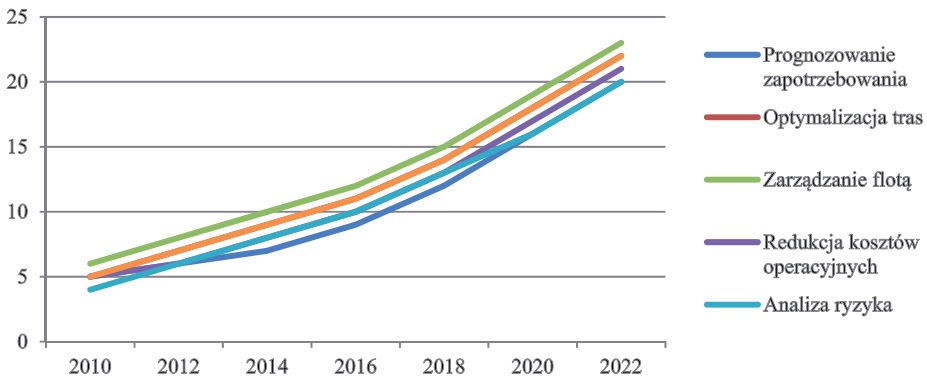
Ewolucja zastosowania algorytmu AdaBoost

Ewolucję zastosowania algorytmu AdaBoost w sektorze TSL zaprezentowano na rysunku 1. Jednym z kluczowych zastosowań AdaBoost jest optymalizacja zarządzania zasobem magazynu, szczególnie w dynamicznych i zmiennych warunkach logistycznych. Algorytm skutecznie uwzględnia takie czynniki jak kongestię, zmieniające się warunki pogodowe oraz ograniczenia czasowe, oferując szybkie i precyzyjne planowanie tras. W porównaniu z tradycyjnymi metodami, takimi jak algorytm Dijkstry³, AdaBoost uwzględnia znacznie szerszy zakres zmiennych, w tym priorytety zleceń, ograniczenia flotowe oraz sezonowe zmiany popytu. Dzięki iteracyjnemu procesowi uczenia algorytm stale poprawia swoje wyniki, co czyni go szczególnie przydatnym w branżach takich jak *e-commerce* i FMCG, gdzie niezawodność dostaw ma kluczowe znaczenie dla satysfakcji klienta. Opisany proces przedstawiono na rysunku 1.

² Scikit-Learn to jedna z najpopularniejszych bibliotek uczenia maszynowego (*machine learning*) w języku Python. Została zaprojektowana do obsługi szerokiej gamy algorytmów uczenia nadzorowanego i nienadzorowanego oraz do analizy danych oraz w kontekście analizy predykcyjnej, zarówno AdaBoost (Adaptive Boosting), jak i TensorFlow odgrywają istotne role, choć służą do nieco innych celów

³ Algorytm Dijkstry, opracowany przez holenderskiego informatyka Edsgera Dijkstrę, służy do znajdowania najkrótszych ścieżek z wybranego wierzchołka do pozostałych wierzchołków w grafie o nieujemnych wagach krawędzi [Właszek b.d.].

Prognozowanie zapotrzebowania jest obszarem, w którym AdaBoost odnotował największy wzrost zastosowań, osiągając 25% w 2022 roku. Precyzyjne prognozy pozwalają firmom lepiej zarządzać zapasami, redukując zarówno nadwyżki, jak i niedobory, co prowadzi do zmniejszenia kosztów magazynowania oraz zwiększenia efektywności łańcucha dostaw.



Rysunek 1. Ewolucja zastosowań algorytmu AdaBoost w sektorze TSL

Figure 1. The Evolution of AdaBoost Algorithm Applications in the TSL Sector

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań rynkowych dostępnych w raporcie [McKinsey & Company 2022].

Source: own elaboration based on market research available in the report [McKinsey & Company 2022].

Zastosowanie AdaBoost w zarządzaniu flotą i redukcji kosztów operacyjnych również znacząco się rozwinęło. W 2022 roku algorytm pomógł osiągnąć 20-procentowy wzrost efektywności w optymalizacji tras oraz 18-procentowy wzrost w zarządzaniu flotą. Dodatkowo udział algorytmu w identyfikacji i eliminacji nieefektywności w procesach logistycznych wzrósł z 5% w 2010 roku do 15% w 2022 roku, co pokazuje jego zwiększające się znaczenie w oszczędnościach operacyjnych.

W ramach badań przeprowadzonych przez XYZ Logistics w Europie Zachodniej AdaBoost zredukował czas dostaw o 15%, jednocześnie osiągając oszczędności paliwowe na poziomie 10%, co przyczyniło się zarówno do obniżenia kosztów operacyjnych, jak i redukcji emisji CO₂. To pokazuje, że algorytm nie tylko wspiera optymalizację procesów logistycznych, ale także realizację celów zrównoważonego rozwoju.

Według raportu „Supply Chain Analytics and AI” uczenie maszynowe w optymalizacji procesów logistycznych odgrywa bardzo dużą rolę, co jest zgodne z analizą skuteczności AdaBoost w prognozowaniu popytu i zarządzaniu zapasami [Strategy & Consulting 2021]. Ewolucja zastosowań AdaBoost w sektorze TSL odzwierciedla jego zdolność do adaptacji w dynamicznych warunkach rynkowych oraz strategiczną rolę w nowoczesnym zarządzaniu logistycznym. Jego elastyczność i wszechstronność sprawiają, że staje się kluczowym narzędziem dla firm dążących do poprawy wydajności operacyjnej i redukcji kosztów, jednocześnie wspierając realizację celów ESG.

Porównanie modeli uczenia maszynowego – AdaBoost, Gradient Boosting i Linear Regression

W logistyce precyzyjne prognozowanie zapotrzebowania jest kluczowe dla skutecznego zarządzania zapasami, optymalizacji procesów magazynowych oraz redukcji kosztów operacyjnych. W tym kontekście zastosowanie modeli predykcyjnych odgrywa coraz większą rolę, umożliwiając lepsze dostosowanie operacji do dynamicznych warunków rynkowych. W celu oceny skuteczności różnych modeli predykcyjnych porównano cztery popularne podejścia: AdaBoost, Gradient Boosting, Linear Regression oraz Random Forest – pod kątem ich efektywności w przewidywaniu zapotrzebowania w sektorze logistycznym.

Uzasadnienie wyboru modeli:

- Linear Regression – wybrany jako prosty model bazowy, pozwalający ocenić przewagę bardziej zaawansowanych metod w kontekście prognozowania zapotrzebowania⁴.
- Gradient Boosting – uwzględniony jako zaawansowana metoda alternatywna, która pozwala zbadać różnice w podejściu i wynikach w porównaniu z AdaBoost⁵.
- AdaBoost – kluczowy model analizy, ze względu na jego elastyczność, precyzję i zdolność adaptacji w dynamicznych warunkach.
- Random Forest – dodany jako popularna metoda referencyjna, pozwalająca porównać podejście baggingowe⁶ z boostingiem pod kątem dokładności, stabilności oraz efektywności obliczeniowej⁷.

Rekomendacje dotyczące wykorzystania modeli predykcyjnych pokazują, że każdy z nich najlepiej sprawdza się w określonych warunkach. Linear Regression jest praktycznym wyborem w stabilnych sytuacjach, gdzie dane mają proste zależności, a priorytetem jest szybkie uzyskanie wyników. Gradient Boosting, choć wymaga starannego przygotowania danych, jest skuteczny w analizie dużych zbiorów informacji, szczególnie w mniej dynamicznych środowiskach.

AdaBoost wyróżnia się w złożonych i zmiennych warunkach, takich jak logistyka *e-commerce* czy FMCG, oferując wyjątkową precyzję i elastyczność w dostosowywaniu się do zmieniających się potrzeb. Dzięki tym różnicom każdy model może być efektywnie wykorzystywany zgodnie z wymaganiami konkretnego środowiska.

⁴ Linear Regression jest optymalnym wyborem w sytuacjach wymagających natychmiastowej analizy danych o prostej strukturze, np. w systemach do zarządzania stanami magazynowymi w czasie rzeczywistym lub w aplikacjach IoT, gdzie opóźnienia obliczeniowe muszą być minimalne [Kavita 2025].

⁵ Gradient Boosting oferuje najwyższą precyzję predykcji i jest idealnym rozwiązaniem w przypadku analizy długoterminowych trendów rynkowych, segmentacji klientów czy predykcji sprzedaży w branży finansowej. Jego zastosowanie jest jednak ograniczone przez długi czas treningu oraz wysokie zapotrzebowanie na zasoby obliczeniowe, co oznacza, że sprawdzi się głównie w analizach offline i chmurowych [Gradient Boosting].

⁶ Bagging (*bootstrap aggregating*), stosowany w Random Forest, polega na tworzeniu wielu niezależnych modeli (drzew decyzyjnych) trenowanych na różnych podzbiorach danych, a następnie uśrednianiu ich wyników. Dzięki temu redukuje wariancję modelu, co poprawia stabilność predykcji, ale może nie osiągać najwyższej precyzji.

⁷ Random Forest oferuje dobrą równowagę między dokładnością a stabilnością wyników, co czyni go odpowiednim wyborem w przypadku systemów, które przetwarzają duże ilości danych w środowisku chmurowym lub rozproszonym, np. w analizie frachtu i optymalizacji tras transportowych [What is...].

Wyniki eksperymentu

Kluczowe parametry skuteczności modeli, takie jak średni błąd kwadratowy, średni błąd absolutny oraz współczynnik determinacji przedstawiono w tabeli 1. Wartości te odzwierciedlają dokładność predykcji, gdzie niższe wartości MSE i MAE oznaczają lepszą precyzję, a wartości R^2 bliskie jedności wskazują na wysoką jakość dopasowania modelu do danych.

Tabela 1. Porównanie skuteczności i efektywności energetycznej modeli ML
Table 1. Comparison of the Accuracy and Energy Efficiency of Machine Learning Models

Model	MSE	MAE	R^2	Czas treningu	Czas predykcji	CPU	Zużycie pamięci	Efektywność energetyczna (%)
Linear Regression	0.032	0.165	0.82	0.08	0.00	0.0	8.05	67
AdaBoost	0.015	0.098	0.94	3.54	0.02	0.0	4.43	85
Gradient Boosting Regressor	0.016	0.102	0.93	22.22	0.01	0.0	-5.29	73
Random Forest	0.021	0.125	0.88	12.45	0.06	0.0	5.33	78

Źródło: wartości obliczone na podstawie symulacji przeprowadzonych w Pythonie na zestawie 100 000 rekordów.
Source: values calculated from basic Python results on a set of 100,000 records.

Pod względem dokładności predykcji AdaBoost osiągnął najlepsze wyniki, charakteryzując się najniższym błędem kwadratowym i błędem absolutnym, a także najwyższym współczynnikiem determinacji. Gradient Boosting osiągnął zbliżone rezultaty, ale jego czas treningu był znacznie dłuższy, co może być istotnym ograniczeniem w zastosowaniach wymagających szybkiego uczenia modelu.

Analizując szybkość przetwarzania, Linear Regression był zdecydowanie najszybszy, zarówno w fazie treningu, jak i predykcji. AdaBoost trenował się znacznie szybciej niż Gradient Boosting, co czyni go bardziej praktycznym w kontekstach wymagających krótkiego czasu szkolenia modeli. Gradient Boosting wykazywał najwyższy czas treningu, co oznacza, że może nie być optymalnym wyborem w środowiskach, gdzie czas przetwarzania jest kluczowy.

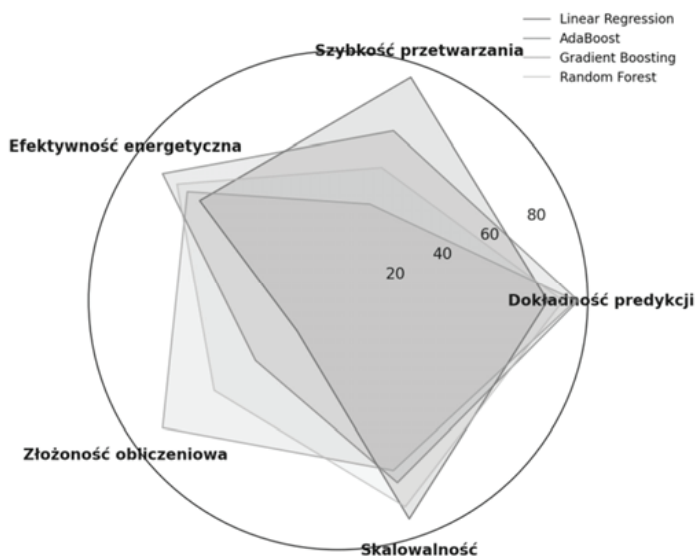
Pod względem skalowalności, Linear Regression charakteryzuje się wysoką skalowalnością, jednak jego efektywność znacząco spada w przypadku bardziej złożonych wzorców danych. Random Forest dobrze radzi sobie z dużymi zbiorami danych, ponieważ pozwala na równoległe trenowanie wielu drzew decyzyjnych. AdaBoost i Gradient Boosting wymagają większej ilości danych do efektywnego działania, ale zapewniają lepszą precyzję predykcji [Meng i in. 2017].

Złożoność obliczeniowa ma istotny wpływ na rzeczywiste zastosowania modeli uczenia maszynowego, szczególnie w kontekście dostępnych zasobów obliczeniowych, skali przetwarzanych danych oraz wymagań czasowych [Makridakis i in. 2018]. Modele o niskiej złożoności obliczeniowej, takie jak Linear Regression, nadają się do szybkich analiz w systemach o ograniczonych zasobach, np. w aplikacjach czasu rzeczywistego lub systemach wbudowanych. Z kolei modele o wyższej złożoności, takie jak Gradient

Boosting, wymagają większej mocy obliczeniowej i dłuższego czasu treningu, co sprawia, że są bardziej odpowiednie do analiz offline i dużych zbiorów danych, gdzie precyzja ma większe znaczenie niż szybkość.

Efektywność energetyczna jest kluczowym aspektem, szczególnie w przypadku rozwiązań chmurowych, aplikacji mobilnych oraz systemów IoT, gdzie minimalizacja zużycia zasobów obliczeniowych może znacząco wpłynąć na koszty operacyjne i wydłużenie czasu działania urządzeń na baterii [Rosemaro and Pandit 2023]. Modele o wysokiej efektywności energetycznej, takie jak AdaBoost, mogą być stosowane w systemach predykcyjnych na urządzeniach brzegowych, gdzie kluczowe jest optymalne zarządzanie mocą i szybka reakcja na zmieniające się warunki. Z kolei modele o niskiej efektywności, np. Gradient Boosting, mogą być bardziej odpowiednie do zastosowań wymagających dużej dokładności kosztem wyższych zasobów obliczeniowych, np. w analizach *big data* w centrach danych [Chen and Guestrin 2016].

Dla lepszego zobrazowania relacji między kluczowymi parametrami modeli przedstawiono na rysunku 2, który ilustruje: porównanie dokładności predykcji, szybkości przetwarzania, skalowalności, złożoności obliczeniowej oraz efektywności energetycznej. Dzięki temu możliwe jest szybkie określenie, który model najlepiej spełnia wymagania w zależności od priorytetów wdrożenia – czy to pod względem precyzji prognoz, czy minimalizacji kosztów obliczeniowych [Friedman i in. 2009].



Rysunek 2. Porównanie kluczowych parametrów algorytmów stosowanych w logistyce
Figure 2. Comparison of Key Parameters of Algorithms Used in Logistics

Źródło: opracowanie własne na podstawie symulacji przeprowadzonych w Pythonie.
Source: own elaboration based on Python simulations.

Wpływ dłuższego czasu treningu Gradient Boosting na praktyczne wdrożenia

Długi czas treningu Gradient Boosting może być istotnym ograniczeniem w zastosowaniach wymagających częstej aktualizacji modeli, np. w systemach rekomendacyjnych czy prognozowaniu cen dynamicznych. W takich przypadkach AdaBoost może być bardziej praktyczny, ponieważ oferuje wysoką precyzję przy krótszym czasie trenowania, co pozwala na częstsze odświeżanie modelu bez nadmiernego obciążania zasobów.

Jednak w scenariuszach analitycznych, gdzie dokładność prognozy jest kluczowa i model nie musi być aktualizowany w czasie rzeczywistym, Gradient Boosting będzie lepszym wyborem, nawet jeśli wymaga dłuższego czasu uczenia. W takich przypadkach model może być trenowany okresowo, np. raz na dobę lub tygodniowo, na dedykowanych zasobach obliczeniowych.

Praktyczne zastosowanie efektywności energetycznej w chmurze i systemach IoT

W systemach chmurowych, gdzie koszty operacyjne są związane z czasem pracy jednostek obliczeniowych i zużyciem mocy, modele o wysokiej efektywności energetycznej mogą znacząco obniżyć koszty przetwarzania. Na przykład zastosowanie AdaBoost zamiast Gradient Boosting może zmniejszyć zużycie zasobów serwera i skrócić czas obliczeń, co ma duże znaczenie w środowiskach płatnych za wykorzystanie mocy obliczeniowej, takich jak Amazon AWS⁸ czy Google Cloud Platform⁹.

W systemach IoT i *edge computing* [Atzori i in. 2010], gdzie zasoby sprzętowe są ograniczone, a urządzenia często działają na bateriach, efektywność energetyczna ma krytyczne znaczenie. W takich przypadkach AdaBoost lub Random Forest mogą być preferowanymi rozwiązaniami ze względu na dobry kompromis między dokładnością a niskim zużyciem energii, podczas gdy Gradient Boosting może nie być praktyczny ze względu na wysokie zapotrzebowanie na moc obliczeniową.

Porównanie wykazało, że AdaBoost jest najbardziej optymalnym modelem w zastosowaniach wymagających wysokiej precyzji i efektywności energetycznej. Gradient Boosting zapewnia zbliżone wyniki, ale kosztem znacznie dłuższego czasu treningu. Random Forest oferuje dobry balans pomiędzy dokładnością a stabilnością, a Linear Regression może być użyteczny w prostych przypadkach, gdzie kluczowe są niskie wymagania obliczeniowe. W tabeli 2 przedstawiono porównanie modeli uczenia maszynowego Linear Regression, AdaBoost, Gradient Boosting, i Random Forest w ocenie zalet i ograniczeń.

⁸ Amazon Web Services (AWS) w logistyce wspiera zarządzanie łańcuchem dostaw, optymalizację tras i monitorowanie przesyłek w czasie rzeczywistym. Umożliwia skalowalne przetwarzanie danych, automatyzację procesów magazynowych (WMS) oraz predykcyjną analizę popytu, zwiększając efektywność i redukując koszty operacyjne [Yagmur i Kubaa 2025].

⁹ Google Cloud Platform (GCP) w logistyce wspiera przetwarzanie dużych zbiorów danych, optymalizację tras transportowych oraz monitorowanie łańcucha dostaw w czasie rzeczywistym. Dzięki AI i IoT umożliwia automatyzację procesów magazynowych, predykcyjne zarządzanie zapasami oraz analizę danych w celu redukcji kosztów i zwiększenia efektywności operacyjnej. Logistics information management system based on Google cloud computing platform [Google Cloud...].

Tabela 2. Porównanie modeli uczenia maszynowego: AdaBoost, Gradient Boosting, Linear Regression i Random Forest w prognozowaniu zapotrzebowania logistycznego
 Table 2. Comparison of Machine Learning Models: AdaBoost, Gradient Boosting, Linear Regression, and Random Forest in Logistics Demand Forecasting

Zastosowanie	Najlepszy model	Zalety	Ograniczenia
Szybka analiza w czasie rzeczywistym	Linear Regression	ekstremalnie szybki, niski koszt obliczeniowy	niska dokładność
Zmienny rynek	AdaBoost	wysoka precyzja, dobra efektywność energetyczna	niewiele dłuższy czas treningu niż linear regression
Analiza dużych zbiorów danych	Gradient Boosting	najwyższa precyzja	bardzo długi czas treningu
Systemy rozproszone i skalowalne	Random Forest	stabilność wyników, równoległe trenowanie	wyższe zużycie pamięci

Źródło: opracowanie własne na podstawie symulacji przeprowadzonych w Pythonie na zbiorze 100 000 rekordów danych historycznych z sektora logistycznego, 2025.

Source: own study based on simulations conducted in Python on a set of 100,000 historical data records from the logistics sector, 2025.

W przyszłych badaniach warto uwzględnić modele takie jak **ACO**¹⁰ czy **LSTM**¹¹, które mogą poprawić skuteczność predykcji i zoptymalizować koszty obliczeniowe.

Dzięki uzyskanym wynikom praktycy logistyki mogą świadomie dobrać modele w zależności od specyfiki operacyjnej, zapewniając lepszą dokładność prognoz i efektywne zarządzanie zasobami.

Zastosowanie AdaBoost w prognozowaniu popytu i zarządzaniu zapasami

Etapy implementacji algorytmu AdaBoost w prognozowaniu popytu są następujące:

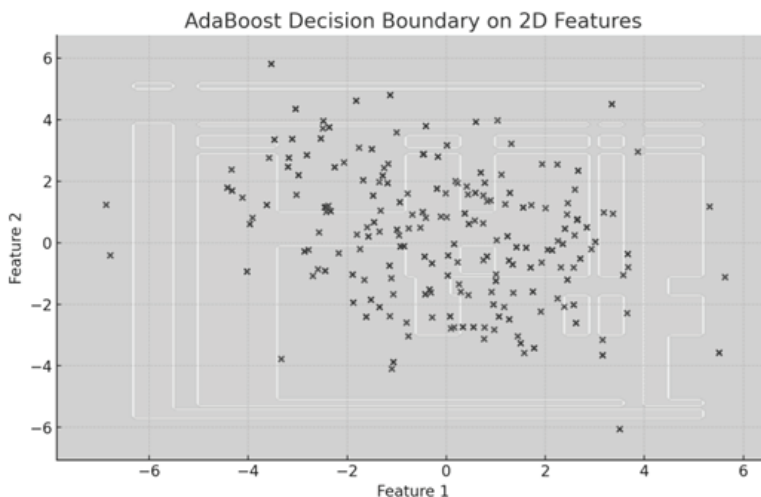
- zbieranie danych historycznych – dane dotyczące sprzedaży, sezonowości, promocji i trendów rynkowych stanowią podstawę dla działania algorytmu;
- wybór cech kluczowych – algorytm identyfikuje zmienne mające największy wpływ na popyt, np. lokalne wydarzenia lub warunki pogodowe;
- iteracyjny proces klasyfikacji – model predykcyjny jest budowany w sposób iteracyjny, co pozwala na dynamiczne poprawianie wyników w odpowiedzi na analizowane wzorce w danych;

¹⁰ Ant Colony Optimization (ACO) – optymalizacja kolonii mrówek. ACO to metaheurystyczny algorytm inspirowany zachowaniem mrówek, wykorzystywany w problemach optymalizacyjnych, takich jak trasowanie i harmonogramowanie. Opiera się na mechanizmie feromonów, które wzmacniają najlepsze ścieżki w procesie iteracyjnym. W logistyce znajduje zastosowanie w optymalizacji tras dostaw, problemie komiwojażera (TSP) oraz zarządzaniu magazynem. Jego zaletą jest zdolność do dynamicznego dostosowywania się do zmieniających się warunków, jednak koszty obliczeniowe mogą być wysokie.

¹¹ LSTM to zaawansowana architektura sieci rekurencyjnych (RNN), zaprojektowana do analizy danych sekwencyjnych i przewidywania długoterminowych zależności. Dzięki mechanizmowi bramek (wejściowej, zapominania i wyjściowej) skutecznie eliminuje problem zanikania gradientu. W logistyce znajduje zastosowanie w prognozowaniu popytu, zarządzaniu zapasami oraz analizie szeregów czasowych, poprawiając dokładność przewidywań w dynamicznych środowiskach.

- weryfikacja i walidacja modelu – model jest testowany na danych testowych w celu oceny jego skuteczności i przygotowania do wdrożenia w rzeczywistych warunkach operacyjnych.

Granice decyzyjne algorytmu AdaBoost w prognozowaniu popytu zoptymalizowane przez algorytm dla produktów sezonowych FSM przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3. Granice decyzyjne algorytmu AdaBoost w prognozowaniu popytu
Figure 3. Decision Boundaries of the AdaBoost Algorithm in Demand Forecasting

Źródło: opracowanie własne na podstawie symulacji w Python.
Source: own elaboration based on Python simulations.

Szczegółowy opis zbioru danych, zastosowanych metod oraz środowiska eksperymentalnego został przedstawiony w części Metody badawcze. W tabeli 3 zaprezentowano wyniki symulacji przeprowadzonych na zbiorze 100 000 rekordów logistycznych, w których oceniono skuteczność modeli predykcyjnych pod kątem trzech kluczowych metryk: MSE, MAE oraz współczynnika R^2 . Wskaźniki te pozwalają ocenić precyzję prognoz oraz jakość dopasowania modelu do rzeczywistych danych.

Tabela 3. Porównanie kluczowych metryk modeli w prognozowaniu popytu logistycznego
Table 3. Comparison of Key Model Metrics in Logistic Demand Forecasting

Model	MSE	MAE	R^2
Linear Regression	18,797,190	3,745.42	-0.0110
AdaBoost Regressor	18,750,737	3,741.20	-0.0085
Gradient Boosting Regressor	19,807,296	3,828.36	-0.0653

Źródło: opracowanie własne na podstawie symulacji w Pythonie.
Source: own study based on Python simulation.

Zastosowanie algorytmu AdaBoost w zarządzaniu magazynami znacząco poprawia dokładność prognozowania zapasów, minimalizuje straty oraz redukuje koszty operacyjne. Integracja z systemami WMS i ERP pozwala na automatyzację procesów magazynowych, co zwiększa efektywność operacyjną firm [Monostori i Kádár 2018].

Wdrożenie AdaBoost może być kluczowym krokiem w kierunku inteligentnego zarządzania zapasami, umożliwiającemu elastyczne dostosowanie poziomu magazynowego do rzeczywistego popytu oraz dynamicznych zmian rynkowych.

Skalowalność i zastosowanie algorytmu AdaBoost z systemami ERP/WMS

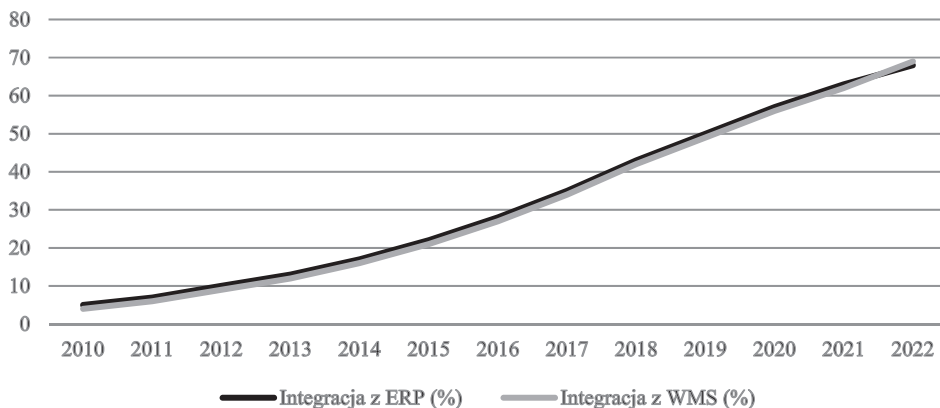
Algorytm AdaBoost odgrywa istotną rolę we wspieraniu zarządzania w firmach, zwłaszcza w połączeniu z systemami wspomagającymi organizację pracy, takimi jak ERP i WMS. Jego zastosowanie pomaga firmom lepiej kontrolować stany magazynowe, przewidywać zapotrzebowanie i usprawniać procesy logistyczne, co bezpośrednio przekłada się na poprawę funkcjonowania przedsiębiorstw.

Integracja AdaBoost z systemami ERP/WMS wspiera automatyczne podejmowanie decyzji, które pomagają firmom odpowiednio dostosować poziomy zapasów do rzeczywistego zapotrzebowania. Pozwala to uniknąć zarówno nadmiarów, jak i braków produktów, co z kolei przekłada się na lepsze planowanie i bardziej efektywne działanie [Helo i Hao 2021]. Ponadto algorytm umożliwia korzystanie z dużej ilości danych, co ułatwia rozpoznawanie ważnych trendów i podejmowanie bardziej trafnych decyzji w zmieniających warunkach rynkowych. Takie podejście pomaga także firmom szybciej reagować na zmieniające się potrzeby, ograniczać koszty i poprawiać organizację pracy. Dzięki temu przedsiębiorstwa mogą skuteczniej dostosowywać się do wyzwań rynkowych, zwiększając swoją efektywność i konkurencyjność. Algorytm AdaBoost staje się w ten sposób ważnym wsparciem w codziennym zarządzaniu firmą.

Przykładowo w firmie XYZ Logistics integracja algorytmu AdaBoost z systemami ERP pozwoliła na 20-procentową redukcję czasu potrzebnego na przetwarzanie danych magazynowych. Dodatkowo precyzyjne prognozowanie popytu zmniejszyło liczbę niedoborów produktów o 15%, jednocześnie redukując koszty związane z magazynowaniem o 12%. Wyniki te wskazują na praktyczne korzyści płynące z wdrożenia AdaBoost w połączeniu z systemami ERP/WMS, co przedstawiono na rysunku 4.

W latach 2010–2022 algorytm AdaBoost stał się istotnym elementem wspierającym nowoczesne systemy zarządzania logistyką, takie jak ERP i WMS. Jego rosnąca popularność wynika z możliwości, jakie oferuje w zakresie automatyzacji procesów oraz poprawy efektywności operacyjnej firm.

W przypadku systemów ERP integracja algorytmu rozwijała się dynamicznie, wzrastając z 5% w 2010 roku do 60% w 2022 roku. AdaBoost przyczynił się do usprawnienia kluczowych działań, takich jak planowanie zapotrzebowania, alokacja zasobów czy optymalizacja procesów biznesowych. Dzięki temu firmy mogą skuteczniej zarządzać swoimi operacjami, redukując koszty i lepiej dostosowując się do zmian rynkowych. Według opinii Sanjay Vijay Mhaskey [2024] proces integracji algorytmu z systemem wiąże się jednak z wyzwaniami, takimi jak problemy z jakością danych oraz opór organizacyjny



Rysunek 4. Dynamika integracji algorytmu AdaBoost z systemami ERP/WMS

Figure 4. The Dynamics of AdaBoost Algorithm Integration with ERP/WMS Systems

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych rynkowych .

Source: own elaboration based on market data.

wobec zmian. Co istotne, ponad 50% organizacji planuje wdrożenie możliwości AI w ciągu najbliższych dwóch lat, co świadczy o rosnącym trendzie ku bardziej efektywnemu funkcjonowaniu i strategicznemu podejmowaniu decyzji.

Dzięki tej technologii systemy ERP mogą efektywnie przetwarzać dane, dostosowywać interfejsy do użytkowników, wspierać podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym oraz symulować ludzkie procesy myślowe, co prowadzi do bardziej inteligentnego i responsywnego zarządzania przedsiębiorstwem.

Systemy ERP przechowują szczegółowe dane transakcyjne dotyczące sprzedaży, które za pomocą algorytmu ML mogą być analizowane w celu identyfikacji wzorców zakupowych, prognozowania przyszłego popytu oraz optymalizacji strategii zarządzania relacjami z klientami.

Jeszcze większy wzrost odnotowano w systemach WMS, gdzie udział algorytmu osiągnął 68% w 2022 roku. Jego zastosowanie w zarządzaniu magazynami obejmuje organizację przestrzeni, kontrolę zapasów oraz planowanie transportu wewnętrznego. Te funkcje pozwalają na lepsze wykorzystanie zasobów i poprawę przepływu towarów.

Integracja algorytmu AdaBoost zarówno z ERP, jak i WMS wykazuje stabilny trend wzrostowy. Zwiększone zainteresowanie tym rozwiązaniem wynika z jego zdolności do usprawniania zarządzania łańcuchem dostaw w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu biznesowym. Badania branżowe, takie jak raport DHL [Mahnken 2023], podkreślają rosnącą rolę algorytmów analitycznych w logistyce jako kluczowego elementu wspierającego decyzje i optymalizację procesów.

Analiza wyników pokazuje, także że integracja algorytmu AdaBoost z systemami ERP i WMS prowadzi do znacznych oszczędności operacyjnych. W przypadku XYZ Logistics, dzięki automatycznemu dostosowywaniu zamówień na podstawie prognoz popytu, udało się zredukować czas przetwarzania danych magazynowych o 20%. Dodatkowo precyzyjne prognozy popytu zmniejszyły liczbę niedoborów produktów o 15%, a koszty magazynowania spadły o 12%.

Integracja AdaBoost z systemami ERP i WMS różni się w zależności od funkcji, jakie pełnią te systemy. W systemach ERP algorytm wspiera zarządzanie zapasami i planowanie zasobów, dostosowując poziomy zamówień do rzeczywistego popytu. W przypadku WMS AdaBoost wspiera optymalizację operacji magazynowych, takich jak zarządzanie lokalizacją produktów czy automatyzacja procesów kompletacji zamówień.

Wyzwania implementacyjne

Interoperacyjność i kompatybilność danych

Jednym z kluczowych wyzwań technicznych przy wdrażaniu AdaBoost w systemach ERP/WMS jest brak jednolitych standardów danych i formatów przechowywania informacji. Firmy logistyczne korzystają z różnych systemów IT, które mogą przechowywać dane w formatach niekompatybilnych z algorytmami uczenia maszynowego np.:

- strukturalne bazy danych – dane są uporządkowane, ale mogą mieć różne schematy bazowe, co utrudnia ujednoczenie struktury,
- niestrukuralne źródła danych – mogą zawierać duże ilości danych historycznych, które wymagają *preprocessingu* przed użyciem w modelach ML¹²,
- dane w czasie rzeczywistym – ich dynamiczny charakter wymaga przetwarzania strumieniowego, co może kolidować z tradycyjnymi systemami ERP.

Rozwiązanie: ujednoczenie źródeł danych poprzez zastosowanie hurtowni danych lub platform integracyjnych, takich jak Apache Kafka¹³ [Khan 2021] czy AWS Glue¹⁴ [Sudhakar 2018], które pozwalają na agregację i standaryzację różnych formatów.

Wydajność i szybkość przetwarzania

Wdrożenie algorytmu AdaBoost do prognozowania zapotrzebowania lub optymalizacji operacji logistycznych wymaga dużej mocy obliczeniowej. Problem pojawia się w systemach ERP/WMS, które nie są zoptymalizowane pod kątem zaawansowanej analizy danych w czasie rzeczywistym.

„Wąskie gardła” obliczeniowe obejmują:

- długi czas treningu modeli – szczególnie w przypadku dużych zbiorów danych historycznych,
- przetwarzanie online vs offline – AdaBoost wymaga regularnej aktualizacji, co może powodować opóźnienia w systemach, które przetwarzają duże liczby zamówień w czasie rzeczywistym,

¹² Niestrukuralne źródła danych, takie jak pliki CSV, JSON, XML, często przechowują obszerne zbiory danych historycznych, które przed wykorzystaniem w modelach uczenia maszynowego (ML) wymagają wstępnego przetwarzania (*preprocessingu*). Proces ten obejmuje czyszczenie, normalizację, transformację oraz ujednoczenie formatów danych, co jest niezbędne do ich poprawnego wykorzystania w analizach predykcyjnych.

¹³ Apache Kafka to rozproszona platforma do przetwarzania strumieniowego, wykorzystywana do integracji danych IoT, RFID i GPS w czasie rzeczywistym, synchronizacji systemów ERP/WMS oraz monitorowania anomalii w łańcuchu dostaw.

¹⁴ AWS Glue – zarządzana usługa ETL (Extract, Transform, Load) firmy Amazon umożliwiająca integrację, transformację i ładowanie danych z różnych źródeł, w tym systemów ERP i WMS, baz danych SQL, Oracle, SAP HANA oraz niestrukuralnych plików (CSV, JSON, XML). Ułatwia przetwarzanie strumieniowe danych z sensorów IoT, RFID i GPS, wspierając analitykę i automatyzację procesów logistycznych.

- obciążenie infrastruktury IT – starsze systemy ERP/WMS mogą nie być dostosowane do intensywnych operacji ML, co powoduje przeciążenie serwerów.

Rozwiązanie: Implementacja technologii przetwarzania rozproszonego oraz wykorzystanie przetwarzania w chmurze, które umożliwi dynamiczne skalowanie zasobów obliczeniowych w zależności od potrzeb systemu.

Koszty wdrożenia i szkolenia pracowników

Koszt wdrożenia algorytmu AdaBoost w ERP/WMS różni się w zależności od wielkości przedsiębiorstwa. Główne źródła kosztów obejmują:

- licencje na oprogramowanie i infrastrukturę IT – dla MŚP wykorzystanie chmurowej obliczeniowej może być bardziej opłacalne niż wdrożenie lokalne. Szkolenie zespołów IT i analityków – zespoły odpowiedzialne za zarządzanie systemami ERP/WMS często nie posiadają kompetencji w zakresie ML, co wymaga dodatkowych szkoleń;
- czas wdrożenia – proces integracji może trwać od kilku miesięcy do ponad roku, w zależności od złożoności systemów i jakości dostępnych danych.

Rozwiązanie: rozważenie wdrożenia algorytmu w modelu hybrydowym – np. stopniowe testowanie AdaBoost w wybranych obszarach, zanim zostanie on zintegrowany z pełnym systemem ERP/WMS.

Skalowalność AdaBoost w dużych zbiorach danych

AdaBoost cechuje się lepszą efektywnością obliczeniową niż np. Gradient Boosting, jednak jego zdolność do skalowania może być ograniczona, gdy liczba rekordów przekracza pewien próg:

- złożoność obliczeniowa: O , gdzie T to liczba iteracji – rośnie szybciej niż w prostszych modelach, ale wolniej niż w przypadku Gradient Boosting;
- przy dużych zbiorach danych AdaBoost może wymagać technologii przetwarzania równoległego lub ograniczenia liczby bazowych klasyfikatorów.

Integracja AdaBoost z systemami ERP¹⁵ i WMS¹⁶ przyczynia się do automatyzacji procesów, co prowadzi do redukcji kosztów oraz zwiększenia efektywności operacyjnej [Davenport i Ronanki 2018]. Umożliwia to bardziej precyzyjne prognozowanie popytu i lepsze zarządzanie zapasami, co ma kluczowe znaczenie w branżach takich jak *e-commerce* czy FMCG, gdzie precyzyjne planowanie zapasów jest niezbędne do utrzymania płynności operacyjnej [Ghobakhloo 2018].

¹⁵ ERP (*enterprise resource planning*) – zintegrowany system zarządzania zasobami przedsiębiorstwa, który wspiera planowanie, monitorowanie i optymalizację procesów biznesowych, takich jak: zarządzanie finansami, produkcją, łańcuchem dostaw i sprzedażą. Integracja z algorytmami ML, takimi jak AdaBoost, umożliwia precyzyjne zarządzanie zapasami, automatyzację zamówień oraz dynamiczną optymalizację cen.

¹⁶ WMS (*warehouse management system*) – system zarządzania magazynem służący do monitorowania, optymalizacji i automatyzacji operacji magazynowych, takich jak: przyjęcie towaru, lokalizacja produktów, kompletacja zamówień i kontrola stanów magazynowych. Wykorzystanie AdaBoost pozwala na dynamiczne przypisywanie lokalizacji, prognozowanie popytu oraz optymalizację ścieżek zbierania zamówień, zwiększając efektywność procesów logistycznych.

Wykorzystanie algorytmu AdaBoost w realizacji celów rozwoju zrównoważonego

W badaniach przeprowadzonych na podstawie danych firmy XYZ Logistics AdaBoost zredukował czas dostaw o 15% w porównaniu z tradycyjnymi metodami optymalizacji tras. Dodatkowo oszczędności paliwowe wyniosły średnio 10%, co przyczyniło się zarówno do obniżenia kosztów operacyjnych, jak i redukcji emisji CO₂. Wyniki potwierdzają, że AdaBoost może wspierać przedsiębiorstwa w osiągnięciu celów zrównoważonego rozwoju.

Przeprowadzone symulacje na danych firmy XYZ Logistics wykazały, że algorytm AdaBoost może przyczynić się do redukcji emisji CO₂ o około 12%. Zastosowanie tego algorytmu pozwoliło na lepszą optymalizację tras, co bezpośrednio wpłynęło na zmniejszenie liczby przejazdów na krótkich dystansach, redukując zużycie paliwa. Integracja z systemami ERP umożliwiła precyzyjne planowanie dostaw, co również wpłynęło na obniżenie emisji.

Algorytm AdaBoost nie tylko poprawia efektywność operacyjną, ale również wspiera cele zrównoważonego rozwoju, takie jak zmniejszenie emisji CO₂. Zastosowanie technologii optymalizacyjnych w logistyce może przyczynić się do realizacji celów ESG, co jest szczególnie ważne w kontekście rosnącej presji na obniżenie wpływu przemysłu na środowisko.

Raportu Gartner [2023] przewiduje, że do 2026 roku ponad 60% firm logistycznych będzie korzystało z AI w celu optymalizacji emisji CO₂, redukcji marnotrawstwa i poprawy efektywności operacyjnej.

Firmy powinny podejmować decyzje o wdrożeniu algorytmu, integrując go z celami zrównoważonego rozwoju oraz dążeniem do poprawy efektywności operacyjnej. Na przykład, przedsiębiorstwa logistyczne mogą wprowadzić model oceny wpływu na emisję CO₂ jako element planowania zapasów, co pozwoli na lepsze dostosowanie działań operacyjnych do wymogów środowiskowych i społecznych. Ważnym aspektem jest także intensyfikacja współpracy między sektorem naukowym a przemysłowym, która umożliwi łatwiejszy dostęp do technologii oraz usprawni procesy wdrożeniowe. Wspólne inicjatywy badawczo-rozwojowe mogą przyczynić się do tworzenia bardziej zaawansowanych i dostępnych rozwiązań, które wspomogą zarówno duże korporacje, jak i małe oraz średnie przedsiębiorstwa.

Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono możliwości zastosowania algorytmu AdaBoost w logistyce, ze szczególnym uwzględnieniem zarządzania zapasami i usprawniania procesów magazynowych. Badania wykazały, że AdaBoost, dzięki swojej precyzji w przewidywaniu popytu i efektywności w przetwarzaniu danych, staje się ważnym narzędziem wspierającym nowoczesne systemy ERP i WMS. Algorytm ten wyróżnia się wysoką dokładnością oraz oszczędnością energetyczną, co czyni go szczególnie przydatnym w działaniach ukierunkowanych na zrównoważony rozwój.

Porównanie z innymi algorytmami, takimi jak Gradient Boosting czy regresja liniowa, ukazuje wyraźne przewagi AdaBoost w zakresie precyzji i elastyczności. Jednocześnie

wskazano, że proste modele, jak regresja liniowa, mimo mniejszej dokładności, charakteryzują się łatwością wdrożenia i szybszym działaniem, co w pewnych warunkach może być ich atutem.

AdaBoost to wartościowe narzędzie wspierające logistykę, szczególnie w kontekście optymalizacji procesów i zrównoważonego rozwoju. Jednak jego skuteczne wdrożenie wymaga odpowiedniego planowania i eliminacji barier technologicznych.

Na podstawie uzyskanych wyników można wskazać, że główne bariery we wdrożeniu algorytmu AdaBoost w Polsce dotyczą przede wszystkim:

- braku interoperacyjności systemów IT – na problemy z integracją AdaBoost z istniejącymi systemami ERP i WMS, co wydłuża czas implementacji i zwiększa koszty,
- wysokich kosztów implementacji – z uwagi na ograniczone budżety, szczególnie w małych i średnich przedsiębiorstwach, wdrożenie algorytmu AdaBoost wiąże się z wysokimi kosztami początkowymi, które stanowią istotną barierę,
- niedoboru właściwych danych – wiele firm nie dysponuje wystarczającymi danymi operacyjnymi, co obniża efektywność zastosowania algorytmu.

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano kluczowe wnioski:

1. Efektywność AdaBoost – algorytm znacząco wspiera prognozowanie popytu i zarządzanie zapasami, co przekłada się na redukcję kosztów oraz większą stabilność procesów logistycznych.
2. Integracja z systemami zarządzania – połączenie AdaBoost z systemami ERP i WMS umożliwia dynamiczne dostosowywanie operacji do zmiennych warunków rynkowych.
3. Wyzwania wdrożeniowe – zastosowanie algorytmu wymaga odpowiednich zasobów i współpracy między sektorem naukowym a przemysłowym.
4. Dalsze kierunki badań – potrzebne są dalsze analizy dotyczące adaptacji algorytmu w różnych sektorach i regionach, aby lepiej zrozumieć jego potencjał i ograniczenia.

Bibliografia

- Chen T., Guestrin C., 2016: XGBoost: A scalable tree boosting system, Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785–794, <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Freund Y., Schapire R.E., 1997: A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting, Journal of Computer and System Sciences 55, 119–139, <https://doi.org/10.1006/jcss.1997.1504>
- Friedman J., Hastie T., Tibshirani R., 2009: The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction (2nd ed.), Springer, New York.
- Gartner, 2023: AI in Supply Chain Hype Cycle 2023, [źródło elektroniczne] <https://www.ibm.com/aiops> [dostęp: 15.02.2025].
- GeeksforGeeks, 2024: Implementing the AdaBoost algorithm from scratch, [źródło elektroniczne], <https://www.geeksforgeeks.org/implementing-the-adaboost-algorithm-from-scratch/> [dostęp: 26.02.2025].
- Ghobakhloo M., 2018: The future of manufacturing industry: A strategic roadmap toward Industry 4.0, Journal of Manufacturing Technology Management 29(6), 910–936, <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>

- Google Cloud for supply chain and Logistics, Google Cloud, [źródło elektroniczne] <https://cloud.google.com/solutions/supply-chain-logistics> [accessed: 20.01.2025].
- Gradient Boosting, Science direct, [źródło elektroniczne], <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/gradient-boosting> [dostęp: 15.02.2025].
- Helo P., Hao Y., 2021: Artificial intelligence in operations management and supply chain management: An exploratory case study, *Journal of Manufacturing Systems* 61, 314–328, <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882690>
- Kavita, 2025: Linear Regression in Machine Learning, [źródło elektroniczne] <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/10/everything-you-need-to-know-about-linear-regression/> [dostęp: 15.02.2025].
- Khan F.R., 2021: Apache Kafka with real-time data streaming, ResearchGate, [źródło elektroniczne] https://www.researchgate.net/publication/348575301_Apache_kafka_with_real-time_data_streaming [dostęp: 26.02.2025].
- Mahnken D., 2023: Logistics trends 2023/2024: Which direction for AI?, DHL Freight [źródło elektroniczne] <https://dhl-freight-connections.com/en/trends/logistics-trends-2023-2024/> [dostęp: 26.02.2025].
- McKinsey & Company, 2022: Data sharing in logistics: Driving value across entire production lines, [źródło elektroniczne] <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2022-and-a-half-decade-in-review> [dostęp: 26.02.2025].
- Meng Q., Ke G., Wang T., Chen W., Ye Q., Liu T.Y., 2017: LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree, *Advances in Neural Information Processing Systems* 30.
- Mhaskey S.V. 2024: Integration of artificial intelligence in enterprise resource planning systems: Opportunities, challenges, and implications, *International Journal of Computer Engineering in Research Trends*, 11(12), 1–9, <https://doi.org/10.22362/ijcert/2024/v11/i12/v11i1201>
- Monostori L., Kádár B., 2018: Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenge, *Procedia CIRP* 57, 1–6, <https://doi.org/10.1016/j.grets.2022.100001>
- Rosemaro X., Pandit P.V., 2023: The impact of AI on computational efficiency in distributed systems, *Research Journal of Computer Systems and Engineering* 4(1), 8–14, <https://doi.org/10.52710/rjcse.57>
- Strategy & Consulting, 2021: Supply chain analytics and AI in driving relevance, resilience and responsibility, Accenture, [źródło elektroniczne] <https://www.accenture.com/us-en/insights/artificial-intelligence/supply-chain-analytics-ai> [dostęp: 26.02.2025].
- Sudhakar K., 2018: Amazon Web Services GLUE, *SSRN Electronic Journal* 8(1), 108–122, [źródło elektroniczne] https://www.researchgate.net/publication/354511071_Amazon_Web_Services_AWS_GLUE [dostęp: 26.02.2025].
- Wałaszek J., b.d.: Najkrótsza ścieżka w grafie ważonym. Algorytm Dijkstry, [źródło elektroniczne] https://eduinf.waw.pl/inf/alg/001_search/0138.php [dostęp: 16.02.2025].
- What is random forest?, IBM, [źródło elektroniczne] <https://www.ibm.com/think/topics/random-forest> [dostęp: 15.02.2025].
- Yagmur A., Kubaa Z.H., 2025: Cloud Logistics: Leveraging Cloud Technology For Operational Efficiency and Customer Satisfaction, Case Studies of Amazon and DHL, [źródło elektroniczne] https://www.researchgate.net/publication/387949802_CLOUD_LOGISTICS_LEVERAGING_CLOUD_TECHNOLOGY_FOR_OPERATIONAL_EFFICIENCY_AND_CUSTOMER_SATISFACTION_CASE_STUDIES_OF_AMAZON_AND_DHL [dostęp: 17.02.2025].

Tomasz Klusek✉

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Realizacja idei budownictwa zrównoważonego na polskim rynku nieruchomości magazynowych

Implementation of the Idea of Sustainable Construction in the Polish Warehouse Real Estate Market

Synopsis. W artykule odniesiono się do kluczowych uwarunkowań zjawiska budownictwa zrównoważonego oraz jego skali na polskim rynku nieruchomości magazynowych. Określono liczbę i powierzchnię certyfikowanych budynków na podstawie danych z raportów Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego za lata 2017–2023. Zwrócono również uwagę na kwestię oceny ich efektywności energetycznej, w kontekście planowanych w tym zakresie krajowych rozwiązań legislacyjnych. Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują między innymi na dynamiczne zmiany w zakresie skali certyfikacji budynków magazynowych w Polsce. Jest to jeden z wyznaczników stopnia realizacji założeń budownictwa zrównoważonego w tym segmencie, wpisujących się w globalną ideę rozwoju zrównoważonego.

Słowa kluczowe: rynek nieruchomości, zrównoważone magazyny, certyfikacja wielokryterialna, efektywność energetyczna

Abstract. The article refers to the key determinants and conditions of the phenomenon of sustainable construction and its scale in the Polish warehouse real estate market. The number and area of certified buildings were determined based on data from the reports of the Polish Ecological Building Association for the years 2017–2023. Attention was also paid to the issue of assessing their energy efficiency in the context of planned national legislative solutions in this regard. The results of the analyses indicate, among other things, dynamic changes in the scale of certification of warehouse buildings in Poland. This is one of the indicators of the degree of implementation of sustainable construction assumptions in this segment, which are consistent with the global idea of sustainable development.

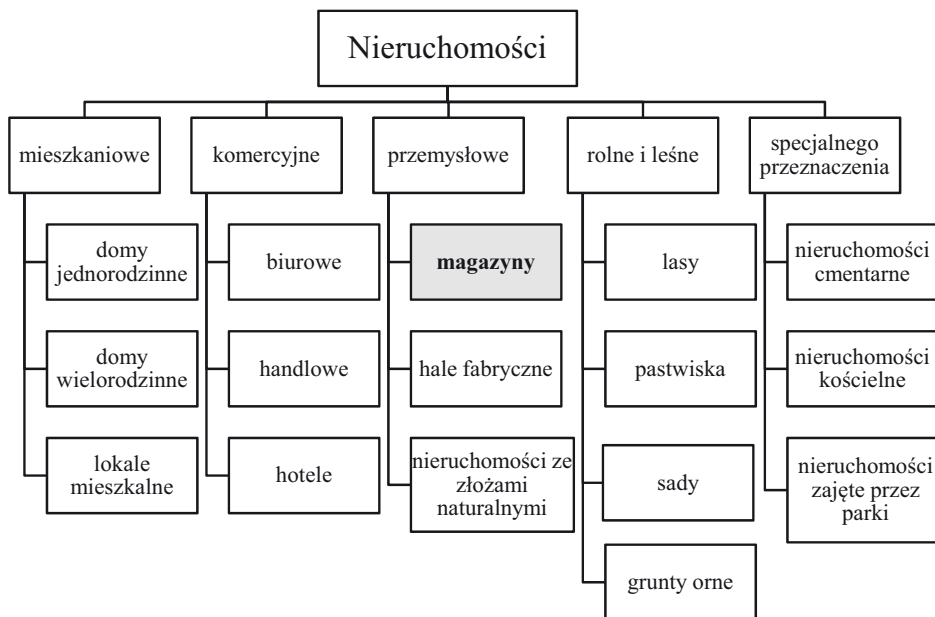
Key words: real estate market, sustainable warehouses, multi-criteria certification, energy efficiency

Kody JEL: R39, Q01, Q56

✉ **Tomasz Klusek** – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Ekonomii i Finansów; e-mail: tomasz_klusek@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0001-7304-2760>

Wstęp

Rynek nieruchomości obejmuje swoją strukturą funkcjonalno-organizacyjną podmioty i instytucje rynkowe oraz przedmioty obrotu, czyli nieruchomości [Kałkowski 2023], zróżnicowane pod względem cech fizycznych, ekonomicznych i instytucjonalno-prawnych [Kucharska-Stasiak 2006]. Duża różnorodność nieruchomości z jednej strony utrudnia prowadzenie analiz, z drugiej stanowi podstawę ich klasyfikacji według różnych kryteriów. W praktyce często stosowany jest podział według kryterium pełnionych funkcji, zgodnie z którym wyodrębnia się nieruchomości mieszkaniowe, komercyjne, przemysłowe, rolne i leśne oraz specjalnego przeznaczenia (rys. 1). Ze względu na charakter i cel powstania nieruchomości magazynowe mogą być zaliczone do dwóch z wymienionych grup. W przypadku, gdy halę magazynową wybuduje deweloper dla potrzeb jej wynajęcia lub sprzedaży z zyskiem, zalicza się ją do nieruchomości komercyjnych. Z kolei hala zbudowana przez przedsiębiorstwo produkcyjne, w związku z jego potrzebami wytwórczymi, zaliczana jest do nieruchomości przemysłowych.



Rysunek 1. Podział nieruchomości według kryterium pełnionych funkcji

Figure 1. Division of real estate according to the criteria of functions performed

Źródło: opracowanie na podstawie [Kucharska-Stasiak 2006].

Source: own elaboration based on [Kucharska-Stasiak 2006].

Choć specyficzne cechy nieruchomości i praw z nimi związanych czynią rynek nieruchomości odmiennym od innych rynków, to w zasadniczych kwestiach, dotyczących mechanizmu rynkowego, czyli prawa popytu i podaży, zachowuje się on do nich podobnie [Bryx 2006]. Podobnie jak inne rynki znajduje się również w stanie ciągłej

nierównowagi [Kucharska-Stasiak 2006], a jego funkcjonowanie i rozwój warunkują przede wszystkim czynniki zewnętrzne [Kucharska-Stasiak i in. 2000]. Wymuszają one między innymi konieczność reagowania na nowe trendy, czego przykładem może być tzw. zielone budownictwo, określane również mianem ekologicznego lub zrównoważonego. W artykule odniesiono się do kluczowych uwarunkowań tego zjawiska oraz jego skali na polskim rynku nieruchomości magazynowych. Określono liczbę i powierzchnię certyfikowanych budynków w tym segmencie na podstawie danych z raportów Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego za lata 2017–2023. Zwrócono również uwagę na kwestię oceny ich efektywności energetycznej w kontekście planowanych w tym zakresie polskich rozwiązań legislacyjnych.

Cel i metodyka badań

W artykule za główny cel przyjęto określenie skali wykorzystania systemów wielokryterialnej oceny budynków na polskim rynku nieruchomości magazynowych jako jednego z wyznaczników realizacji założeń budownictwa zrównoważonego w tym segmencie. Dla potrzeb realizacji tego celu określono również cele szczegółowe, jakimi są:

- określenie podstawowych uwarunkowań budownictwa zrównoważonego na rynku nieruchomości magazynowych,
- określenie aktualnej skali certyfikacji ekologicznej budynków magazynowych i zmian zachodzących w tym zakresie na przestrzeni ostatnich lat.

Pozyskane materiały opracowano z wykorzystaniem metod analizy opisowej oraz analizy porównawczej poziomej i pionowej. Źródłem danych dotyczących liczby i powierzchni certyfikowanych budynków logistycznych i przemysłowych były raporty Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego za lata 2017–2023.

Idea i podstawowe wyznaczniki budownictwa zrównoważonego na rynku nieruchomości magazynowych w świetle literatury

Jak słusznie stwierdzają Zapotoczna i Szturo [2015], idei budownictwa zrównoważonego nie można rozpatrywać w oderwaniu od idei rozwoju zrównoważonego. Wynika to m.in. z faktu, że sektor ten, podobnie jak inne sektory gospodarki, coraz częściej adaptuje ją dla potrzeb tworzenia własnych strategii. Idea rozwoju zrównoważonego (sustainable development) ma swój początek w drugiej połowie lat sześćdziesiątych XX wieku jako próba odpowiedzi na wzrost zagrożeń związanych z szybkim rozwojem państw Europy Zachodniej, wyczerpywaniem zasobów naturalnych, degradacją środowiska naturalnego, gwałtownym wzrostem demograficznym, a także powiększającym się dystansem między gospodarkami krajów rozwiniętych i rozwijających się [Płachciak 2011]. Współcześnie podkreśla się kluczowe, dla jej implementacji w skali globalnej, znaczenie Agendy na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030, wyznaczającej uniwersalne i zintegrowane cele służące osiągnięciu rozwoju zrównoważonego w gospodarce, przy założeniu zaangażowania w ich realizację wszystkich interesariuszy. Konieczność zachowania równowagi między gospodarką, społeczeństwem i środowiskiem podkreśla również Unia Europejska w swojej strategii zrównoważonego rozwoju Europa 2030 [Jantoni-Drozdowska i Juskowiak 2023].

Realizacja idei rozwoju zrównoważonego to jeden z elementów zarówno polityki międzynarodowej, jak i polityki poszczególnych krajów. W Polsce ma to odzwierciedlenie w ustawie Prawo ochrony środowiska, definiującej zrównoważony rozwój jako rozwój społeczno-gospodarczy, w którym dla równoważenia szans dostępu do środowiska poszczególnych społeczeństw lub ich obywateli – zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń – następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych [Poznańska i Janiszewski 2024]. Cytowana ustawa nie jest oczywiście jedynym polskim aktem prawnym zawierającym zapisy dotyczące tego pojęcia. Można je bowiem znaleźć również w konstytucji, ustawie Prawo wodne, ustawie Prawo energetyczne czy ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [Makuch 2020].

Tabela 1. Wybrane czynniki wpływające na ocenę poziomu zrównoważenia magazynu
Table 1. Selected factors influencing the assessment of the warehouse sustainability level

Czynnik	Przykładowy sposób pomiaru czynnika	Realizowane aspekty budownictwa zrównoważonego		
		ekonomiczny	społeczny	ekologiczny
Wykorzystanie energooszczędnych źródeł energii	procent punktów świetlnych wyposażonych w żarówki energooszczędne	×	–	×
Stosowanie urządzeń automatycznego sterowania oświetleniem	procent powierzchni magazynu, na której zastosowano czujniki światła	×	×	×
Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii	stosunek udziału energii ze źródeł odnawialnych będących w posiadaniu magazynu do pozostałych źródeł energii	×	–	×
Wykorzystanie alternatywnych źródeł wody	procent wykorzystania wody deszczowej w ramach zużycia wody	×	–	×
Stosowanie urządzeń automatycznego sterowania temperaturą	procent powierzchni magazynu, w której istnieje możliwość automatycznego sterowania temperaturą	×	×	×
Wykorzystanie materiałów przyjaznych środowisku w konstrukcji budynku	procent wykorzystania materiałów proekologicznych w konstrukcji budynku	–	–	×
Recykling opakowań i zwrotów	procent wykorzystania materiałów z recyklingu i zwrotów	×	–	×
Stosowanie polityki dbania o zdrowie i bezpieczeństwo pracowników	poziom jakości stosowanej polityki dbania o zdrowie i bezpieczeństwo wyrażony działaniami na ten cel, np. audytami bezpieczeństwa, inspekcjami i kontrolą urządzeń magazynowych, regulaminami, zastosowaniem czujników określających np. poziom jakości powietrza	–	×	×

Źródło: opracowanie na podstawie [Malinowska 2018].
Source: own elaboration based on [Malinowska 2018].

Rozwój zrównoważony to złożona i wielowymiarowa koncepcja, która może być odnoszona między innymi do różnych organizacji, dyscyplin i subdyscyplin naukowych czy sektorów gospodarki [Bąk i Cheba 2020]. Sektor budownictwa powinien być jednym z kluczowych obszarów jej wdrażania, w szczególności ze względu na jego duży udział w emisji zanieczyszczeń, zużyciu energii i produkcji odpadów [Siemińska 2023]. Dlatego należy budować w sposób zrównoważony, aby ograniczać te niekorzystne zjawiska, stwarzać dobre warunki życia i pracy oraz wypełniać zobowiązania międzynarodowe [Fierląg 2018]. Budynki zrównoważone, określane również mianem zielonych lub ekologicznych, to obiekty dostosowane do potrzeb ich właścicieli, najemców i innych użytkowników [Belniak i in. 2013], które można ogólnie scharakteryzować czterema kryteriami:

- zmniejszenie – mniejsze zużycie materiałów budowlanych, zasobów naturalnych i energii przy ich wznoszeniu oraz w trakcie użytkowania, mniejsze wykorzystanie przestrzeni i oddziaływanie na środowisko,
- ponowne wykorzystanie – zagospodarowanej już przestrzeni, a także materiałów konstrukcyjnych, używanych wtórnie tam, gdzie to możliwe,
- przetwarzanie – stosowanie do ich wznoszenia materiałów z recyklingu i projektowanie tak, aby możliwe było odzyskanie materiałów, wykorzystywanie wody opadowej lub szarej oraz ograniczanie ilości odpadów,
- odnawianie – wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych i wykonywanie komponentów budowlanych z naturalnych surowców [Fierląg 2018].

Współczesne magazyny coraz mocniej wpisują się w ideę budownictwa zrównoważonego, przede wszystkim w aspekcie ochrony środowiska, co ma istotne znaczenie w obliczu szybko postępujących globalnych zmian klimatu. Magazyn zrównoważony to obiekt projektowany, budowany i eksploatowany z myślą o ograniczeniu jego negatywnego wpływu na bliższe i dalsze otoczenie. Wśród głównych celów wprowadzanych w nim rozwiązań wymieniłem należy redukcję emisji gazów cieplarnianych, racjonalne wykorzystanie zasobów naturalnych oraz zmniejszenie zużycia energii. Mogą być one realizowane poprzez stosowanie odpowiednich izolacji termicznych, nowoczesnych systemów ogrzewania i chłodzenia czy inteligentnego zarządzania zużyciem poszczególnych mediów. W magazynie zrównoważonym dąży się również do efektywnego wykorzystania odnawialnych źródeł energii, ograniczenia ilości wytwarzanych odpadów oraz zmniejszenia zużycia wody i obciążenia kanalizacji. Analiza wspomnianych czynników może służyć ocenie poziomu tego zrównoważenia w kontekście realizacji trzech aspektów budownictwa zrównoważonego: ekonomicznego, społecznego i ekologicznego (tab. 1).

Realizacja budynków magazynowych spełniających obowiązujące standardy termoizolacyjności, wykorzystujących odnawialne źródła energii i nowoczesne systemy sterowania oświetleniem, temperaturą i zużyciem wody to wymierne korzyści w zakresie kosztów ich eksploatacji. Istotne są również korzyści wizerunkowe. Obiekty charakteryzujące się rozwiązaniami służącymi ochronie szeroko rozumianego środowiska, w warunkach powszechnego wzrostu świadomości ekologicznej, zyskują bowiem na znaczeniu w zestawieniu z obiektami konkurencyjnymi, w których takie rozwiązania nie są stosowane.

Skala wykorzystania systemów wielokryterialnej oceny budynków zrównoważonych na rynku nieruchomości magazynowych w Polsce

Jednym z narzędzi służących realizacji założeń budownictwa o wysokich standardach ekologicznych są systemy jego certyfikacji. Dzięki wielokryterialnej ocenie magazynów, na różnych etapach cyklu ich życia, od koncepcji projektowej do wycofania z eksploatacji, istnieje możliwość wyboru najlepszych z perspektywy rozwoju zrównoważonego rozwiązań. Na świecie znane są różne systemy ewaluacji budynków prowadzącej do przyznania im statusu *green building*. Najbardziej rozpoznawalną organizacją, oceniającą pod tym względem budynki w USA jest U.S. Green Building Council, przyznająca certyfikaty Leadership in Energy & Environmental Design (LEED). W Europie bardziej popularne są certyfikaty BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), opierające się na mniej restrykcyjnych normach europejskich, bardziej znanych działającym na kontynencie deweloperom (tab. 2). Międzynarodowe systemy certyfikacji, choć stosunkowo kosztowne, są coraz częściej wykorzystywane przez inwestorów działających w Polsce, przy czym częściej sięgają po nie bardziej świadomi inwestorzy zagraniczni [Fidor 2017]. Uzyskanie certyfikatu stanowi potwierdzenie, że budynek jest ekologiczny, co jest warunkowane jego zaprojektowaniem i budową zgodnie z zasadami budownictwa zrównoważonego.

Tabela 2. Charakterystyka wybranych systemów certyfikacji wielokryterialnej wykorzystywanych w Polsce do oceny budynków magazynowych

Table 2. Characteristics of selected multi-criteria certification systems used in Poland to assess warehouse buildings

Wyszczególnienie	BREEAM	LEED	DGNB
Kryteria	<ul style="list-style-type: none"> – zarządzanie obiektem – zdrowie i dobre samopoczucie – energia – transport – woda – materiały – odpady – użytkowanie ziemi i ekologia – zanieczyszczenie – innowacje 	<ul style="list-style-type: none"> – zrównoważona lokalizacja inwestycji – efektywność gospodarki wodnej – wykorzystanie energii i atmosfery – wykorzystanie materiałów i zasobów – jakość środowiska wewnętrznego 	<ul style="list-style-type: none"> – ekologia – ekonomia – czynnik społeczno-kulturowy – technologia i procesy – lokalizacja
Przeznaczenie certyfikatu	<ul style="list-style-type: none"> – nowy budynek – rozbudowa budynku – istniejący budynek – renowacja budynku – elewacja i wnętrze budynku 	<ul style="list-style-type: none"> – nowy budynek – rozbudowa budynku – istniejący budynek – renowacja budynku – elewacja i wnętrze budynku 	<ul style="list-style-type: none"> – nowy budynek – istniejący budynek – renowacja
Poziomy punktacji	<ul style="list-style-type: none"> – niesklasyfikowany – zadowalający – dobry – barzo dobry – doskonały – wybitny 	<ul style="list-style-type: none"> – certyfikowany – srebro – złoto – platyna 	<ul style="list-style-type: none"> – brąz – srebro – złoto

Źródło: opracowanie na podstawie [Lewandowska i in. 2019].

Source: own elaboration based on [Lewandowska i in. 2019].

Szczegółowe informacje na temat systemów certyfikacji oraz liczby certyfikowanych w nich budynków znaleźć można na stronach internetowych poszczególnych jednostek certyfikujących. W Polsce coroczne raporty umożliwiające analizę skali i kierunków certyfikacji budownictwa zrównoważonego publikuje Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego (PLGBC). Z zawartych w nich danych wynika, że brytyjski BREEAM oraz amerykański LEED to systemy, które w naszych warunkach są najczęściej stosowane. Znacznie mniejszą popularnością cieszą się niemiecki DGNB czy francuski HQE, dostosowany szczególnie do projektów mieszkaniowych (tab. 3).

Tabela 3. Certyfikowane budynki w Polsce z podziałem według kryterium pełnionych funkcji (stan w marcu 2023 roku)

Table 3. Certified buildings in Poland divided according to the function performed (as of March 2023)

Rodzaje certyfikatów	Rodzaje budynków						Razem
	biurowe	logistyczne i przemysłowe	handlowe	mieszkaniowe	hotele	edukacyjne	
BREEAM	501	497	191	133	11	3	1 336
LEED	166	31	7	6	14	2	226
DGNB	–	13	2	–	–	–	15
WEEL	15	–	–	–	–	–	15
HQE	–	–	–	5	–	–	5
GBS	11	–	–	–	–	2	13
ZIELONY DOM	–	–	–	27	–	–	27
Razem	693	541	200	171	25	7	1 637

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Franke i Kuczera 2023].

Source: own elaboration based on [Franke i Kuczera 2023].

Według stanu w marcu 2023 roku łączna powierzchnia użytkowa certyfikowanych budynków kształtowała się już na poziomie 36,4 mln m², przy liczbie blisko 1637 obiektów, w czym największy udział miały budynki biurowe (42%), od których rozpoczął się proces certyfikacji wielokryterialnej w Polsce. Następne w kolejności były budynki z branży logistycznej i przemysłowej (33%), handlowe (12%), mieszkaniowe (10%) oraz hotelowe i edukacyjne (2%). Wśród wymienionych grup budynków największy wzrost certyfikacji w ujęciu rocznym zanotowała analizowana branża logistyczno-przemysłowa. W porównaniu z analogicznym okresem w 2022 roku przybyły 143 obiekty z tego segmentu, z czego 92% certyfikowano w systemie BREEAM [PSBE 2023]. Wyniki prowadzonych badań wskazują na duży stopień świadomości najemców w zakresie proekologicznych rozwiązań w magazynach. Według raportu „Industrial Goes Green”, ponad 80% respondentów wykazywało związane z tym zainteresowanie, a 60% chciałoby, aby obiekt miał zielony certyfikat. Zdecydowana większość najemców (78%), reprezentująca głównie branżę produkcji, wyraziła zainteresowanie systemem BREEAM. Zainteresowanie systemami wielokryterialnej certyfikacji budynków w głównej mierze motywowane było wytycznymi korporacyjnymi, dotyczącymi rozwiązań ekologicznych [Cushman & Wakefield 2020].

W 2022 roku rynek nowoczesnej powierzchni magazynowej w Polsce pozostawał w fazie dynamicznego rozwoju, a popyt i podaż z nią związane utrzymywały się na wysokim poziomie. Magazyny są na ogół lokalizowane na obrzeżach miast, gdzie grunty są tańsze niż w ich centrach. Rozwijają się również segment magazynów zlokalizowanych w obszarach miejskich i podmiejskich, co ma na celu skrócenie czasu dostaw towarów do klienta [Łaszek 2023]. Popyt na powierzchnię magazynową, czyli liczba potencjalnych nabywców i najemców szukających w różnych cenach powierzchni magazynowej [Kucharska-Stasiak 2016], podobnie jak wielkość zasobów oraz podaż, wykazuje tendencję wzrostową [Marcysiak 2020, Lekka-Porębska 2022, Budner 2023]. Można wyróżnić dwa jego rodzaje. Pierwszy to popyt netto, czyli nowy, zgłaszany przez podmioty zainteresowane w danym czasie zwiększeniem posiadanej lub wynajmowanej powierzchni. Z kolei drugi rodzaj popytu, czyli popyt brutto, to popyt netto powiększony o renegecje.

Sytuacja oraz zmiany zachodzące na rynku nieruchomości magazynowych poza popytem i podażą mogą być również analizowane na podstawie wskaźnika pustostanów, wyrażającego stosunek niewynajętej powierzchni do całkowitej powierzchni przeznaczonej do wynajmu [Belniak i in. 2013]. W 2022 roku kształtował się on na relatywnie niskim poziomie 4% [Łaszek 2023]. W literaturze wskazuje się najczęściej dwie przyczyny powstawania zjawiska pustostanów. Pierwszą są trudności w dopasowaniu popytu i podaży, a drugą ruchliwość najemców [Kucharska-Stasiak 2016]. Zmiany wskaźnika pustostanów mogą być miarą dynamiki rynku. Na jego podstawie można również oceniać działalność deweloperską, zarówno dotychczasową (magazyny istniejące), jak i przyszłą (magazyny w budowie i planowane).

Analiza zmian w zakresie liczby certyfikowanych budynków logistycznych i przemysłowych może służyć ocenie rozwoju budownictwa zrównoważonego w tym segmencie. W Polsce w okresie od marca 2017 roku do marca 2023 roku charakteryzowała się ona dynamicznymi wzrostami (tab. 4).

W efekcie liczba certyfikowanych budynków logistycznych i przemysłowych osiągnęła poziom 541 (tab. 4), a ich łączna powierzchnia użytkowa przekroczyła 15,7 mln m² (tab. 5). To między innymi dzięki tym zmianom utrzymujemy pozycję lidera w zakresie

Tabela 4. Zmiany liczby certyfikowanych budynków logistycznych i przemysłowych w Polsce w latach 2017–2023 (stan w marcu każdego roku)

Table 4. Changes in the number of certified logistics and industrial buildings in Poland in 2017–2023 (as in March each year)

Rok	Certyfikowane budynki ogółem	Dynamika	
		indeks jednopodstawowy	indeks łańcuchowy
2017	39	–	–
2018	58	148,7	148,7
2019	86	220,5	148,3
2020	141	361,5	164,0
2021	227	582,1	161,0
2022	398	1020,5	175,3
2023	541	1387,2	135,9

Źródło: opracowanie własne na podstawie [PSBE 2017–2023].

Source: own elaboration based on [PSBE 2017–2023].

certyfikowanej powierzchni wśród krajów Europy środkowo-wschodniej, wyprzedzając Czechy, Rumunię i Węgry [PSBE 2023]. Dynamiczny wzrost liczby przyznawanych certyfikatów skutkuje wzrostem udziału powierzchni certyfikowanych budynków logistycznych i przemysłowych w ogólnej powierzchni budynków w tym segmencie.

Ze względu na strategiczne położenie geograficzne i dynamiczny rozwój infrastruktury transportowej, Polska jest jedną z najatrakcyjniejszych lokalizacji logistycznych. Nawet przy znacznym wzroście w ostatnich latach kosztów pracy czy wynajmu nowoczesnej powierzchni magazynowej, ich poziom jest nadal konkurencyjny na tle głównych rynków europejskich. Istotne są przy tym zarówno struktura wiekowa, jak i standard oferowanej na rynku powierzchni, biorąc pod uwagę fakt, że zdecydowana większość istniejących obecnie zasobów to projekty zrealizowane po 2010 roku, spełniające wysokie standardy techniczne. Jak wynika z danych Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego, według stanu w marcu 2023 roku, obiekty logistyczne i przemysłowe po raz pierwszy miały największy udział certyfikowanych powierzchni (44,5%).

Tabela 5. Zmiany powierzchni budynków logistycznych i przemysłowych w Polsce z podziałem na certyfikowaną i niecertyfikowaną w latach 2021–2023 (stan w marcu każdego roku)

Table 5. Changes in the area of logistics and industrial buildings in Poland, divided into certified and non-certified in 2021–2023 (as in March each year)

Rok	Powierzchnia ogółem (m ²)	w tym			
		certyfikowana		niecertyfikowana	
		(m ²)	(%)	(m ²)	(%)
2021	20 782 404	5 875 000	28	14 907 404	72
2022	24 157 679	9 895 700	41	14 261 979	59
2023	28 306 000	15 701 700	55	12 604 300	45

Źródło: opracowanie własne na podstawie [PSBE 2021–2023].

Source: own elaboration based on [PSBE 2021–2023].

Wyniki analizy zmian w zakresie liczby oraz powierzchni certyfikowanych budynków logistycznych i przemysłowych dają podstawę do stwierdzenia, że proces certyfikacji wielokryterialnej w tym segmencie wykazuje ciągłą tendencję wzrostową, stając się już w Polsce standardem rynkowym. Jest to między innymi efektem wzrostu zainteresowania inwestorów zielonymi certyfikatami [Mardeusz 2021], co wpisuje się w realizację idei rozwoju zrównoważonego. Na rynku nieruchomości wiąże się to z wprowadzaniem różnego rodzaju innowacji ukierunkowanych głównie na ekologię i energooszczędność [Sitek 2016].

Efektywność energetyczna budynków magazynowych jako jeden z wyznaczników budownictwa zrównoważonego w tym segmencie

Wymienione wyżej systemy certyfikacji wielokryterialnej budynków, przy różnych kryteriach branych pod uwagę w procesie przyznawania im końcowej oceny, mają do spełnienia jeden wspólny cel – zmienić sposób ich projektowania, budowy oraz użytkowania tak, aby w stopniu maksymalnym równoważone były czynniki ekonomiczne, społeczne i środowiskowe. Uzyskanie zielonego certyfikatu stanowi potwierdzenie,

że budynek jest przyjazny środowisku, bezpieczny dla zdrowia jego użytkowników oraz efektywny energetycznie.

Przez efektywność energetyczną rozumieć należy stopień przystosowania budynków do zapewnienia komfortu ich użytkowania zgodnie z przeznaczeniem, przy jednoczesnym możliwie najniższym zużyciu energii. Jej ocena uwzględnia właściwości budynków mające wpływ na poziom tego zużycia i obejmuje m.in. ocenę izolacyjności cieplnej przegród budowlanych oraz sprawności stosowanych w nich instalacji i urządzeń. Dokonuje się tego w postaci świadectwa charakterystyki energetycznej, rozumianej jako zbiór danych i wskaźników energetycznych budynków lub części budynków, określających całkowite zapotrzebowanie na energię niezbędną do ich użytkowania zgodnie z przeznaczeniem [Efektywność energetyczna...].

Dążenie do poprawy efektywności energetycznej budynków jest jedną z dróg osiągnięcia niezależności energetycznej krajów Unii Europejskiej oraz podnoszenia jakości życia jej mieszkańców w związku z ograniczaniem emisji gazów cieplarnianych. Kluczowe cele w tym zakresie formułują dyrektywy unijne, implementowane następnie do prawodawstwa krajowego, co skutkuje wprowadzaniem zmian we właściwych ustawach i przepisach wykonawczych. Jako przykład może tu posłużyć dyrektywa EPBD, czyli tzw. dyrektywa budynkowa. Realizując jej postanowienia, Ministerstwo Rozwoju i Technologii w 2023 roku skierowało do konsultacji projekt rozporządzenia w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku oraz wzoru świadectw charakterystyki energetycznej. W załącznikach do projektu określono graniczne wartości wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP) i wskaźnika zapotrzebowania na energię dostarczoną netto (ED). Ich poziomy dla poszczególnej klasy energetycznych w odniesieniu do budynków magazynowych przedstawiono w tabelach 6 i 7.

Tabela 6. Wartości graniczne EP klas energetycznych – budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny

Table 6. EP limit values of energy classes – farm, warehouse and production buildings

Klasa energetyczna	Graniczne wartości wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP w kWh/(m ² ·rok)
A+	EP ≤ 0
A	0 < EP ≤ 86
B	86 < EP ≤ 145
C	145 < EP ≤ 181
D	181 < EP ≤ 218
E	218 < EP ≤ 254
F	254 < EP ≤ 290
G	290 < EP

Dodatkowo klasa A+ i A odpowiadają budynkom wytwarzającym zerową emisję dwutlenku węgla na miejscu z paliw kopalnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [MRiT 2023].

Source: own elaboration based on [MRiT 2023].

W opracowanym projekcie rozporządzenia zawarto nową, kompleksową metodologię wyznaczania charakterystyki energetycznej budynków, z czym związany jest podział na klasy energetyczne od A+ do G oraz obowiązek wskazywania łącznej,

Tabela 7. Wartości graniczne ED klas energetycznych – budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny

Table 7. EP limit values of energy classes – farm, warehouse and production buildings

Klasa energetyczna	Graniczne wartości wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną ED w kWh/(m ² ·rok)
A+	ED ≤ 0
A	0 < ED ≤ 66
B	66 < ED ≤ 93
C	93 < ED ≤ 116
D	116 < ED ≤ 139
E	139 < ED ≤ 162
F	162 < ED ≤ 185
G	185 < ED

Dodatkowo klasa A+ i A odpowiadają budynkom wytwarzającym zerową emisję dwutlenku węgla na miejscu z paliw kopalnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [MRiT 2023].

Source: own elaboration based on [MRiT 2023].

rocznej emisji dwutlenku węgla wynikającej z ich zapotrzebowania na energię. Klasy energetyczne mają zastąpić stosowane dotychczas rozwiązanie w postaci tzw. suwaka, będącego wizualną prezentacją charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku. Projekt przewiduje również wprowadzenie nowego wzoru świadectwa charakterystyki energetycznej budynku. Zgodnie z pierwotnym założeniem, proponowane zmiany miały wejść w życie w 2024 roku i dopóki to nie nastąpi, nie będzie znany ostateczny kształt systemu. Wprowadzenie nowych regulacji wiąże się ze zmianą sposobu wyznaczania charakterystyki energetycznej budynków, a jest to proces dość skomplikowany, w którym muszą być uwzględniane istniejące w Polsce rozwiązania architektoniczno-budowlane.

Polska jest ostatnim krajem w Unii Europejskiej, który nie wprowadził dotychczas klas energetycznych w oznaczeniu budynków. Główne zasady obowiązujące w tym zakresie w wybranych krajach członkowskich opisują Błaszczczyński i Ksist [2020]. Na przykład w Wielkiej Brytanii jakość energetyczna budynku jest oceniana przez przyporządkowanie mu jednej z klas energetycznych od A do G, przy czym jego klasyfikacja dotyczy takich kryteriów jak: zapotrzebowanie energii, efektywność energetyczna oceniana na podstawie kosztów nośników energii oraz wpływ na środowisko oceniany na podstawie emisji dwutlenku węgla. Obowiązek sporządzania świadectw energetycznych zgodnie z dyrektywą EPBD wprowadzono tam w latach 2007–2008, a obowiązek certyfikacji energetycznej dotyczy budynków nowych i istniejących.

Dotychczas coraz bardziej rygorystyczne wymagania w zakresie efektywności energetycznej budynków odnosiły się do obiektów nowobudowanych. Najnowsze prawo unijne będzie miało zastosowanie również do obiektów, które już istnieją. Nowelizacja przepisów ma na celu znaczne ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz zużycia energii przez budynki w Unii Europejskiej, co jest związane z koniecznością modernizacji wszystkich istniejących zabudowań, zarówno mieszkalnych, jak i niemieszkalnych. W założeniu wszystkie nowe budynki od 2028 roku mają być zeroemisyjne, przy

czym budynki publiczne warunek ten powinny spełniać już dwa lata wcześniej. Zgodnie z proponowaną ścieżką poprawy klas energetycznych, do 2030 roku budynki mieszkalne powinny osiągnąć klasę E, a do 2033 roku klasę D. Modernizacje budynków niemieszkalnych mają być przeprowadzane szybciej – odpowiednio do 2027 i 2030 roku.

Podsumowanie i wnioski

Ciągle zmiany dokonujące się w otoczeniu rynku nieruchomości wymuszają konieczność jego reakcji na nowe trendy, czego przykładem może być realizacja idei budownictwa zrównoważonego, odgrywającego coraz większą rolę również w Polsce. Sposobem na to, aby budownictwo w segmencie magazynowym rozwijało się w sposób ustandaryzowany, są wielokryterialne certyfikacje ekologiczne. Według danych z raportów Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego wyraźnym trendem w ostatnich latach jest systematyczny wzrost liczby obiektów logistycznych i przemysłowych, projektowanych i budowanych zgodnie z ich założeniami. Najpopularniejszymi formami ekologicznej certyfikacji budynków na polskim rynku magazynowym są systemy BREEAM i LEED (98% certyfikowanych budynków). W ciągu ostatniej dekady dynamicznie rosła liczba budynków z tego segmentu certyfikowanych w tych systemach. W efekcie udział certyfikowanej powierzchni w marcu 2023 roku kształtował się już na poziomie 55%, przy liczbie 541 certyfikowanych obiektów o łącznej powierzchni przekraczającej 15,7 mln m². Podobnie jak w przypadku nieruchomości biurowych, od których rozpoczął się w Polsce proces certyfikacji, wielokryterialna ocena budynków logistycznych i przemysłowych staje się już standardem rynkowym. Zarówno ich właściciele, jak i najemcy coraz częściej dostrzegają pozytywne efekty związane z uzyskaniem zielonych certyfikatów, upatrując w tym fakcie między innymi możliwości dodatkowej promocji oraz tworzenia przewag konkurencyjnych na rynku.

Magazyny zrównoważone, nazywane również ekologicznymi lub zielonymi, to obiekty projektowane, budowane i zarządzane z myślą o środowisku naturalnym, charakteryzujące się dbałością o pracowników i warunki ich pracy oraz efektywnością energetyczną. Dążenie do jej poprawy jest między innymi jedną z dróg ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Coraz bardziej rygorystyczne wymagania w tym zakresie, wynikające z regulacji unijnych i krajowych, wymuszają konieczność wprowadzania zmian również na rynku nieruchomości magazynowych w Polsce. Dynamika tych zmian może być jednym z wyznaczników realizacji założeń budownictwa zrównoważonego w tym segmencie, wpisujących się w realizację globalnej idei rozwoju zrównoważonego.

Bibliografia

- Bąk I., Cheba K., 2020: *Zielona gospodarka jako narzędzie zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa.
- Belniak S., Głuszak M., Zięba M., 2013: *Budownictwo ekologiczne. Aspekty ekonomiczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- Błaszczczyński T.Z, Ksit B., 2020: Certyfikacja energetyczna w wybranych krajach Unii Europejskiej. Część I, *Builder* 3(272), 41-45, <https://www.doi.org/10.5604/01.3001.0013.8592>
- Bryx M., 2006: Rynek nieruchomości – system i funkcjonowanie, Wydawnictwo Poltext, Warszawa.
- Budner W., 2023: The phenomenon of the Polish warehouse real estate market – sources of success and prospects for development, *REMV* 31(4), 65–72, <https://doi.org/10.2478/remav-2023-0031>
- Cushman & Wakefield, 2020: Industrial goes green. Zielone rozwiązania w polskich magazynach [RAPORT], [źródło elektroniczne] <https://industrial.pl/aktualnosci/raporty/421-industrial-goes-green-zielone-rozwiazania-w-polskich-magazynach-raport> [dostęp: 26.09.2024].
- Efektywność energetyczna budynków, Ministerstwo Rozwoju i Technologii, [źródło elektroniczne] <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/efektywnosci-energetycznej-budynkow> [dostęp: 14.10.2024].
- Fidor J., 2017: Ekologiczne osiedla w Polsce – tendencje i perspektywy, *Architecturae et Artibus* 3, 39–47.
- Fierląg Sz. (red.), 2018: Zrównoważone budynki biurowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Franke D., Kuczera A., 2023: Zrównoważone certyfikowane budynki. Raport 2023, Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego, [źródło elektroniczne] <https://plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2023/04/Zrownowazone-certyfikowane-budynki-2023.pdf> [dostęp: 14.10.2024].
- Kałkowski L. (red.), 2003: Rynek nieruchomości w Polsce, Wydawnictwo Twigger, Warszawa.
- Kucharska-Stasiak E., 2006: Nieruchomość w gospodarce rynkowej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kucharska-Stasiak E., 2016: Ekonomiczny wymiar nieruchomości, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kucharska-Stasiak E., Sopiński M., Wiśniewska E., Wójtowicz-Korycka J., Załączna M., 2000: Uwarunkowania rozwoju rynku nieruchomości, Wydawnictwo ABSOLWENT, Łódź.
- Lekka-Porebska I. 2022: Perspektywy rozwoju zielonych powierzchni magazynowych w Polsce, *Economics and Organization of Logistics* 7(4), 56–67, <https://www.doi.org/10.22630/EIOL.2022.7.4.28>
- Lewandowska A., Rogatka K., Wylon M., 2019: Wybrane aspekty zielonego budownictwa w Polsce w kontekście systemów certyfikacji budynków ekologicznych, *Studia Ecologiae et Bioethicae* 17,(3), 35–44, <http://doi.org/10.21697/seb.2019.17.3.04>
- Łaszek J. (red.), 2023: Raport o sytuacji na rynkach nieruchomości mieszkaniowych i komercyjnych w Polsce w 2022 roku, NBP, [źródło elektroniczne] <https://nbp.pl/wp-content/uploads/2023/09/Raport-o-sytuacji-na-rynku-nieruchomosci-mieszkaniowych-i-komercyjnych-w-Polsce-w-2022-r.pdf> [dostęp: 26.09.2024].
- Makuch K., 2020: Wpływ zasady zrównoważonego rozwoju na proces rewitalizacji w ustawie z dnia 9 października 2015r. o rewitalizacji, *Nieruchomości@*, *Kwartalnik Ministerstwa Sprawiedliwości* 3/20(6), 83–93.
- Malinowska M., 2018: Analiza czynników oceny poziomu zrównoważonego magazynu, *Problemy Transportu i Logistyki* 3(43), 103–109, <https://www.doi.org/10.18276/ptl.2018.43-10>
- Marcysiak A., 2020: The scope of diversification of the warehouse space market in a regional configuration, *Entrepreneurship and Sustainability Issues* 8(1), 10–23, [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.8,1\(1\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.8,1(1))

- Mardeusz E., 2021: Ekologiczne rozwiązania w magazynach, *Journal of TransLogistics* 7(1), 9–18.
- MRiT, 2023: Prekonsultacje zmian regulacji w zakresie wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz wzorów świadectw charakterystyki energetycznej, [źródło elektroniczne] <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologiea/Prekonsultacje-zmian-regulacji-w-zakresie-wyznaczania-charakterystyki-energetycznej-budynku-lub-czesci-budynku-oraz-wzorow-swiadectw-charakterystyki-energetycznej> [dostęp: 26.09.2024].
- Płachciak A., 2011: Geneza idei rozwoju zrównoważonego, *Ekonomia* 5(17), 231–248.
- Poznańska K., Janiszewski J.M., 2024: Zrównoważony rozwój a ekoinnowacyjność przedsiębiorstw w Polsce, *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów* 197, 27–37.
- PSBE, 2017: Certyfikacja zielonych budynków w liczbach. Raport 2017, [źródło elektroniczne] <https://plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2020/04/Certyfikacja-zielonych-budynkow-2017.pdf> [dostęp: 04.08.2024].
- PSBE, 2018: Certyfikacja zielonych budynków w liczbach. Raport 2018, [źródło elektroniczne] <https://plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2020/05/Certyfikacja-zielonych-budynkow-2018.pdf> [dostęp: 04.08.2024].
- PSBE, 2019: Certyfikacja zielonych budynków w liczbach. Raport 2019, [źródło elektroniczne] <https://plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2020/05/Certyfikacja-zielonych-budynkow-2019.pdf> [dostęp: 04.08.2024].
- PSBE, 2020: Certyfikacja zielonych budynków w liczbach. Raport 2020, [źródło elektroniczne] <https://plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2020/04/Certyfikacja-zielonych-budynkow-2020.pdf> [dostęp: 04.08.2024].
- PSBE, 2020: Certyfikacja zielonych budynków w liczbach. Raport 2021, [źródło elektroniczne] <https://plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2021/04/Certyfikacja-zielonych-budynkow-2021.pdf> [dostęp: 04.08.2024].
- PSBE, 2022: Zrównoważone certyfikowane budynki. Raport 2022, [źródło elektroniczne] <https://plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2022/04/Zrownowazone-certyfikowane-budynki-2022.pdf> [dostęp: 04.08.2024].
- PSBE, 2023: Zrównoważone certyfikowane budynki. Raport 2023, [źródło elektroniczne] <https://plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2023/04/Zrownowazone-certyfikowane-budynki-2023.pdf> [dostęp: 04.08.2024].
- Siemińska E., 2023: Strategia ESG w budownictwie na wybranych przykładach, [w:] A. Szelańska (red.), *Idealizm a pragmatyzm współczesnego miasta*, SGH Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 159–179.
- Sitek M., 2016: Zrównoważone budownictwo jako przejaw innowacyjności w sektorze nieruchomości, *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie* 17(2), 349–358, <https://www.doi.org/10.5604/18998658.1210137>
- Zapotoczna M., Szturo M., 2015: Green Building – wyzwanie dla rynku nieruchomości mieszkaniowych (przypadek Olsztyna), *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania* 42(2), 233–243.

Martyna Mikołajczak, Konrad Staniszewski✉,
Karolina Werner-Lewandowska
Politechnika Poznańska

Zastosowanie sztucznej inteligencji w procesach logistycznych i obsłudze klienta – studium przypadku

Application of Artificial Intelligence in Logistics Processes and Customer Service – A Case Study

Synopsis. Sztuczna inteligencja (SI, ang. *artificial intelligence* – AI) dokonuje rewolucji na całym świecie. Rozpowszechniający się trend AI wkracza już do życia codziennego za pomocą np. *chatbotów*. Wykorzystanie możliwości sztucznej inteligencji umożliwi zrewolucjonizowanie współczesnych przedsiębiorstw. W badaniach zastosowano metodę *case study*, która polega ona na analizowaniu wybranych zdarzeń, zjawisk lub podmiotów gospodarczych. Celem artykułu było rozpoznanie możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji w przedsiębiorstwie Kamieniarsko Zbanyszek. W ramach badań przeprowadzono wywiad z właścicielką przedsiębiorstwa, który udzielił odpowiedzi na pytania związane z wykorzystaniem SI w procesach logistycznych analizowanego podmiotu. Z analiz wynika, że w badanym podmiocie problematyczny jest obszar obsługi klienta związany z udzieleniem informacji dotyczącej szczegółów zamówienia, a następnie po usłudze kamieniarskiej opiniowanie zrealizowanych działań. Zaproponowano dwa rozwiązania takie jak: stworzenie programu wykorzystującego AI, uczenie maszynowe do tworzenia analiz popytu oraz *chatbot* wsparty sztuczną inteligencją usprawniający proces zamieszczania opinii klientów.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, innowacje, obsługa klienta, branża kamieniarska

Abstract. Artificial Intelligence is revolutionizing the world. The spreading trend of AI is already entering everyday life, for example, through the use of chatbots. Utilizing the capabilities of artificial intelligence will transform modern enterprises.

Martyna Mikołajczak – Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania, Instytut Logistyki, Koło Naukowe „Logistyka”; e-mail: martyna.mikolajczak@student.put.poznan.pl

✉ **Konrad Staniszewski** – Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania, Instytut Logistyki, Koło Naukowe „Logistyka”; e-mail: konrad.staniszewski@student.put.poznan.pl

Karolina Werner-Lewandowska – Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania, Instytut Logistyki, Koło Naukowe „Logistyka”; e-mail: karolina.werner@put.poznan.pl

The case study method was employed in the research, which involves analyzing selected events, phenomena, or business entities. The aim of the article was to identify the possibilities of using artificial intelligence in the company Kamieniarstwo Zbanyszek. As part of the research, an interview was conducted with the company's owner. The study was carried out in the form of an interview, providing answers to questions related to the use of AI in the logistics processes of the analyzed entity. The analyses show that in the studied entity, the area of customer service is related to providing information on the details of the order, and subsequently, after the stonemasonry service, providing feedback on the completed activities is problematic. Two solutions were proposed: creating a program using AI and machine learning to generate demand analyses, and a chatbot supported by artificial intelligence to improve the process of collecting customer feedback.

Key words: artificial intelligence, innovation, customer service, stone industry

Kody JEL: O300, M150

Wprowadzenie

W otaczającej społeczeństwo rzeczywistości coraz częściej spotyka się rozwiązania z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Wspomagają one zarówno procesy społeczne, jak i biznesowe. Powszechność stosowania AI skłania wiele przedsiębiorstw do zwrócenia uwagi na jej możliwości i zastosowania w różnych obszarach. Zauważalne polepszenie wskaźników wydajności procesów przekonuje do wdrażania rozwiązań sztucznej inteligencji.

Pod wpływem mody coraz więcej przedsiębiorców wprowadza systemy AI, korzystając z założeń i danych analogicznych projektów, co często doprowadza do niepowodzenia implementacji. Związane jest to z faktem, że technologia sztucznej inteligencji jest elastycznym narzędziem optymalizacji, które powinno zostać dostosowane do danego systemu przedsiębiorstwa. Pomimo zagrożeń związanych z niepowodzeniem wprowadzenia rozwiązania jest ono cennym elementem kultury organizacyjnej. Jej zastosowanie pozwala na wspomaganie pracowników i zwiększanie ich wydajności.

Rozwój sztucznej inteligencji dociera również powoli do branży pogrzebowej. Na świecie odbyły się już pierwsze pogrzeby, na których zmarły w formie cyfrowego hologramu brał udział w uroczystościach pogrzebowych. Dla przykładu rodzina z Anglii mogła porozmawiać ze swoją zmarłą babcią, która wzięła udział w pogrzebie jako cyfrowy hologram, który wygłosił krótkie przemówienie, a także porozmawiał z żałobnikami, opowiadając anegdoty z życia kobiety, których nie znali nawet niektórzy krewni [MR 2023]. Aby stworzyć taką usługę pogrzebową, należało przed śmiercią nagrać odpowiednio dużo materiałów wideo, w których osoba zmarła opowiada o swoim życiu. Następnie sztuczna inteligencja dobiera odpowiednie fragmenty nagrań, by stworzyć wrażenie konwersacji z rozmówcą. Im więcej materiału nagraniem ma komputer, tym bardziej realistyczna będzie konwersacja [Ostrowski b.d]

Trend takich wirtualnych pożegnań jest od jakiegoś czasu wspierany i coraz bardziej rozwijany przez firmy technologiczne. Wielu przedsiębiorców jest jednak sceptycznie nastawiona do tego rozwoju i podkreśla, iż powinny istnieć zasady regulujące takie sytu-

acje. Branża pogrzebowa ma niewielkie lub wręcz żadne doświadczenie w stosowaniu sztucznej inteligencji. To jednak powoli się zmienia, a Europa stawia pierwsze kroki w zakresie ustawodawstwa dotyczącego AI [MR 2023].

W opracowaniu uwzględniono zagadnienie wykorzystania AI w przedsiębiorstwie zajmującym się usługami kamieniarskimi. Ta branża jest rzadko analizowana w badaniach naukowych, a zwłaszcza w kontekście wykorzystania sztucznej inteligencji. W literaturze brakuje badań z tego zakresu, dlatego opracowanie ma charakter wstępnych analiz. Wskazany problem zastosowania AI zbadano na podstawie wywiadu z właścicielką firmy Kamieniarstwo Zbanyszek. Celem artykułu było rozpoznanie możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji w badanym przedsiębiorstwie. W opracowaniu sformułowano następujące pytania badawcze:

1. Jakie są możliwe obszary zastosowania sztucznej inteligencji w przedsiębiorstwach kamieniarskich?
2. Co ogranicza wykorzystanie sztucznej inteligencji w branży kamieniarskiej?
3. Jakie korzyści stwarza zastosowanie sztucznej inteligencji w przedsiębiorstwach zajmujących się stawianiem nagrobków?

Materiały i metody

W badaniach zastosowano metodę *case study*. Polega ona na analizowaniu wybranych zdarzeń, zjawisk lub podmiotów gospodarczych. Kompleksowa i wieloaspektowa analiza określonego przypadku pozwala na rozumienie zjawisk czy procesów zachodzących w danym przedsiębiorstwie, kształtowaniu doświadczenia i w efekcie do wypracowania zdolności do realnych działań w podobnych okolicznościach. W pozyskaniu informacji na temat możliwości zastosowania sztucznej inteligencji w badanym podmiocie wykorzystano wywiad definiowany w formie rozmowy kierowanej, w której uczestniczą co najmniej dwie osoby – ankieter oraz respondent. Nie ogranicza się on jedynie do zwykłej konwersacji, ale stanowi formę dialogu, w którym badający uzyskuje od respondentów informacje pomocne w osiągnięciu celów badawczych. W naukach społecznych wywiad traktowany jest jako proces, podczas którego osoba przeprowadzająca rozmowę stara się wpływać na respondentów za pomocą zadawanych pytań, co prowadzi do rozwiązania postawionego problemu badawczego [Żelazo 2013].

W analizach wykorzystano wyniki badań na temat „Jak polskie firmy wdrażają AI” zrealizowanych na zlecenie EY Polska przez Cube Research w okresie sierpień–wrzesień 2023 roku na próbie 501 dużych i średnich przedsiębiorstw działających w branżach: produkcyjnej, usługowej i handlowej.

Celem badania było rozpoznanie obszarów, gdzie możliwe jest wykorzystanie sztucznej inteligencji w ramach obsługi klienta oraz analizy popytu na usługi w przedsiębiorstwie Kamieniarstwo Zbanyszek. W trakcie rozmowy z właścicielką badanego podmiotu zostały zadane następujące pytania:

1. Czym zajmuje się Pani firma i w jakiej branży działa?
2. Czy ma Pani trudności z tworzeniem analizy popytu?
3. Czy wie Pani, w jaki sposób można wykorzystać sztuczną inteligencję, aby usprawnić tę analizę?

4. Czy chciałaby Pani wykorzystać w swojej firmie sztuczną inteligencję w celu podniesienia poziomu obsługi klienta?

Zdobyte w trakcie wywiadu informacje wsparto danymi statystycznymi firmy za 2023 rok, które pozwoliły na określenie narzędzi SI możliwych do zastosowania w zakresie analizy popytu.

Przegląd literatury

Definicja pojęcia AI oraz jej wpływ na rozwój gospodarczy

Sztuczna inteligencja jest pojęciem stworzonym przez McCarthy'ego. Obecnie AI definiowane jest w różny sposób [Żulicki 2022]. Najczęściej wskazuje się, że są to systemy komputerowe, które odznaczają się racjonalnym sposobem myślenia i działania [Russel i Norvig 2009]. Goodfellow, Bengio i Courville [2016] definiują technologie AI jako narzędzie automatyzacji powtarzalnych różnorodnych typów pracy, identyfikacji mowy i obrazów, wspieraniu diagnoz medycznych, czy działań naukowych. Taka określenie wskazuje na obszary możliwego wykorzystania AI. Wraz z upływem czasu znaczenie tego pojęcia ewaluje. Początkowo wskazywano, że są to rozwiązania technologiczne pozwalające na eliminację prostych problemów dla komputera. Obecnie systemy AI dostosowane są do wyzwań prostych dla ludzkiego umysłu, ale trudno je opisać formalnie [Goodfellow i in. 2016]. Zdaniem Ng sztuczna inteligencja dokona rewolucji w świecie biznesu porównywalnej do tej, jaką spowodowała elektryfikacja ponad 100 lat temu [Ng 2017].

Pojawienie się innowacji technologicznych wpływa na rozwój społeczeństwa i gospodarki. Pierwsza rewolucja przemysłowa w latach 1760–1840 związana z powstaniem maszyny parowej doprowadziła do gwałtownego rozwoju gospodarczego świata. W drugiej połowie XIX wieku oraz pierwszej połowie XX wieku (lata 1870–1940) wynalezienie telegrafu, a następnie telefonu, rozwój transportu szynowego, odkrycie oraz wykorzystanie zjawisk elektrycznych spowodowało kolejny przełom w rozwoju przemysłu dla całego społeczeństwa. Lata 1940–1970 to dalszy rozwój związany z II wojną światową za sprawą, której udoskonalono technologie rozszczepienia atomu, dokonano rozwoju radia oraz ewolucji lotnictwa. Wymienione osiągnięcia miały rewolucyjny charakter dla przemysłu oraz gospodarki, oddziałując na społeczeństwo. W 1985 roku rozpoczęła się zmiana, której efekty dzisiaj stały się globalnym standardem. Bez Internetu, cyfrowych mediów czy urządzeń cyfrowych nie powstałaby obecna koncepcja Przemysłu 4.0. Poszczególne wydarzenia związane z wynalazkami oraz odkryciami technologicznymi były bezprecedensowe, podobnie, jak obecna „moda na AI”. Zauważalne są zmiany w wielu obszarach współczesnego przemysłu na skutek implementacji systemów i innowacji AI. Prowadzi to do rozwoju trendu wykorzystania SI w procesach logistycznych wspomagających gospodarkę i przemysł.

Według Maternowskiej [2019, s. 60] „po ostatniej rewolucji przemysłowej przyszła kolejna – umożliwiająca łączenie urządzeń w ramach cyfrowych ekosystemów oraz pogłębianie integracji między partnerami wewnątrz poziomych i pionowych łańcuchów wartości”. Zmiany drugiej dekady XXI wieku sprawiają wrażenie głębszych. Dotykają

one bowiem aspektów etycznych oraz społecznych, gdyż ingerują w obszary życia prywatnego człowieka. Sprawia to, że jest ona kluczowa w kontekście społeczno-gospodarczego rozwoju. Rewolucja AI sięga do sfer takich, jak praca, zdrowie, relacje międzyludzkie i inne ważne obszary życia i najczęściej jest analizowana w Przemysle 4.0. Do tych zagadnień nawiązują badania przeprowadzone w grupie obejmującej przedsiębiorców, technologów oraz menadżerów przez pracowników Massachusetts Institute of Technology (MIT). W ich wyniku powstało siedem klas technologicznych stanowiących czynniki pobudzające gospodarkę:

- globalne przetwarzanie (ang. *pervasive computing*),
- sieci bezprzewodowe (ang. *wireless networks*),
- druk 3D (ang. *3D printing*),
- sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe (ang. *artificial intelligence, machine learning*),
- robotyka (ang. *robotics*),
- biotechnologia (ang. *biotechnology*),
- nanotechnologia (ang. *nanotechnology*).

Wymienione rozwiązania mają pośredni lub bezpośredni związek z digitalizacją procesów transformacji cyfrowej [Segars 2018].

Z raportu Segars [2018] wynika różnorodny wpływ poszczególnych technologii na takie obszary jak: handel, ochrona zdrowia, nauka, ekosystemy i ich ochrona. Zauważalny jest również efekt synergii poprzez wzrost siły oddziaływania połączenia kilku rozwiązań technologicznych. Analizując wymienione narzędzia, można wskazać trzy charakterystyczne właściwości, odróżniające je od rozwiązań poprzednich rewolucji przemysłowych. Należą do nich [Maternowska, 2019]:

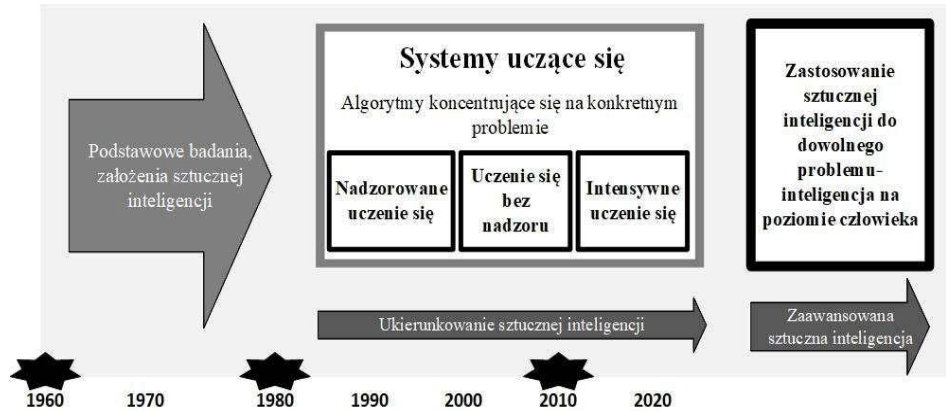
1. **Inteligencja, czyli umiejętności rozumienia i przewidywania zdarzeń na podstawie wzorców oraz podejmowania decyzji w odniesieniu do przewidywań.**
2. **Naturalny interfejs, czyli włączenie głosu, gestów i innych biomechanicznych wskazań w systemy sterowania i wykonania zadań cyfrowych.**
3. **Przetwarzanie globalne – jest to zdolność do wcześniejszego egzystowania w innych urządzeniach, maszynach, systemach itp. Te elementy stanowią przesłankę do przewidywania, że podstawą przyszłego biznesu będzie inteligentna sieć cyfrowa (ang. *intelligence digital mesh*).**

Inteligentne sieci cyfrowe jako implementacja sztucznej inteligencji

Pojęcie *intelligence digital mesh* (inteligentne sieci cyfrowe) oznacza stworzenie oprogramowania, potrafiącego uczyć się na podstawie danych historycznych i wcześniejszych wzorców, a następnie odpowiednio reagować [McIlwraith i in. 2017]. Ich działanie obejmuje kilka etapów (rys. 1).

Pierwszy etap rozwoju AI wiąże się z tzw. agentami, czyli oprogramowaniami oraz maszynami, wyposażonymi w zestawy opcji wzorców do wyboru i mających realizować założone cele. Następnie pojawia się pojęcie uczenia maszynowego. Jest ono związane z procesem samonauczania AI poprzez analizę danych historycznych oraz nowych danych. Za pomocą *machine learning system* jest w stanie zajmować się takimi prob-

lemami, jak identyfikacja klasy (klasyfikowanie) oraz regresja (prognozowanie jednego wyniku na podstawie innego). Ostatnim stadium rozwoju są inteligentne aplikacje. Stanowią one „pomost” między człowiekiem a systemami [Maternowska 2019]. Są koncepcją usprawniającą ideę wspomaganie pracownika poprzez AI.



Rysunek 1. Ewolucja sztucznej inteligencji
Figure 1. Evolution of Artificial Intelligence

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Maternowska 2019].
Source: own study based on [Maternowska 2019].

Obszary zastosowania AI w logistyce

Sztuczna inteligencja opiera się na danych historycznych oraz algorytmach uczenia maszynowego zrealizowanych procesów. Większa liczba ukończonych procesów zwiększa skuteczność analiz i prognoz modelu, np. jeśli AI zostałaby poproszona o wynik wydarzenia np. meczu, po wprowadzeniu danych, zwróciłaby wynik nieprawidłowy lub odmówiłaby odpowiedzi, gdyż sztuczna inteligencja dokonuje analizy na podstawie wprowadzonych danych, które mogły ulec zmianie. Doprowadza to do możliwości popełnienia błędu przez SI z powodu nieuwzględnienia nowych uwarunkowań algorytmu [Fakty i mity...].

Jednym z zastosowań analizy przy użyciu sztucznej inteligencji są cyfrowe bliźniaki. Jest to model wspomagany technologią AI odzwierciedlający rzeczywisty obiekt. „Cyfrowe bliźniaki obejmują kombinację metadanych (np. klasyfikacja, skład i struktura), warunki lub stan (np. lokalizacja i temperatura), dane zdarzeń (np. szeregi czasowe) i analizy (np. algorytmy i reguły)” [Maternowska 2019, s. 64]. Cyfrowe bliźniaki pozwalają na użycie symulacji w celu poznania stanu obiektu lub systemu, przyspieszeniu czasu reakcji na dynamiczne zmiany i poprawy działań wraz z wzrostem wartości systemu. Wspierają one procesy decyzyjne w strukturach organizacji, sterowanie zdarzeniami oraz ekosystemami wokół przedsiębiorstw. Pozwalają na badanie systemów i obiektów w scenariuszach predykcyjnych „co-jeśli?” [Maternowska 2019].

Wykorzystanie systemów autonomicznych sterowanych za pomocą AI jest realizowane dzięki wykorzystaniu inteligentnych rzeczy. Są to zbiory urządzeń, których działanie

wykracza poza realizacją zaprogramowanych schematów i wzorców. Dzięki zastosowaniu rozwiązań analizy danych AI w czasie rzeczywistym przy użyciu identyfikacji wideo przestrzeni, obiekt może wchodzić w interakcję z otoczeniem [Maternowska 2019].

Zastosowanie technologii *artificial intelligence* pozwala na działania prognostyczne dotyczące, nie tylko popytu, ale również symulacyjnych skutków propozycji wdrożenia zmian. Dzięki czemu możemy określić, czy dana implementacja pozwoli na skrócenie np. cyklu realizacji dostawy. Obok zachowań predykcyjnych sztuczna inteligencja odnajduje zastosowanie w optymalizacji tras w sieciach transportowych. System optymalizacyjny może analizować w stosunkowo krótkim czasie do standardowej optymalizacji przy użyciu dotychczasowych metod. W trakcie analiz prowadzących do wyboru najlepszej trasy możliwe jest wzięcie pod uwagę zużycia paliwa, czasu, możliwych opłat itp. Rozwiązania AI przyczyniają się równocześnie do zwiększenia wydajności procesu zarządzania zapasami. Podejmowanie decyzji autonomicznie przez SI może odciążyć pracownika, który musi dokonywać przeglądu zapasu, a następnie generować dokumenty zamówienia. Dzięki tej technologii można zautomatyzować ten proces [Vero 2023].

Sztuczna inteligencja w polskich przedsiębiorstwach

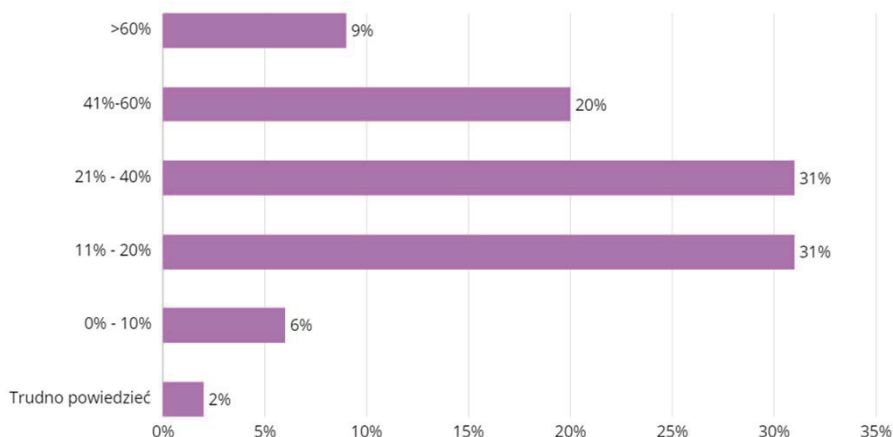
Z badań zrealizowanych przez EY¹ (dawniej Ernst & Young) wynika, że proces wprowadzenia narzędzi opartych na sztucznej inteligencji zakończyło 20% organizacji w Polsce, a kolejne 42% jest w jego trakcie. Wśród podmiotów gospodarczych, które przeszły przez całą procedurę implementacyjną, 80% potwierdziło osiągnięcie przez nich zamierzonych korzyści, a w 2/3 przypadków cały proces wiązał się z koniecznością realizacji szerszej transformacji. Przedsiębiorstwa, które przerwały próbę wdrożenia rozwiązań AI (8% ankietowanych), wskazywały przede wszystkim na trudności technologiczne (42%) oraz wysokie koszty (37%) [Lariusz 2023].

Do głównych motywatorów we wdrażaniu rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji dla przedsiębiorstw w Polsce należą usprawnienie, czyli automatyzacja procesów wewnętrznych (40%) oraz możliwość lepszego dotarcia do klientów (34%). Najbardziej wskazywana była obawa przed zmniejszającą się dostępnością talentów (3%) i działania konkurencji (7%). W ramach tak ujętych biznesowych priorytetów potwierdza się fakt, że rozwiązania AI są wdrażane przede wszystkim w ramach funkcji skupionych na obsłudze klienta (50%), sprzedaży (40%) oraz IT (37%). Relatywnie nisko w tabeli wskazań przez respondentów znalazł się obszar HR (17%), co może wskazywać, że w tej dziedzinie liderzy organizacji w dalszym ciągu pokładają zaufanie do działań wykonywanych bezpośrednio przez ludzi, a nie algorytmy. Listę motywatorów zamykają kwestie prawno-proceduralne (6%), które mimo ewidentnych korzyści automatyzacyjnych rzadko wymieniane były wśród priorytetów [Marszycki 2023].

Efektywność narzędzi sztucznej inteligencji w dużej mierze zależy od jakości dostarczonych danych. Do budowy rozwiązań AI przedsiębiorstwa w Polsce wykorzystują przede wszystkim dane klientów (bez identyfikatorów osobistych) – 54%. Na dalszych miejscach, choć wciąż w ścisłej czołówce, znalazły się dane transakcyjne (53%) oraz tekstowe (46%). Najmniej wskazań uzyskały dane audio (15%) i video (18%) [Lariusz 2023].

¹ EY to międzynarodowy koncern świadczący profesjonalne usługi doradcze i audytorskie z główną siedzibą w Londynie.

Wyniki badania wskazują, że 78% podmiotów gospodarczych, które zakończyły już proces implementacji pierwszych narzędzi opierających się na AI, osiągnęły zamierzone korzyści. Jedną z nich jest wzrost efektywności prowadzonych działań. Aż w jednej trzeciej przypadków (29%) poprawa miała znaczący (powyżej 40%) charakter. W większości – 62% ankietowanych organizacji – wdrożenie rozwiązań sztucznej inteligencji przyniosło przynajmniej umiarkowanie pozytywny wpływ (minimum 10%). Zdecydowanie największy odsetek wskazań w tym zakresie potwierdza, że relatywnie łatwo jest osiągnąć w organizacji przynajmniej średni poziom wzrostu efektywności [Olak 2024].



Rysunek 2. Zaobserwowany wzrost efektywności działań po wprowadzeniu AI

Figure 2. Observed increase in the efficiency of operations after the introduction of AI

Źródło: [Olak 2024].

Source: [Olak 2024].

Proces implementacji narzędzi opierających się na sztucznej inteligencji odbywa się przede wszystkim na podstawie jednego z trzech schematów – wdrożenie w całości przez zewnętrzną firmę (32%), przez wewnętrzny dział przy współpracy z zewnętrznymi dostawcami (29%) oraz wyłącznie na podstawie zasobów wewnętrznych (26%). Tak bardzo zbliżone rozłożenie wszystkich opcji wskazuje, że przedsiębiorstwa w Polsce wciąż pozostają na etapie testów. Weryfikują różne rozwiązania, aby w przyszłości wybrać to najlepiej dostosowane do własnych możliwości. Wyniki badań wskazują jednak, że wraz ze zdobywanym doświadczeniem przedsiębiorcy chętniej sięgają po wsparcie zewnętrznych ekspertów, mających szerszą ekspertyzę [Olak 2024].

Wyniki badań

Podstawę analiz stanowił wywiad przeprowadzony w przedsiębiorstwie Kamieniarstwo Zbanyszek. Sformułowane pytania oraz uzyskane odpowiedzi dotyczące specyfiki działalności tego podmiotu gospodarczego oraz możliwości zastosowania rozwiązań wykorzystujących AI przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Pytania zadane podczas wywiadu oraz proponowane rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję

Table 1. Interview questions and proposed solutions using Artificial Intelligence

Pytanie	Odpowiedź właścicielki
Czym zajmuje się Pani firma i w jakiej branży działa?	„PKD firmy obejmuje cięcie, formowanie i wykańczanie kamienia. Przede wszystkim zajmujemy się produkcją nagrobków katalogowych, ponadto wytwarzamy elementy z kamienia takie jak: parapety, blaty i schody. Dodatkowo jesteśmy doradcami dla klientów indywidualnych, jeżeli chodzi o wybór surowca do danego produktu, który u nas chcą zamówić, a także tworzymy i realizujemy projekty nagrobków dla klientów zarówno złożone w naszej firmie, jak i w podmiotach, z którymi współpracujemy”.
Czy ma Pani trudności z tworzeniem analizy popytu?	„Nasza działalność, związana głównie z produkcją nagrobków i jest trudna w zakresie przewidywania popytu. Specyfika działalności uzależniona jest przede wszystkim od tego, w jakim regionie oferujemy produkty oraz od warunków pogodowych. Są miesiące, w których praca jest mniej lub w ogóle niemożliwa i są również takie, w których popyt zmniejsza się z uwagi na małą dostępność osób, które mogłyby zakupić nagrobek i przekłada się to na to, że nie jest to towar pierwszej potrzeby”.
Czy wie Pani, w jaki sposób można wykorzystać sztuczną inteligencję, aby usprawnić tę analizę?	„Niestety nie posiadam wiedzy w tym zakresie więc chętnie skorzystałabym z tego, aby dowiedzieć się w jaki sposób można byłoby tego dokonać, jak by to miało wyglądać, żeby polepszyć warunki.”
Czy chciałaby Pani wykorzystać w swojej firmie sztuczną inteligencję w celu podniesienia poziomu obsługi klienta?	„Jak najbardziej, ponieważ uważam, że każdy sposób, aby zwrócić uwagę klientów na daną działalność, na dany zakład jest dobry. Jeżeli może zwiększyć sprzedaż i podnieść zainteresowanie to jak najbardziej chciałabym się dowiedzieć, w jaki sposób mogłabym to zrobić i jak mogłabym to wykorzystać w swojej pracy”

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Informacje pozyskane podczas wywiadu pozwoliły na charakterystykę przedsiębiorstwa kamieniarskiego oraz form działalności firmy. Umożliwiły rozpoznanie i zrozumienie problematycznych obszarów oraz najistotniejszych trudności. W 2023 roku podpisane i zrealizowane zostało 50 usług, w tym 17 (tab. 3) z nich na usługę wytworzenia oraz ustawienia nagrobka pojedynczego. Indywidualność zamówienia oraz wysoki poziom zdolności technicznych wymaganych do realizacji zlecenia, sprawiły, że średni czas potrzebny na finalizację wymienionej usługi wynosił 7 dni.

Dominującym problemem utrudniającym przeprowadzenie przez firmę analizy są warunki pogodowe, które potrafią nawet całkowicie uniemożliwić realizację usługi w zaplanowanym terminie. Właścicielka firmy przyznaje się do braku wiedzy w zakresie wykorzystania sztucznej inteligencji w celu polepszenia relacji klient–firma, jednak wykazuje zainteresowanie, aby poznać oferowane możliwości.

Trudności w obszarze analizy popytu i jakości obsługi klienta oraz sugerowane rozwiązania tych problemów z wykorzystaniem sztucznej inteligencji przedstawiono w tabeli 2.

Narzędzie wykorzystujące SI do analizowania popytu na usługi mogłoby funkcjonować, zbierając dane o sfinalizowanych usługach, w danym oknie czasowym,

Tabela 2. Problemy w działalności badanego przedsiębiorstwa oraz sugerowane rozwiązania wykorzystujące SI

Table 2. Problems in the operations of the surveyed company and suggested solutions using AI

Problemy	Propozycja rozwiązania za pomocą AI
Przeprowadzenie przez firmę analizy ze względu na uzależnienie od warunków pogodowych oraz rozpoznanie zależności między danymi statystycznymi firmy..	Zbierając dane o sfinalizowanych usługach, w danym okresie czasowym, na podstawie różnych źródeł takich jak: baza umów oraz faktur, kalendarz firmy czy też arkusze kalkulacyjne, a także analizując informacje o sezonowości popytu i identyfikując trendy sezonowe, może powstać urządzenie wykorzystujące AI oraz modele uczenia maszynowego do tworzenia prognoz przyszłego popytu na usługi. Program o wskazanych założeniach jest możliwy do zbudowania za pomocą modeli językowych typu OpenAI, czy Gemini. Stworzenie programu, w którym zdefiniowane zostaną podstawowe założenia analizy oraz używane wskaźniki, pozwoli generować złożone, ale i ramowe raporty wraz z interpretacją oraz zaleceniami odnośnie dokonywania odpowiednich przygotowań w celu zaspokojenia popytu.
Wydłużony czas oczekiwania klienta na odpowiedź od firmy (ze względu na działalność firmy wyłącznie na platformie Facebook, co wiąże się z częstym brakiem natychmiastowej reakcji). Jednocześnie właścicielka firmy zauważa problem związany z systemem opiniowania jego usług i produktów na stronach marketingowych. Klienci często nie opiniują wykonania swojego zamówienia lub opisy są mało rozwinięte.	W sytuacji założenia strony internetowej powstaje możliwość stworzenia <i>chatbota</i> opartego na AI, który może odpowiadać na pytania klientów, udzielać informacji o usługach oraz pomagać w składaniu zamówień o dowolnej porze, niezależnie czy jest to dzień pracujący, czy też nie. Bot ten mógłby być wyposażony również w system rekomendacji, wykorzystujący SI, sugerujący klientom usługi, które odpowiadają ich preferencjom i budżetowi. Ponadto zastosowanie narzędzi <i>chatbotów</i> AI mogłyby stworzyć strefę tworzenia rekomendacji wraz z opiniami. Zaprogramowany bot potrafiłby na podstawie kluczowych słów stworzyć poprawny stylistycznie i atrakcyjny dla przyszłych klientów tekst.

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

na podstawie różnych źródeł takich jak: baza umów oraz faktur, kalendarz firmy czy też arkusze kalkulacyjne, a także analizując informacje o sezonowości popytu i identyfikując trendy sezonowe. W tym zakresie może powstać urządzenie wykorzystujące AI oraz modele uczenia maszynowego do tworzenia prognoz przyszłego popytu na usługi. Program o wskazanych założeniach jest możliwy do zbudowania za pomocą modeli językowych typu OpenAI, czy Gemini. Stworzenie programu, w którym zdefiniowane zostaną podstawowe założenia analizy oraz używane wskaźniki, pozwoli generować złożone, ale i ramowe raporty wraz z interpretacją i zaleceniami odnośnie dokonywania odpowiednich przygotowań w celu zaspokojenia popytu.

W zakresie obsługi klienta należy wziąć pod uwagę, że obecnie działalność reklamowana jest wyłącznie przy użyciu strony zakładu utworzonej na Facebooku, w związku z czym klient nie zawsze otrzymują odpowiedź w krótkim czasie. W związku z tym możliwe jest tworzenie strony www z wykorzystaniem *chatbota*, wspieranego przez sztuczną inteligencję, który może odpowiadać na pytania klientów, udzielać informacji o usługach oraz pomagać w składaniu zamówień o dowolnej porze, niezależnie czy jest to dzień pracujący, czy też nie. Bot ten mógłby być wyposażony w system rekomen-

cji, wykorzystujący SI, sugerujący klientom usługi, które odpowiadają ich preferencjom i budżetowi. Jednocześnie zauważono problem z systemem opiniowania usług świadczonych przez właściciela. Klienci często nie opiniują wykonania swojego zamówienia lub opisy są mało rozwinięte. Zastosowanie narzędzie *chatbotów* AI mogłyby stworzyć strefę tworzenia rekomendacji wraz z opiniami. Zaprogramowany bot potrafiłby na podstawie kluczowych słów przygotować poprawny stylistycznie i atrakcyjny dla przyszłych klientów tekst.

Liczbę zrealizowanych z usług oferowanych przez firmę w ujęciu miesięcznym w 2023 roku przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Liczba wytworzonych i ustawionych nagrobków pojedynczych, podwójnych oraz urnowych w poszczególnych miesiącach w 2023 roku

Table 3. The number of individual, double and urn headstones produced and set by month in 2023

Miesiące	Liczba zrealizowanych usług wytworzenia oraz ustawienia nagrobka pojedynczego	Liczba zrealizowanych usług wytworzenia oraz ustawienia nagrobka podwójnego	Liczba zrealizowanych usług wytworzenia oraz ustawienia nagrobka urnowego
Styczeń	1	0	1
Luty	2	2	0
Marzec	2	1	0
Kwiecień	2	0	0
Maj	1	2	1
Czerwiec	0	2	0
Lipiec	1	2	0
Sierpień	1	0	0
Wrzesień	5	0	1
Październik	1	1	0
Listopad	1	0	0
Grudzień	0	0	2

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Rozkład czasowy popytu cechują relatywnie niskie wartości (tab. 3). Ma on charakter quasi-stacjonarny z pewnymi wzrostami oraz obniżeniami trendu sezonowo. Zastosowanie modeli opartych o szeregi czasowe okazałoby się niewystarczające w analizie popytu. Jednak program AI z zadanymi (nauczonymi ze wzorców) warunkami obliczeń oraz wprowadzonymi zmiennymi potrafi łączyć różnorodne prognozy popytu oraz wskaźniki jego zmienności i charakterystyki. W ostateczności można otrzymać wynik przystosowany do warunków danego przedsiębiorstwa i określonej pozycji zbliżony w jak największym stopniu do rzeczywistych wartości. Sztuczna inteligencja oprócz wyników metod ilościowych dostarcza analizy prognoz pogody i analiz możliwego wzrostu rynku związanego ze zwiększoną umieralnością w społeczeństwie. Dodatkowo, w celu doprecyzowania wyniku, można wprowadzić opinie eksperckie pozyskane z różnych źródeł wiedzy w tym stron internetowych.

Podsumowanie i wnioski

Sztuczna inteligencja jest narzędziem wspomagającym pracę człowieka w zakresie, między innymi w analizie popytu. Na podstawie wywiadu z właścicielką przedsiębiorstwa wskazane zostały trudności dotyczące procesu analitycznego rozkładu popytu dla przedsiębiorstwa kamieniarskiego, która jest wrażliwa na czynniki zewnętrzne kształtujące zapotrzebowanie. Zastosowanie systemów sztucznej inteligencji opartych na modelach językowych tj.: OpenAI pozwala na automatyzację, przyspieszenie oraz zwiększenie dokładności wyników. Złożoność obliczeń dokonywanych przez program SI mogłaby w rzeczywistości okazać się praktycznie niemożliwa dla pracownika.

W Polsce coraz więcej przedsiębiorstw w swojej działalności wykorzystuje sztuczną inteligencję. Przedsiębiorcy do tych rozwiązań podchodzą z dużą otwartością, ale i pragmatyzmem, który wymusza pewną ostrożność. Przekłada się to na stopniową eksperymentację i adaptację w wybranych obszarach działalności przedsiębiorstw. W kolejnych latach można spodziewać się dynamicznego rozwoju procesu wprowadzenia rozwiązań sztucznej inteligencji do przedsiębiorstw, zwłaszcza wśród organizacji mających za sobą pierwsze doświadczenia. W momencie ukształtowania podstaw wiele przedsiębiorców, dostrzegając realne korzyści z wprowadzonych zmian, będzie chciało wdrożyć kolejne rozwiązania.

Problematycznym dla zarządzania oraz marketingu przedsiębiorstwa Kamieniarstwo Zbanyszek jest obszar obsługi klienta związany z udzieleniem informacji dotyczącej szczegółów zamówienia, a następnie po usłudze kamieniarskiej opiniowanie zrealizowanych działań. Proces ten mógłby być wspomagany przez chatboty, które udzielałyby odpowiedzi w stylistyce zbliżonej do ludzkiej. Jednocześnie klienci mogliby tworzyć opinie przedsiębiorstwa za pomocą bota, który generuje na podstawie słów kluczowych tekst opinii, a następnie po zatwierdzeniu jej publikację.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że sztuczna inteligencja jest możliwa do wykorzystania w różnych obszarach pracy przedsiębiorstwa kamieniarskiego. Do podstawowych należy obszar analizy popytu, który z racji nieregularności oraz sezonowości jest trudny do prognozy. Ponadto sztuczna inteligencja może dużo pomóc w obsłudze klienta. Mimo potencjalnych korzyści branża kamieniarska napotyka na pewne ograniczenia w implementacji sztucznej inteligencji. Jednym z głównych problemów jest wysoki koszt wdrożenia zaawansowanych technologii, takich jak robotyka czy systemy uczenia maszynowego. Dla wielu mniejszych przedsiębiorstw inwestycje w SI mogą być poza ich zasięgiem finansowym. Dodatkowym ograniczeniem jest brak wyspecjalizowanego personelu, który potrafiłby obsługiwać i konserwować tego typu systemy. Tradycyjny charakter branży oraz opór wobec zmian technologicznych również stanowią barierę, zwłaszcza wśród podmiotów gospodarczych działających lokalnie.

Zastosowanie sztucznej inteligencji we wskazanych obszarach powala na sprawniejsze i dokładniejsze planowanie zaopatrzenia oraz skuteczniejszy marketing. Optymalizacja przy pomocy AI w obszarze analizy popytu w dużej mierze pozwala na planowanie zaopatrzenia, opierając się na czasie wykonania oraz liczbie wymaganych nagrobków. W drugim obszarze tzn. obsługi klienta bot wspomagający klientów w procesie wystawiania

opinii pozwoli na skuteczniejszy marketing przy wykorzystaniu poleceń na podstawie wystawianych opinii. Poza tym przedsiębiorstwa wyposażone w obrabiarki CNC mogą zautomatyzować pracę operatorów przez generowanie parametrów obróbki na podstawie wymagań klienta przy wykorzystaniu narzędzi AI. Przyspieszy to pracę oraz pozwoli na minimalizację błędów przy wyborze odpowiednich parametrów obróbki.

Podsumowując, w opracowaniu dokonano przeglądu literatury na temat wykorzystania sztucznej inteligencji w odniesieniu do jej zastosowania w przedsiębiorstwie Kamieniarstwo Zbanyszek. Na podstawie otrzymanych od respondenta odpowiedzi zdiagnozowano występujące w przedsiębiorstwie problemy, a następnie zaproponowano ich rozwiązanie z wykorzystaniem AI.

1. W zakresie analizy popytu dobrym rozwiązaniem wydaje się zbudowanie narzędzia AI za pomocą dużych modeli językowych typu OpenAI. Odpowiednio zaprogramowane narzędzie, opierające się na zbiorach dostarczonych danych może analizować zmiany sezonowe oraz pojawiające się trendy i na tej podstawie szacować popyt na usługi.
2. W zakresie obsługi klienta możliwe jest wykorzystanie *chatbota*, który będzie odpowiadał na pytania klienta i na podstawie słów kluczowych pojawiających się podczas rozmowy, proponował usług.

Dokonane analizy na podstawie tylko jednego studium przypadku nie wyczerpuje złożonej problematyki badań z zakresu wykorzystania sztucznej inteligencji w branży kamieniarskiej. Dużym ograniczeniem w tym obszarze jest dostęp do danych statystycznych z przedsiębiorstw. Opracowanie dostarcza jednak pewnych informacji na temat obszarów zastosowania AI i może stanowić podstawę do dalszych badań.

Bibliografia

- Adamashvili N., Zhizhilashvili N., Tricase C., 2024: The Integration of the Internet of Things, Artificial Intelligence, and Blockchain Technology for Advancing the Wine Supply Chain, *Computers* 13, 108–132.
- Adesoga T.O., Ajibaye T.O., Kenneth Ch.N., Imam-Lawal U.T., Ikekwere E.A., Ekwunife D.I., 2024: The rise of the “smart” supply chain: How AI and automation are revolutionizing logistics, *International Journal of Science and Research Archive* 12, 790–798.
- Allahham M., Sharabati A.A.A., Al-Sager M., Sabra S., Awartani L., Khraim A.S.L., 2024: Supply chain risks in the age of big data and artificial intelligence: The role of risk alert tools and managerial apprehensions, *Uncertain Supply Chain Management* 12, 399–406.
- Amellal I., Amellal A., Seghioeur H., Ech-Charrat M.R., 2020: An integrated approach for modern supply chain management: Utilizing advanced machine learning models for sentiment analysis, demand forecasting, and probabilistic price prediction, *Decision Science Letters* 13, 237–248.
- Baraniecka A., Marcinkowski J., 2022: *Trendy w logistyce*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław
- Batarlienč N., Jaradünienč A., 2024: Improving the Quality of Warehousing Processes in the Context of the Logistics Sector, *Sustainability* 16, 2595–2611.

- Fakty i mity na temat sztucznej inteligencji. Czym jest AI?, Łukasiewicz Poznański Instytut Technologiczny, [źródło elektroniczne] <https://pit.lukasiewicz.gov.pl/fakty-i-mity-na-temat-sztucznej-inteligencji-czym-jest-ai/> [dostęp: 13.05.2024].
- Goodfellow I., Bengio Y., Courville A., 2016: Deep Learning, [źródło elektroniczne] <http://www.deeplearningbook.org/> [dostęp: 14.05.2024].
- Jadiga S., Solanki A., 2024: Ai Application for Improving Transportation and Logistics Operations, International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, Bikaner.
- Jóźwiak A., Świdorski A., 2017: Algorytmy Sztucznej Inteligencji w Logistyce, Praca Naukowe Politechniki Warszawskiej, 117, 97–108.
- Jurczak M., 2024: Pochwała Inteligencji, Top Logistyk, Poznań
- Khan M.O., Khan Z., Kim H.C., Mozumder M.A.I., Sumon R I., Uddin S.M.I. 2024: AI-Based Logistics System Overview and a Workflow for Digital Freight Forwarding in Logistics, 26th International Conference on Advanced Communications Technology (ICACT), Pyeong Chang, Korea, 295–299.
- Kłowski G., Pastuszak Z.. 2005: Sieci neuronowe w logistyce zaopatrzenia, Logistyka, 1, 35–38.
- Lariusz M., 2023: Implementacja narzędzi sztucznej inteligencji w polskich firmach nabiera tempa, wynika z badania EY „Jak polskie firmy wdrażają AI”, ITReseller, [źródło elektroniczne], <https://itreseller.pl/implementacja-narzedzi-sztucznej-inteligencji-w-polskich-firmach-nabiera-tempa-wynika-z-badania-ey-jak-polskie-firmy-wdrazaja-ai/> [dostęp: 13.12.2024].
- Marr B., 2023: Trendy w Analityce Danych w 2023 r., Logistic Manager, Poznań.
- Marszycki M., 2023: Adaptacja narzędzi AI w polskich firmach nabiera tempa, ITwiz, [źródło elektroniczne] <https://itwiz.pl/adaptacja-narzedzi-ai-w-polskich-firmach-nabiera-tempa/> [dostęp: 13.12.2024].
- Maternowska, M. 2019: Nowe technologie i ich wpływ na łańcuchy dostaw. Sztuczna inteligencja, Studia Ekonomiczne 388, 59–73.
- McIlwraight D., Marmanis H., Babenko D., 2017: Inteligentna sieć. Algorytmy przyszłości, Helion, Gliwice
- MR, 2023: Sztuczna inteligencja wkracza do branży pogrzebowej, [źródło elektroniczne] https://fakty.nl/pl/11_wiadomosci/37130_sztuczna-inteligencja-wkracza-do-branzy-pogrzebowej.html [dostęp: 13.12.2024].
- Ng A., 2017: AI is the new electricity, Konferencja AI Frontiers Applied Deep Learning, 3–5 listopada, Santa Clara Convention Center, Santa Clara, [źródło elektroniczne] <https://nov2017.aifrontiers.com/#speakers> [dostęp: 14.05.2024].
- Olak R., 2024: Badanie EY: Rośnie przekonanie firm w Polsce do wdrożeń AI, EY Polska, [źródło elektroniczne] https://www.ey.com/pl_pl/newsroom/2024/12/ey-rosnie-przekonanie-firm-w-polsce-do-wdrozen-ai [dostęp: 13.12.2024].
- Ostrowski W., b.d.: Sztuczna inteligencja w branży pogrzebowej – wirtualna rozmowa ze zmarłym, [źródło elektroniczne] <https://technowinki24.pl/sztuczna-inteligencja-w-branzy-pogrzebowej-wirtualna-rozmowa-ze-zmarlym/> [dostęp: 04.05.2025].
- Russel S.J., Norvig P., 2009: Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall, New Jersey.
- Segars A.H., Seven Technologies Remaking the World, [źródło elektroniczne] <https://sloanreview.mit.edu/projects/seven-technologies-remaking-the-world/> [dostęp: 15.05.2018].

- Tomkowiak M., 2024: Smart City – miasta rozwijające się ku przyszłości, *Logistyka*, 1, 33–37.
- Vero, 2023: 5 sposobów wykorzystania sztucznej inteligencji w logistyce, [źródło elektroniczne] <https://vervo.eu/pl/aktualnosci/vervo-aktualnosci/sztuczna-inteligencja> [dostęp: 13.05.2024].
- Żelazo M., 2013: Kwestionariusz wywiadu jako narzędzie badawcze, *Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Obrony Narodowej*, 1, 222–238.
- Żulicki R., 2022: Data science: najseksowniejszy zawód XXI wieku w Polsce. Big Data, sztuczna inteligencja i Powerpoint, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

**Denys Povoroznyk¹, Elżbieta Radochońska-Wasiewicz¹,
Andrzej Borusiewicz², Grzegorz Dzieniszewski^{1, 3}, Maciej Kuboń^{1, 4}**

¹ Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

² Międzynarodowa Akademia Nauk Stosowanych w Łomży

³ Politechnika Rzeszowska

⁴ Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Ekonomiczno-społeczne skutki pandemii COVID-19 oraz wojny w Ukrainie a efektywność procesów transportowych

Economic and Social Effects of the COVID-19 Pandemic, the War in Ukraine, and the Efficiency of Transport Processes

Synopsis. Pandemia COVID-19 wywarła znaczący wpływ na gospodarkę i transport w Polsce oraz na świecie. Wprowadzane obostrzenia oraz zamknięcia firm spowodowały zakłócenia w łańcuchach dostaw. PKB Polski, mimo początkowego spadku, okazał się stosunkowo odporny na skutki pandemii. Handel elektroniczny zyskał na znaczeniu, a mobilność społeczeństwa zmalała, zwłaszcza w zakresie korzystania z transportu publicznego. Badania sugerują jednak, że transport publiczny przy zachowaniu środków ostrożności był stosunkowo bezpieczny. W transporcie drogowym zaobserwowano wahania wskaźników efektywności procesów transportowych, zależne od rodzaju przewożonego ładunku. Koszty transportu wzrosły znacząco w 2022 roku w porównaniu do lat poprzednich. Mimo wyzwań analizowane przedsiębiorstwo utrzymało wysoką niezawodność dostaw na poziomie powyżej 90%. Pandemia przyspieszyła zmiany w zachowaniach konsumentów i wymusiła dostosowania modeli biznesowych firm transportowych.

Denys Povoroznyk – Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu, student na kierunku inżynieria transportu i logistyka; e-mail: d.povoroznyk@s.pansp.pl

Elżbieta Radochońska-Wasiewicz – Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu, Wydział Nauk Technicznych i Sztuk Projektowych; Politechnika Rzeszowska, Wydział Mechaniczno-Technologiczny; e-mail: e.radochonska-wasiewicz@pansp.pl, <https://orcid.org/0000-0001-9939-5978>

Andrzej Borusiewicz – Międzynarodowa Akademia Nauk Stosowanych w Łomży; e-mail: andrzej.borusiewicz@mans.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-1407-7530>

Grzegorz Dzieniszewski – Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu, Wydział Nauk Technicznych i Sztuk Projektowych; e-mail: g.dzieniszewski@pansp.pl, <https://orcid.org/0000-0002-2712-1131>

✉ **Maciej Kuboń** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki; e-mail: maciej.kubon@urk.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0003-4847-8743>

Słowa kluczowe: pandemia COVID-19, transport drogowy, łańcuch dostaw, efektywność procesów transportowych, koszty, transport

Abstract. The COVID-19 pandemic has had a significant impact on the economy and transportation in Poland and around the world. Introduced restrictions and company closures have disrupted supply chains. Poland's GDP, despite an initial decline, proved relatively immune to the effects of the pandemic. E-commerce has gained ground, and the mobility of the population has declined – especially in the use of public transportation. However, studies suggest that public transportation was relatively safe when precautions were taken. In road transportation, fluctuations were observed in the efficiency indicators of transportation processes, depending on the type of cargo being transported. Transportation costs increased significantly in 2022 compared to previous years. Despite the challenges, the analyzed company maintained a high delivery reliability of more than 90%. The pandemic has accelerated changes in consumer behavior and forced adjustments to the business models of transportation companies.

Key words: pandemic COVID-19, road transport, supply chain, transport process efficiency, costs, transportation

Kody JEL: R49, H12, L91

Wstęp

Rozwój technologiczny i gospodarczy, aktualne wydarzenia na świecie, tj. agresja Rosji na Ukrainę, pandemia koronawirusa, a także światowy kryzys ekonomiczny będący wypadkową tych czynników spowodowały istotną zmianę w organizacji procesów transportowych oraz warunków ich realizacji [Anderson i in. 2020, Bao i in. 2021, Brząkała 2023]. W ciągu zaledwie kilku miesięcy od wybuchu pandemii gospodarki na całym świecie zostały poważnie dotknięte, co doprowadziło do masowych utrat miejsc pracy, upadłości firm, a także zwiększenia nierówności społecznych [Espitia i in. 2020].

Sytuacja geopolityczna na świecie jest bardzo nieprzewidywalna, a informacje o sytuacji na rynkach światowych są mało precyzyjne. Ze względu na to bardzo trudno jest dziś przedsiębiorstwom i firmom nadążyć za współczesnymi trendami oraz przystosować się do najnowszych wydarzeń na świecie. Wszelkie procesy, procedury i sposoby działania w firmach to efekt wieloletnich prób, badań i wdrożeń, których nie można zmienić czy zmodyfikować od razu. Są to rezultaty pracy setek, a nawet tysięcy ludzi, którzy stali za opracowaniem, sfinansowaniem, wdrożeniem i kontrolą tego rodzaju procesów. Jednak przedsiębiorstwa, chcąc być lub pozostać konkurencyjnymi na rynku, muszą nieustannie pracować nad jakością i wydajnością realizacji procesów transportowych. Jest to wyzwanie niezwykle trudne do zrealizowania, ponieważ zasadnicze znaczenie ma równowaga zachodząca między oczekiwanym przez klientów poziomem niezawodności i elastyczności dostaw a kosztami za konkretną przesyłkę. Niezawodność dostaw jest złożoną kategorią pojęciową, która odnosi się do terminowości i kompletności dostaw oraz braku uszkodzeń produktów [Fertsch 2006]. Z kolei elastyczność dostaw oznacza dopasowanie czasu i miejsca dostawy do oczekiwań odbiorcy przesyłki [Smyk 2016].

Pandemia to zjawisko, które można sklasyfikować jako tak zwanego czarnego łabędzia, czyli zdarzenie nieprzewidziane o ogromnym wpływie na rzeczywistość, charakteryzujące się dużą zmiennością zagrożeń. Jest ono opisywane w pracy przez Taleba [2014] oraz Fatmi [2020] jako bagatelizowane do momentu przybrania znacznej wagi. Jednak żadna firma czy przedsiębiorstwo w swoich rozważaniach nie przewidywało czegoś takiego jak pandemia koronawirusa. Dlatego „(...) zarządzanie współczesnym przedsiębiorstwem transportowym wymaga szerokiego spojrzenia nie tylko na rynek (...)”, ale również na sytuacje trudne i skomplikowane, takie jak ostatni kryzys wywołany pandemią [Kuczyńska-Chałada 2021].

Wojna w Ukrainie sprawiła, że łańcuchy dostaw w Europie znów zostały poważnie zachwiane, chociaż wracały do normy po obostrzeniach związanych z pandemią koronawirusa. Agresja państwa rosyjskiego przyczyniła się do chaosu handlowego, który nastąpił po wyjściu globalnej gospodarki z pandemii. Z powodu zamknięcia rosyjskiej przestrzeni powietrznej oraz silnego zatłoczenia portów morskich najbardziej ucierpiały trasy pomiędzy Azją i Europą. Wpływ konfliktu na transport morski, kolejowy i lotniczy spotęgował problemy na przykład w europejskim łańcuchu dostaw samochodów. Stało się to w czasie, gdy poziom zapasów był już niski, a producenci samochodów wciąż odczuwali niedobór chipów i gwałtownie rosnące ceny energii [Al-Awadhi i in. 2020, Pakulnicz 2022]. Najpowszechniejszy transport – drogowy – zaczyna się powoli załamywać. Wielu obywateli Ukrainy opuściło swoje miejsca pracy, udając się na wojnę. Ukraińcy odgrywali kluczową rolę w łańcuchu dostaw, ponieważ stanowili oni wysoki odsetek kierowców. Dla rynku transportu oznacza to, że tabory zostały bez osób wykonujących przewóz, a przewoźnicy nie mogli wykonywać zleceń, gdyż nie miał kto ich „obsłużyć”. To bezpośrednio przełożyło się na terminy dostaw przewożonych towarów i wzrost cen tych przewozów [Brach i in. 2021].

W dobie rozwoju gospodarki rynkowej zwiększyło się znaczenie transportu, definiowanego jako ogół środków i czynności, które wykorzystuje się do przemieszczania ładunków, osób lub wiadomości z punktu początkowego do punktu końcowego [Starkowski 2010]. Transport ma ogromne znaczenie dla gospodarki Polski, a zwłaszcza transport drogowy. Jest on jednym z najważniejszych rodzajów transportu na terenie Polski, ponieważ stanowi około 86% wszystkich przewozów towarowych PKB Polski [GUS 2022]. Transport drogowy jest kluczowy ze względu na silnie rozwiniętą sieć dróg i autostrad, które łączą wiele ważnych centrów przemysłowych i logistycznych zarówno w kraju, jak i za granicą. Transport drogowy umożliwia przepływ towarów i usług pomiędzy różnymi regionami kraju, co przyczynia się do wzrostu gospodarczego oraz zwiększenia konkurencyjności polskich przedsiębiorstw. Dzięki temu transport stanowi kluczowy element łańcucha dostaw, który umożliwia przedsiębiorstwom sprzedaż swoich produktów na szeroką skalę [Kłostowska 2022]. Jak wynika z raportu „Transport drogowy w Polsce 2021+”, [TiLP i SpotData 2022] transport i magazynowanie w 2021 roku stanowiły około 6% PKB Polski.

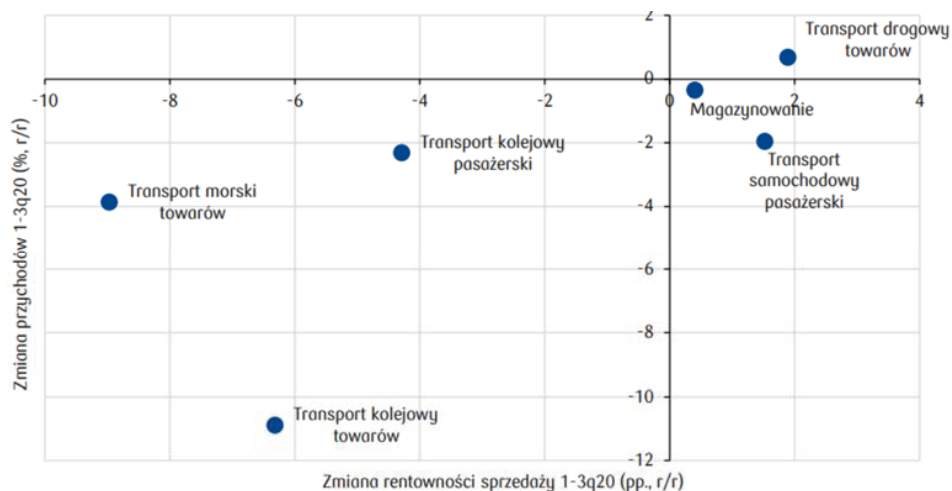
Negatywne skutki pandemii wpłynęły zarówno na pracę ludzi, jak i na funkcjonowanie przedsiębiorstw oraz różnego rodzaju instytucji, bez względu na ich wielkość. Jedną z branż, która została najbardziej narażona na skutki tego wpływu, jest między innymi transport. Przewoźnicy towarowi zaczęli mieć obawy związane ze spadkiem liczby zleceń, wydłużonym czasem realizacji płatności oraz ograniczeniami w ruchu międzynaro-

dowym. Należy zaznaczyć, że problemy te dotyczą wszystkich elementów łańcuchów transportowych i wpływają zarówno na przedsiębiorstwa transportowe, spedycyjne, logistyczne, jak i na nadawców oraz odbiorców. Konsekwencje finansowe ponieśli również zarządcy różnego rodzaju infrastruktury usługowej [De Vos 2020, Poliński 2021].

Najbardziej dotknięte pandemią COVID-19 branże to motoryzacyjna, AGD, sektor IT oraz branża telekomunikacyjna, które w dużej mierze polegały na dostawach komponentów z Azji. Te sektory opierały się na systemie produkcji *just in time*, gdzie nie magazynowano zapasów, a niezbędne komponenty były dostarczane bezpośrednio na taśmę produkcyjną. Zakłócenie dostaw komponentów z Chin spowodowało zakłócenie produkcji i w wielu przypadkach konieczność przestojów, co skutkowało znacznym zmniejszeniem produkcji [Czech i in. 2020, Strange 2020].

Najbardziej odpornym na rozwój pandemii sektorem gospodarki okazała się branża spożywcza. Producenci żywności byli mniej dotknięci skutkami pandemii, ponieważ produkty spożywcze są niezbędnymi artykułami pierwszej potrzeby [Szczepaniak 2020]. Już na początku pandemii można było zaobserwować gwałtowny wzrost zakupów towarów o dłuższej trwałości, spowodowany obawą konsumentów o możliwość przerwania dostaw żywności. Popyt szczególnie wzrósł na produkty takie jak kasze, ryż, makarony, konserwy drobiowe i rybne, żywność mrożona i gotowa w słoikach oraz mąka [Drożdż 2020].

Wprowadzenie ograniczeń w przemieszczaniu towarów i osób w celu ochrony wewnętrznych rynków przed rozprzestrzenianiem się koronawirusa miało znaczący wpływ na wielkość i strukturę przewozów w transporcie drogowym. Wpływ pandemii na mobilność był znaczący i przekładał się na zmniejszenie liczby przewozów w transporcie publicznym. Aktywność w transporcie drogowym zmniejszyła się o około 50% pod



Rysunek 1. Sytuacja wybranych branż transportowych w okresie pandemii

Figure 1: Situation of selected transportation industries during the pandemic period

Źródło: [PKO Bank Polski SA 2021].

Source: [PKO Bank Polski SA 2021].

koniec marca 2020 roku w porównaniu do 2019 roku. Niektórzy operatorzy transportu utrzymywali jedynie 10% swojej działalności, a ich przychody spadły o 80% (rys.1). Transport towarowy pomimo lepszego radzenia sobie z trudnościami wywołanymi przez sytuację epidemiczną i tak poniósł straty. Przewozy ładunków transportem samochodowym spadły jedynie o 6,2% r/r. [Pomykała 2021].

Celem pracy była ocena wpływu pandemii COVID-19 oraz konfliktu zbrojnego na Ukrainie na efektywność realizowanych procesów transportowych. Oceny tej dokonano na przykładzie wybranej firmy z branży TSL realizującej przewozy m.in. na Ukrainę.

Zakresem pracy objęto procesy transportowe zróżnicowane rodzajem przewożonych ładunków w latach 2019–2022. Na bazie wybranych wskaźników określono wpływ pandemii oraz konfliktu zbrojnego na Ukrainie na efektywność przewozów, a tym samym na funkcjonowanie łańcuchów dostaw.

Materiały i metody

Materiały do realizacji założonego celu pracy pozyskano z ewidencji przedsiębiorstwa w formie wybranych zleceń transportowych z lat 2019–2022. Przeanalizowano 50 losowo wybranych zleceń z każdego roku. Pozyskano z nich najważniejsze informacje i zapisano je w tabelach, a następnie na ich podstawie dokonano obliczeń. Z danych wejściowych uzyskano podstawowe parametry charakterystyki procesu transportowego, a następnie wyliczono wskaźniki oceny efektywności procesu transportowego.

W pierwszej kolejności określono podstawowe parametry, które charakteryzują procesy transportowe: czas pracy i jego strukturę (h), prędkość eksploatacyjną oraz techniczną (km/h), średnią masę przewożonego ładunku (t), odległość jazdy z ładunkiem i bez ładunku (km) oraz wykonaną pracę przewozową (tkm).

Porównanie efektów z poniesionymi nakładami podczas realizacji procesów transportowych jest jednym z kluczowych zadań oceny ich efektywności. Każda firma powinna na bieżąco śledzić te wskaźniki. Ocena efektywności realizowanych procesów transportowych opierała się przede wszystkim na ocenie: wydajności transportowej, transportochłonności przewozów, efektywność wykorzystania pojazdów oraz niezawodności transportu.

W pracy wykorzystano następujące mierniki i wskaźniki logistyczne [Twaróg 2003]:
Współczynnik wykorzystania czasu operacyjnego – K_{02} :

$$K_{02} = \frac{\text{czas jazdy (h)}}{\text{czas jazdy (h)} + \text{czas załadunku (h)} + \text{czas rozładunku (h)}} \cdot$$

Współczynnik wykorzystania czasu roboczego – K_{04} :

$$K_{04} = \frac{\text{czas jazdy (h)}}{\text{czas operacyjny (h)} + \text{czas obsługi technicznej (h)} + \text{czas usuwania usterek (h)}} \cdot$$

Współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego – K_{07} :

$$K_{07} = \frac{\text{czas jazdy (h)}}{\text{czas pracy (h)}} \cdot$$

Współczynnik wykorzystania przebiegu – B

$$B = \frac{\text{odległość jazdy z ładunkiem (km)}}{\text{odległość jazdy z ładunkiem i pusto (km)}}.$$

Współczynnik wykorzystania ładowności – C

$$C = \frac{\text{masa przewiezonego ładunku (t)}}{\text{ładowność środka transportowego (t)}}.$$

Praca przewozowa – Pp :

$$Pp = \text{masa przewiezonego ładunku (t)} \cdot \text{odległość (km)} (\text{tkm}).$$

Wydajność transportowa w czasie rzeczywistym – W_{trz} :

$$W_{trz} = \frac{\text{masa przewiezonego ładunku (t)}}{\text{rzeczywisty czas pracy pojazdu (h)}} (\text{t} \cdot \text{h}^{-1}). \quad (6)$$

Wydajność transportowa w czasie zakładanym – W_{tz} :

$$W_{tz} = \frac{\text{masa przewiezonego ładunku (t)}}{\text{zakładany czas pracy pojazdu (h)}} (\text{t} \cdot \text{h}^{-1}). \quad (6)$$

Wskaźnik transportochłonności przewozów – W_t :

$$W_t = \frac{\text{czas pracy pojazdu (h)}}{\text{masa przewiezonego ładunku (t)}} (\text{h} \cdot \text{t}^{-1}). \quad (7)$$

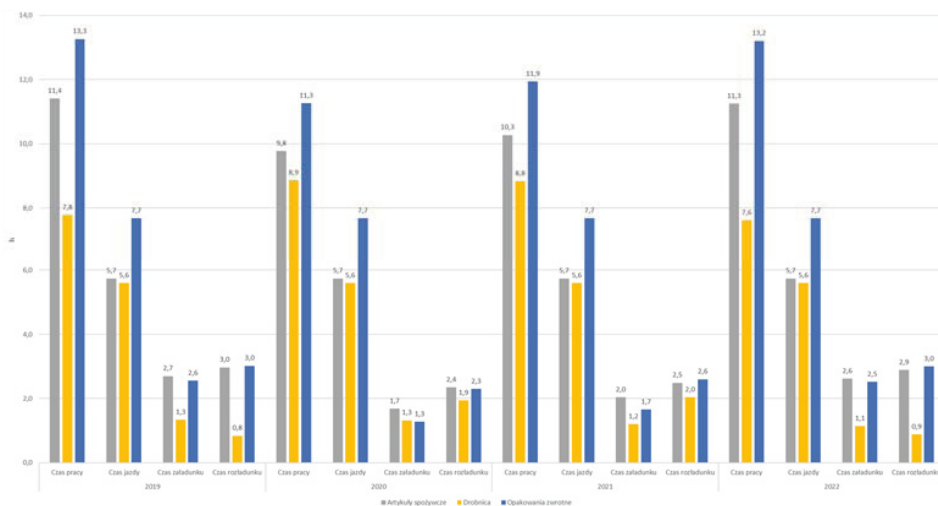
Niezawodność transportu – Nt

$$Nt = \frac{\text{liczba terminowo wykonanych przewozów (szt.)}}{\text{liczba wszystkich przewozów (szt.)}} \cdot 100 (\%). \quad (8)$$

Wyniki badań i dyskusja

Proces transportowy to sekwencja zdarzeń obejmujących dostarczenie towaru we właściwe miejsce, uwzględniając przy tym czynności organizacyjne, wykonawcze oraz handlowe. Proces ten polega na przyjęciu ładunku od klienta i/lub dostarczeniu go do odbiorcy [Starkowski 2016]. Ma on bezpośrednie oddziaływanie na terminowość dostaw, a co za tym idzie na jakość danego przewozu. Pośrednio natomiast oddziałuje na zadowolenie klientów oraz pozycję firmy na rynku w kontekście konkurencyjności [Galińska 2014]. To tylko przykłady tego, dlaczego tak ważne jest przyjrzenie się bliżej parametrom procesu transportowego.

Pierwszymi parametrami określającymi proces transportowy w omawianym przedsiębiorstwie był czas: pracy, jazdy, załadunku oraz rozładunku. Z danych na rysunku 2 wynika, że średni czas pracy środków transportowych był największy dla przewozu ładunku zawierającego opakowania zwrotne. Można zauważyć, że w 2019 roku wynosił on 13,3 h, w latach pandemicznych (2020–2021) zmalał do poziomu 11,3 oraz 11,9 h.



Rysunek 2. Średni czas realizacji procesu transportowego w analizowanym okresie
 Figure 2. Average execution time of the transportation process in the period analyzed

Źródło: opracowanie własne.
 Source: own study.

Z kolei w okresie po pandemii COVID-19 w 2022 roku czas ten wzrósł ponownie do 13,2 h. Skrócenie czasu pracy w dobie pandemii dla omawianego rodzaju ładunku, może wynikać z mniejszego zapotrzebowania na transport tego towaru. Pod wpływem pandemii COVID-19 przewóz opakowań zwrotnych nie był transportem pierwszej potrzeby. Wiąże się to z tym, że przedsiębiorstwo transportowe dostawało dużo mniej zleceń na realizację tego typu przewozów. Dodatkowo, w dobie koronawirusa, skrócił się czas załadunków i rozładunków opakowań zwrotnych, wpływając tym samym na ogólny czas pracy. W transporcie artykułów spożywczych zaobserwowano podobną sytuację. W latach 2020–2021 odnotowano spadek ogólnego czasu pracy środków transportowych przewożących ten ładunek. Przyczyną tego skrócenia mogło być również zmniejszenie czasu potrzebnego na załadunek i rozładunek, co można przypisać ograniczeniom kontaktu między pracownikami a kierowcami. Takie środki bezpieczeństwa były prawdopodobnie wprowadzone w celu ograniczenia ryzyka związanego z pandemią.

Zauważono również, że wielkość przewozów artykułów żywnościowych przed i po pandemii była mniejsza, niż w trakcie jej trwania. Przypuszcza się, że wynikało to z większego popytu na ten rodzaj transportu. W czasie *lockdownu*, gdy ludzie zaczęli korzystać z zakupów online, przesyłki kurierskie stały się bardzo popularne. Zwiększona liczba pojazdów w punktach załadunku i rozładunku spowodowała wydłużenie czasu oczekiwania, co z kolei wpłynęło na ogólny czas pracy.

Na bazie struktury czasu pracy środków transportowych określono ich efektywność z wykorzystaniem podstawowych wskaźników efektywności – K_{02} , K_{04} oraz K_{07} (tab. 1). Najwyższą wartość współczynników K_{02} , K_{04} i K_{07} odnotowano przy przewozie ładunków drobnicowych w latach 2019 i 2022 oraz podczas przewozu opakowań zwrotnych w 2020 roku. Wartości te kształtowały się na poziomie równym 0,7. Wielkością

najbardziej pożądaną dla wszystkich współczynników jest 1, co oznacza optymalny wynik. Przy przewozie artykułów spożywczych wskaźniki te osiągnęły wielkość 0,5 przed oraz po pandemii i wypadają najmniej korzystnie. Wielkości współczynników wykorzystania czasu operacyjnego, roboczego oraz eksploatacyjnego utrzymują się na stałym poziomie dla poszczególnych rodzajów ładunków w każdym roku, ponieważ nie występowały żadne przestoje związane z awariami w zleceniach. Po przeanalizowaniu dostępnych danych należy stwierdzić, że w badanym okresie występowały niewielkie różnice w realizacji omawianych przewozów.

Tabela 1. Efektywność wykorzystania czasu pracy środków transportowych w latach 2019–2022
Table 1. Efficiency of time use of transport vehicles in 2019–2022

Rodzaj ładunku	2019			2020			2021			2022		
	<i>K</i> ₀₂	<i>K</i> ₀₄	<i>K</i> ₀₇	<i>K</i> ₀₂	<i>K</i> ₀₄	<i>K</i> ₀₇	<i>K</i> ₀₂	<i>K</i> ₀₄	<i>K</i> ₀₇	<i>K</i> ₀₂	<i>K</i> ₀₄	<i>K</i> ₀₇
Artykuły spożywcze	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Drobnica	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
Opakowania zwrotne	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

W kolejnej tabeli przedstawiono współczynniki wykorzystania ładowności (*C*) oraz przebiegu (*B*) w okresie przed, w trakcie i po pandemii. Stwierdzono brak istotnych różnic pomiędzy podstawowymi parametrami procesu transportowego w trakcie realizacji przewozów. Zarówno COVID-19 jak też konflikt zbrojny nie miał istotnego wpływu na wykorzystanie ładowności i przebiegu ładownego. Współczynniki *C* oraz *B* osiągały najwyższe wielkości przy przewozie artykułów spożywczych – 90%.

Tabela 2. Współczynnik wykorzystania ładowności (*C*) oraz przebiegu (*B*) w analizowanym okresie
Table 2. Load factor (*C*) and mileage (*B*) for the period under review

Rodzaj ładunku	2019		2020		2021		2022	
	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>
Artykuły spożywcze	96,7	92,5	96,7	92,5	97,5	92,5	97,5	92,5
Drobnica	69,5	87,5	69,5	87,5	69,5	87,5	69,5	87,5
Opakowania zwrotne	69,5	87,5	69,5	87,5	69,5	87,5	69,5	87,5

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Aspektem niezbędnym do określenia wpływu pandemii COVID-19 oraz czasu konfliktu zbrojnego na efektywność procesów transportowych była również analiza kosztocłonności przewozów. Koszty transportu można zdefiniować jako sumę wszystkich nakładów finansowych i zasobowych, jakie przedsiębiorstwa ponoszą w procesie realizacji usług transportowych. Obejmowały one różne wydatki i inwestycje, które są konieczne do realizacji celów gospodarczych związanych z przewozem ładunków [Bronk 2014].

W tabeli 3 została przedstawiona kosztocłonność zrealizowanych procesów transportowych w latach 2019–2022. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono duże zróżnicowanie w kosztach realizacji zleceń transportowych.

Tabela 3. Kosztocłonność procesów transportowych (PLN·km⁻¹) w latach 2019–2022

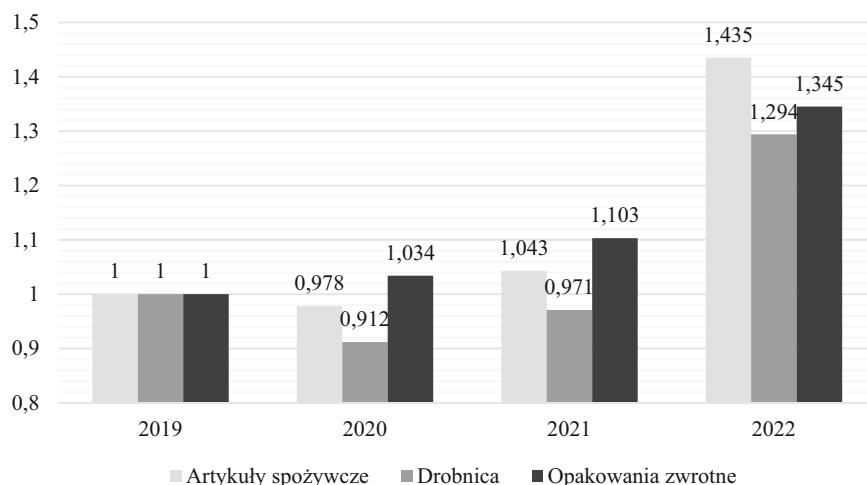
Table 3. Cost intensity of transport processes (PLN·km⁻¹) in 2019–2022

Rodzaj ładunku	2019	2020	2021	2022
Artykuły spożywcze	4,6	4,5	4,8	6,6
Drobnica	3,4	3,1	3,3	4,4
Opakowania zwrotne	2,9	3,0	3,2	3,9

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Średnie koszty przewozu artykułów spożywczych wahały się od 4,6 do 6,6 PLN·km⁻¹. Najniższe koszty odnotowano w 2020 roku, a najwyższe w 2022 roku. Z kolei jeśli chodzi o transport opakowań zwrotnych to najniższą średnią stawkę – 2,9 PLN·km⁻¹ odnotowano przed pandemią, a najwyższą – 3,9 PLN·km⁻¹ po pandemii koronawirusa. Dynamikę zmian kosztów transportu w analizowanym okresie czasu przedstawiono na rysunku 3 jako stosunek kosztów w poszczególnych latach do roku bazowego, którym był 2019 rok.



Rysunek 3. Dynamika zmian kosztów transportu na kilometr w latach 2019–2022

Figure 3. Dynamics of change in transportation costs per kilometer from 2019 to 2022

Źródło: opracowanie własne.

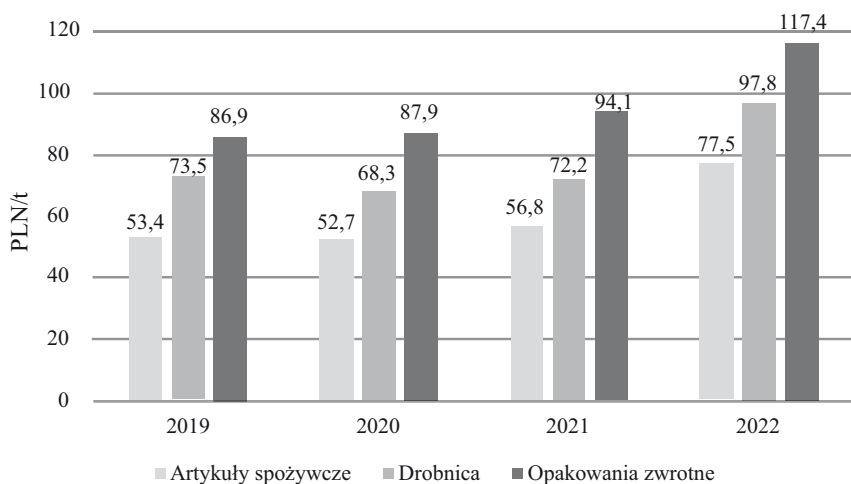
Source: own study.

Z rysunku 3 można zauważyć, że:

- dla artykułów spożywczych – w 2020 roku koszty transportu były o 2,2% niższe, w 2021 roku były o 4,3% wyższe, a w 2022 roku były o 43,5% wyższe w porównaniu do roku bazowego;

- dla drobnicy – w 2020 roku koszty transportu były o 8,8% niższe, w 2021 roku były o 2,9% wyższe, a w 2022 roku były o 29,4% wyższe w porównaniu do roku bazowego;
- dla opakowań zwrotnych – w 2020 roku koszty transportu były o 3,4% wyższe, w 2021 roku były o 10,3% wyższe, a w 2022 roku były o 34,5% wyższe w porównaniu do roku bazowego.

Kolejnym wskaźnikiem, który wzięto pod uwagę przy analizie kosztocłonności przewozów, były koszty transportu na tonę przewiezionego ładunku. Jak można zauważyć (rys. 4) koszty transportu osiągnęły najwyższe wartości w 2022 roku dla wszystkich rodzajów przewozów, w porównaniu do poprzednich lat. W 2022 roku koszty przewozu artykułów spożywczych wyniosły 77,5 PLN/t przewiezionego ładunku. Przewiezienie ładunków drobnicowych w tym okresie kosztowało 97,8 PLN/t, a przewóz opakowań zwrotnych wynosił 117,4 PLN/t.



Rysunek 4. Koszty transportu na tonę dla wybranych rodzajów ładunków w okresie pandemii
Figure 4. Transportation costs per ton for selected cargo types during the pandemic period

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Porównanie efektów z poniesionymi nakładami podczas realizacji procesów transportowych jest jednym z kluczowych zadań oceny ich efektywności. Ocena efektywności realizowanych procesów transportowych opierała się przede wszystkim na analizie przyjętych wskaźników. Sposób ich obliczenia przedstawiono w metodologicznej pracy.

W tabeli 4 przedstawiono wydajność realizowanych procesów w czasie rzeczywistym oraz zakładanym w okresie przed, w trakcie i po pandemii COVID-19.

Na podstawie zebranych danych stwierdzono, że wydajność transportu w czasie rzeczywistym dla artykułów spożywczych oraz opakowań zwrotnych w analizowanym okresie była nieco większa, niż wydajność transportu w czasie zakładanym. Z kolei w przypadku przewozu ładunków drobnicowych wydajności te były równe.

Tabela 4. Wydajność transportowa ($t \cdot h^{-1}$) w czasie rzeczywistym (W_{CRZ}) i zakładanym (W_{CZ}) w latach 2019–2022

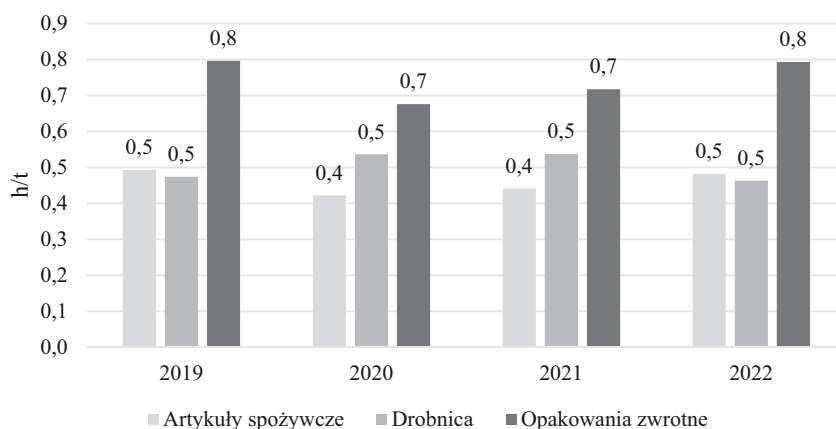
Table 4. Transport capacity ($t \cdot h^{-1}$) in real time (W_{CRZ}) and assumed time (W_{CZ}) in 2019–2022

Rodzaj ładunku	2019		2020		2021		2022	
	W_{CRZ}	W_{CZ}	W_{CRZ}	W_{CZ}	W_{CRZ}	W_{CZ}	W_{CRZ}	W_{CZ}
Artykuły spożywcze	2,1	1,6	2,4	1,7	2,4	1,7	2,1	1,6
Drobnica	2,2	2,2	1,9	1,9	1,9	1,9	2,2	2,2
Opakowania zwrotne	1,3	0,9	1,5	1,0	1,4	1,0	1,3	0,9

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study

Kolejnym wskaźnikiem był wskaźnik transportochłonności przewozów, który określono jako stosunek czasu pracy pojazdów do masy przewiezionego ładunku. Średnie jego wartości przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Wskaźnik transportochłonności na przestrzeni lat 2019–2022

Figure 5. Transport intensity index over the period 2019–2022

Źródło: opracowanie własne.

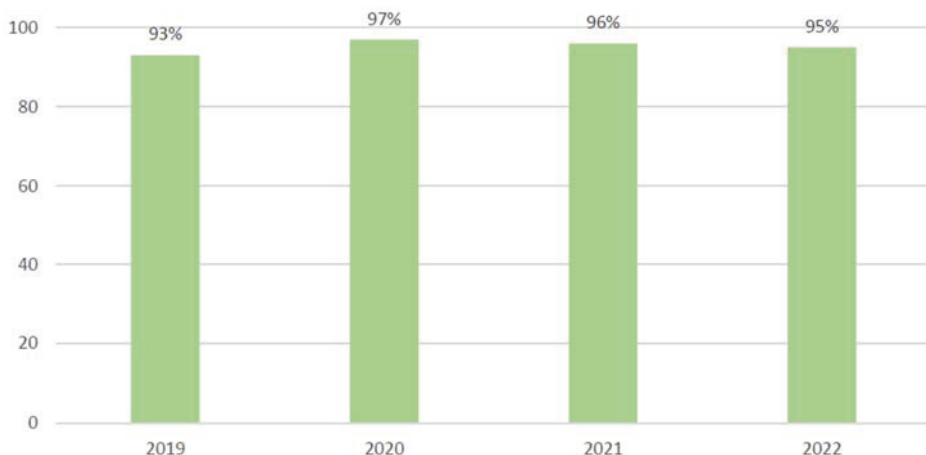
Source: own study.

Stwierdzono, że w latach 2019–2022 wystąpiły niewielkie zmiany w transportochłonności realizowanych przewozów. W trakcie pandemii wskaźnik ten dla wszystkich omawianych towarów różnił się o $0,1 h \cdot t^{-1}$ w porównaniu do lat przed i po pandemii koronawirusa. W przypadku tego wskaźnika pandemia oraz konflikt zbrojny nie miały wpływu na efektywność realizowanych przewozów.

Ostatnim, ale bardzo istotnym wskaźnikiem oceny efektywności realizowanych przewozów była niezawodność transportu. Jest to wskaźnik mający szczególnie znaczenie w ocenie logistycznych łańcuchów dostaw.

Na rysunku 6 przedstawiono średnią wartość wcześniej wymienionego wskaźnika. Na podstawie zebranych danych stwierdzono, że wskaźnik ten w analizowanych latach utrzymywał się na wysokim poziomie – powyżej 90%. Jednak to w 2020 roku

przedsiębiorstwo osiągnęło najlepsze wyniki w kwestii niezawodności transportu, określonej jako stosunek liczby terminowo wykonanych przewozów do liczby wszystkich przewozów, wrazonej w ujęciu procentowym.



Rysunek 6. niezawodność zrealizowanych procesów transportowych na przestrzeni lat 2019–2022
Figure 6. Reliability of realized transportation processes over the period 2019–2022

Źródło: opracowanie własne.
Source: own study.

W początkowej fazie pandemii COVID-19 wysoki wynik niezawodności zrealizowanych procesów transportowych, wynoszący 97%, można tłumaczyć niepewnością związaną z trudnościami w przewidywaniu zmian popytu na usługi transportowe. Ta niepewność przyczyniła się do mniejszej liczby zleceń od kontrahentów, co z kolei ułatwiło utrzymanie terminowości dostaw do klientów.

Podsumowanie i wnioski

Podsumowując, należy stwierdzić, że zarówno pandemia COVID-19, jak i rozwijający się konflikt zbrojny miał istotny wpływ na efektywność realizacji procesów transportowych w wybranej firmie. Wpływ ten dotyczył zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio funkcjonowania firmy w czasie pandemii. Czynniki te wymusiły dostosowanie się przedsiębiorstwa do nowych warunków i podjęcia odpowiednich działań w celu utrzymania wysokiej jakości usług transportowych oraz stabilności w realizacji przewozów, pomimo ogromnych trudności związanych z ich realizacją. Na podstawie przeprowadzonej analizy oraz wyliczonych wskaźników logistycznych sformułowano następujące wnioski:


1. **Pandemia wywołana wirusem SARS-CoV-2 oraz rozpoczęty konflikt zbrojny** zdecydowanie wpłynęły na czas realizacji zleceń transportowych w wybranej firmie. Nie miał natomiast wpływu na przebieg ładowny oraz masę przewiezionych ładunków.

2. Pandemia w latach 2020–2021 przyczyniła się do zmiany w kosztach transportu ładunków w analizowanej firmie. Odnotowano wyraźny ich wzrost w analizowanym okresie.
3. Okres pandemii oraz konfliktu zbrojnego miał niewielki wpływ jakością realizowanych usług w wybranej firmie. Świadczy o tym wyższy poziom wskaźnika niezawodności transportu w latach 2021–2022 w porównaniu do 2019 roku, przed pandemią.

Bibliografia

- Al-Awadhi A.M., Alsaifi K., Al-Awadhi A., Alhammadi S., 2020: Death and Contagious Infectious Diseases: Im-pact of the COVID-19 Virus on Stock Market Returns, *Journal of Behavioral and Experimental Finance* 27, 100326, <https://www.doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100326>
- Andersen K.G., Rambaut A., Lipkin W.I., Holmes E.C., Garry R.F., 2020: The proximal origin of SARS-CoV-2, *Nature Medicine* 26, 450–452, <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>
- Bao X., Ji P., Lin W., Perc M., Kurths J., 2021: The impact of COVID-19 on the worldwide air transportation network, *Royal Society Open Science* 8, 210682, <https://doi.org/10.1098/rsos.210682>
- Brach J., Pawłowska M. Wojtowski B., 2021: Wybrane aspekty usprawniania dostaw w logistyce ostatniej mili. Wyzwania dla współczesnych miast, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Brząkała M., 2022. Wpływ pandemii oraz ataku Rosji na Ukrainę na logistykę ostatniej mili z uwzględnieniem rozwoju zachowań konsumentkich oraz globalnych łańcuchów dostaw, [w:] B. Chrapaczyńska, M. Świrad (red.), *Funkcjonowanie biblioteki naukowej w zmieniającym się otoczeniu społecznym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław, 25–39.
- Czech K., Wielechowski M., Kotyza P., Benešová I., Laputková A., 2020: Shaking Stability: COVID-19 Impact on the Visegrad Group Countries' Financial Markets, *Sustainability* 12, 6282, <https://doi.org/10.3390/su12156282>
- De Vos J., 2020: The effect of COVID-19 and subsequent social distancing on travel behavior, *Transportation Re-search Interdisciplinary Perspectives* 5, 100121, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100121>
- Drożdż J., Mroczek R., 2020: Przemysł spożywczy – rozwój w warunkach zmian otoczenia zewnętrznego, *Przemysł Spożywczy* 8, 6–13.
- Espitia A., Rocha N., Ruta M., 2020: COVID-19 and Food Protectionism. The Impact of the Pandemic and Export Restrictions on World Food Markets, *World Bank Policy Research Working Paper* 9253, World Bank, Washington.
- Fatmi M.R., 2020: COVID-19 impact on urban mobility, *Journal of Urban Management* 9, 270–275, <https://doi.org/10.1016/j.jum.2020.08.002>
- Fertsch M. (red.), 2006: *Słownik terminologii logistycznej*, Wydawnictwo Instytutu Logistyki i Magazynowania, Poznań.
- Galińska B., Rybińska K., 2014: Istota procesów transportowych w przedsiębiorstwach branży spożywczej. *Logistyka*. Tom 3, Politechnika Łódzka, Wydział Organizacji i Zarządzania, Łódź.

- GUS, 2022: Przewozy ładunków i pasażerów w 2021 roku, [źródło elektroniczne] <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/transport-i-lacznosc/transport/przewozy-ladunkow-i-pasazerow-w-2021-roku,11,10.html>, [dostęp: 25.04.2023].
- Kłostowska Ż., 2022: UNCTAD: Wojna na Ukrainie zakłóca globalne łańcuchy dostaw, [źródło elektroniczne] <https://www.gospodarkamorska.pl/unctad-wojna-na-ukrainie-zaklaca-globalne-lancuchy-dostaw-65105> [dostęp: 25.04.2023].
- Kuczyńska-Chałada M., 2021: Logistyka przedsiębiorstwa w obliczu zmian wywołanych sytuacją kryzysową, *Gospodarka Materiałowa i Logistyka* (1), 34–40.
- Pakulniewicz M., 2022: Wojna na Ukrainie oznacza nowe problemy w łańcuchach dostaw. Kto ucierpi najbardziej?, [źródło elektroniczne] <https://trans.info/pl/wojna-na-ukrainie-moze-zaklóc-lancuchy-dostaw-276586> [dostęp: 25.04.2023].
- PKO Bank Polski SA, 2021: Trendy Sektorowe [źródło elektroniczne] https://www.pkobp.pl/media_files/abd8c084-f846-4184-81a8-c7f541eebe0d.pdf?srsId=AfmBOor-tCQ9KP7vt-CayCjHDLmPocqKZO-iBaSBd4xwvq1t-upveWo4o [dostęp: 25.04.2023].
- Poliński J., Ochociński K., 2021: Wpływ pandemii COVID-19 na funkcjonowanie pasażerskiego transportu kolejowego, *Problemy Kolejnictwa* 190, s. 31–43.
- Pomykała A., 2021: Zmiany na rynku transportowym w erze COVID-19. Pierwszy rok pandemii, *Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP* 2(123), s. 315–323.
- Smyk S., 2016: *Obsługa logistyczna*, Wydawnictwo Akademii Obrony Narodowej, Warszawa.
- Spyra Z., 2008: *Kanały dystrybucji. Kształtowanie relacji*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa.
- Starkowski D., 2016: Analiza procesu przewozowego na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa transportowo-spedycyjnego podczas przewozu truskawek. Część II – teoretyczne zasady planowania operacji przewozowej, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe* 6, 1547.
- Starkowski D., Bińczak K., Zwierzycki W., 2010: *Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy. Kompendium wiedzy praktycznej. Tom III. Środowisko pracy kierowcy*. Wydawnictwo SYSTHEM TECHNIK, Poznań.
- Strange R., 2020: The 2020 COVID-19 pandemic and global value chains, *Journal of Industrial and Business Economics* 47, 455–465.
- Szczepaniak I., Ambroziak Ł., Drożdż J., Mroczek R., 2020: Przemysł spożywczy w obliczu pandemii COVID-19, *Przemysł Spożywczy* 74(5), 2–7.
- Taleb N., 2014: *Czarny łabędź. O skutkach nieprzewidywalnych zdarzeń*. Warszawa: Kurhaus.
- Transport i Logistyka Polska [TiLP], SpotData, 2022: *Transport drogowy w Polsce 2021+*, [źródło elektroniczne] <https://tlp.org.pl/wp-content/uploads/2022/04/raport.pdf> [dostęp: 25.04.2024].
- Twaróg J., 2003: *Mierniki i wskaźniki logistyczne*. Instytut Logistyki i Magazynowania EAN Polska, Poznań, s. 62–66

Jarosław W. Przybytniowski, Barbara Kusto , Paweł Dziekański
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Ubezpieczenia jako forma transferu ryzyka ekologicznego w jednostkach samorządu terytorialnego


Insurance as a Form of Transferring Ecological Risk in Local Government Units

Synopsis. Współcześnie ryzyko związane z ekologią – czy samymi zmianami klimatycznymi – nabiera szczególnego znaczenia. Rozwój cywilizacyjny przyczynił się bowiem do wyklarowania wielu potencjalnych zagrożeń niewystępujących w przeszłości. Jedną z płaszczyzn, na której materializuje się aktualnie ryzyko, jest środowisko, co związane jest z degradacją przyrody, skażeniem rzek, zanieczyszczeniem powietrza, klęskami klimatycznymi. Skutki finansowe tego ryzyka są ogromne. Jest to duże wyzwanie zarówno dla administracji publicznej, przedsiębiorstw, jak i samorządu terytorialnego. Ochrona ubezpieczeniowa jest jedną z metod, która umożliwi jednostkom samorządu terytorialnego finansowanie skutków pojawiających się zagrożeń ekologicznych. Celem opracowania jest ocena wykorzystania ubezpieczeń majątkowych jako narzędzia transferu ryzyka ekologicznego w jednostkach samorządu terytorialnego. Badania zostały przeprowadzone na podstawie analizy dokumentacji ogólnych warunków ubezpieczenia (OWU) zakładów ubezpieczeń majątkowych (Dział II), raportów Polskiej Izby Ubezpieczeń (PIU) i Komisji Nadzoru Ubezpieczeń (KNF). Uzyskane wyniki wskazują, że wobec rosnących zagrożeń związanych z klimatem i degradacją środowiska naturalnego samorządy terytorialne w niewystarczającym stopniu wykorzystują ubezpieczenia jako metodę transferu ryzyka, a tym samym ograniczenia wydatków związanych z zapobieganiem jego skutkom.

Słowa kluczowe: ryzyko ekologiczne, samorząd terytorialny, zarządzanie ryzykiem, zrównoważony rozwój, ubezpieczenia ekologiczne

Abstract. Nowadays, the risk related to ecology – or climate change itself – is gaining particular importance. Industrial development has contributed to the emergence of many potential threats that did not occur in the past. One of the areas in which

Jarosław W. Przybytniowski – Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Prawa i Nauk Społecznych, Instytut Zarządzania; e-mail: jaroslaw.przybytniowski@ujk.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0001-6164-2953>

 **Barbara Kusto** – Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Prawa i Nauk Społecznych, Instytut Zarządzania; e-mail: barbara.kusto@ujk.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0001-6848-2569>

Paweł Dziekański – Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Prawa i Nauk Społecznych, Katedra Ekonomii i Finansów; e-mail: pawel.dziekanski@ujk.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0003-4065-0043>

risk currently materializes is the environment, which is related to the degradation of nature, contamination of rivers, air pollution, and climate disasters. The financial consequences of these threats are enormous. This is a major challenge for public administration, enterprises, and local governments. Insurance coverage is one method that allows local government units to finance the effects of emerging ecological threats. The aim of the study is to assess the use of property insurance as a tool for transferring ecological risk in local government units. The research was conducted based on the analysis of the documentation of general insurance conditions (OWU) of property insurance companies (Section II), reports of the Polish Insurance Chamber (PIU), and the Insurance Supervision Commission (KNF). The obtained results indicate that, in view of the growing threats related to climate and environmental degradation, local governments do not sufficiently use insurance as a method of transferring risk and thus limit expenses related to preventing its effects.

Key words: ecological risk, local government, risk management, sustainable development, ecological insurance

Kody JEL : G22, G32; P56, H7

Wstęp

Jednostki samorządu terytorialnego (JST), realizując powierzone im zadania, są narażone na wiele rodzajów ryzyka, zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych. Identyfikacja ryzyka oraz dobór właściwych metod zapobiegania mu w samorządach terytorialnych powinna być procesem ciągłym. Wiąże się to ze zmieniającymi się uwarunkowaniami zewnętrznymi i wewnętrznymi, generującymi często nowe, dotąd nieznanne ryzyko. Rodzajem ryzyka, z którym JST spotykają się coraz częściej, jest ryzyko ekologiczne. Rozwój cywilizacyjny przyczynił się do wyklarowania wielu potencjalnych zagrożeń (społecznych, politycznych, gospodarczych i zdrowotnych) niewystępujących w przeszłości. Jedną z płaszczyzn, na której materializuje się aktualnie ryzyko, jest środowisko, co związane jest z degradacją przyrody, skażeniem rzek, zanieczyszczeniem powietrza, klęskami klimatycznymi. Działania naprawcze w środowisku są kosztowne i długotrwałe. Zlekceważenie tego tematu może skutkować znacznymi komplikacjami finansowymi. Prawidłowe zidentyfikowanie rodzaju ryzyka, a następnie właściwie prowadzona polityka związana z jego zarządzaniem może zminimalizować lub nawet wyeliminować niepożądane skutki. Ochronę finansową dla samorządów terytorialnych w sytuacji pokrycia skutków finansowych nieoczekiwanych zdarzeń losowych, w tym związanych ze skutkami ryzyka ekologicznego, zapewniają ubezpieczenia. Ochrona ubezpieczeniowa jest jedną z metod umożliwiających eliminowanie obaw związanych z finansowaniem skutków zajścia niekorzystnych zdarzeń losowych oraz minimalizację ich negatywnych następstw. Zasadniczym celem opracowania jest ocena wykorzystania ubezpieczeń majątkowych jako narzędzia transferu ryzyka ekologicznego w jednostkach samorządu terytorialnego. W tym celu dokonano przeglądu i analizy ogólnych warunków ubezpieczenia (OWU) 13 zakładów ubezpieczeń, oraz zawartych umów ubezpieczeń ekologicznych przez JST w latach 2016–2021.

Ryzyko ekologiczne w samorządzie terytorialnym

Ryzyko i niepewność stanowią nieodłączne elementy funkcjonowania każdej organizacji, w tym także jednostek samorządu terytorialnego. Konieczne jest minimalizowanie jego negatywnej roli oraz wykorzystanie jego pozytywnych możliwości. Zadania te powinny być wykonywane przez analizę i kontrolę czynników ryzyka, ich monitorowanie oraz odpowiednią reakcją na zidentyfikowane zagrożenia i szanse, a więc zarządzanie ryzykiem. W zielonej gospodarce środowisko naturalne pełni funkcje produkcyjne (stanowiąc bazę surowcową dla gospodarki i społeczeństwa), wspierając pochłanianie zanieczyszczeń i składowanie odpadów, stanowiąc przestrzeń życiową dla ludzi (która określa jakość ich życia), a także stanowiąc miejsce działania przedsiębiorstw. Postęp gospodarczy promuje zrównoważony i niskoemisyjny rozwój. Zapewnia postęp społeczny i zrównoważony rozwój środowiska. Zastosowany obecnie model gospodarowania zasobami nie jest zrównoważony i szkodzi środowisku [Dziekański i in. 2023]. By ten postęp mógł być w sposób niezachwiany realizowany, należy mieć na uwadze prawdopodobieństwo występowania różnego rodzaju ryzyka, w tym ekologicznego, jak też mieć umiejętność zarządzania ryzykiem.

Problematyka ryzyka jest od lat podejmowana na polu różnych dyscyplin naukowych. W ekonomii pojęcie to wiązane jest z działaniami rynkowymi (potencjalnego zysku lub straty). Nauki medyczne koncentrują się wokół prawdopodobieństwa wystąpienia jakiegoś zjawiska (np. choroby), podobnie do innych dziedzin przyrodniczych. Psychologia wskazuje na indywidualne sposoby percepcji i wynikające z nich stany emocjonalne oraz postawy. Ryzyko ma wiele interpretacji, które są często używane do opisanego zagrożenia dla konkretnej osoby, środowiska lub działalności gospodarczej. Jajuga pojęcie ryzyka przedstawia w dwojaki sposób. Pierwsze podejście do ryzyka jest negatywne. Ryzyko traktuje jako zagrożenie, czyli prawdopodobieństwo, że zakładany efekt nie zostanie uzyskany. Drugie podejście dostrzega możliwość osiągnięcia efektu innego niż oczekiwany, wtedy ryzyko traktowane jest jako szansa i zagrożenie [Jajuga 2007]. Jennison określił definicję ryzyka jako niepewność związaną ze zdarzeniem lub działaniem, które wpłynie na zdolność organizacji do realizacji celów jej działalności [Jennison 2010]. Jeśli spojrzymy na definicję ryzyka z punktu widzenia funkcjonowania samorządu terytorialnego, to według Poniatowicz [2010] rodzaje ryzyka występujące w JST wykazują wieloaspektowość i złożoność problematyki związanej z zagrożeniami o charakterze prawnym, ekonomicznym, organizacyjnym i politycznym. Skutki owych zagrożeń mogą wpłynąć negatywnie nie tylko na realizację celów samorządu, ale również na jego aktywa, a także mogą zakłócić procesy ekonomicznego i efektywnego wykorzystania zasobów. Charakter i skala ryzyka w działalności samorządu terytorialnego wynika ze specyfiki sektora finansów publicznych. Dlatego też, gdy mamy na uwadze samorząd terytorialny, ryzyko zwykle kojarzy się nam negatywnie, tj. ze stratami, niebezpieczeństwem, dodatkowymi kosztami powstającymi na skutek wystąpienia zdarzenia, podejmowania działań lub zaniechania działań, co powoduje zakłócenie osiągnięcia celów i realizacji zadań [Hajdas i Wieteska 2021]. Patrząc na ryzyko poprzez pryzmat działalności JST, należy pamiętać, że w przeciwieństwie do sektora prywatnego jego działalność jest w dużym stopniu obarczona regulacjami prawnymi. Wpływa to w sposób znaczny na usztywnienie gospodarki w obszarze dysponowania środkami finansowymi.

Wiele klasyfikacji ryzyka, z uwagi na ich specyfikę, można odnieść do działalności JST. Podstawowy podział wyróżnia ryzyko systematyczne (*systemic risk*) i specyficzne (*unsystemic risk*). Pierwszy rodzaj stanowi wynik działania sił zewnętrznych, niepodlegających kontroli podmiotu narażonego na ryzyko. Przykładem tego ryzyka są zmiany pogody, sytuacja polityczno-gospodarcza, masowe bezrobocie. Zjawiska te wywierają wpływ na podmioty, ale są od nich niezależne. Drugi rodzaj, specyficzny, to niepewność co do efektu działań, wynikająca ze specyfiki samego podmiotu, w tym przypadku jednostki samorządu terytorialnego. Źródłami przedmiotowego ryzyka mogą być m.in. nadmierne zadłużenie, ograniczone środki budżetowe, itp. [Hajdas i Wieteska 2021]. Inny podział ryzyka w odniesieniu do JST dzieli go na finansowe i niefinansowe. Pierwszy rodzaj ryzyka w sposób bezpośredni wpływa na sytuację finansową jednostki, ten drugi zaś ma wpływ pośredni. Mogą to być takie rodzaje ryzyka jak: rynkowe, operacyjne, kredytowe, w procedurach przetargów publicznych, zdarzeń losowych, informatyczne [Poniatowicz 2010]. Skutki takich rodzajów ryzyka mają najczęściej charakter finansowy. Z wielości zagrożeń, jakie napotyka samorząd terytorialny w realizacji swych zadań, wynika konieczność właściwego zarządzania ryzykiem w JST, czyli określenie i identyfikacja zdarzeń, oraz planowanie działań zabezpieczających, mających na celu przeciwdziałanie i/lub minimalizowanie skutków i szkód, jakie mogą powstać [Dylewski i in. 2006]. W szerokim znaczeniu zarządzanie ryzykiem jest to system metod i działań zmierzających do podejmowania optymalnych decyzji. Z kolei w wąskim znaczeniu to podejmowanie działań skierowanych na ograniczenie wpływów zewnętrznych, nieprzewidywalnych czynników na organizację [Williams i in. 2002, Dorfman 2007]. Istnieje kilka możliwych reakcji władz samorządowych na zidentyfikowane ryzyko. Thoys [2010] wyróżnia trzy grupy metod i instrumentów służących do identyfikacji ryzyka:

- unikanie ryzyka – prowadzenie działalności w sposób ograniczający do minimum lub całkowicie eliminujący możliwość wystąpienia ryzyka,
- redukcja ryzyka – podejmowanie działań, które zmniejszą prawdopodobieństwo zaistnienia określonego ryzyka,
- transfer ryzyka – przeniesienie ryzyka na inny podmiot, który jest gotów to ryzyko ponieść w zamian za opłatę; samorząd może w tym celu zastosować między innymi metodę zarządzania ryzykiem, jaką jest ubezpieczenie.

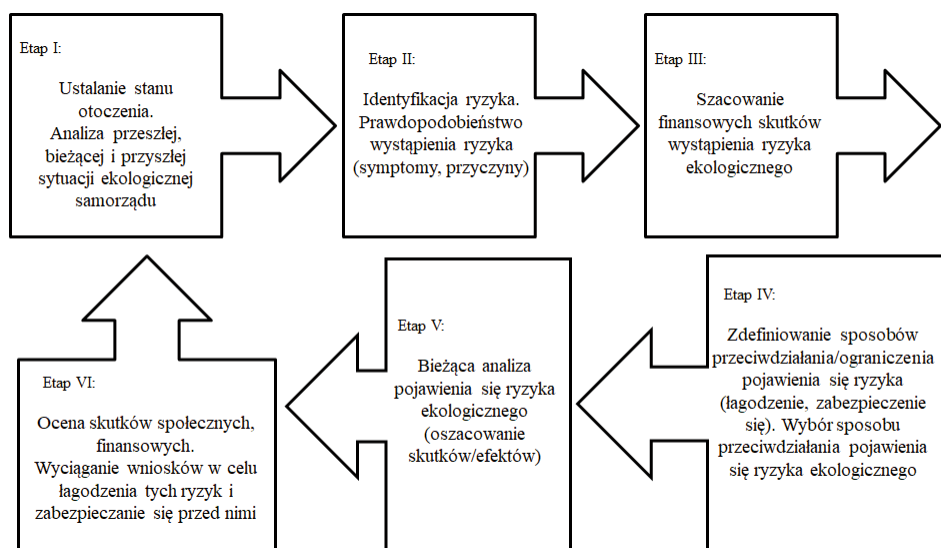
Skuteczne zarządzanie ryzykiem w jednostkach samorządu terytorialnego wymaga działania w sposób ciągły i planowy (rys. 1).

Jednym z typów ryzyka, z którym musi zmierzyć się samorząd terytorialny, jest współczesny problem zmian klimatu i związane z tym ryzyko ekologiczne (rys. 2).

Rodzaje ryzyka ekologicznego związane są z działaniami, których skutki wywołują niekorzystne zmiany w środowisku naturalnym i różnią się znacząco zakresem oraz stopniem oddziaływania. Mogą to być zjawiska nagłe, awarie, wypadki, a także zjawiska długookresowe, jak niszczenie infrastruktury budowlanej wskutek osuwania się ziemi. Według Maśniak [2003] źródłami ryzyka ekologicznego są: korzystanie ze środowiska, wprowadzanie w nim zmian, działanie naturalnych sił przyrody oraz stosowanie instrumentów prawno-administracyjnych. Według raportu opracowanego przez Międzynarodowy Zespół ds. Zmian Klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*)

skutki zmieniającego się klimatu odczuwamy już teraz, jednak w kolejnych dekadach staną się one dla nas jeszcze bardziej dotkliwe [Nauka dla Przyrody 2021]. W związku z różnorodnością rodzajów ryzyka ekologicznego można dokonać ich podziału i wyróżnić ryzyko ekologiczne *sensu stricto* (ryzyka środowiskowe), czyli możliwość pogorszenia się poziomu jakości środowiska, naruszenia równowagi przyrodniczej lub wystąpienia klęski żywiołowej, oraz ryzyka *sensu largo* obejmujące ryzyko zdrowotne, kulturowe, materialne i finansowe.

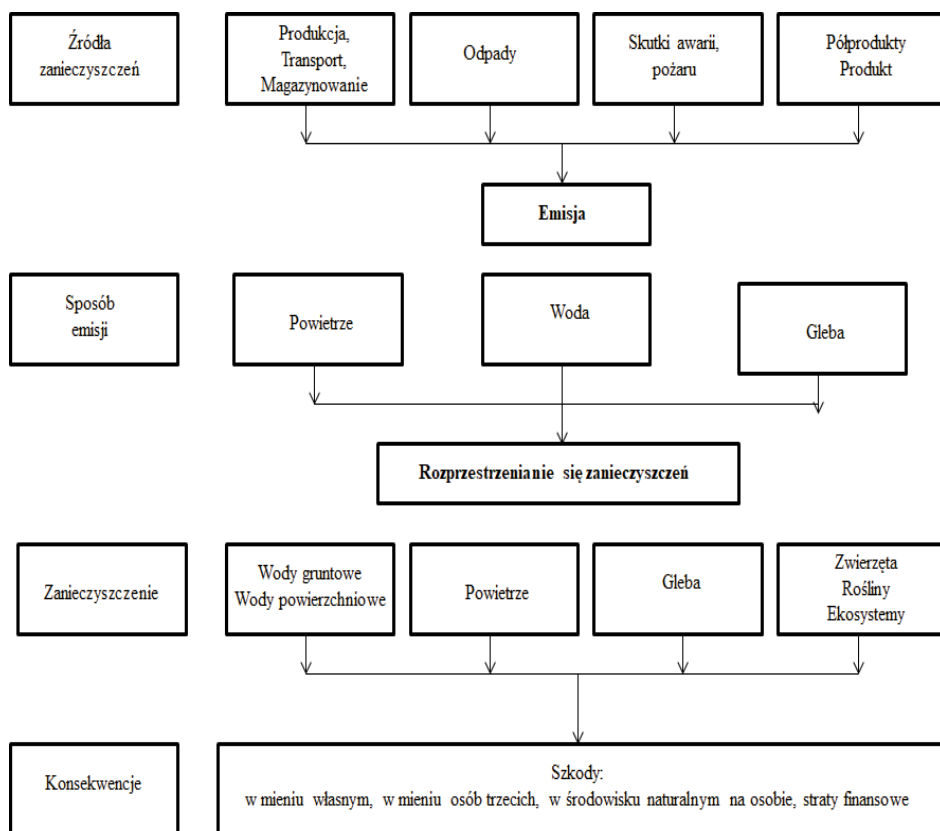
Z pojęciem ryzyka ekologicznego wiąże się zjawisko szkody ekologicznej. Są to negatywne skutki środowiskowe spowodowane nadmiernym zanieczyszczeniem komponentów środowiska: powietrza, wody i gleby lub zmianami w ekosystemach. [Frank i Schlenker 2016]. Mając na uwadze ogólne warunki ubezpieczenia (OUW), szkoda ekologiczna może być traktowana jako szkoda w środowisku – niszczenie lub naruszenie dóbr naturalnych, będących elementami środowiska, szkoda na osobie – śmierć, uszkodzenie ciała, naruszenie zdrowia, na mieniu – zniszczenie lub uszkodzenie wartości rzeczowych, mienia konsumpcyjnego bądź produkcyjnego, oraz utrata korzyści [Ranson 2014, Pizer and Sexton 2019]. Analizując istotę szkody ekologicznej, należy zwrócić uwagę na fakt, że często brak jest możliwości kompensacji szkody w odniesieniu nie tylko do konkretnych osób, ale także i przedmiotów. Tym samym w obowiązującym



Rysunek 1. Planowe podejście do zarządzania ryzykiem ekologicznym w samorządzie terytorialnym
Figure 1. A planned approach to ecological risk management in local government

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Thoyts 2010, s. 289–290, Filipiak 2011, s. 319–320, Przybytniowski 2013, s. 41–52, Kata 2015, s. 58].

Source: prepared based on [Thoyts 2010, pp. 289–290, Filipiak 2011, pp. 319–320, Przybytniowski 2013, pp. 41–52, Kata 2015, p. 58].



Rysunek 2. Ryzyka ekologiczne i ich następstwa w środowisku naturalnym
 Figure 2. Ecological risks and their consequences in the natural environment

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Przybytniowski 2013, s. 41–52].
 Source: own study based on [Przybytniowski 2013, pp. 41–52].

prawie istnieje zasada, że „zanieczyszczający płaci”. Zasada ta oznacza, że za szkody wywołane w środowisku odpowiedzialność finansową ponosi ich sprawca [Adamowicz 2004]. Biorąc pod uwagę koszty finansowe związane z naprawą tych szkód, należy zwrócić uwagę na ubezpieczenia ekologiczne jako istotny instrument umożliwiający ich pokrycie. Ubezpieczenie ekologiczne jest istotnym ekonomicznym instrumentem stwarzającym, po pierwsze – możliwość minimalizacji społecznych kosztów ochrony środowiska, a po drugie – uzupełniającym bądź wzmacniającym działanie narzędzi prawnych i administracyjnych. Należy w tym miejscu pamiętać, że funkcją i celem ubezpieczeń ekologicznych powinna być odpowiedzialność ekologiczna podmiotów gospodarczych. W związku z tym, ubezpieczyciele powinni przejmować na siebie część odpowiedzialności, przez oferowanie podmiotom odpowiedniego zakresu ubezpieczenia, a tym samym pokrycia kosztów związanych z ryzykiem ekologicznym.

Ubezpieczenia jako metoda finansowania skutków ryzyka ekologicznego

W celu ograniczenia szkód i skutków ryzyka ekologicznego JST powinny podejmować działania zmierzające do:

- rozpoznania otoczenia, przy uwzględnieniu mocnych i słabych stron,
- określenia ryzyka akceptowalnego dla środowiska,
- systematycznego monitorowania i definiowania zagrożeń ekologicznych,
- właściwego podejmowania decyzji inwestycyjnych związanych z tymi zadaniami,
- wyboru odpowiednich źródeł finansowania (np. wybór odpowiedniej umowy ubezpieczenia).

W ofercie zakładów ubezpieczeń dla JST najczęściej występują ubezpieczenia:

- mienia: budynki urzędów, placówek oświatowych, ośrodków zdrowia, domów kultury, remiz i świetlic; budowli oraz obiektów wielofunkcyjnych: stadionów, boisk, placów zabaw, sieci wodociągowych i kanalizacyjnych, dróg, mostów; urządzeń, maszyn, wyposażenia (w tym księgozbiorów), środków obrotowych; nakładów inwestycyjnych; sprzętu elektronicznego (stacjonarnego oraz przenośnego); mienia prywatnego pracowników oraz mienia członków Ochotniczej Straży Pożarnej (OSP);
- od odpowiedzialności cywilnej: kompleksowe ubezpieczenie zapewniające pokrycie finansowe roszczeń jakie wpłyną do JST w związku z wykonywaniem zadań lub posiadaniem mienia; w mieniu wynajmowanym; przez pracowników OSP w czasie akcji i ćwiczeń oraz inne rozszerzenia do umowy ubezpieczenia uzgodnione z władzami jednostki samorządowej; funkcjonariuszy państwowych podczas wykonywania powierzonych im czynności; pracowników z tytułu wypadków przy pracy;
- następstw nieszczęśliwych wypadków: urzędnicy, sołtysi, dzieci w placówkach szkolnych, kulturalnych, świetlicach oraz członkowie OSP;
- komunikacyjne – OC, AC, Assistance: dla pojazdów własnych, samochodów specjalnych OSP oraz „gimbusów”. Zawarto w nich także regulacje związane z zagrożeniami ekologicznymi.

Przesłanki związane z pojawieniem się ryzyka ekologicznego i jego następstw zostały uregulowane w wielu aktach prawnych m.in. w ustawach: o działalności ubezpieczeniowej i reasekuracyjnej [Dz. U. 2015 poz. 1844, z późn zm.]; o ubezpieczeniach obowiązkowych, Ubezpieczeniowym Funduszu Gwarancyjnym i Polskim Biurze Ubezpieczycieli Komunikacyjnych [Dz. U. 2003 Nr 124 poz. 1152 z późn. zm.]. Ponadto, kwestie te regulują także inne akty prawne między innymi: ustawa o pomocy społecznej [Dz.U. 2004 nr 64 poz. 593 z późn. zm.]; o systemie ubezpieczeń społecznych [Dz.U. 1998 nr 137, poz. 887, z późn zm.]; ustawa Prawo geologiczne i górnicze [Dz.U. z 5 sierpnia 2011 Nr 163 poz. 98].

Na podstawie przytoczonych aktów prawnych można wyróżnić dwa rodzaje odpowiedzialności ekologicznej – odpowiedzialność za potencjalne zagrożenia ekologiczne oraz „udowodnioną winę” (odpowiedzialność wynikająca z przepisów kodeksu cywilnego). Istnieją trzy możliwości ubezpieczenia od odpowiedzialności cywilnej za szkody ekologiczne powodowane działalnością gospodarczą [Annan 2015]. Są to:

- ubezpieczenia od odpowiedzialności cywilnej za szkody ekologiczne będące następstwem sytuacji nagłych, awaryjnych,

- ubezpieczenia od odpowiedzialności cywilnej za potencjalne zagrożenia ekologiczne,
- dobrowolne i obowiązkowe ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej za rzeczywiste, bądź potencjalne szkody ekologiczne, które mogą się pojawić w wyniku długotrwałego oddziaływania podmiotu gospodarczego, i którego to oddziaływanie w ustaleniu zależności przyczynowo-skutkowych jest trudne lub niemożliwe.

Ubezpieczenia od odpowiedzialności cywilnej za szkody wyrządzone w środowisku, powinny odróżniać trzy rodzaje szkód:

- straty i szkody, które powstają w środowisku na skutek ryzyka katastroficznego – naturalnego,
- straty i szkody, które powstają w środowisku na skutek ryzyka katastroficznego związanego z czynnikiem ludzkim,
- straty i szkody, które powstają w środowisku, mimo prawidłowej eksploatacji i konserwacji urządzeń użytkowanych w środowisku.

Na podstawie wcześniej wymienionych ustaw został wprowadzony obowiązek zabezpieczenia finansowego roszczeń z tytułu wystąpienia negatywnych skutków w środowisku oraz potencjalnych szkód w środowisku, co jest ujęte w pozwoleniu na korzystanie ze środowiska wydawanemu podmiotowi gospodarczemu. Zabezpieczenia te mogą mieć formę polisy ubezpieczeniowej. Polskie firmy ubezpieczeniowe w ramach dobrowolnych ubezpieczeń odpowiedzialności cywilnej proponują: klauzulę nagłego, przypadkowego skażenia środowiska, jak też – klauzulę 72 godzin. Istnieje też możliwość zwiększenia udzielanej ochrony ubezpieczeniowej o odpowiedzialność cywilną ubezpieczającego za szkody rzeczowe spowodowane:

- wydzielaniem, rozrzucaniem, uwolnieniem lub wydobywaniem się dymu,
- oparów sadz, wyziewów, kwasów, zasad, trujących substancji chemicznych i innych,
- mogących spowodować skażenie lub zanieczyszczenie do ziemi lub jej powierzchni lub do jakiegokolwiek strumienia, rzeki, kanału czy zbiornika wodnego, pod warunkiem między innymi, że przyczyna tych zdarzeń jest nagła, niespodziewana i niezależna od woli ubezpieczającego.

Umowa ubezpieczenia nie zawsze gwarantuje poszkodowanym pełne odszkodowanie za zniszczenia i uszczerbek, jakiego doznali. Instrument ten pozwala jednak na zwiększenie presji odpowiedzialności przez zanieczyszczających, jak też – ma funkcję bodźcową do zmniejszania zanieczyszczeń przez sprawcę (na przykład stosowanie bezpieczniejszych technologii). Należy przy tym pamiętać, że odpowiedzialność ekologiczna zakładów ubezpieczeń wynika przede wszystkim z funkcji prawnej i ekonomicznej [Muller i Mandelsohn 2009, Schlenker i Walker 2015]. Mając powyższe na uwadze, bezpieczeństwo ekologiczne (prawne i ekonomiczne) oznacza taki stan stosunków społecznych i sposobów organizacji współpracy międzyregionalnych, które nie tylko ograniczają czy eliminują zagrożenia ekologiczne, ale również promują pozytywne działania, np.: poprzez właściwą ocenę ryzyka, czyli ustalenie właściwej odpowiedzialności prawnej, finansowej, związanej z wyborem odpowiedniej oferty ubezpieczenia [Przybytniowski 2023]. Tym samym przy wyborze umowy ubezpieczenia jako jednej z metod związanej z planowanymi przedsięwzięciami inwestycyjnymi, mającymi wpływ na z ochroną środowiska, i prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka ekologicznego, przedstawiciele zakładów ubezpieczeń kierują się przede wszystkim, odpowiedzialnością prawną, a w konsekwencji efektywnością ekonomiczną (np. prawdopodobieństwo zaistnienia ryzyka ekologicznego na terenach zalewowych). Wiąże się to z właściwym

zarządzaniem ryzykiem ekologicznym, które rozumie się jako proces związany z szacowaniem ryzyka oraz implementację zrównoważonych metod dla zmniejszenia prawdopodobieństwa lub konsekwencji wystąpienia tego zdarzenia. By ten proces mógł przebiegać prawidłowo, muszą być podejmowane następujące działania: zapobieganie (prewencja i ochrona), przygotowanie – przewidywanie i systemy wczesnego ostrzegania, reagowanie na wypadek kryzysu, odbudowa [Przybytniowski 2019].

Materiał i metody

Celem opracowania jest ocena wykorzystania ubezpieczeń majątkowych jako narzędzia transferu ryzyka ekologicznego w JST. W tym celu dokonano przeglądu i analizy ogólnych warunków ubezpieczenia (OWU) 13 zakładów ubezpieczeń, oferujących umowy ubezpieczenia dla JST, a także zawartych przez JST umów ubezpieczeń ekologicznych w latach 2016–2021. Do badań przyjęto taki okres badawczy, gdyż pierwsze dokładne analizy tych zjawisk w raportach KNF pojawiły się w 2016 roku, a zakończenie prezentacji danych na 2021 roku jest spowodowane opóźnieniem w dostępie do danych. Dane prezentowane w raportach KNF i PIU – ukazują się z rocznym, a nawet dwuletnim opóźnieniem.

Analiza produktów ubezpieczeniowych dla JST została przeprowadzona na podstawie następujących kryteriów:

- zakres ochrony ubezpieczeniowej – rodzaje zdarzeń losowych, których wystąpienie powoduje odpowiedzialność ubezpieczyciela,
- przedmiot ochrony ubezpieczeniowej – rodzaj chronionych zasobów lub odpowiedzialności cywilnej,
- charakter czasowy zdarzenia i jego skutków – parametr charakterystyczny dla podejmowania przez zakłady ubezpieczeń ryzyka ekologicznego.

Dokonując analizy rynku usług ubezpieczeń ekologicznych oferowanych dla JST, uwaga została skupiona na kryterium zakresu ryzyka, objętego przez wybrane produkty zakładów ubezpieczeń majątkowych. Analizując dostępność usług ubezpieczeniowych, przeanalizowano OWU 13 spółek akcyjnych (S.A.) i towarzystw ubezpieczeń wzajemnych (TUW). Do tych zakładów należą: PZU S.A., TUR Warta S.A., TUW TUW, TU Generali S.A., TU Compensa S.A., TU Interrisk S.A, Ergo Hestia SA., Compensa SA., TUiR Allianz Polska SA, UNIQA SA, Wiener TU S.A., Link 4 TU SA, Signal Iduna SA.

Wyniki badań i dyskusja

Rynek ubezpieczeń majątkowych w Polsce w ostatniej dekadzie znacznie się rozrósł i poszerzył działalność o usługi zapobiegające ryzyku ekologicznemu. Analizując dostępność usług ubezpieczeniowych od ognia i innych zdarzeń losowych stwierdzono, że jednaście z badanych podmiotów oferuje takie ubezpieczenia. Tyle samo zakładów uwzględnia ochronę przed szkodami górnictwami. Ponadto, pięć podmiotów chroni przed działaniami energii jądrowej lub zniszczeniami radioaktywnymi, a trzech ubezpieczycieli oferuje produkty biorące pod uwagę szkody powstałe w wyniku robót ziemnych, gradu, śniegu, deszczu na skutek złego stanu technicznego. Spośród badanych zakładów

ubezpieczeń majątkowych pod kątem ubezpieczenia typu *all risk* tylko siedem podmiotów oferuje te usługi. Ponadto cztery zakłady gwarantują ubezpieczenia przeciw zalaniu przez opady atmosferyczne, jeżeli zalanie nastąpiło z powodu złego stanu dachu. Ochronę w przypadku eksplozji zapewniają trzy zakłady ubezpieczeń. Najmniej popularnymi usługami są ubezpieczenia szkód powstałych bezpośrednio lub pośrednio w związku z działaniem lawiny lub fali lawinowej oraz szkód spowodowanych działaniem prądu elektrycznego. Kolejny rodzaj ubezpieczeń – ubezpieczenia techniczne – budowlano-montażowe – oferuje dziewięciu ubezpieczycieli na trzynaście zbadanych podmiotów. Ubezpieczenia komunikacyjne podzielone zostały na ubezpieczenia od odpowiedzialności cywilnej i autocasco. Mając na uwadze pierwszy rodzaj ubezpieczenia, większość z nich chroni przed szkodami związanymi z transportem towarów niebezpiecznych. Wśród 13 badanych zakładów osiem zapewnia ochronę przed szkodami wyrządzonymi w środowisku naturalnym oraz działaniami sił przyrody. Z Kolei ubezpieczenia autocasco w odniesieniu do ochrony przed ryzykiem ekologicznym prezentuje 11 spośród 13 badanych podmiotów. Ponadto odpowiednio sześć podmiotów ubezpieczeniowych gwarantuje zabezpieczenie przed szkodami powstałymi wskutek działania skażenia radioaktywnego. Dwa zakłady ubezpieczeń chronią przed szkodami wywołanymi działaniami promieni laserowych oraz pola magnetycznego lub elektromagnetycznego. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 1.

Odnosząc się do celu opracowania, dokonano analizy zawieranych umów ubezpieczeń ekologicznych jako jednej z metod współfinansowania ryzyka ekologicznego. Od wielu lat trwają szeroko zakrojone badania, które monitorują występowanie negatywnych w skutkach zjawisk pogodowych [PIU 2023]. Susza stanowi poważne zagrożenie dla Polski. W badanym okresie zakłócone zostało w sposób znaczny odbudowywanie się zasobów wodnych. Wbrew różnym opiniom jest ono wynikiem intensywnych susz z lat 80. i 90. XX wieku. Zagrożeniu ekstremalną suszą towarzyszy wzrost prawdopodobieństwa gwałtownych zdarzeń o charakterze lokalnym. W latach 2016–2021 zakłady ubezpieczeń zgłosiły do UKNF 273 zdarzenia UKNF 2023, które oceniły jako katastroficzne (tab. 2). Wyplaciły z ich tytułu 3,622 mld PLN odszkodowań. Największe zniszczenia były spowodowane przez deszcze nawalne, podtopienia, burze, gradobicia i huragany. Aż 60% odnotowanych powodzi w Polsce jest pochodzenia opadowego. Większość powodzi regionalnych czy ogólnokrajowych powstaje na skutek intensywnych opadów zwłaszcza na południu Polski, gdzie ukształtowanie terenu (wyżyny i górzysty) umożliwia uformowanie się fali powodziowej. Problem powodzi coraz częściej dotyczy także miast. W czerwcu 2021 roku w Poznaniu miała miejsce ulewa, która w ciągu 30 min. Osiągnęła intensywność 64 l/mkw. Podobną sytuację odnotowano w 2022 i 2024 roku w Warszawie i dwukrotnie w 2024 roku w Kielcach, gdzie normalnie taka ilość wody powinna spaść podczas całego miesiąca. Miasta szczególnie narażone są na poważne skutki powodzi, a co za tym idzie na zagrożenia ekologiczne. Z kolei, należy wziąć pod uwagę, że w Polsce ubezpieczenia osób fizycznych od ryzyka katastrof naturalnych są stosunkowo powszechne. Ponad 71% budynków jednorodzinnych ubezpieczonych jest od huraganu, a 63% od ryzyka powodzi. W samorządach natomiast problem przedstawia się zgoła inaczej.

Skalę problemów powodowanych przez katastrofy naturalne, które skutkowały zagrożeniami ekologicznymi w Polsce, można zobrazować za pomocą wysokości

Tabela 1. Niebezpieczeństwa i zakres ochrony przed ryzykiem ekologicznym oferowanych przez zakłady ubezpieczeń majątkowych dla JST

Table 1. Dangers and scope of protection against ecological risks offered by property insurance companies for local government units

Rodzaj ubezpieczenia	Niebezpieczeństwa zagrażające zasobom JST specyficzne dla ryzyka ekologicznego	Ubezpieczyciele
Ubezpieczenie odpowiedzialności cywilnej (OC) urządzeń elektrycznych, technicznych i elektronicznych	<ul style="list-style-type: none"> – zanieczyszczenie lub zniszczenie środowiska, – uderzenie pioruna, – oddziaływanie energii jądrowej, promieni laserowych, maserowych, promieniowania jonizującego, pola magnetycznego lub elektromagnetycznego lub skażenia radiomagnetycznego, – działanie temperatury, gazów, oparów, wilgoci, dymów, – emisja, wyciek, uwolnienie, lub inna forma przedostania się do powietrza, gruntu i wody jakichkolwiek substancji niebezpiecznych. 	<p>Generali SA Compensa SA PZU SA Interreks SA TUiR Warta SA Ergo Hestia SA</p>
Ubezpieczeń mienia od ognia i innych zdarzeń losowych	<ul style="list-style-type: none"> – działanie energii jądrowej, lub zanieczyszczenie radioaktywne, – szkody górnicze lub powstałe w wyniku robót ziemnych, – grad, śnieg, deszcz, próby ciśnieniowe instalacji tryskaczowej, huragan, woda gruntowa lub nieoczyszczone rynny dachowe i rury spustowe, lub z niewłaściwie zabezpieczonym odpływem, – zalanie mienia, oddziaływanie promieniowania jonizującego, pola elektromagnetycznego lub magnetycznego, promieni laserowych lub maserowych, skażenie lub zanieczyszczenie środowiska, – skażenia lub zanieczyszczenia środowiska, lub mienia odpadami przemysłowymi, długotrwałe, – naturalne osuwanie się, osiadanie i przemieszczanie się gruntu, erozji morskiej albo rzecznej, – powódź, uderzenie pioruna. 	<p>PZU SA Ergo Hestia SA Compensa SA Generali SA Interrisk SA TUR Warta SA TUiR Allianz Polska SA TUW TUW UNIQA SA TU Europa SA Wiener TU S.A.</p>
Ubezpieczenie <i>all risk</i>	<ul style="list-style-type: none"> – szkody górnicze, zalanie przez wody morskie w następstwie sztormu, przyływu, tsunami, przerwania tam, – działanie wiatru, modyfikacje genetyczne, – warunki atmosferyczne, brak zabiegów konserwacyjno-remontowych, – prace budowlane lub montażowe, zawalenie, zapadnięcie, wyniesienie, spękanie, skurczenie lub ekspansja elementów konstrukcji budynków lub budowli, – osuwanie się, osiadanie i przemieszczania gruntu, eksplozja, śnieg, lód, przemieszczanie się pojazdów, – powódź, uderzenie pioruna, – wyciek stopionego materiału, dymów, oparów lub innych wyziewów powstałych w trakcie procesów technologicznych, – zmiany i wahania w poziomie wody gruntowej, – wadliwe projekty, materiały, wykonanie lub wady ukryte, – zwarcie, samonagrzanie, upływy prądu elektrycznego, przeciążenia, – elektryczna lub mechaniczna awaria maszyn, aparatów lub urządzeń technicznych, – lawina. 	<p>Interrisk SA PZU SA TUiR Warta SA Ergo Hestia SA Generali SA Signal Iduna SA TU Europa SA</p>

cd. tabeli 1
cont. table 1

Rodzaj ubezpieczenia	Niebezpieczeństwa zagrażające zasobom JST specyficzne dla ryzyka ekologicznego	Ubezpieczyciele
Ubezpieczenie odpowiedzialności cywilnej (OC) zawartych w ubezpieczeniach technicznych – budowlano-montażowych	<ul style="list-style-type: none"> – azbest, dioksyny, formaldehydy, – produkt wadliwy lub niebezpieczny, – trzęsienie ziemi, – skażenie czy zanieczyszczenie odpadami przemysłowymi, – działanie energii jądrowej, promieniowania jonizującego, pola elektromagnetycznego lub magnetycznego, skażenie radioaktywne, promieniowanie laserowe lub maserowe, – skażenie lub zanieczyszczenie środowiska, – ogień i /lub wybuch, 	<ul style="list-style-type: none"> PZU SA Generali SA Interrisk SA Ergo Hestia SA Compensa SA TUiR Allianz Polska SA TUiR Warta SA UNIQA SA TU Europa SA
Ubezpieczenie obowiązkowe odpowiedzialności cywilnej (OC) komunikacyjnej	<ul style="list-style-type: none"> – szkody w środowisku naturalnym, – szkody ekologiczne, – reakcje jądrowe, promieniowanie jądrowe lub skażenie promieniotwórcze, – substancje radioaktywne, – działanie energii jądrowej, promieniowania jonizującego, promieni laserowych, – broń chemiczna, biologiczna, biochemiczna lub energomagnetyczna, – substancje chemiczne, biologiczne, biochemiczne lub fale elektromagnetyczne, – transport towarów niebezpiecznych, – działania siły przyrody, klęski żywiołowe, – azbest. 	<ul style="list-style-type: none"> PZU SA Ergo Hestia SA Compensa SA Generali SA Interrisk SA TUR Warta SA TUiR Allianz Polska SA TUW TUW UNIQA SA TU Europa SA Wiener TU S.A. Link 4 TU SA
Ubezpieczenie komunikacyjnych AC	<ul style="list-style-type: none"> – użycie pojazdu do transportu towarów niebezpiecznych, – niewłaściwe załadowanie, przewożenie i rozładowanie ładunku lub bagażu, – warunki atmosferyczne, – utrata paliwa lub materiałów eksploatacyjnych, – trzęsienie ziemi, – działanie energii jądrowej, skażenia radioaktywnego, promieni laserowych lub maserowych, pola magnetycznego lub elektromagnetycznego, – wadliwy dobór lub montaż instalacji gazowej. 	<ul style="list-style-type: none"> PZU SA Ergo Hestia SA Compensa SA Generali SA Interrisk SA TUR Warta SA TUiR Allianz Polska SA TUW TUW UNIQA SA Wiener TU S.A. Link 4 TU SA

Źródło: opracowanie własne na podstawie [OWU zakładów...].

Source: own study based on [OWU zakładów...].

wypłacanych z tego tytułu odszkodowań, która w 2021 roku wyniosła 994 mln EUR, a w 2022 roku o blisko 10% więcej. Straty, jakie poniosła Polska w wyniku zmian klimatycznych w ostatnich 40 latach, szacuje się na ponad 16 mld EUR, z kolei dla całej UE jest to kwota 487 mld EUR. Kluczowe liczby dotyczące katastrof naturalnych, pociągających za sobą powstanie ryzyka ekologicznego w UE: 170 – liczba katastrof naturalnych w 2021 roku, 159 mld EUR – to luka między stratami z powodu katastrof naturalnych a stratami ubezpieczonych w 2021 roku, 7368 – to liczba bezpośrednich ofiar śmiertelnych i kalectw katastrof naturalnych w 2021 roku, 39,9% – to średni procent ubezpieczonych strat w latach 1980–2021, 497 mld EUR – to straty, jakie poniosły wszelkie kraje będące członkami UE, w następstwie zmian klimatycznych w ostatnich 40 latach

Tabela 2. Rodzaje katastrof naturalnych, które wystąpiły w danym roku (zgłoszonych przez samorządy terytorialne z tytułu zawartych ubezpieczeń)

Table 2. Types of natural disasters that occurred in a given year (reported by local governments under insurance policies)

Rok	Kategoria zdarzenia	Liczba zdarzeń	Wartość szkód 'w mln PLN
2016	deszcze, grad, huragany, deszcze nawalne, podtopienia, burze	30	289
	złe przezimowanie upraw i przymrozki wiosenne	3	438
	pozostałe obsunięcie/zapadnięcie ziemi)	1	1
2017	deszcze, grad, huragany, deszcze nawalne, podtopienia, burze	45	428
	złe przezimowanie upraw i przymrozki wiosenne	2	54
	pożary	5	3
2018	deszcze, grad, huragany, deszcze nawalne, podtopienia, burze	14	102
	złe przezimowanie upraw i przymrozki wiosenne	2	89
	deszcze, grad, huragany, deszcze nawalne, podtopienia, burze	38	289
2019	złe przezimowanie upraw i przymrozki wiosenne	3	136
	pożary	3	26
	pozostałe (uaktywnione osuwiska)	1	10
2020	deszcze, grad, huragany, deszcze nawalne, podtopienia, burze	55	562
	złe przezimowanie upraw i przymrozki wiosenne	4	198
	pozostałe (wejście na mieliznę w wyniku złych warunków pogodowych)	1	2
2021	deszcze, grad, huragany, deszcze nawalne, podtopienia, burze	62	970
	pożary	2	10
	pozostałe	2	15

Źródło: opracowanie na podstawie [PIU 2023].

Source: study based on [PIU 2023].

oraz 16 mld EUR – to straty, jakie poniosła tylko Polska w wyniku zmian klimatycznych w ostatnich 40 latach, co stanowi 3,22% ogółu strat, jakie poniosły wszelkie kraje będące członkami UE [PIU 2023].

Z analizy danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że liczba zdarzeń, katastrof naturalnych zgłoszonych przez samorządy w latach 2016–2021 zwiększyła się, zwłaszcza w latach 2020–2021. A co za tym idzie, zwiększyły się też wypłaty z tytułu zawartych umów. Biorąc pod uwagę powyżej przytoczone fakty, potrzeby w tym zakresie będą się zwiększać.

Mając powyższe na uwadze, z punktu widzenia samorządu terytorialnego, zastosowanie ubezpieczenia jako jednej z metod finansowania ryzyka ekologicznego, a tym samym metody kontroli i transferu ryzyka na zakłady ubezpieczeń, można zauważyć zarówno wady, jak i zalety. W głównej mierze do zalet można zaliczyć:

- przeniesienie zobowiązań na zakład ubezpieczeń;
- relatywnie niski koszt (składka ubezpieczeniowa) transferu ryzyka w odniesieniu do ewentualnych strat związanych z realizacją danego ryzyka;
- transfer ryzyka wzmocniony gwarancjami prawnymi i ekonomicznymi;
- pomoc przedstawiciela zakładu ubezpieczeń w cenie ryzyka występującego na terenie samorządu terytorialnego;

- wzmocnienie działań prewencyjnych zalecanych przez przedstawicieli zakładu ubezpieczeń, w celu ograniczenia występowania ryzyka.

Z kolei, gdy mówimy o wadach, to należy mieć na uwadze, że zawsze ma to charakter odpłatny, co wiąże się z dodatkowymi wydatkami z budżetu JST. Ponadto, samorządy terytorialne jako podmioty sektora finansów publicznych podlegają ustawie Prawo zamówień publicznych. W związku z tym mają obowiązek stosowania trybu przetargowego przy wyborze oferty ubezpieczenia, a co za tym idzie wyboru zakładu ubezpieczeń. A taka procedura zajmuje wiele czasu.

Wnioski

Samorząd terytorialny, realizując powierzone mu zadania, jest narażony na ryzyko wynikające z różnorodności nieprzewidzianych zjawisk i działań, które mogą wywołać negatywne skutki w jego funkcjonowaniu. Zidentyfikowanie rodzaju ryzyka, a następnie właściwie prowadzona polityka zarządzania nimi może zminimalizować, a nawet wyeliminować niepożądane następstwa szkód. Celem opracowania była ocena wykorzystania ubezpieczeń majątkowych jako narzędzia transferu ryzyka ekologicznego w jednostkach samorządu terytorialnego. Mając na uwadze cel badań, stwierdzono, że prawidłowo przeprowadzona analiza potencjalnych rodzajów ryzyka, ich identyfikacja, jak też procedura wyboru zakładu ubezpieczeń, skutkuje wyborem odpowiedniej ochrony ubezpieczeniowej. W wyniku przeprowadzonej analizy sformułowano kilka wniosków.

1. Liczba zdarzeń, katastrof naturalnych zgłoszonych przez samorządy w latach 2016–2021 zwiększyła się prawie dwukrotnie w stosunku do 2016 roku. Skutkiem tego było zwiększenie wypłat odszkodowań z umów ubezpieczenia o ponad 27%. Głównymi zagrożeniami, z jakimi spotyka się samorząd: to pożary, deszcze nawalne, huragany, podtopienia i burze. Nieznaczna część odnosi się do tzw. pozostałych szkód jak obsunięcia czy zapadnięcia ziemi
2. Ryzyko ekologiczne, w tym związane ze zmianami klimatu, będzie występowało coraz częściej. Jest to potężne wyzwanie dla samorządu terytorialnego, który będzie musiał mierzyć się ze skutkami tych zdarzeń, zwłaszcza finansowymi. Będą zatem wzrastać wydatki w tym obszarze. Wobec niedostatecznych środków finansowych, jakimi dysponują samorządy, będą one zmuszone poszukiwać innych metod zabezpieczenia się przed tymi skutkami. Jedną z nich są ubezpieczenia.
3. W ofercie produktów i usług firm ubezpieczeniowych adresowanych do samorządu terytorialnego znajdują się takie, które dotyczą ochrony przed ryzykiem ekologicznym. Wśród nich można wyróżnić m.in.: zanieczyszczenie lub zniszczenie środowiska, azbest, dioksyny, formaldehydy; produkt wadliwy lub niebezpieczny; skażenie czy zanieczyszczenie odpadami przemysłowymi; działania siły przyrody, klęski żywiołowe.
4. Wobec rosnących zagrożeń związanych z klimatem i degradacją środowiska naturalnego samorządy terytorialne w niewystarczającym stopniu wykorzystują ubezpieczenia jako metodę transferu ryzyka, a tym samym ograniczają wydatki zwią-

zane z zapobieganiem skutkom zagrożeń. Liczba takich zdarzeń w 2021 roku w stosunku do 2016 roku wzrosła o ponad 49%.

5. W polityce ekologicznej ubezpieczenia gospodarze jako metoda ograniczania skutków finansowych katastrof ekologicznych stwarzają możliwość minimalizacji społecznych kosztów ochrony środowiska, a także wzmacniają działanie narzędzi prawnych i administracyjnych.

Mając na uwadze przeprowadzone badania i osiągnięte wyniki, można stwierdzić, iż założony cel opracowania został zrealizowany.

Z przeprowadzonej analizy wynikają rekomendacje dla samorządów, aby na bieżąco monitorować pojawiające się ryzyko, by w każdej chwili móc reagować na wszelkie zmiany, jakie zachodzą w otoczeniu i zabezpieczać się przed niepożądanymi skutkami zdarzeń. Ponadto samorządy powinny w większym stopniu wykorzystywać ubezpieczenia jako formę transferu ryzyka, by minimalizować skutki finansowe ryzyka ekologicznego.

Opracowanie może być inspiracją do prowadzenia i publikowania dalszych badań, mających na celu, wdrażanie efektywności planowania budżetów związanych z przeciwdziałaniem skutkom występowania ryzyk ekologicznych w warunkach konkretnej jednostki terytorialnej.

Bibliografia

- Adamowicz M., 2004: Integration of agricultural and environmental policies as a way for sustainable development of rural areas, CEESA – Central and Eastern European Sustainable Agriculture, [źródło elektroniczne] www.ceesa.de/NitraPapers/Adamowicz.pdf [dostęp: 29.12.2024].
- Annan F., Schlenker W., 2015: Federal crop insurance and the disincentive to adapt to extreme heat, *American Economic Review* 1055, 262–266.
- Dorfman M., 2007: Introduction to Risk Management and Insurance, 9th Ed., Hoboken, New Jersey.
- Dziekański P., Wyszowski A., Prus P., Pawlik A., Maitah M., Wrońska M., 2023: Zero Waste as a Determinant of Shaping Green Economy Processes on the Example of Communes of Eastern Poland in 2010–2020, *Energies* 16, 19, <https://doi.org/10.3390/en16010019>
- Dziekański, P., Popławski, Ł., Sułek, A., i Mínguez Vera, A. 2024: Kształtowanie zrównoważonej energii w gospodarce o obiegu zamkniętym. Studium przypadku krajów UE i bloku zachodniego 2013–2020, *Economics and Environment* 89(2), 1–14, <https://doi.org/10.34659/eis.2024.89.2.808>
- Filipiak, B. 2011: *Finanse samorządowe. Nowe wyzwania bieżące i perspektywiczne*, Difin, Warszawa.
- Frank E.G., Schlenker W., 2016: Balancing economic and ecological goals, *Science* 353, 651–652, <https://doi.org/10.1126/science.aaf9697>
- Hajdas D., Wieteska S., 2021: Ubezpieczenie jako forma transferu ryzyka jednostek samorządu terytorialnego, *Finanse i Prawo Finansowe*, 1(29), 43–44.
- Jajuga K., 2007: *Koncepcja ryzyka i proces zarządzania ryzykiem – wprowadzenie*, [w:] Zarządzanie ryzykiem, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- Jennison B., 2010: Zarządzanie ryzykiem w sektorze publicznym, Ministerstwo Finansów, Warszawa.
- Kata R., 2015: Ryzyko finansowe w kontekście zadłużenia jednostek samorządu terytorialnego w Polsce, *Optimum, Studia Ekonomiczne* 4(76), 58.
- Maśniak D., 2003: *Ubezpieczenia ekologiczne*, Zakamycze, Kraków.
- Muller N.Z., Mendelsohn R., 2009: Efficient pollution regulation: getting the prices right, *American Economic Review* 99(5), 1714–1739, <https://doi.org/10.1257/aer.99.5.1714>.
- Nauka dla Przyrody, 2021: Aktualizacja Narodowej Strategii Ochrony Owadów Zapyłających, [źródło elektroniczne] <https://naukadlaprzyrody.pl/2022/02/28/raport-miedzyrzadowego-panelu-ds-zmian-klimatu-czesc-druga/aktualizacja> [dostęp: 18.10.2024].
- OWU zakładów ubezpieczeń majątkowych, [źródło elektroniczne] https://www.knf.gov.pl/?articleId=87285&p_id=18 [dostęp: 29.12.2024].
- Pizer W.A., Sexton S., 2019: The distributional impacts of energy taxes, *Review of Environmental Economics and Policy* 13(1), 104–123.
- Polska Izba Ubezpieczeń [PIU], 2023: *Klimat rosnących strat. Rola ubezpieczeń w ochronie klimatu i w transformacji energetycznej*, Warszawa, [źródło elektroniczne] https://piu.org.pl/wp-content/uploads/2023/07/PIU-raport-klimatyczny-2023_27-lipca_premiera.pdf [dostęp: 07.09.2024].
- Poniatowicz M., 2010: Transfer ryzyka jako instrument zarządzania ryzykiem w jednostkach samorządu terytorialnego, [w:] S. Flejterski, A. Szewczuk, M. Kogut-Jaworska (red.), *Znaczenie samorządu terytorialnego dla rozwoju regionalnego w Polsce, Niemczech i na Ukrainie*, VI Forum samorządowe i międzynarodowe forum samorządowe, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego* nr 620, *Ekonomiczne problemy usług* 61, 327–328.
- Przybytniowski J.W., 2013: *Konkurencyjność rynku usług pośrednictwa ubezpieczeniowego w Polsce*, Wydawnictwo Menedżerskie PTM, Warszawa.
- Przybytniowski J.W., 2019: *Współczesne funkcje i mechanizmy transmisji między sektorem ubezpieczeniowym a strefą realną gospodarki*, CeDeWu, Warszawa.
- Przybytniowski J.W., 2023: *Voluntary Insurance in the Process of Service Quality Improvement*, Wydawnictwo RYS, Poznań.
- Ranson M., 2014: Crime, weather and climate change, *Journal of Environmental Economics and Management* 67(3), 274–302, <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2013.11.008>
- Ronka-Chmielowiec W., 2002: *Ryzyko jako przedmiot ubezpieczenia*, [w:] W. Ronka-Chmielowiec (red.), *Ubezpieczenia. Rynek i ryzyko*, PWE, Warszawa, 133.
- Schlenker W., Walker R., 2015: Airports, air pollution, and contemporaneous health, *Review of Economic Studies* 83(2), 768–809, <https://doi.org/10.1093/restud/rdv043>
- Thoyts R., 2010: *Insurance. Theory and Practice*, Routledge, New York.
- UKNF, 2023: *Sprawozdanie z działalności Urzędu Komisji Nadzoru Finansowego oraz Komisji Nadzoru Finansowego w 2023 roku*, [źródło elektroniczne] https://www.knf.gov.pl/knf/pl/komponenty/img/Sprawozdanie_UKNF_KNF_2023R.pdf [dostęp: 29.12.2024].
- Ustawa z dnia 13 października 1998 r. o systemie ubezpieczeń społecznych [Dz.U. 1998 nr 137, poz. 887, z późn zm.].
- Ustawa z dnia 22 maja 2003 r. o ubezpieczeniach obowiązkowych, Ubezpieczeniowym Funduszu Gwarancyjnym i Polskim Biurze Ubezpieczycieli Komunikacyjnych [Dz.U. 2003 nr 124 poz. 1152 z późn. zm.].

- Ustawa z dnia 12 marca 2004 r. o pomocy społecznej [Dz.U. 2004 nr 64 poz. 593 z późn. zm.].
- Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. prawo geologiczne i górnicze [Dz.U. 2011 nr 163 poz. 981].
- Ustawa z dnia 11 września 2015 r. o działalności ubezpieczeniowej i reasekuracyjnej [Dz.U. 2015 poz. 1844, z późn. zm.].
- Yin J., Wang J., Wang C., Wang L., Chang Z. 2023: CRITIC-TOPSIS Based Evaluation of Smart Community Governance: A Case Study in China, *Sustainability* 15, 1923, 2–18.
- Williams C.A., Smith M.L., Young P.C., 2002: Zarządzanie ryzykiem a ubezpieczenia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Wu M., Zhan Y., Liu Y, Tian Y., 2022: Evaluation of the Effects of the Ecological Environmental Damage Compensation System on Air Quality, *y. Forests* 13, 982, 3–13, <https://doi.org/10.3390/f13070982>

Mohammed Sanusi Sadiq^{✉1}, **Invinder Paul Singh**²,
Muhammad Makarfi Ahmad³, **Buhari Bilyaminu**¹, **Bashir Sani Sanyinna**¹,
Zakari Fatima Saidu¹

¹ Federal University Dutse

² Swami Keshwanand Rajasthan Agriculture University

³ Bayero University Kano

Output Supply and Inputs Demand Elasticities of Small-Scale Onion Production in Nigeria's Kano State

Elastyczność podaży i popytu na nakłady produkcyjne w produkcji cebuli na małą skalę w nigeryjskim stanie Kano

Abstract. The presented study analyzed the structure of onion production in Nigeria's Kano State using a pseudo-profit function, a symmetric normalized quadratic profit function (translog), and constant elasticity of substitution. A multi-stage sampling technique was used to select a representative sample size of 132 respondents, and a well-structured questionnaire, complemented with an interview schedule, was used to elicit cross-sectional data. Both descriptive and inferential statistics were employed to achieve the specified objectives. Empirically, onion is a viable enterprise in the study area, and input substitution at various combination levels has a complementary effect. Furthermore, the change in the quantity supplied of onion is in conformity with the a priori expectation; the change in output supply is also in conformity with a priori expectations with respect to inputs costs – only seeds, NPK fertilizer, and petrol-engine oil exerted a significant influence. Nevertheless, profit

✉ **Mohammed Sanusi Sadiq** – Federal University Dutse, Department of Agricultural Economics and Agribusiness; e-mail: sadiqsanus30@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4336-5723>

Invinder Paul Singh – Swami Keshwanand Rajasthan Agriculture University, Department of Agricultural Economics; e-mail: drsinghip.eco@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1886-5956>

Muhammad Makarfi Ahmad – Bayero University Kano, Department of Agricultural Economics and Extension; e-mail: amakarfi@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4565-0683>

Buhari Bilyaminu – Federal University Dutse, Department of Agricultural Economics and Agribusiness; e-mail: bilyaminubuhari1@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-6187-0994>

Bashir Sani Sanyinna – Federal University Dutse, Department of Agricultural Economics and Agribusiness; e-mail: sarkinyakee@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7773-3796>

Zakari Fatima Saidu – Federal University Dutse, Department of Agricultural Economics and Agribusiness; e-mail: fatizahrazakar@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-7128-6359>

in onion production was influenced by output price, wage rate, NPK fertilizer, and petrol-engine oil. However, ten challenges hovered around onion production, viz. poor market information, climate change issues, inadequate public-private investment, and problems related to the land tenure system, among others. Therefore, to enhance output supply, the onus lies on policymakers to devise a realistic approach that will address the poor pricing efficiency of input prices in the study area.

Key words: structure, supply, demand, smallholder, onion, nigeria

Synopsis. Przedstawione badanie analizowało strukturę produkcji cebuli w stanie Kano w Nigerii, wykorzystując funkcję pseudozysku, symetryczną znormalizowaną kwadratową funkcję zysku (translog) oraz funkcję o stałej elastyczności substytucji. Zastosowano wieloetapową metodę doboru próby, w ramach której wybrano reprezentatywną grupę 132 respondentów. Dane przekrojowe pozyskano za pomocą starannie opracowanego kwestionariusza, uzupełnionego o wywiady. Do realizacji przyjętych celów badawczych wykorzystano zarówno statystyki opisowe, jak i wnioskowanie statystyczne. Z badań wynika, że uprawa cebuli stanowi opłacalną działalność w analizowanym regionie, a substytucja nakładów na różnych poziomach kombinacji ma efekt komplementarny. Ponadto zmiany w ilości podaży cebuli pozostają zgodne z wcześniejszymi założeniami teoretycznymi; podobnie zmiany w podaży produkcji pozostają zgodne z przewidywaniami względem kosztów nakładów — istotny wpływ wykazały jedynie: nasiona, nawóz NPK oraz olej do silników benzynowych. Zysk z produkcji cebuli był natomiast determinowany przez cenę produktu, stawkę wynagrodzeń, cenę nawozu NPK oraz cenę oleju silnikowego. W badaniu zidentyfikowano także dziesięć głównych barier rozwoju produkcji cebuli, w tym: niewystarczającą dostępność informacji rynkowej, problemy związane ze zmianami klimatycznymi, niewielkie zaangażowanie inwestycyjne sektora publicznego i prywatnego oraz trudności wynikające z systemu własności ziemi. W związku z tym, aby zwiększyć podaż produkcji, decydenci powinni opracować realistyczne strategie, które rozwiążą problem niewystarczającej efektywności cenowej nakładów w badanym regionie.

Słowa kluczowe: struktura, podaż, popyt, drobny rolnik, cebula, Nigeria

Kody JEL: Q12, D24

Introduction

Onions (*Allium cepa*) are a vital component of Nigeria's agricultural landscape – particularly in Kano State, where small-scale production plays a crucial role in both local consumption and regional economic activity. The production of onions in Kano State significantly contributes to the livelihoods of many rural households, providing both income generation and food security. However, the small-scale onion production sector in Kano State faces numerous challenges that impact its productivity and profitability. Among these challenges are the dynamics of output supply and input demand elasticities, which determine how responsive production levels are to changes in input prices and how input demands fluctuate with changes in output prices [Beckman et al. 2022, Vink et al. 2022].

Understanding the elasticities of output supply and input demand is essential for designing effective agricultural policies [Camara and Savard 2023], improving resource allocation [Sadiq et al. 2024a], and enhancing overall productivity in the onion farming sector. These elasticities provide insights into the efficiency of resource use, the sensitivity of production decisions to market conditions, and the potential impacts of policy interventions [Nainggolan et al. 2022, Wijetunga 2016]. While studies on agricultural production elasticities abound globally, there is a notable gap in empirical research specific to small-scale onion production in Kano State, Nigeria. Existing literature often overlooks the unique socio-economic and environmental factors that characterize onion farming in this region, making it imperative to conduct localized research that addresses these specifics.

This study aims to address this gap by empirically investigating the output supply elasticity and input demand elasticity of small-scale onion production in Kano State. Utilizing rigorous econometric methods and primary data collected through surveys, the research seeks to quantify the responsiveness of onion output to variations in production inputs such as labor, land, seeds, and fertilizer. Additionally, it will analyze how input demands respond to changes in input prices and other economic factors within the local context. The findings are expected to provide valuable insights for policymakers, agricultural extension services, and stakeholders involved in the onion production value chain in Kano State. By shedding light on the elasticities governing small-scale onion production, this research aims to inform evidence-based strategies that can promote sustainable agricultural development, enhance farmer livelihoods, and contribute to food security in the region. In summary, this study addresses a critical knowledge gap and aims to offer practical implications for enhancing the efficiency and resilience of small-scale onion production in Nigeria's Kano State. Succinctly, the broad objective was to analyze output supply and input demand elasticities of small-scale onion production in Nigeria's Kano State. The specific objectives were to: estimate the costs and returns to small-scale onion production; determine the input substitution in small-scale onion production; determine the output supply and input demand elasticities of small-scale onion production; and identify the challenges affecting small-scale onion production in the study area.

Literature review

Empirical Review

Empirical evidence highlights the responsiveness of small-scale farmers to changes in input prices and market dynamics, offering insights into productivity and resource allocation. For example, Hayati et al. [2024] explored input production elasticity among smallholder maize farmers in East Java, demonstrating that farmers adjust input use to optimize output and efficiency. This study underscores the broader relevance of elasticity analysis in agricultural contexts, including onion farming in Nigeria's Kano State, to enhance policy and economic interventions. Deribe et al. [2022] evaluated technical efficiency in irrigated onion production in Ethiopia's Central Rift Valley. Input elasticities were found to be inelastic, highlighting the need for better technological interventions.

Mgale [2020] explored price elasticity in Tanzanian onion markets, emphasizing the relationship between producer and market price transmission. Findings suggested significant inefficiencies in value chain integration. Omotesho et al. [2020] studied economic viability in onion production in Benin, reporting that farm size had the highest output elasticity, underlining its importance in achieving economies of scale. Alemu et al. [2018] examined technical efficiency in smallholder onion farming under Ethiopia's Koga Dam. Results indicated constant returns to scale and strong potential for resource reallocation. Bapari et al. [2016] analyzed the economic efficiency of onion production in Bangladesh, finding that seeds and fertilizers significantly impacted production output elasticity. This study underscores the role of input cost management in maximizing returns.

Shettima et al. [2016] assessed economic efficiency in Nigeria's vegetable production, identifying significant room for improving irrigation techniques and input allocations. Nigussie et al. [2015] focused on onion production under small-scale irrigation systems in Ethiopia. Results showed that educational attainment among farmers improved resource utilization and overall productivity. Haile [2015] investigated input elasticities in onion farming in Ethiopia's Kobo District. Findings revealed positive elasticity for inputs like urea and labor, indicating the potential for improving efficiency through resource optimization.

Theoretical Framework

The theoretical framework for analyzing the output supply and input demand elasticities in small-scale onion production is grounded in microeconomic principles of production and consumer behavior. The **production theory** postulates that farmers, as rational economic agents, aim to maximize output or profit given constraints such as input costs, technology, and resource availability. The elasticity of supply reflects the responsiveness of farmers to price changes, emphasizing how economic incentives influence production decisions.

The **demand theory for inputs** complements this by analyzing how input prices and availability affect the quantity of inputs utilized, such as seeds, fertilizers, and labor. This relationship is further framed within the **Cobb-Douglas production function**, which illustrates the marginal productivity of each input and the interplay of inputs in achieving optimal output.

Additionally, the **theory of duality in economics** enables the derivation of input demand functions based on the profit-maximization behavior of producers. This approach incorporates market dynamics, price mechanisms, and resource constraints, offering a comprehensive basis for examining elasticities. By situating the study within these theoretical constructs, the framework effectively captures the complexities of small-scale onion farming and its responsiveness to economic variables in Kano State.

Conceptual Framework

The conceptual framework for analyzing the output supply and input demand elasticities in small-scale onion production in Kano State is structured around the interaction of key variables: economic, agronomic, and institutional factors. It emphasizes the dynamic relationship between onion farmers' decisions, market conditions, and external influences.

1. **Input Factors** – inputs such as seeds, fertilizers, labor, water, and pesticides are central to production. Their availability and price influence input demand elasticity and affect output levels.
2. **Output Supply** – the quantity of onions produced depends on market price, production costs, and farmer responsiveness, captured through supply elasticity.
3. **Market Variables** – market price fluctuations, demand conditions, and value chain dynamics impact both input demand and output supply decisions.
4. **External Influences** – institutional support (e.g., subsidies, training, and market access), climatic conditions, and technology adoption act as moderating variables that shape production efficiency and elasticity responsiveness.
5. **Outcome Variables:** – key outcomes include changes in output levels, input utilization patterns, and overall profitability of onion farming.

This framework integrates economic theory with real-world considerations, guiding the study to evaluate how farmers' resource allocation decisions respond to external stimuli, thereby shaping the sustainability and growth of small-scale onion production in Kano State.

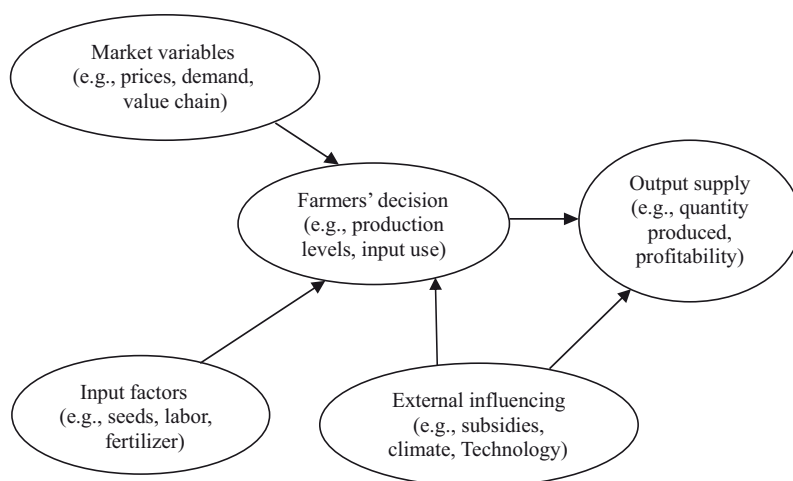


Figure 1. Conceptual framework for onion production analysis

Rysunek 1. Ramy koncepcyjne analizy produkcji cebuli

Source: own elaboration.

Źródło: opracowanie własne.

Research methodology

Kano State, located in northern Nigeria, is one of the country's most populous and economically significant states. It is known for its rich cultural heritage, historical significance, and vibrant agricultural sector. The state is bordered by Katsina State to the northwest, Jigawa State to the northeast, and Kaduna State to the southwest.

Its geographic coordinates range from approximately 11.5°N to 13.5°N latitude and 7.5°E to 9.5°E longitude (Fig. 2). Furthermore, the state exhibits diverse agro-ecological zones, including the Sudan savanna, Sahel savanna, and Guinea savanna. These zones are characterized by varying levels of rainfall, soil types, and vegetation cover, which influence agricultural production systems and cropping patterns within the state. Agriculture is the backbone of the economy in Kano State, employing a significant portion of the population and contributing substantially to the state's Gross Domestic Product (GDP). The state is known for its diverse agricultural activities, including crop cultivation, livestock rearing, and agro-processing industries. Onion production is a prominent agricultural activity in Kano State, with the state being one of the leading onion-producing regions in Nigeria. In other words, the state is renowned for its substantial onion production, with the cultivation of onions being a major economic activity for smallholder farmers in the region. The state's favorable agro-climatic conditions, including sandy soils, warm temperatures, and adequate rainfall during the rainy season, provide conducive environments for onion cultivation. Smallholder farmers play a significant role in onion production, employing traditional farming practices alongside modern techniques.

The state is characterized by a diverse mix of ethnic groups, including the Hausa, Fulani, Kanuri, and others, each with its unique cultural heritage and farming traditions. Traditional institutions, social networks, and community-based organizations play crucial roles in shaping agricultural practices, resource management, and collective decision-

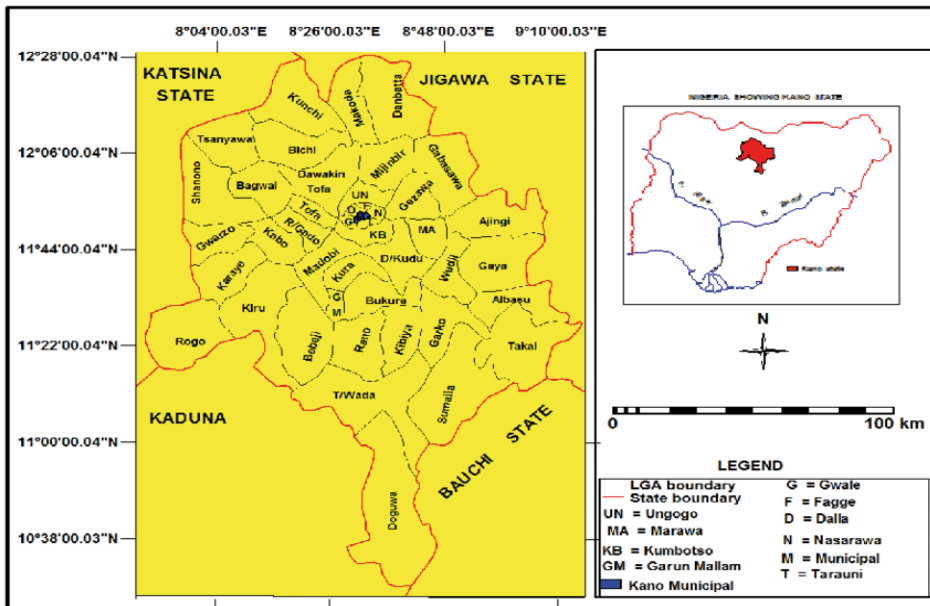


Figure 2. Map of Kano State
Rysunek 2. Mapa Kano State

Source: [Nwagbara 2015].
Źródło: [Nwagbara 2015]

Table 1. Sampling procedure and sample size
Tabela 1. Procedura pobierania próbek i wielkość próby

Zones	LGAs	Villages	Sample size
Zone I	Bebeji	Kiriya	4
		Babuda	4
		Dirbawa	4
		Dorawar Sallau	4
	Garun Malam	Kadawa	4
		Garin Babba	4
	Kura	Karfi	4
		Imawa	4
		Kura	4
	Rano	Jan Garu	4
		Rurum	4
		Sabuwar Kaura	4
	Dambatta	Diggol	4
		Gwanda	4
Zakirai		4	
Kasuwar Kuka		4	
Zone II	Kunchi	Zanchi	4
		Sabon Ruwa	4
		Dan Marke	4
	Makoda	Dunawa	4
		Koguna	4
		Baita	4
	Minjibir	Dan Madanho	4
		Wasai	4
		Gidan Gayawa	4
	Dawakin Kudu	Sarai	4
		Yan Baran	4
		Garin Dau	4
		Wudil	4
Zone III	Warawa	Katarkawa	4
		Dan Hawa Giwa	4
		Tsibiri	4
	Wudil	Lajawa	4
		Wudil	4
3	11	33	132

Source: KNADP and Reconnaissance survey, 2023

Źródło: KNADP i badanie rozpoznawcze, 2023

making processes within rural communities. Despite its agricultural potential, Kano State faces various challenges, including land degradation, water scarcity, pest and disease outbreaks, limited access to inputs and credit facilities, and inadequate infrastructure. However, the state also presents opportunities for innovation, investment, and sustainable development initiatives aimed at enhancing agricultural productivity, resilience, and environmental sustainability.

Using a multi-stage sampling technique, a total of 132 onion farmers constituted the sample size. Firstly, given the prevalence of onion cultivation in the state, all the stratified ADP (Agricultural Development Project) zones, namely Zones I (Rano), II (Dambatta), and III (Gaya), were adopted. Secondly, a proportionate sampling technique that adopted a scale of 30% was used to select the representative Local Government Areas (LGAs). Notably, given the high density of onion production in Zones I and II, all the LGAs totaling 27 constituted the sampling frame. In contrast, in Zone III, only 11 out of the 17 LGAs comprised the sampling frame, as the remaining six LGAs are metropolitan areas with little or no onion farming activities. Succinctly, from Zones I and II, and Zone III, four and three LGAs each were randomly selected, thus giving a total selection of 11 LGAs. Fourthly, from each of the selected LGAs, three villages were randomly selected. Lastly, due to the absence of a finite sampling frame of onion farmers, using a freelance survey, four farmers were randomly selected from each of the chosen villages, thus giving a total sample size of 132 farmers. Further, using an easy-cost route approach, a well-structured questionnaire coupled with an interview schedule was used to elicit cross-sectional data on onion production during the 2023 cropping (rainy) season. Objectives I, II, III, and IV were achieved using pseudo-profit function, constant elasticity of substitution (CES), symmetric normalized quadratic profit function (trans-log), and exploratory factor analysis complemented with Kendall's coefficient of concordance and k -means cluster model.

Empirical Model

Farm budgeting technique. The farm budgeting technique gives a blurb of enterprise's profitability. Following Sadiq et al. [2024a, b] the model is given below:

$$NFI = TR - TC$$

$$GM = TR - TVC$$

$$ROI = GM/TVC$$

$$ROCI = NI/TC$$

where:

TR – total revenue,

TC – total cost ($TVC + TFC$),

TVC – total variable cost;

TFC – total fixed cost,

ROI – return on Naira invested,

$ROCI$ – return on capital invested.

Constant Elasticity of Substitution (CES). Following Hanningsen and Hanningsen [2011], CES production with two inputs in its formal specification is as follows:

$$Y_i = \gamma \left[\delta X_1^{-\rho} + (1-\delta) X_2^{-\rho} \right]^{-\frac{v}{\rho}}$$

where:

Y_i – output quantity;

X_{1-2} – input quantities;

$\gamma \in [0, \infty]$ – determines the productivity;

$\delta \in [0, 1]$ – determines the optimal distribution of the inputs (optimal distribution parameter) ($0 < \delta < 1$);

$\rho \in (-1, 0) \cup (0, \infty)$ determines the (constant) elasticity of substitution (substitution parameter), which is $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ ($\rho \geq -1$)

$v \in [0, \infty]$ – is equal to the elasticity of scale (return to scale parameter).

For elasticity of substitution (σ), the following relationships between (σ) and (ρ) hold: $\sigma = \infty$, then ($\rho = -1$): CES takes a linear form and the inputs are perfect substitute so that the farmers have no special preference for any of the inputs.

$\sigma = 1$, then ($\rho = 0$): CES becomes a Cobb-Douglas function and expressed a perfect balance between substitution and complementary effects. It implies unity elasticity of substitution between the two inputs.

$\sigma = 1$, then ($\rho > 0$): CES becomes a production function with significant complementarity's effect between inputs.

$\sigma > 1$, then ($\rho < 0$): CES function shows inputs that are partial substitutes.

$\sigma = 0$, then ($\rho < \infty$): CES takes the form of a Leontief production function. This means that the optimal input combination or substitution in the production process does not depend on input prices but is fully determined by the parameters defining the production process.

The formal specification of CES for three inputs is as follows:

$$Y = \gamma \left(\sum_{i=1}^n \delta_i x_i^{-\rho} \right)^{-\frac{v}{\rho}}$$

$$\text{with } \sum_{i=1}^n \delta_i = 1$$

where:

n – the number of inputs,

X_{1-n} – the quantities of n inputs.

$$Y = \gamma \left[\delta (\delta_1 x_1^{-\rho} + (1-\delta_1) x_2^{-\rho})^{\rho/\rho} + (1-\delta) x_3^{-\rho} \right]^{-\frac{v}{\rho}}$$

The formal specification for CES production for four inputs is as follows:

$$Y = \gamma \left[\delta (\delta_1 x_1^{-\rho 1} + (1-\delta_1) x_2^{-\rho 1})^{\rho/\rho 1} + (1-\delta) (\delta_2 x_3^{-\rho 2} + (1-\delta_2) x_4^{-\rho 2})^{\rho/\rho 2} \right]^{-\frac{v}{\rho}}$$

Symmetric normalized quadratic profit function (trans-log)

$$\pi(p, z) = \sum_{i=1}^n \alpha_i p_i + \frac{1}{2} w^{-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} p_i p_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_{ij} p_i z_j + \frac{1}{2} w \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} z_i z_j$$

with π = profit, p_i = netput prices, z_i = quantities of fixed inputs, $w = \sum_{i=1}^n \theta_i p_i$ = price for normalization, θ_i = weights of prices for normalization, and $\alpha_i, \beta_{ij}, \delta_{ij}$ and γ_{ij} = coefficients to estimated.

The netput equations (output supply in input demand) can be obtained by Hotelling’s Lemma $\left(q_i = \frac{\partial \pi}{\partial p_i} \right)$:

$$x_i = \alpha_i + w^{-1} \sum_{j=1}^n \beta_{ij} p_j + \frac{1}{2} \theta_i w^{-2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \beta_{jk} p_j p_k + \sum_{i=1}^m \delta_{ij} z_j + \frac{1}{2} \theta_i \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m \gamma_{jk} z_j z_k$$

Noteworthy, Output (kg); inputs: labor (Manday), Seed (kg), NPK fertilizer (kg), pesticides (liter), Herbicides (liter), Petrol (liter), Engine oil (liter), Depreciation on capital item (NGN), and farm size (hectare).

Results and discussion

Costs and Return(s) to Onion Production

The breakdown of the costs and return structures of onion production in Table 2 showed the cost of cultivation cum total variable cost and fixed cost to be NGN 456,567.60k, NGN 417,873.60k, and NGN 38,694.05k, respectively. Of the cost of cultivation, the proportions of the total variable cost and fixed cost were 91.53% and 8.47%, respectively. Additionally, the costs incurred on labor, followed by NPK fertilizer, were the highest, while the incurred cost on engine oil was the lowest. Consequently, the high cost proportion of labor might be attributed to the intensive agronomic practices involved in onion production from the pre-planting to the harvesting stage. Likewise, the inability of the farmers to substitute labor for herbicides due to resource scarcity is a contributory factor. Noteworthy, the cost of production (i.e., cost incurred per 1 kg of onion was NGN 6215.22k).

Furthermore, the observed short- and long-run profit margins per hectare were NGN 952,300.60k and NGN 913,606.50k. Besides, nuancing the benefits that accrued to the enterprise, respectively, the benefit-cost ratio indexes in the short- and long-run were 2.28 (ROI) and 2.00 (ROCI). Thus, for the former and latter, for every Naira invested, the cost – i.e., NGN 1– is returned and profits of NGN 1.28k and NGN 1.00 were gained. However, using the ROCI to assess credit solvency, i.e., the ability of the farmers to repay borrowed capital without default or delinquency, at the prevailing cost of credit (interest rate) of 14%, the farmers will be able to retire the principal plus the interest and still gain 86 kobo (cent). Succinctly, it can be concluded that onion production in the study area is not only profitable, but also a viable venture.

Table 2. Costs and return structure of onion production

Tabela 2. Koszty i struktura zwrotu z produkcji cebuli

Items	Unit	Qty	Unit price	Total value	%
Labor	manday	93.21	1665.50	155236.30	34
Seed	kg	2.70	26670.45	72045.44	15.78
NPK fertilizer	bag (50 kg)	4.64	23496.21	109106.20	23.9
Pesticides	liter	2.38	3529.17	8389.05	1.84
Herbicides	liter	2.45	3196.97	7836.80	1.72
Petrol	liter	159.35	185	29479.41	6.46
Engine oil	liter	1.47	2400	3526.73	0.77
<i>i</i>	14% of TVC	32253.70		32253.70	7.06
DCI	NGN	7655.69		7655.69	1.68
Rent	hectare		8000	8000	1.75
Managerial Cost	10% of TVC		23038.36	23038.36	5.05
<i>TVC</i>				417873.60	91.52
<i>TFC</i>				38694.05	8.47
<i>TC</i>				456567.60	
Output	bag (80kg)	73.46	18543.18	1362174	
Lease-out	hectare	1	8000	8000	
TR				1370174	
Gross Margin				952300.60	
Net Farm Income				913606.50	
ROI				2.28	
ROCI				2.00	
CP				6215.22	

IWC = Interest on working capital; DCI = Depreciation on capital items; CP = Cost of production (i.e., cost per unit of output); NGN= Naira; k = Kobo

Source: Field survey, 2023.

Źródło: Badanie terenowe, 2023.

Inputs Substitution

Keeping land constant (Table 3), the CES production function for two inputs, *viz.* lumped working capital and labor, showed all the parameter estimates in the model to be within the plausible margin of a 10% probability level, thus confirming the fit of the model for the specified crop using lumped capital and labor production inputs. Empirically, it was observed that these two inputs accounted for 74.10% of the variation in the output of onion, as evidenced by the coefficient of multiple determination (R^2) value of 0.7410. Furthermore, the managerial efficiency parameter (γ) coefficient of 1.107 implied that managerial efficiency accounted for 1.107% of the productivity of onion production in the study area. However, the low value of managerial efficiency clearly points to a poor decision-making process by most of the farmers regarding the business viability of onion production, and the possible reason might be due to a low educational level, which affected technological contributions to onion output. Besides, it showed that the use of primitive implements dominates the production of onion; i.e., while raising the elasticity of substitution, the yield of onion can be increased, but its effect may not be

potentially large due to the use of conventional farm tools and crude implements. Based on a general normalized CES function, as reported by Idisi et al. [2020], Klump and de La Grandville (2000) presented a formal proof of the foregoing conjecture. Furthermore, the return to scale parameter (ν) coefficient of 1.06733, in this case variable proportion to scale, given that land is held constant, showed that the farmers were experiencing an increasing return to scale in the yield of onion. This stage of production is irrational (stage I) as $MPP > APP$; consequently, the farmers can increase their yield level as there is still room for input mix expansion, keeping in view the input prices or costs in order to attain the economic optimum level of production in stage II, i.e., the rational production level. Moreover, to obtain an optimal distribution of lumped capital and labor for efficient onion production in the study area, the input substitution between lumped capital and labor should be in the ratio of 0.64187 to 0.35813, respectively, as evidenced by the distribution parameter (Δ) coefficient of 0.64187. Further, the constant elasticity of substitution coefficient being less than 1, i.e., 0.5477, implies that the combination of lumped capital and labor in the production of onions has a significant complementary effect. Besides, it indicates that in the study area, farmers used lumped capital to complement labor in enhancing the productivity of onions. Succinctly, these farmers used more labor than lumped capital in the production of onions in the study area. In spite of the cultivation of onions on a small scale, the complementarity effect of lumped capital over labor was marginal, thus indicating a moderate financial investment in the enterprise. The possible reason could be the cost implications of the agronomic practices involved in onion production in the study area.

On the other hand, holding land constant, for the three inputs *viz.* labor, partial lumped working capital and energy/fossil fuel (Table 3), except for substitution parameter 1 (ρ_1), all the parameter estimates of the CES production function were within the acceptable margin of 10% degrees of freedom, thus implying the fitness of the model for the crop using labor, partial lumped working capital, and energy/fossil fuels as the production inputs. The coefficient of multiple determination (R^2) being 0.8219 means that these three inputs accounted for 82.19% of the variation in the yield of onion. The efficiency parameter (γ) coefficient being 1.269 implied that managerial efficiency, attributed to decision-making, contributed 1.269% to the yield of onion. Besides, this low contribution of management could be attributed to the low educational level of most of the farmers, which has affected the efficiency of the farmers in exploring technological potentials in the production of onion. In addition, the potential effect of management in raising the productivity of onion is minimal, and this may not be unconnected with the use of rudimentary farm implements in the cultivation of onion in the study area. Further, to achieve efficient production of onions in the study area, optimal substitutions of labor for partial lumped working capital and energy/fossil fuels should be in the ratios of 0.72947 to 0.27053 and 0.63887 to 0.36113, respectively, as evidenced by their respective distribution parameters (Δ and Δ_1). Moreover, the empirical evidence revealed that the farmers were operating at constant returns to scale, as indicated by the return to scale parameter (ν) coefficient of 1.00. Thus, the study advises the farmers to be cautious at this rational stage of production and to work meticulously on attaining the economic optimum point, given that any input mix expansion will exert the same marginal effect on the yield level of onions. Furthermore, it was observed that in the production of onions,

the constant elasticities of substitution of labor for lumped partial working capital (0.85418), as well as the nested labor and lumped partial working capital for energy/fossil fuels (0.46342), were less than unity, as evidenced by Hicks-McFadden (direct) and Allen-Uzawa/Morishima (partial) elasticities of substitution parameters, respectively. This implies that labor and partial lumped working capital, as well as labor and lumped partial working capital combined versus energy/fossil fuels inputs in the production of onions, have significant complementarity effects. Therefore, for the direct elasticity, the farmers used labor to complement lumped partial working capital for onion yield enhancement; whereas for the partial elasticity, the farmers combined labor-lumped partial working capital to complement energy/fossil fuel in enhancing the onion's productivity in the study area. Consequently, for the former, farmers used more lumped partial working capital than labor, while for the latter, the farmers used more energy/fossil fuels than nested labor-lumped partial working capital. However, the results showed the indispensability of the three inputs used in the production of onion in the study area. Nevertheless, for the direct elasticity, it can be inferred that the resource-poor status of the farmers could be the possible reason for the high deployment of human labor in the production of onion; while for the partial elasticity, the challenge of climate change – dry spell – could be the possible reason that forced the farmers to use an appreciable quantity of fossil fuels/energy for irrigation purposes in order to achieve high productivity of onion in the study area.

For the four input combination (labor, seed, biocides, and energy/fossil fuels); (Table 3), *ceteris paribus*, the CES function was found to fit the specified equation, as evidenced by most of its estimated parameters being different from zero at a 10% level of significance. Notably, 79.46% of the variation in the output of onion is explained by the joint influence of all the inputs included in the model, as indicated by the R^2 value of 0.7946. The significance of the efficiency parameter indicates that there was significant technological progress in the production of onion; however, due to the use of rudimentary implements for cultivation, coupled with a low education level that masked the management of the firm, the potential effect of the technical progress was small, i.e., 1.088%, as evidenced by the efficiency parameter coefficient value of 1.088. Furthermore, both optimal distribution parameter estimates were significant, indicating the presence of proportional substitution between these inputs. For the distribution parameter (Delta), the coefficient value of 0.67332 implies that to achieve efficient onion production in the study, an optimum distribution of labor for seed should be in the proportion of 0.67332 and 0.32668, respectively. Besides, for the distribution parameter (Delta 1), the coefficient value of 0.63904 means that an optimum substitution of labor for biocides in the ratio of 0.63904:0.36096 is needed for the farmers to achieve efficient onion production. Nevertheless, for labor and energy/fossil fuels, the ratio of 0.48577 to 0.51423, respectively, is the optimum substitution required by the farmers to have efficient onion production. Moreover, the result showed that the farmers were operating at an increasing proportion to scale, as indicated by the coefficient value of the return to scale parameter (1.07149). Therefore, given that the operational scale level of production is irrational, keeping in view the input and output prices, farmers are advised to increase their output level by adopting an appropriate input mix to achieve economic efficiency in onion production. Furthermore, as evidenced by the significance of CES coefficients that are within the acceptable margin of a 10% error gap,

the constant elasticity of substitution for onion production at various input combinations was less than unity, thus implying a significant complementarity effect between inputs at various levels of combination in the production of onions in the study area. The complementarity effects of input combinations *viz.* labor and seed; and biocides and energy/fossil fuels – as evidenced by their respective Hicks-McFadden (direct) elasticity of substitution mean that more seed than labor is used in the cultivation of onions for the former, while for the latter, the farmers used more energy/fossil fuels than biocides in the cultivation of onions. Nuancing empirically, it can be inferred that the farmers used improved seed varieties and fossil fuels for the purpose of irrigation to improve the yield of onions. Nevertheless, the complementarity effect between combined labor-seed and combined biocides-energy/fossil fuels, as indicated by the Allen-Uzawa (partial) elasticity of substitution, means that more combined biocides and energy/fossil fuels than combined labor and seed are used by the farmers to cultivate onion production in the study area. Succinctly, the effect of climate change, attributable to erratic rainfall, which in turn makes the crop highly susceptible to pests and diseases, along with a favorable market for the crop, compels the farmers to invest more in the purchase of biocides and energy/fossil fuels for higher output in the study area.

Table 3. Inputs substitution at various levels
Tabela 3. Substytucja nakładów na różnych poziomach

Variables	Two-inputs	Three-inputs	Four-inputs
γ	1.1072 (6.677)***	1.2690(8.329)***	1.0881(7.553)***
δ	0.6418 (17.19)***	0.7294(22.03)***	0.6733(16.717)***
δ_1	–	0.6388(25.99)***	0.6390(17.03)***
δ_2	–	–	0.4857(17.42)***
ρ	0.8258(1.937)*	0.1707(0.439) ^{NS}	0.2502(0.615) ^{NS}
ρ_1		1.1578(3.746)***	0.6336(1.743)*
ρ_2			0.6705(1.873)*
ν	1.0673(17.51)***	1.0052(19.73)***	1.0714(19.23)***
δ_{1-2}	0.5477(4.282)***	0.8541(3.011)**	0.7998(3.073)**
δ_{3-4}			0.6121(4.493)***
$\delta_{1,2-3,4}$		0.4634(6.982)***	0.5986(4.667)***
R^2	0.7410	0.8219	0.7946

Significant at ***1%;**5%;*10%; NS = Non-significant; lumped working capital (seeds; biocides – NPK fertilizer, herbicides and pesticides; and energy/fossil fuel – petrol and engine oil); partial lumped working capital (excluding energy/fossil fuels).

Source: Field survey, 2023.

Źródło: Badanie terenowe, 2023.

Elasticities of Output Supply and Inputs Demand

Presented in Table 4 are the parameter estimates of the symmetric normalized quadratic (translog) profit function for onion production in the study area. Additionally, convexity was achieved in the non-linear least squares estimation. Empirically, of the 74 parameter

estimates, 28 estimated coefficients were asymptotically significant at the acceptable margin of the 10% probability level. Notably, the coefficients of factor prices, such as labor, NPK fertilizer, and petrol-engine oil, had a negative significant influence on profit, whereas the coefficient of the output price had a significant positive influence on profit, thus conforming to a priori expectations. However, the values of the estimated coefficients were greater than unity, implying that the output-input prices had an elastic effect on profit. Furthermore, all the aforementioned coefficients were elastic in nature; thus, a slight increase in the prices of the former and latter will lead to a more than proportionate decrease and increase, respectively, in the output of onion. However, the non-significance of the seed coefficient might be attributed to the use of third filial generation improved seed varieties, while the non-significance of pesticides and herbicides might be associated with low usage due to a high substitution effect with labor. Notably, the poor substitution of pesticides and herbicides for labor has been justified in the discussion of costs and returns. Furthermore, in descending order, the coefficient values of labor, petrol-engine oil, and NPK fertilizer prices being the highest imply a high dependency of profit on these prices.

Shown in Table 5 are the elasticities of the output supply and inputs demand. The own-price elasticity of all the inputs demand was negative (ranging from -0.139 to -4.869), thus implying that all the estimated inputs' demand slopes downward as required for the convexity of the profit function. Except for the prices of labor and herbicides, which were inelastic, all the input prices were elastic, meaning that an increase in the input prices of the former will lead to a less than proportionate decrease in their demand, while in the case of the latter, the resultant effect will be more than a proportionate increase in their demand. Succinctly, the input demand elasticity of the former implied they are necessary goods, while that of the latter implied they are luxury goods. Notably, only the own-price elasticities of seeds, NPK fertilizer, and petrol-engine oil were found to be significant. Therefore, for a unit increase in the prices of seeds, NPK fertilizer, and petrol-engine oil, respectively, by 1% – their respective demand will plummet by 3.061, 3.467, and 4.869%.

Furthermore, the output price of onion (a change in quantity supplied) had a significant and positive effect on supply, thus indicating the upward slope of the onion output supply curve. This conforms to the a priori expectation as postulated by the theory of supply. Thus, for a percent increase in the output price (0.0066), the output supply will increase by 0.0066%. Nevertheless, all the variable factor prices had a negative effect on output supply (change in supply); however, only seeds, NPK fertilizer, and petrol-engine oil prices were significant. Likewise, fixed inputs *viz.* land and depreciation on capital items, were inversely related to the output supply. The negative elasticities with respect to the variable inputs implied that there would be a decline in input use in the eventuality of a price hike, thus plummeting the supply of onion output. Given the price coefficients of seeds, NPK fertilizer, and petrol-engine oil being 0.0499, 0.041, and 0.0118, respectively, for a unit price increase (1%), the resultant decrease in their demand will lead to a decline in onion output by 0.0499, 0.041, and 0.0118%. Also, the negative elasticity of land with respect to the output means that diseconomies of scale prevailed in the production of onion

Table 4. Estimated symmetric normalized quadratic profit function for onion production
Tabela 4. Oszacowana symetryczna znormalizowana funkcja zysku kwadratowego dla produkcji cebuli

Parameters	Coefficient	Stand error	t-statistics	Parameters	Coefficient	Stand error	t-statistics
$\alpha 1$	50.174	14.109	3.556***	$\beta 4 4$	-52.411	16.895	3.102***
$\alpha 2$	-31.897	9.5121	3.353***	$\beta 4 5$	-2.8727	11.881	0.241 ^{NS}
$\alpha 3$	-5.8041	4.4898	1.292 ^{NS}	$\beta 4 6$	-14.51	15.537	0.933 ^{NS}
$\alpha 4$	-14.582	5.8065	2.511**	$\beta 4 7$	0.9507	11.149	0.085 ^{NS}
$\alpha 5$	-5.8271	4.2479	1.371 ^{NS}	$\beta 5 1$	-0.6244	2.9185	0.213 ^{NS}
$\alpha 6$	-7.6296	4.9965	1.526 ^{NS}	$\beta 5 2$	7.0061	9.5844	0.731 ^{NS}
$\alpha 7$	-22.423	7.8673	2.85***	$\beta 5 3$	-8.126	8.5469	0.951 ^{NS}
$\beta 1 1$	0.3099	1.2017	0.257 ^{NS}	$\beta 5 4$	-2.8727	11.881	0.241 ^{NS}
$\beta 1 2$	1.2519	3.002	0.417 ^{NS}	$\beta 5 5$	-20.965	14.394	1.456 ^{NS}
$\beta 1 3$	-2.4283	2.154	1.127 ^{NS}	$\beta 5 6$	-8.2628	13.384	0.617 ^{NS}
$\beta 1 4$	-2.0114	3.1942	0.629 ^{NS}	$\beta 5 7$	33.845	10.564	3.203***
$\beta 1 5$	-0.6244	2.9185	0.213 ^{NS}	$\beta 6 1$	2.8302	3.7601	0.752 ^{NS}
$\beta 1 6$	2.8302	3.7601	0.752 ^{NS}	$\beta 6 2$	-20.237	13.015	1.554 ^{NS}
$\beta 1 7$	0.672	3.1197	0.215 ^{NS}	$\beta 6 3$	-20.689	11.337	1.824*
$\beta 2 1$	1.2519	3.0018	0.417 ^{NS}	$\beta 6 4$	-14.51	15.537	0.933 ^{NS}
$\beta 2 2$	-4.5093	16.303	0.276 ^{NS}	$\beta 6 5$	-8.2628	13.384	0.617 ^{NS}
$\beta 2 3$	-16.964	6.3152	2.686***	$\beta 6 6$	3.9965	23.435	0.171 ^{NS}
$\beta 2 4$	11.206	10.488	1.068 ^{NS}	$\beta 6 7$	56.873	13.569	4.191***
$\beta 2 5$	7.0061	9.5844	0.731 ^{NS}	$\beta 7 1$	0.6721	3.1197	0.215 ^{NS}
$\beta 2 6$	-20.237	13.015	1.554 ^{NS}	$\beta 7 2$	22.246	10.364	2.146**
$\beta 2 7$	22.246	10.364	2.146**	$\beta 7 3$	13.651	7.3126	1.866*
$\beta 3 1$	-2.4283	2.154	1.127 ^{NS}	$\beta 7 4$	0.9507	11.1495	0.085 ^{NS}
$\beta 3 2$	-16.964	6.3152	2.686***	$\beta 7 5$	33.845	10.564	3.203***
$\beta 3 3$	-25.091	9.8011	2.56***	$\beta 7 6$	56.873	13.569	4.191***
$\beta 3 4$	59.648	9.4758	6.294***	$\beta 7 7$	-128.23	14.621	8.771***
$\beta 3 5$	-8.126	8.5469	0.951 ^{NS}	$\delta 1 1$	5.0831	-2.9573	1.718*
$\beta 3 6$	-20.689	11.337	1.824 ^{NS}	$\delta 1 2$	-0.0619	3.1724	0.019 ^{NS}
$\beta 3 7$	13.651	7.3126	1.866*	$\delta 2 1$	7.4733	-1.9611	3.811***
$\beta 4 1$	-2.0114	3.1942	0.629 ^{NS}	$\delta 2 2$	0.1531	2.0941	0.073 ^{NS}
$\beta 4 2$	11.206	10.488	1.068 ^{NS}	$\delta 3 1$	10.354	-0.7131	14.519***
$\beta 4 3$	59.648	9.4758	6.294***	$\delta 3 2$	0.451	0.6807	0.662 ^{NS}
Variable	Coefficients		Standard error	t-statistics			
$\delta 4 1$	7.9791		-1.0508			-7.592	
$\delta 4 2$	0.1936		1.0681			0.181	
$\delta 5 1$	8.403		-0.6276			-13.38	
$\delta 5 2$	0.1353		0.5725			0.236	
$\delta 6 1$	8.2907		-0.7209			-11.49	
$\delta 6 2$	-0.0264		0.6484			0.04	
$\delta 7 1$	3.3524		-1.6095			2.082	
$\delta 7 2$	0.4363		1.7094			0.255	
$\gamma 1 1$	0.0255		1.1701			0.021	
$\gamma 1 2$	0.0865		-0.955			0.091	
$\gamma 2 1$	0.0865		-0.955			0.091	
$\gamma 2 1$	0.0239		1.0326			0.091	
R^2			0.9604				

Source: Field survey, 2023.

Źródło: Badanie terenowe, 2023.

in the study area (Table 6). This is expected as the operational farm holdings of the majority of farmers are marginal. Likewise, the negative elasticity of depreciation on capital items implies that the cost implications of wear and tear decreased the output supply of onions. However, the significance of the fixed costs couldn't be ascertained, as the *R* software estimation guide used had no provision for it. Nevertheless, the price and cross-price elasticities of supply were inelastic, which means that a change in the prices of output-inputs would lead to a less than proportionate change in the supply of onion output. By implication, onion is a necessary commodity in the study area. Generally, it can be inferred that the supply of onions is influenced by its output price and the prices of improved seeds, NPK fertilizer, and petrol-engine oil. Therefore, the study advises policymakers to devise a realistic means of subsidizing these inputs, as hyperinflation occasioned by petrol subsidy removal has permeated the price efficiency of these inputs. Besides, particularly regarding petrol-engine oil, farmers are advised to adopt energy-friendly tools that use alternative green energy sources (e.g., solar-driven water pump machines). Though expensive, access to these machines and others is possible through social capital pooling (cooperative organization) and support from policymakers (private and public).

Table 5. Output supply and variable inputs demand elasticities
Tabela 5. Elastyczność podaży produkcji i popytu na zmienne nakłady

Variable	P_Y	P_L	P_S	P_N	P_P	P_H	P_{PE}
	Elasticity coefficients						
Output (Y)	0.0066	0.0256	-0.0499	-0.041	-0.0121	0.0591	0.0117
Labor (L)	0.0397	-0.1393	-0.5261	0.3472	0.2164	-0.6211	0.6832
Seed (S)	-0.3041	-2.0697	-3.0608	7.276	-0.9858	-2.506	1.6506
NPK fertilizer (N)	-0.1355	0.7401	3.9421	-3.4667	-0.1885	-0.9514	0.0602
Pesticides (P)	-0.1088	1.2516	-1.4492	-0.5116	-3.7196	-1.4622	5.9998
Herbicides (H)	0.5128	0.5128	-3.5672	-2.4997	-1.416	-0.6893	9.7593
Petrol/Engine oil (PE)	0.0225	0.8466	0.5199	0.035	1.2856	2.1595	-4.8693
	t-statistics						
Output (Y)	2.2693	0.4223	-1.1449	-0.6355	0.207	0.7822	0.1877
Labor (L)	0.4223	-0.2763	-2.6901	1.0688	0.733	1.5508	2.1411
Seed (S)	-1.1449	-2.6901	-2.5631	6.3017	0.9508	1.8241	1.8621
NPK fertilizer (N)	-0.6355	1.0688	6.3017	-3.1065	0.2414	0.9325	0.0822
Pesticides (P)	-0.207	0.733	-0.9508	0.2414	1.4556	0.6161	3.2028
Herbicides (H)	0.7822	-1.5508	-1.8241	0.9325	0.6161	0.1714	4.1931
Petrol/Engine oil (PE)	0.1877	2.1411	1.8621	0.0822	3.2028	4.1931	8.7694

P = Price (s)

Source: Field survey, 2023.

Źródło: Badanie terenowe, 2023.

Table 6. Fixed inputs demand elasticities
Tabela 6. Elastyczność popytu na stałe nakłady

Variable	Farm size	DCI
Output (Y)	-0.01803	-0.001003
Labor (L)	-0.03935	0.053711
Seed (S)	-0.21067	0.495163
NPK fertilizer (N)	-0.08851	0.124481
Pesticides (P)	-0.24991	0.224213
Herbicides (H)	-0.23855	-0.02787
Petrol/Engine oil (PE)	-0.02214	0.158356

DCI = depreciation on capital item.

Source: Field survey, 2023.

Źródło: Badanie terenowe, 2023.

Challenges Affecting Onion Production

A perusal of the challenges showed that any challenge with a threshold below 2.0 is a very severe constraint that affects onion production. Few examples include high perishability, post-harvest losses, and inadequate storage facilities (Table 7). Further, the challenges with a threshold value equal to 2.0 and less than 3.0 are perceived as severe constraints (e.g., high cost of transportation, problems with the land tenure system, etc.); challenges with a threshold value of 3.0 are perceived as moderate constraints (e.g., poor access to market information, seed viability constraints, etc.). Generally, the farmers have a negative/unfavorable perception of the challenges affecting onion production, as evidenced by the grand mean index value of 2.61, which is less than the Likert scale mean threshold value of 3.5. Besides, 43.61 percent of the respondents had negative perceptions of the challenges that affected onion production, as shown by the perception index value of 0.4361. Nevertheless, the Kendall's coefficient of concordance showed that the farmers did not unanimously agree with the ranking of these challenges, as indicated by the significant KCC index value of 0.201.

Furthermore, the factor analysis conducted on the barriers affecting small-scale onion farmers, utilizing the Varimax rotation method (Table 7), revealed noteworthy insights. The computed Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) index, standing at 0.769, along with a statistically significant Bartlett's sphericity test (BST), signifies the suitability of the dataset for factor analysis. This is corroborated by a review of the KMO value, which surpasses the recommended threshold value of 0.50 set by Kaiser [1974], Sadiq [2023], and Sadiq et al. [2024b]. Such statistical indicators establish a robust foundation for deriving meaningful factors affecting onion production among small-scale farmers. The factor extraction process, guided by item loadings, yielded eight distinct components representing barriers to onion production. These components are elucidated as follows: Market information problem (F1), Climate change problem (F2), Low public-private investment problem (F3), Land tenure problem (F4), Infrastructure problem (F5), Capital problem (F6), Storage facilities problem (F7), Postharvest losses problem (F8), Theft/poaching problem (F9), and Agronomic practices knowledge problem (F10).

The factors affecting onion production and market success are multifaceted, and a comprehensive understanding of these factors is crucial for effective planning and resource allocation. This study explores the explicit barriers associated with various factors, shedding light on critical challenges faced by farmers in optimizing their agricultural practices and navigating market dynamics. In the realm of “market information problem” (factor one), barriers manifest prominently in the form of poor access to market information (.728) and inadequate awareness of postharvest technology usage (.622). Notably, poor access to market information emerges as the most formidable challenge within this factor, underscoring its pivotal role as a major constraint in the context of market information. This revelation emphasizes the urgent need for interventions aimed at enhancing farmers’ access to timely and accurate market data. Factor two delves into obstacles related to technical advice on input usage (.882) and climate change constraints (.715). Here, climate change constraints take center stage with the highest loading, signifying their significance as the primary barriers to climate change challenges. Acknowledging and addressing these constraints is vital for building resilience and sustainability in agriculture, particularly in the face of a changing climate.

Factor three encompasses barriers such as low public and private investment (.737) and challenges in leasing or renting farmland (.596). The highest loading within this factor is attributed to low public and private investment, indicating its pivotal role as the most prominent barrier concerning low public-private investment. Effective strategies to attract and mobilize investments are imperative to bolster the agricultural sector and propel economic growth. Factor four sheds light on obstacles like the land tenure system (.552), and disease and insect pests (.431). Additionally, recognizing the significance of land tenure and pest management is crucial for fostering a conducive environment for agricultural development.

Factor five focuses on barriers associated with poor infrastructure (.809) and high perishability (.494). These challenges highlight the critical need for infrastructure development to facilitate efficient agricultural operations and minimize postharvest losses. Factor six, the capital problem, emphasizes the significance of a lack of sufficient capital (.807) as the predominant barrier. This aligns with broader agricultural research indicating that inadequate capital poses a substantial risk to farm operations. Addressing this challenge requires innovative financial solutions and improved access to credit for small-scale farmers. Factor seven is characterized by the sole presence of inadequate storage facilities (.820) as a barrier. Developing and upgrading storage infrastructure is crucial for mitigating postharvest losses and ensuring food security.

Factor eight (Postharvest losses problem) underscores barriers such as postharvest losses (.884) and a high cost of transportation (.488). These challenges highlight the need for improved postharvest management practices and logistical solutions to minimize losses and enhance market access. Factor nine showed farmers’ concern about theft/poaching of farm produce; thus, it highlights the need to address this social menace and the state of insecurity in the study area. Finally, factor ten emphasized poor agronomic practices; thus, it highlights the need for adequate advisory services for the effective dissemination of improved innovative technologies. Furthermore, for factors 1, 2, 3, 4, and 5, respectively, the proportions of farmers that expressed concern were 11.36, 6.82, 5.3, 6.82, and 18.94%, as evidenced by the k-means cluster analysis. Likewise, for factors 6, 7, 8, 9,

and 10, respectively, the distributions of farmers that showed concern were 3.03, 15.91, 6.82, 6.82, and 18.18%. A comprehensive understanding of these explicit barriers is vital for policymakers, agricultural extension services, and stakeholders to formulate targeted interventions that address the diverse challenges faced by farmers. By strategically tackling these obstacles, it is possible to create a more resilient, sustainable, and prosperous agricultural sector.

Table 7. Challenges affecting onion production
Tabela 7. Wyzwania wpływające na produkcję cebuli

Constraints	Mean	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Inadequate knowledge on best agronomic practices	1.84(16)							
Inadequate storage facilities	1.48(20)							.820
High cost of transportation	2.35(14)							
Fluctuation of market price	1.66(17)	-.616						
Lack of sufficient capital	1.52(18)						.807	
Postharvest losses	1.39(19)							
High perishability	1.34(21)					.494		
Disease and insect pest	3.86(1)				.436			.426
Inadequate awareness on the use of postharvest technology	2.83(12)	.622						
Inadequate of technical advice on input usage	3.45(3)		-.416					
Seed viability constraint	3.16(7)		.682					
Climate change constraints	3.36(4)		.715					
Poor infrastructure	2.95(10)					.809		
Inadequate extension services	2.95(9)				-.791			
Difficulty in leasing or rent of farm land	3.18(6)			.596				
Problem of land tenure system	2.36(15)				.552			
High level of illiteracy	3.46(11)							
Theft of produce/ problem of poaching	3.40(5)	.728						
Poor access to market information	3.02(2)			.737				
Low public and private investment	2.52(8)							
Inadequate of incentives to farmers	2.87(13)							
Grand mean (perception index)				2.62(0.4361)				
KCC (Freidman test)				0.201(531.61***)				
Eigen value		1.876	1.697	1.617	1.459	1.38	1.251	1.182
Variance %		8.934	8.08	7.698	6.948	6.571	5.959	5.629
Constraints	F8	F9	F10					
Inadequate knowledge on best agronomic practices			.851					
Inadequate storage facilities								
High cost of transportation	.488							
Fluctuation of market price								

cont. table 7

cd. tab. 7

Constraints	Mean	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Lack of sufficient capital								
Postharvest loses	.884							
High perishability								
Disease and insect pest								
Inadequate awareness on the use of postharvest technology								
Inadequate of technical advice on input usage								
Seed viability constraint								
Climate change constraints								
Poor infrastructure								
Inadequate extension services								
Difficulty in leasing or rent of farm land								
Problem of land tenure system								
High level of illiteracy		.766						
Theft of produce/problem of poaching								
Poor access to market information								
Low public and private investment								
Inadequate of incentives to farmers		– .678						
Eigen value	1.176	1.138	1.019					
Variance %	5.599	5.42	4.854					
KMO	0.769							
Bartlett's test of Sphericity	246.38***							

Value in parenthesis in Column 2 are ranks; Mean benchmark is 3.5; Grand mean = sum of mean divided by total number of statements; Perception index = grand mean divided by highest Likert scale value [Sadiq et al. 2018, 2024a].

Source: Source: Field survey, 2023.

Źródło: Badanie terenowe, 2023.

Conclusion and recommendation(s)

Empirically, onion production is a viable enterprise in the study area, and input substitution at various levels of combination is complementary. Moreover, profit significantly influenced the price of the output, as well as the prices of labor, NPK fertilizer, and petrol-engine oil. Likewise, except for the wage rate, the supply of onion output significantly relied on the prices of its output, seeds, NPK fertilizer, and petrol-engine oil. However, the input prices caused a significant decline in the supply of onion output, highlighting the need for realistic incentive measures to address the poor pricing efficiency of these input prices. Nevertheless, the ten challenges, *viz.* poor market information, climate change, low public-private investment, land tenure issues, etc., should be addressed to bolster onion production in the study area.

References

- Alemu T., 2018: Technical and allocative efficiency of smallholder farmers' irrigated onion production: The case of Koga Dam in Mecha Woreda, *Journal of Agricultural Economics* 3(3), 35–46.
- Bapari M.Y., Chowdhury M.K.I., Haque M.E., 2016: Economic analysis of onion production in Sujanagar and Santhia areas of Pabna, Bangladesh, *International Journal of Agricultural Research* 5(10), 5–12.
- Beckman J., Ivanic M., Jelliffe J., 2022: Market impacts of Farm to Fork: Reducing agricultural input usage, *Applied Economic Perspectives and Policy* 44(4), 1995–2013.
- Camara A., Savard L., 2023: Impact of agricultural input subsidy policy on market participation and income distribution in Africa: A bottom-up/top-down approach, *Economic Modelling* 129, 106568.
- Deribe Y., Sime M., Oumer A.M., Fikadu T., 2022: Technical efficiency of irrigated onion and tomato production in the central rift valley of Ethiopia, *Ethiopian Journal of Agricultural Science* 32(3), 153–167.
- Haile B.T., 2015: Determinants of technical, allocative, and economic efficiencies among onion-producing farmers in Kobo District, Amhara Region, Ethiopia, *Journal of Economics and Sustainable Development* 6(3), 8–18.
- Hayati M., Nugroho T.R.D.A., Firdaus M.W., 2024: Evaluation of technical efficiency in traditional agriculture among smallholder maize farmers in East Java, *E3S Web of Conferences* 499, 1026.
- Henningsen A., Henningsen G., 2011: Econometric Estimation of the Constant Elasticity of Substitution Function in R: Package micEconCES, *FOI Working Paper* 9.
- Idisi P., Ebukiba E., Obidi A.B., 2020: Yam Production in Nassarawa State, Nigeria; an Application of the Constant Elasticity of Substitution Production Function, *International Journal of Research and Innovation in Social Science* 4(6), 398–402.
- Kaiser H.F., 1974: An index of factorial simplicity, *Psychometrika* 39(1), 31–36.
- Klump R., de La Grandville O., 2000: Economic growth and the elasticity of substitution: Two theorems and some suggestions, *American Economic Review* 91(1), 282–291.
- Mgale Y.J., 2020: Price transmission and factors influencing the price of onions in Tanzania, *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology* 38(3), 67–76.
- Nainggolan S., Fitri Y., Ulma R.O., 2022: Estimation of the profit function of Trans log and the elasticity of input demand in rice farming in Jambi province, *GSC Advanced Research and Reviews* 13(1), 169–175.
- Nigussie A., Kuma Y., Adisu A., Alemu T., Desalegn K., 2015: Onion production for income generation in small-scale irrigation users, *Journal of Agricultural Economics* 2(3), 1–5.
- Nwagbara O.M., 2015: Case study: emerging advantages of climate change for agriculture in Kano state, North-Western Nigeria. *American Journal of Climate Change* 4,3, 263–268.
- Omotesho O.A., Douvi C.P., Olaghere I.L., 2020: Economic viability of onion production in the commune of Grand-Popo, Republic of Benin, *Journal of Agribusiness and Rural Development* 57(3), 289–297.
- Sadiq M.S., Ahmad M.M., Gama E.N., Sambo A.A., 2024a: Economic efficiency of small-scale wheat production in Jigawa state, Nigeria, *Siembra* 11(1), e5570-e5570.
- Sadiq M.S., Saliyu M., Sani B.S., 2024b: Prospects of small-scale rice processing enterprise among beneficiaries of microfinance loan in Nigeria's Jigawa State, *Revista Economia* 76(123), 93–112

- Sadiq M.S., Singh I.P., Singh N.K., Sharma M., Eije O.C., 2018: Measuring total factor productivity (TFP) and unearthing the factors affecting TFP of yam farmers in Benue State of Nigeria: harnessing the current untapped agricultural goldmine, *Research and Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences* 7(1), 8–21
- Sadiq S., 2023: Food Demand Projection and Consumption Patterns of Urban Households in Nigeria's Kano State, *Alexandria Journal of Agricultural Sciences* 68(3), 152–170.
- Shettima B.G., Ibrahim A., Mohammed U.S., Adeniji B., 2016: Economic efficiency of irrigated vegetable production in Borno State, Nigeria: A stochastic frontier cost function approach, *African Journal of Agricultural Economics* 12(14), 1–14.
- Vink N., Conradie B., Matthews N., 2022: The economics of agricultural productivity in South Africa, *Annual Review of Resource Economics* 14, 131–149.
- Wijetunga C.S., 2016: Rice production structures in Sri Lanka: the normalized translog profit function approach, *Asian Journal of Agriculture and Rural Development* 6(2), 21.

ISSN 2450-8055



2450 8055