

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 (2) 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 (2) 2024

SCIENTIFIC BOARD

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

EDITORIAL BOARD

Elżbieta J. Szymańska (Editor-in-Chief)

Thematic Editors: **Marta Zięba** (language editor; efficiency in logistics); **Joanna Domagała** (warehouse management); **Teresa Gądek Hawlena** (safety in transport and logistics); **Konrad Michalski** (logistic systems and IT systems in logistics); **Tomasz Rokicki** (transport and spedition); **Monika Roman** (optymalizacja procesów logistycznych); **Elżbieta J. Szymańska** (supply chains and costs in logistics); **Michał Wielechowski** (logistics in the economy); **Marcin Wysokiński** (hazardous materials and OHS in logistics).

Luiza Ochnio, Sławomir Stec (editorial secretary)

web page: eiol.sggw.edu.pl

Cover design – Elżbieta J. Szymańska

Editor – Dominika Cichocka

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.wydawnictwosggw.pl

Contents

Spis treści

Tomasz Berent

O finansach, rachunkowości, zarządzaniu i ekonomii w nauce i ich roli w analizie wyników przedsiębiorstwa On finance, accounting, management and economics in social sciences and their roles in the analysis of firm's results	5
--	---

Alerta Basha

The impact of crisis management on teleworking during the COVID-19 pandemic outbreak Wpływ zarządzania kryzysowego w pracy zdalnej podczas wybuchu pandemii – COVID-19	31
---	----

Joanna Bril Edward Rydygier

Social aspect of municipal waste management Społeczny aspekt gospodarowania odpadami komunalnymi	39
---	----

Marcin Czubaszek

Wybrane aspekty zastosowania sztucznej inteligencji w lotniczym transporcie towarowym Selected aspects of the use of artificial intelligence in air cargo transport	55
--	----

Grzegorz Dzieniszewski, Damian Jasiejko, Zbigniew Daniel, Maciej Kuboń

Transport artykułów spożywczych w aspekcie wymagań prawnych Transport of food products with respect to legal requirements	69
--	----

Irena Kropsz-Wydra, Ewelina Janicka

Zmiany sytuacji finansowej Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego we Wrocławiu w latach 2019–2022 Changes in the financial situation of the Municipal Transport Company in Wrocław in 2019–2022	87
---	----

Adam Rudzewicz, Anna Strychalska-Rudzewicz, Ireneusz Żuchowski

Ewolucja zakupów przez Internet w państwach Unii Europejskiej Evolution of online shopping in the European Union countries	101
---	-----

Joanna Rut, Natalia Kłysz, Michał Podpora, Halyna Kenyo

The Role of Industry 4.0 in Reimagining Manufacturing Logistics: Empirical Study Rola Przemysłu 4.0 w Logistyce Produkcji: badania empiryczne	113
--	-----

Tomasz Berent✉

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

**O finansach, rachunkowości, zarządzaniu
i ekonomii w nauce oraz o ich roli
w analizie wyników przedsiębiorstwa**

**On finance, accounting, management
and economics in social sciences and their roles
in the analysis of firm's results**

Synopsis. Celem artykułu jest zaprezentowanie autorskiego ujęcia podziału zadań i kompetencji pomiędzy rachunkowością, finansami, zarządzaniem i mikroekonomią. Analizę prowadzi się w kontekście umiejscowienia ich w procesie tworzenia i pomiaru wartości dodanej generowanej przez przedsiębiorstwo. Spoiwem jest pojęcie zysku, fundamentalnego elementu rachunkowości, finansów i ekonomii. W kontekście płynnych granic pomiędzy omawianymi dyscyplinami i stosunkowo często zmieniającymi się klasyfikacjami nauk w Polsce praca akcentuje odrębność metodyczną i przedmiotową omawianych dyscyplin. W tym ujęciu nauka o rachunkowości odpowiada za zadumę nad i pomiar zaangażowanych zasobów i osiągniętych wyników; finanse, za wartościującą ocenę w tym zakresie; zarządzanie za analizę procesu dojścia do celu. Rachunkowość „pyta”, czy przedsiębiorstwo jest zyskowne?; finanse, czy przedsiębiorstwo jest dobre? Rachunkowość „odpowiada” na pytanie – ile przedsiębiorstwo osiąga zysku? Finanse – na pytanie – ile zysku powinno osiągać? Zarządzanie natomiast odpowiada na pytanie – jak wynik ten zostaje osiągnięty? W nomenklaturze Keynesa rachunkowość miałaby wtedy korzenie pozytywne, finanse – normatywne, zarządzanie jest praktykowaniem ekonomii. U źródeł wszystkich trzech dyscyplin leży natomiast mikroekonomia.

Słowa kluczowe: rachunkowość, finanse, nauki o zarządzaniu, ekonomia, mikroekonomia, zysk, wartość dodana, wycena

Abstract. The objective of the article is to present a new approach to the division of tasks and competencies between accounting, finance, management, and microeconomics. The analysis is carried out in the context of creating and measuring the value added generated by the company. Profit, a fundamental

✉ **Tomasz Berent** – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Zakład Rynków Kapitałowych, Instytut Międzynarodowej Polityki Gospodarczej, Kolegium Gospodarki Światowej; e-mail: tberent@sgh.waw.pl; <https://orcid.org/0000-0002-1177-6969>

element of accounting, finance, and economics, is a focal point. The paper emphasizes the methodological and objective distinctiveness of the disciplines discussed. In this approach, the science of accounting is responsible for reflecting on and measuring the resources involved and the results achieved; finance is responsible for making a value judgment in this respect; and management is responsible for the analysis of the process of achieving the goal. Accounting (department) asks whether a business is profitable; finance asks whether the company is good. Accounting answers the question: "How much profit does the company make?"; finance: "How much profit should it make?"; and management: "How is this result achieved?". In J. N. Keynes's language, accounting has positive roots, finance has normative roots, and management is the practice of economics. Microeconomics is at the root of all three disciplines.

Key words: accounting, finance, management, economics, microeconomics, profit, value added valuation

Kody JEL: D00, G00, G30, G32, M41

Wprowadzenie

Gdyby określić jednym słowem, czym zajmują się finanse (przedsiębiorstwa), należałoby stwierdzić, że zajmują się one wycenami. Te z kolei są podstawą decyzji inwestycyjnych, zarówno samych przedsiębiorstw, jak i inwestorów finansowych. Przy czym, z finansowego punktu widzenia, dobrym przedsiębiorstwem lub inwestycją jest ta, której wycena (na dziś) jest niemniejsza niż cena, którą należy dziś za te przedsiębiorstwo/inwestycję zapłacić. Innymi słowy, warto nabyć tylko taki składnik majątkowy, instrument finansowy, czy całe przedsiębiorstwo, które są tego warte, tzn. ich dzisiejsza wartość jest niemniejsza niż ta, z której się rezygnuje w postaci płaconej ceny, inwestowanego kapitału itp. Można pokazać, że dzieje się tak jedynie wtedy, gdy nabywane przedsiębiorstwo, czy instrument finansowy oferuje rentowność z zainwestowanego kapitału wyższą niż wymagana stopa zwrotu, zwana inaczej kosztem kapitału.

Proces wyceny finansowej prowadzący do oszacowania wartości wycenianego przedmiotu, ale i następująca po nim decyzja inwestycyjna, prosta, gdy znane są zarówno wycena, jak i cena, to jedynie ilustracja bardziej ogólnej zasady decyzyjnej dotyczącej nie tylko inwestora i nie tylko kontekstu ekonomicznego. Co do zasady, warto nabywać tylko to, czego wartość jest większa niż wartość tracona (np. nakładów finansowych, czasowych, emocjonalnych itp.). Nie warto zaś „inwestować” swoich pieniędzy, czasu czy innych zasobów, jeśli nabywana za nie wartość jest mniejsza (niż wartość traconego czasu, pieniędzy, energii itp.). Podobnie znacznie szersze niż finansowe ma znaczenie pojęcia „wymagana stopa zwrotu”. Jeśli w efekcie decyzji o jakiegokolwiek aktywności otrzymuje się mniej, niż się wymaga, czy też mówiąc inaczej, mniej niż się oczekuje, taką transakcję należy uznać za nietrafioną, nawet jeśli przynosi jakieś wymierne korzyści. Jeśli są one mniejsze niż wymagane (oczekiwane), transakcja nie może być korzystna *ex definitione*.

Powyższy schemat działania jest stosowany z niebywałym sukcesem od wielu lat w finansach i opisywany jest na różne sposoby przez naukę o finansach. W niniejszej pracy pokazane będzie, jakie miejsce w powyższym schemacie znajduje nauka rachunko-

wości oraz nauka o zarządzaniu. Co jednak jeszcze bardziej fundamentalne, choć bynajmniej nie zaskakujące, pokazane będzie, że schemat ten narzędziowo najlepiej opisany jest przez naukę (mikro)ekonomii. Nazwa grecka *oikonomia* to przecież nauka o racjonalnym gospodarowaniu¹. W naszym ujęciu rachunkowość to nauka o tym co naprawdę jest, a zatem nauka zakorzeniona w myśleniu pozytywnym, finanse to nauka o tym, ile powinno być, a zatem nauka zakorzeniona w myśleniu normatywnym, zarządzanie natomiast, trzymając się trójpodziału nauk ekonomicznych Keynesa [2017], byłaby sztuką uprawiania ekonomii, skupioną na pytaniu, jak w praktyce dojść do wyznaczonego celu.

W sekcji 1 poświęconej finansom (przedsiębiorstwa) i wycenie wprowadzimy jedynie kilka konstytutywnych dla nauki tej pojęć. Najpierw będzie to kapitał – *C* (*capital*), następnie zysk – *Z*, w dalszej kolejności ich połączenie w postaci rentowności kapitału *ROC* (*return on capital*) i na końcu koszt kapitału – *r*, najistotniejszy i najbardziej z nich finansowy komponent. Wszystkie te elementy prowadzą do pojęcia wartości dodanej – *VA* (*value added*) i odpowiedzi na pytanie, czy analizowane przedsiębiorstwo (przedsięwzięcie, czy projekt gospodarczy, inwestycja finansowa) jest dobre (efektywne). Następnie, w sekcji 2, przedstawiona zostanie rola (nauki) rachunkowości, jaką odgrywa ona w finansowym schemacie przedstawionym wcześniej. Sekcja 3 poświęcona będzie zarządzaniu, ze szczególnym uwzględnieniem analizy opłacalności różnych strategii inwestycyjnych osiągnięcia celu. W sekcji 4 zaprezentowano przykład liczbowy, ilustrujący analizę różnych ścieżek rozwoju przedsiębiorstwa. W szczególności zostanie przedstawiony podział na strategie proste i złożone, a także odpowiedź na pytanie, czym jest strategia dobra i czy każda dobrą strategię należy wdrożyć.

Finanse – wartość dodana i wycena

Jednym z najbardziej fundamentalnych pojęć w finansach jest pojęcie kapitału (*capital* – *C*). Rozumiany jako środki finansowe postawione do dyspozycji przedsiębiorstwa kapitał dzieli się na kapitał własny, zapewniony przez (pierwotnego) właściciela lub innych udziałowców, oraz kapitał obcy, w formie długu. Pomijamy w tym miejscu nie tylko kapitał hybrydowy, mający cechy zarówno kapitału własnego, jak i obcego, ale również kwestię niehomogeniczności kategorii kapitału własnego, czy kapitału obcego. Istnieje bowiem wiele podkategorii kapitału własnego i powiązanych z nim praw, różnych, na przykład, dla akcji zwykłych i dla akcji (na różne sposoby) uprzywilejowanych, czy też różnych kategorii długu w postaci kredytów bankowego, czy środków finansowych generowanych przez emisję obligacji (różnego typu)². Podkreślmy tu jedynie to, co fundamentalne z finansowego punktu widzenia dla rozróżnienia pomiędzy kapitałem własnym i obcym, a zatem sposób partycypowania w wynikach finansowych przedsiębiorstwa, szczególnie kwestia pierwszeństwa. Kapitał obcy ma, wcześniejsze w stosunku do kapitału własnego, roszczenie zarówno do generowanych przez przedsiębiorstwo zysków, jak i, w przypadku bankructwa, do pozostających w dyspozycji przedsiębiorstwa

¹ W czasach starożytnych termin ten odnosił się przede wszystkim do gospodarstwa domowego.

² Pomija się tu także ważne skądinąd rozróżnienie pomiędzy kategoriami długu i zobowiązań. Ta druga, szersza, obejmuje oprócz długu również różnorakie zobowiązania nieodsetkowe.

aktywów. Z finansowego punktu widzenia to właśnie inny profil ryzyka, a nie inna forma prawna, odróżnia te dwa rodzaje kapitału finansowego.

Co jednak jeszcze ważniejsze z finansowego punktu widzenia, pomimo powszechnego zainteresowania tematem struktury kapitału, rozróżnienie pomiędzy kapitałem własnym i obcym nie jest w istocie fundamentalnie ważne. Stąd też znacznie bardziej znikoma rola problematyki struktury kapitału w nauce o finansach, a szczególnie wycenie, niż się powszechnie sądzi³. Jeśli naukę o finansach (przedsiębiorstwa) i wycenę sprowadzić do trzech fundamentalnych pytań o istnienie dobrych projektów (*capital budgeting*), płynność (*liquidity*) oraz strukturę kapitału (*capital structure*), to naszym zdaniem pierwsze pytanie jest zdecydowanie najważniejsze. Pytanie o płynność to pytanie o warunek konieczny sukcesu, ale ani nie wystarczający, ani niemówiący za wiele o istocie danej działalności gospodarczej. Pytanie o strukturę kapitału natomiast to naszym zdaniem pytanie o didaskalia⁴. Z teoretycznego punktu widzenia można precyzyjnie pokazać, dlaczego struktura kapitału to temat drugorzędny, na co wskazywali w swoich pracach laureaci Nagrody Nobla z 1985 i 1990 roku [Modigliani i Miller 1958]. Z praktycznego punktu widzenia ta wtórność, pomimo pewnych stereotypów, jest jeszcze bardziej oczywista. Koniec końców w życiu, nie tylko gospodarczym, liczy się przede wszystkim sam pomysł (biznesowy) i jego skuteczna realizacja, a nie to, jak zostanie sfinansowany. Bez wątpienia, problemy z finansowaniem mogą unieruchomić niejednego projekt (błędna struktura kapitału) utrudnić realizację innych, niemniej jednak to identyfikacja dobrych projektów jest kompetencją *par excellence* pierwszą i podstawową, aby w ogóle móc cokolwiek unieruchomić lub utrudnić.

Z wcześniej wymienionych przyczyn, w dalszej części artykułu, pomija się całkowicie temat struktury kapitału, zostawiając jedynie pytanie o wielkość zaangażowanego w przedsiębiorstwo kapitału, niezależnie czy pochodzi on bezpośrednio od pierwotnego właściciela, czy został zwiększony dzięki zatrzymanym zyskom z lat wcześniejszych, czy został wniesiony gotówką, czy aportem, za pomocą emisji akcji, czy obligacji, czy też kredytu bankowego. Jedynym istotnym pytaniem w tym zakresie jest pytanie, powtórzmy, o wielkość zaangażowanego na wejściu kapitału.

Mówiąc o kapitale, nie sposób nie zauważyć, iż termin ten zyskał w ostatnich latach na znaczeniu dzięki powszechności takich pojęć, jak kapitał społeczny, czy kapitał ludzki. Warto zatem jedynie na marginesie, zaznaczyć, że pojęcie kapitału jest rzeczywiście niezwykle pojemne i może, a nawet powinno być interpretowane bardzo pryncypialnie – jako pierwsza przyczyna, źródło zysków, czy bogactwa w ogólności. Tak rozumiany kapitał to pojęcie bardziej pierwotne niż kapitał finansowy, o którym była mowa wcześniej. Czyż to nie kapitał ludzki właśnie i przedsiębiorczość jako taka są u początku każdego niemal sukcesu gospodarczego, w sposób znacznie bardziej oczywisty niż kapitał finansowy? Zupełnie to samo dotyczy pracowników przedsiębiorstwa, którzy w przedsiębiorstwie są często „prawdziwym jego kapitałem”⁵? Dodatkowo ponownie na mar-

³ Choćby na podstawie częstego używania kategorii średniego ważonego kosztu kapitału (*weighted average cost of capital* – WACC).

⁴ O roli struktury kapitału w procesie generowania tzw. dźwigni finansowej zob. [Berent 2013].

⁵ Nie chodzi nam w tym miejscu o marksowskie pojmowanie roli pracy, a jedynie o zupełnie oczywisty fakt, iż często to od (zaangażowania) pracowników zależy sukces finansowy przedsiębiorstwa.

ginesie, warto zauważyć, że w odróżnieniu od kapitału finansowego również majątek przedsiębiorstwa, ten ukazywany w bilansie, zasługuje na miano kapitału. To właśnie on, połączony rzecz jasna z kapitałem ludzkim, a nie kapitałem finansowym, jest bezpośrednim generatorem sprzedaży i w dalszej kolejności zysku. Z tej perspektywy, to właśnie kapitał ludzki przedsiębiorcy, czy też pracowników, a nawet majątek przedsiębiorstwa jest prawdziwym kapitałem firmy, zdolnym do płodnej replikacji, a nie kapitał finansowy, własny, czy obcy. Podsumowując, kapitał w niemal każdym znaczeniu oznacza coś pierwotnego, źródłowego w stosunku do innych aspektów działalności gospodarczej. W finansach jest to wielkość zgromadzonych na wejściu środków finansowych przez przedsiębiorcę/inwestora, które ostatecznie porównywane są z wynikami na wyjściu. Dla rachunkowości kapitał to odpowiedź na pytanie: skąd pochodzi majątek, dla ekonomii zaś to odpowiedź na pytanie: skąd bierze się bogactwo/dobrobyt. Kolejnym, drugim na naszej liście, kluczowym pojęciem finansów jest zysk – Z, czyli okresowa zmiana wartości kapitału finansowego wynikła z prowadzonej przez przedsiębiorstwo działalności gospodarczej. To właśnie zysk jest celem działania przedsiębiorstwa, przynajmniej z finansowego punktu widzenia. Skoro uznaliśmy wcześniej, iż nie jest (krytycznie) ważne ani źródło kapitału finansowego, ani jego struktura, interesującym nas zyskiem nie może być inny jego poziom, jak poziom operacyjny. Jest to poziom zysku generowany przez działalność operacyjną firmy przed uznaniem kosztów finansowych, a zatem wynikających ze struktury kapitału. Jeśli pomniejszyć zysk operacyjny o należne podatki, wtedy tak otrzymaną wielkość (*net operating profil after tax* – NOPAT) można interpretować jako (okresowe) wynagrodzenie za postawiony do dyspozycji przedsiębiorstwa kapitał. Przez należne podatki należy rozumieć kwotę opodatkowania, jaką przedsiębiorstwo płaciłoby, gdyby nie miało długu lub, alternatywnie, gdyby odsetki od długu nie były kosztami podatkowymi. Taki sposób naliczania podatków sprawia, że struktura kapitału pozostaje w dalszym ciągu nieistotna. Gdyby bowiem NOPAT obliczano na podstawie faktycznie należnych podatków, wpływ struktury kapitału, w szczególności obecność długu, byłby nader widoczny. W praktyce NOPAT często liczy się jako zysk operacyjny (*earnings before interest and tax* – EBIT) pomnożony przez $(1 - \text{stawka podatkowa})^6$.

Każdy inny (niż operacyjny) poziom zysku jest w sposób oczywisty nieadekwatny do prowadzonej analizy. W szczególności zysk netto nie może być dobrą miarą efektywności wykorzystania zaangażowanego kapitału, gdyż skażony strukturą kapitału stanowi wynagrodzenia jedynie dla dawcy kapitału własnego. Podobnie, na przykład, zysk brutto ze sprzedaży nie może być miarą poprawną, gdyż zawierając w sobie koszty sprzedaży i ogólnego zarządu, prowadzi do konieczności wynagrodzenia z niego nie tylko dawcy kapitału.

Jeśli kapitał rozumieć jako zasoby na wejściu, a zysk jako wynik na wyjściu, zasadnym jest pomiar efektywności procesu transformacji (całego) kapitału w zysk (operacyjny). Dzieląc zysk operacyjny po opodatkowaniu przez wartość zaangażowanego kapitału, obliczamy wskaźnik ROC (*return on capital*), alternatywnie zwany ROI (*return on investment*), ROIC (*return on invested capital*), ROCE (*return on capital employed*),

⁶ Formuła ta zakłada liniowy podatek CIT oraz równość podstawy do opodatkowania i zysku brutto. Istnieją inne, poprawniejsze sposoby obliczania NOPAT, gdy założenia te są jaskrawo naruszone (co w praktyce zdarza się nierzadko).

czy nawet, z pewnymi uszczegółowieniami, ROA (*return on assets*) – czyli stopę zwrotu z zainwestowanego kapitału, zwaną inaczej rentownością kapitału. Jeśli przedsiębiorstwo generuje straty, wskaźnik ROC jest ujemny, jeśli przedsiębiorstwo generuje zyski, ROC jest dodatni.

Osiąganie przez przedsiębiorstwo zysków nie jest jeszcze dowodem na to, że przedsiębiorstwo, z finansowego punktu widzenia, jest dobre. To jedynie warunek konieczny, ale bynajmniej niewystarczający. Dopiero gdy rentowność kapitału ROC jest większa (lub równa) od kosztu kapitału – r , takie przedsiębiorstwo można uznać za dobre (efektywne). Przedsiębiorstwo dobre to przedsiębiorstwo z definicji zyskowne, ale przedsiębiorstwo zyskowne nie oznacza jeszcze przedsiębiorstwa dobrego. Gdy rentowność przedsiębiorstwa jest większa od kosztu kapitału, wtedy mówimy, że przedsiębiorstwo generuje wartość dodaną (*value added* – VA). Algebraicznie zależność ta przedstawia się następująco:

$$VA = (ROC - r) \cdot C \quad (1)$$

Gdy rentowność przedsiębiorstwa jest równa kosztowi kapitału $ROC = r$, wtedy przedsiębiorstwo również należy uznać za dobre, choć nie generuje żadnej dodatniej wartości dodanej. Jest dobre, gdyż osiąga wymaganą przez dawcę kapitału rentowność. Gdy rentowność przedsiębiorstwa jest mniejsza od kosztu kapitału, mówimy o niszczeniu wartości dodanej (*value destruction*). Przedsiębiorstwo powinno być wtedy uznane za złe, nawet jeśli generuje zyski.

Wyrażona w punktach procentowych nadwyżka rentowności ROC nad kosztem kapitału – r , $(ROC - r)$ determinuje odpowiedź na pytanie, czy przedsiębiorstwo jest dobre. Ale dopiero wyrażona w jednostce monetarnej nadwyżka pokazuje, ile *de facto* przedsiębiorstwo generuje wartości dodanej. W konsekwencji wzór (1) można alternatywnie przedstawić jako:

$$VA = Z - r \cdot C \quad (2)$$

gdzie Z to obliczony jako NOPAT zysk przedsiębiorstwa. W tym ujęciu odjemną jest zysk generowany przez przedsiębiorstwo, odjemnikiem zaś poziom zysku wymaganego. Poziom wymagany zależy od dwóch czynników: wielkości kapitału – C oraz jego kosztu – r .

Koszt kapitału – r jest to wymagane przez dawcę kapitału stopa zwrotu z zainwestowanego przez niego kapitału. Składa się ona z dwóch komponentów – wymaganej stopy zwrotu z inwestycji nieposiadającej żadnego ryzyka (*risk free return* – r_F) oraz premii za ryzyko (*risk premium* – RP).

$$r = r_F + RP, \quad (3)$$

Pierwszy komponent, stopa zwrotu z instrumentu pozbawionego ryzyka – r_F , wynika z faktu, że nawet w sytuacji pozbawionej ryzyka, pieniądz dzisiaj jest wart więcej niż jutro. Wartość pieniądza w czasie przesądza zatem, że nawet w sytuacji, w której nie ma żadnego ryzyka, preferencje inwestorów do utrzymywania gotówki wymuszają istnienie wynagrodzenia za czasowe rozstanie się z nią. Stopa r_F powinna, co do zasady, utrzymywać przynajmniej wartość nabywczą jednostki monetarnej, co oznacza, że stopa zwrotu pozbawiona ryzyka powinna, co do zasady, być większa od przewidywanej inflacji.

W praktyce za stopę zwrotu z instrumentu pozbawionego ryzyka uważa się stopę zwrotu z instrumentów dłużnych emitowanych przez Skarb Państwa. Pomijamy w tym miejscu trzy kwestie. Po pierwsze, czy takie instrumenty są w praktyce rzeczywiście pozbawione ryzyka. Po drugie, które z szerokiego wachlarza instrumentów skarbowych najlepiej oddaje istotę instrumentu pozbawionego ryzyka, w szczególności, czy jest to roczny bon skarbowy, dobry kandydat w analizie jednookresowej, stwarzający kłopoty koncepcyjne w obszarze reinwestycji i analizie wieloletniej, czy długoterminowa (np. 30-letnia) obligacja skarbo-
wa, poprawna z perspektywy wielookresowej, błędna w analizie projektów generujących śródokresowe przepływy gotówkowe. Po trzecie, czy emitowane przez Skarb Państwa, a następnie kwotowane na rynku instrumenty skarbowe zawsze pokrywają inflację.

Z kolei drugi komponent kosztu kapitału, premia za ryzyko RP, to uśredniona nadwyżka wymaganej przez dawcę kapitału stopy zwrotu ponad poziom stopy zwrotu pozbawionej ryzyka. Wynika ona z faktu, iż dawca kapitału, co do zasady, jest podmiotem wykazującym awersję do ryzyka. Awersja ta, wielokrotnie zaobserwowana zarówno w kontrolowanych eksperymentach, jak i faktycznej wycenie instrumentów finansowych, oznacza, że inwestor (dawca kapitału) nie zaangażuje swego kapitału w inwestycje ryzykowne, chyba że zostanie mu zaoferowane wynagrodzenie za podejmowane ryzyko. Dzięki nowoczesnej teorii wyceny aktywów kapitałowych i jej empirycznym weryfikacjom można pokazać, iż premia taka składa się z dwóch czynników – rynkowej premii za ryzyko (*market risk premium* – MRP), wspólnej wartości dla wszystkich podmiotów gospodarczych danego rynku, oraz czynnika skalującego, współczynnika β , czyli kowariancji analizowanego instrumentu finansowego z rynkiem. Stąd pełna formuła na koszt kapitału wygląda następująco:

$$r = r_F + \beta \cdot \text{MRP} \quad (4)$$

Współczynnik β , inny dla różnych przedsięwzięć gospodarczych, wynosi średnio dla rynku 1 (neutralne skalowanie). Jest większy od 1 (skalowanie w górę) dla inwestycji ryzykownych i mniejszy od 1 (skalowanie w dół) dla inwestycji mniej ryzykownych (niż średnia rynkowa). Chociaż nie ma teoretycznych przeszkód, aby współczynnik β był ujemny, co pociąga za sobą niezwykle interesującą konsekwencję, w tym sugerującą istnienie instrumentów mniej ryzykownych niż instrumentu pozbawionego ryzyka (sic!), w praktyce sytuacje takie zdarzają się niezwykle rzadko⁷.

Po wprowadzeniu pięciu fundamentalnych pojęć finansów, jakim są: kapitał – C , zysk – Z , rentowność – ROC , koszt kapitału – r , połączonych łącznie w kategorię wartości dodanej – VA , czas, aby tę ostatnią kategorię połączyć również z wyceną. Zależność

⁷ Przykładem biznesu z ujemną betą i w konsekwencji mniejszą niż r_F wymaganą stopą zwrotu jest kancelaria prawna zajmująca się jedynie bankructwami firm. Kancelaria taka osiąga słabe wyniki finansowe, gdy cały rynek ma się świetnie, gdy rynek natomiast ma się kiepsko (wiele firm bankrutuje), kancelaria ta osiąga swoje najlepsze rezultaty. Istnienie wymaganej stopy mniejszej niż stopa instrumentu pozbawionego ryzyka, pomimo pierwotnego, intuicyjnego oporu, jaki musi stwarzać istnienie ryzyka mniejszego niż zero, jest zupełnie zrozumiałe. Bo choć jest w istocie prawdą, że instrument z ujemną betą generuje mniejsze średnio zwroty niż instrumenty skarbowe pozbawione ryzyka, to również prawdą jest to, że instrument taki, dzięki ujemnej korelacji (becie), zmniejsza ryzyko portfela. Osiągana dzięki temu stopa zwrotu ze zdywersyfikowanego portfela jest co prawda mniejsza, jednak jednocześnie znacznie mniej ryzykowna.

jest zdumiewająco prosta i właściwie oczywista (o czym była już mowa we wstępie): jeśli przedsiębiorstwo generuje dodatnią wartość dodaną $VA > 0$, czyli zyski większe niż wymagane przez koszt kapitału, jego wartość (*present value* – PV), obliczana w procesie wyceny, jest większa niż wartość zaangażowanego w nie kapitału⁸. Innymi słowy, warto podjąć decyzję o postawieniu do dyspozycji przedsiębiorstwa kapitału C , gdy przedsiębiorstwo takie generuje stopy zwrotu ROC większe niż koszt kapitału r . I warto to zrobić z prostej przyczyny – wartość, której się pozbywamy w postaci zainwestowanego kapitału C jest po prostu mniejsza niż wartość nabywana $PV > C$. Warto przy tym natychmiast podkreślić, iż choć wartość przedsiębiorstwa PV , wynikająca z jej przyszłych wyników, zależy *ex definitione* od przyszłych właśnie wyników, to jednak sama kategoria wartości takiego przedsiębiorstwa odnosi się do wartości z dnia dzisiejszego (stąd termin *present* – PV). Ważne zatem, aby pamiętać, że zarówno C , jak i PV odnosi się w tym miejscu do tego samego momentu w czasie, tzn. dziś.

Na koniec warto raz jeszcze przypatrzyć się sformułowanej tu relacji pomiędzy wyceną i rentownością przedsiębiorstwa oraz zapytać o zakres jej zastosowania w teorii i praktyce. Po pierwsze, w swojej najpełniejszej postaci, jest to po prostu ogólna prawda, o tautologicznej niemal strukturze, przypominającej zawsze prawdziwe prawo (nauki o finansach), które mówi, najogólniej rzecz biorąc, że przedsięwzięcia, projekty, firmy, które generują stopę zwrotu większą niż koszt kapitału, są po prostu warte więcej niż zaangażowane w nie środki. Po drugie, z historycznej perspektywy prawo to stwierdza, że przedsiębiorstwa, które *ex post* generowały wyższą stopę zwrotu z zainwestowanego kapitału niż obowiązujący wtedy koszt kapitału, są na końcu swej działalności warte więcej niż wartość (odpowiednio uaktualnionego na dziś) całego zainwestowanego w nie wcześniej kapitału. Po trzecie, prawo to obowiązuje również w stosunku do nowo powstających firm. I w tym sensie jest to wniosek znacznie ważniejszy w praktyce niż poprzednie dwa. Sformułowane tu prawo oznacza bowiem, że nowo powstające firmy są warte więcej niż przeznaczany na ich uruchomienie kapitał, jeśli tylko oferują (w przyszłości) stopę zwrotu większą niż stopa wymagana przez inwestorów. Na koniec pochylimy się nad adekwatnością sformułowanego powyżej prawa dla podmiotów już funkcjonujących. Choć mają one swoje historyczne wyniki, ich dzisiejsza wartość nie zależy od nich, a od wyników w przyszłości. Sformułowane prawo należy zastosować tu dosłownie (i adekwatnie do firm nowo powstających). Jeśli przyszła rentowność firmy będzie średnio większa niż koszt kapitału, takie firmy są warte więcej niż zainwestowany w nie (zaktualizowany na dziś) kapitał.

W przypadku istniejących przedsiębiorstw powstają jednak dwa krytycznie ważne pytania. Pierwsze dotyczy wielkości zaangażowanego kapitału. Dla firm nowo powstających estymacja początkowego kapitału jest zadaniem stosunkowo prostym zarówno z teoretycznego, jak i praktycznego punktu widzenia. Dla firmy działającej od lat, pytanie o to, ile dokładnie dana firma ma zainwestowanego kapitału, nie jest wcale oczywiste. Najczęściej wielkość tę utożsamia się z, tak czy inaczej, korygowaną sumą bilansową podmiotu.

⁸ Pomija się tu niezwykle ważny temat tzw. standardów wartości. W niniejszej pracy przez wartość rozumie się wartość wewnętrzną (*intrinsic value*) i oznacza jako PV (*present value*), niezależnie od metody jej szacowania.

Druga kwestia dotyczy adekwatności sformułowanego prawa dla kogoś, kto nie jest w stanie nabyć przedsiębiorstwa po cenie odpowiadającej zainwestowanemu kapitałowi. Jakie znaczenie ma porównywanie wartości istniejącego już przedsiębiorstwa do wielkości zainwestowanego w nie kapitału, skoro z góry wiadomo, że ewentualne przejęcie firmy, w szczególności spółki notowanej na giełdzie (lub zwykły zakup jednej jej akcji), odbędzie się po obowiązującej w danej chwili wartości rynkowej MV (*market value*), innej niż wartość bilansowa? Co jeśli wartość rynkowa MV jest znacznie wyższa niż wartość zainwestowanego w firmę historycznie kapitału? W szczególności warto zapytać, co jeśli spółka, a co za tym idzie proponowana cena nabycia, jest przeszacowana, w stosunku do prawdziwej wartości (wewnętrznej) PV ? Sformułowane prawo orzeka, że spółka jest dobra, jeśli generuje wyższe stopy zwrotu z zainwestowanego przez siebie kapitału. Z tego wynika, że pierwotni dawcy tego kapitału korzystają finansowo na dokonanej inwestycji. Tak być jednak nie musi z perspektywy inwestora, który dziś nabywa akcje takiej spółki po obowiązującej dziś wartości rynkowej. Jeśli cena, którą za spółkę płaci jest wyższa niż jej prawdziwa wartość PV , to z pewnością nie jest to transakcja dla niego opłacalna. I tu nasze prawo ukazuje ponownie swoją siłę. Z perspektywy nabywcy, który płaciłby za wysoką cenę MV (za wysoką, gdyż wyższą niż PV), stopy zwrotu z zainwestowanego przez inwestora kapitału będą niższe od kosztu kapitału. Inwestycja taka jest zła.

Prawo działa jakby dwukrotnie. Dla pierwotnych inwestorów, dla których przedsiębiorstwo jest dostępne po cenie, która determinuje zainwestowany kapitał, przedsiębiorstwo jest dobre. Dla inwestora, który płaci cenę wyższą, tzn. za wysoką, przedsiębiorstwo jest złe. Ten pierwszy otrzymuje stopę zwrotu z zainwestowanych przez siebie (stosunkowo małych) środków powyżej kosztu kapitału, ten drugi – stopę zwrotu z zainwestowanych przez siebie (stosunkowo wysokich) środków, która jest niższa niż ten sam koszt kapitału. Dla jednego jest to dobra firma, dla drugiego – zła inwestycja.

Sytuacja taka zdarza się stosunkowo często. Dobre przedsiębiorstwo, którego rentowność przekracza koszt kapitału, może być wycenione przez rynek nie tylko na znacznie wyższym poziomie, niż należałoby tego oczekiwać po wielkości zaangażowanego kapitału C , nie tylko na poziomie, jaki odpowiada jego prawdziwej wartości (PV), ale na poziomie jeszcze wyższym. Podobnie złe przedsiębiorstwo, niepokrywające kosztu kapitału, może być z perspektywy inwestora bardzo intratną inwestycją, jeśli tylko cena, po której jest nabywane jest poniżej jej wartości PV . Za każdym razem obowiązuje zasada: wyższa (niższa) od kosztu kapitału rentowność ROC , wyższa (niższa) wycena od zainwestowanego kapitału, w rezultacie dobra (zła) inwestycja/spółka.

Na koniec sekcji poświęconej finansom, kilka ważkich uwag wyjaśniających. Po pierwsze, sformułowane prawo nie nastęrcza żadnych kłopotów jedynie dla projektów jednookresowych. W projektach tych stosunkowo łatwo obliczyć wartość inwestowanego kapitału, ale także otrzymywaną na koniec okresu stopę zwrotu. Dla projektów wielookresowych tej łatwości brak. Wyzwaniem staje się każdorazowa, dla każdego okresu osobno, estymacja wielkości zainwestowanego kapitału, przy użyciu danych bilansowych (o czym była mowa wcześniej). Problemem jest też sposób uśredniania wyników dla różnych okresów. Kwestia staje się niebanalna, gdy analiza wartości dodanej wskazuje na dodatnie wielkości w jednych latach i ujemne w drugich. Lata, w których wartość dodana jest dodatnia, wskazują na dobrą inwestycję, gdy wartość dodana jest ujemna, inwestycja

przestaje być dobra. Powstaje pytanie: dla ilu okresów w projektach wielookresowych inwestycja dobra (zła) może być zła (dobra), aby w dalszym ciągu nazywać ją dobrą (złą)? Nie wchodząc w zbędne tu szczegóły, warto jedynie nadmienić, że jest to problem skrojony wprost dla nauki o finansach, która zajmuje się zarówno tematyką wartości pieniądza w czasie, jak i problemem wyceny projektów wielookresowych⁹.

Po drugie, można zapytać, kto dokładnie korzysta z nadwyżki stopy zwrotu nad stopą wymaganą z całego przecież kapitału? Jest prawdą, iż cała analiza, w tym obliczanie ROC, dokonywana jest przy nierozróżnianiu (dawców) kapitału obcego i własnego. Nie znaczy to bynajmniej, że ewentualne korzyści w postaci wartości dodanej VA będą „równo” dzielone między nich. Można pokazać, że każdorazowy wzrost wyceny wynikający z dobrych wyników zostanie w pełni skonsumowany przez właściciela, a nie dawcę długu. Ten drugi posiada roszczenie ściśle zdefiniowane. Wszystko poza kontraktowo zapisanym zakresem roszczenia należy zatem do właściciela (kapitału własnego). Nie trzeba dodawać, że jest to miecz obosieczny. Jeśli firma generuje stopy zwrotu poniżej kosztu kapitału, jest zatem warta mniej niż zainwestowany kapitał, całość deficytu wyceny bierze na siebie właściciel (kapitału własnego), a nie wierzyciel z konkretnie zdefiniowanym roszczeniem.

Po trzecie wreszcie, całą niniejsza analiza przeprowadzona została w języku wyników firmy i jej rentowności, w szczególności w relacji do kosztu kapitału. Jednocześnie omawiane tu prawo prowadzi do wniosków na temat wyceny, która zdeterminowana jest przecież nie tyle przez zyski, ile, jak powszechnie wiadomo, przez przepływy pieniężne. Jak pogodzić jedno (zyski papierowe) z drugim (żywa gotówka)? Można pokazać, co wykracza poza ramy tego tekstu, że wskazana tu wątpliwość nie zmienia prawdziwości omawianych wniosków. Okazuje się bowiem, że wszelkiego rodzaju manipulacje księgowo zmieniające wyniki, a nie zmieniające przepływów znoszą się wzajemnie w analizie wielookresowej opartej na wskaźniku ROC.

Rachunkowość – bilans i rachunek wyników

Rachunkowość jako nauka, w opinii większości pracujących w tym obszarze, powinna być traktowana jako samodzielna dyscyplina naukowa [Jaruga 1997] i tak rzeczywiście jest np. w Stanach Zjednoczonych. Według tych opinii nie może być zatem sprowadzana do żadnej innej dyscypliny, czy to ekonomii i finansów, jak jest w Polsce, czy nauk o zarządzaniu, jak jest w Niemczech [Bąk 2013]. Dla nas jednak nie byłaby nauką wcale, gdyby tylko każda decyzja inwestycyjna dotyczyła przedsięwzięcia jednookresowego i do tego takiego, w którym zasoby, jedynie w postaci gotówki, były inwestowane jednorazowo w $t = 0$, a wyniki, ponownie jedynie gotówkowe, materializowałyby się również

⁹ Można przy tym wykazać, że ofiarą omawianych tu trudności jest precyzyjna definicja średniej rocznej rentowności projektów wielookresowych. Problem fundamentalny, nieczęsto zauważany przez zarówno teoretyków finansów, jak i pracujących na rynku kapitałowym finansistów. Z kolei wielookresowość nie stanowi większego problemu dla samego procesu wyceny. W efekcie, jeśli wycena wartości spółki jest większa od płaconej za nią ceny, można w dalszym ciągu utrzymywać, że osiągnięta z tej inwestycji stopa zwrotu jest średnio wyższa niż wymagana, nawet jeśli użyte tu pojęcie „średnio” traci nieco na swej precyzji.

jednorazowo w $t = 1$. Rachunkowość sprowadzałaby się wtedy do czystej księgowości i do tego gotówkowej. Pretensje do naukowości takiej aktywności byłyby znikome.

Jako że każde w praktyce przedsięwzięcie, w tym każde przedsiębiorstwo, nie jest projektem jednorocznym, w którym ani kapitał nie jest wnoszony jednorazowo w postaci gotówki, ani zysk nie jest generowany jednorazowo w postaci gotówki na koniec roku, powstaje wiele fundamentalnych pytań, czasem o naturze filozoficznej, innym razem metodologicznych, a nawet ontycznych, odnoszących się do natury i pomiaru wielkości zaangażowanych zasobów na wejściu i wielkości wyników na wyjściu. Pytań, dodajmy, na które nauka finansów nie potrafi odpowiedzieć, albo inaczej, na które najbardziej kompetentnie odpowiedzieć może właśnie rachunkowość i nauka jej poświęcona.

W naszym ujęciu rachunkowość odpowiada zatem za informację. Zresztą sama rachunkowość, niezależnie, czy traktująca siebie bardziej jako praktykę, czy teorię, określa się jako system informacji [Jaruga 1991, Gmytrasiewicz i Karmańska 1996, Brzezina 2005] lub system ewidencji [Nowak 2008]. Nauka o rachunkowości, niezależnie, czy prowadzona apriorycznie, oparta na aksjomatach w teoriach normatywnych, czy opierająca się na badaniach empirycznych, oparta na teorii pozytywnej, skoncentrowana jest na tematyce zyskowności i w przeważającej mierze na rachunkowości finansowej [Oler 2010]. Nie jest w tym miejscu istotne, czy to bilans (jak ma to miejsce w statycznych teoriach bilansu), czy też rachunek wyników (jak ma to miejsce w dynamicznych teoriach bilansu) zajmuje miejsce pierwotne [Brzezina 2006]. Nie bez przyczyny teorie bilansowe zwane są również teoriami rachunkowości finansowej [Schweitzer 1990].

W rezultacie zrozumiałe jest twierdzenie, według którego jeśli finansista ma posiadać głęboką wiedzę i zrozumienie bilansu, to właśnie dlatego, aby rozumieć skalę zaangażowanych zasobów, potrzebną przy szacowaniu mianownika wskaźnika ROC. Jeśli ma rozumieć szczegółowo rachunek zysków i strat, to właśnie dlatego, że jest mu on potrzebny przy szacowaniu licznika wskaźnika ROC¹⁰. Natomiast rachunkowiec ma je rozumieć z samego swego powołania.

Skupienie się rachunkowości na szacowaniu jedynie wielkości kapitału i zysku, a wcześniej jeszcze na fundamentalnym zrozumieniu tych pojęć, nie jest bynajmniej zadaniem błahym. O tym, że od jakości zarówno zadumy teoretycznej, jak i precyzji estymacyjnej zależą wszelkie inne wnioski – nie trzeba nawet wspominać. Jakość danych wejściowych do analizy determinuje jakość wniosków. Inną kwestią jest tu, w jakim stopniu przedstawiane szacunki mogą być co do zasady bliskie prawdy i co w ogóle miałyby w tym kontekście oznaczać pojęcie prawdy [Berent 2023]. Nie przypadkowo te pytania tak jak i analiza pojemności znaczeniowej klauzuli *fair and true view*, to domena właśnie nauki o rachunkowości, a nie finansach.

Rachunkowość odpowiada na pytanie, czy firma jest zyskowna, a jest taka, gdy przychody ze sprzedaży P są większe od kosztów K sprzedanych produktów, towarów i materiałów, kosztów sprzedaży i ogólnego zarządu itd. Finanse natomiast odpowiadają na

¹⁰ Wydaje się bardzo ważną intuicją myśl sugerująca, iż nawet w finansach, zdominowanych przecież przez analizę strumieni pieniężnych, nauczanie powinno zaczynać się od stosunkowo szczegółowej zadumy nad bilansem i rachunkiem zysków i strat, jako zasobami na wejściu i wynikami na wyjściu. To one właśnie determinują wskaźnik ROC, a w następnej wartości kolejności dodaną i wycenę. Nie sposób zatem mówić o finansach bez rachunkowości.

pytanie, czy firma jest dobra, a jest taka, gdy rentowność przedsiębiorstwa jest większa od kosztu jego kapitału. Interesujące w tym miejscu jest stwierdzenie, według którego obydwie formuły można połączyć tak, że zdanie rachunkowości o firmie zyskowej, w której przychody P są większe od kosztów K , przekształca się w zdanie finansowe o firmie dobrej:

$$VA = Z - r \cdot C = (P - K) - r \cdot C = P - (K + r \cdot C) \quad (5)$$

W tym ujęciu zysk rachunkowości wyrażony formułą $Z = P - K$, stanowi różnicę pomiędzy przychodami P i kosztami K , staje się zaś wartością dodaną, gdy od takiego zysku odejmiemy się dodatkowo ekwiwalent pieniężny kosztu kapitału $r \cdot C$. Innymi słowy, wartość dodana to zysk po wszystkich kosztach, łącznie z kosztem kapitału. Z perspektywy wzoru (5) nie może również zaskakiwać fakt, że wartość dodana VA w literaturze znana jest również jako zysk z przydawką „ekonomiczny” (*economic profit*).

Istnieje wiele różnorodnych argumentów, dla których przy szacowaniu wielkości zaangażowanego kapitału należy zastanowić się nad niemal każdą pozycją bilansu, zarówno aktywów, jak i pasywów. Poniżej podamy jedynie kilka najbardziej oczywistych przykładów rodzących się wątpliwości przy szacowaniu mianownika wskaźnika ROC. Po pierwsze, przy badaniu efektywności danego przedsięwzięcia biznesowego należy sprawdzić, czy wszystkie elementy bilansu dotyczą tego właśnie przedsięwzięcia. W bilansie mogą być pozycje co prawda należące do przedsiębiorstwa, ale wcale nie związane z analizowanym przedsięwzięciem, czy (wycenianym) projektem. Już sam fakt, iż przedsiębiorstwo to portfel potencjalnie różnych aktywności zmusza do krytycznego oszacowania zasobów zajmowanych przez każdą z nich. Zadanie niebanalne – zadanie przede wszystkim dla rachunkowości. Dobrą ilustracją jest tu problem nadmiarowej gotówki, niepotrzebnej do prowadzenia działalności operacyjnej. Pomijając kwestię trudności w oszacowaniu, która gotówka jest zbędna, a która konieczna do codziennej działalności, ważne jest, aby z analizy rentowności i wyceny wyłączyć zasoby gotówki zbędnej. Ale gdzie w bilansie znaleźć informację na ten temat? Obecnie obowiązujące zapisy ustawowe dzielące inwestycje krótkoterminowe m.in. na środki pieniężne i inne aktywa pieniężne oraz inne inwestycje krótkoterminowe nie są tu zbyt pomocne. Podobnie uzasadnione jest pytanie, czy przy szacowaniu zainwestowanego kapitału nie należałoby korygować należności po stronie aktywów z podobnymi do nich z finansowego (ekonomicznego) punktu widzenia zobowiązaniami z tytułu dostaw ze strony pasywnej bilansu. Tak w istocie w procesie analizy finansowej i wyceny się robi. Czy jest to zadanie dla rachunkowca, czy finansysty?

Korekty, o których jedynie tu wspominamy, prowadzą każdorazowo do powstawania nowych pojęć, nowych bytów, ważnych w procesie tworzenia i analizy wartości dodanej i wyceny. Pomijanie zbędnej gotówki, na przykład, jest tożsame z przeniesieniem jej na drugą stronę bilansu i stworzeniem nowego pojęcia, którym jest dług netto. Korekta należności o zobowiązania z tytułu dostaw oznacza z kolei przeniesienie tych drugich na stronę aktywną bilansu i stworzenie nowej kategorii zwanej kapitałem pracującym netto¹¹. To jedynie podstawowe i stosunkowo niekontrowersyjne propozycje modyfi-

¹¹ Dług netto w analizie rentowności to kategoria odmienna od długu netto stosowanego w analizie płynności, czy wypłacalności. Podobnie istnieje wiele definicji kapitału obrotowego, innych w analizie rentowności, innych w analizie wypłacalności [Hawawini i Viallet 2019].

kacji bilansu. A istnieje wiele znacznie bardziej skomplikowanych pytań. Na przykład o zasadność i sposób ujmowania w bilansie wszelkich rodzajów leasingu, aktywów niematerialnych i prawnych, w tym wartości firmy, rozpoznawanie przychodów, czy odliczanie amortyzacji itd. Nie chodzi przy tym o zgodność z literą prawa albo jedynie ze stosowanymi standardami rachunkowości. Chodzi o prawdę i pytanie o wielkość faktycznie zaangażowanego w przedsięwzięcie kapitału, niezbędnego przy ocenie rentowności kapitału, a następnie, jak widzieliśmy, przy ocenie, czy przedsiębiorstwo jest dobre.

Równie głębokiego namysłu wymaga analiza poszczególnych pozycji rachunku zysku i strat. W tym aspekcie warto nadmienić przynajmniej dwie kwestie. Po pierwsze, wartością zysku, która powinna być w zainteresowaniu finansisty, jest, jak już wspomniano, nie zysk netto, często główny poziom zysku dla rachunkowca, ale zysk operacyjny NOPAT. To właśnie zdolność przedsiębiorstwa do efektywnego wykorzystania majątku, niezależnie, czy finansowanego kapitałem własnym, czy obcym, stanowi o tym, czy przedsiębiorstwo jest dobre, czy nie. Po drugie, z praktycznego tym razem punktu widzenia, należy zwrócić szczególną uwagę na jeden konkretny element rachunku wyników, jakim są tzw. pozostałe przychody i koszty operacyjne. Jak sama nazwa wskazuje, są to pozycje w jakiś sposób powiązane z działalnością operacyjną i jako takie powinny być ujmowane przy analizie efektywności operacyjnej przedsiębiorstwa i włączone do NOPAT. Z innej strony, są to niezwykle zróżnicowane transakcje i do tego stosunkowo często znacznej wartości. Niektóre mają charakter czysto księgowy, inne znów znaczny komponent gotówkowy. W praktyce to właśnie ta pozycja wymaga największej uwagi analitycznej co do swojej natury i znaczenia w procesie szacowania zysku oraz wyliczania ROC, oraz wyceny.

Skala możliwych korekt, tych potrzebnych, by w ich wyniku otrzymać wiarygodny i prawdziwy obraz wielkości zaangażowanego kapitału oraz osiąganego zysku, jest praktycznie nieograniczona. Jak twierdzą twórcy wskaźnika EVA (*economic value added*), skorygowanej wersji omawianej tu koncepcji wartości dodanej, należy poczynić nie mniej niż 164 korekty do standardowego bilansu i rachunku wyników, aby prawidłowo oszacować kapitał i zysk, a tym samym wartość dodaną. Obszarami wymagającymi największej troski są, według tych autorów: wycena zapasów, sezonowość sprzedaży, amortyzacja, uznawania przychodów, nieściągalne długi, ujmowanie w księgach prac badawczo-rozwojowych oraz wartości niematerialnych i prawnych, wyceny zobowiązań warunkowych i zabezpieczeń, kwestie związane z podatkami, inflacją, przeliczaniem walut itp. [Stewart 1994]. Pamiętając, że twórcy wskaźnika EVA to właściciele firmy konsultingowej, mający biznesowy interes w tym, aby twierdzić, iż są w posiadaniu unikalnej wiedzy, nie tyle liczba 164 koniecznych korekt jest tu ważna, ile wynikająca z tej liczby teza – bilans oraz rachunek zysków i strat w nieskorygowanej postaci może dać daleko nieprawidłowe wyniki szacunków zaangażowanych zasobów, oraz generowanych zysków. Poza tym podana tu liczba 164 korekt nawet jeśli świadomie zawyżona pokazuje skalę możliwych ingerencji, czasem niezbędnych, aby zbliżyć się do prawdy, jeśli takowa w ogóle istnieje w rachunkowości¹².

Warto też zauważyć, że oprócz pojęć kapitału i zysku, żadne inne spośród pięciu pojęć definiowanych wcześniej (kapitał – C , zysk – Z , rentowność – ROC, koszt kapitału – r

¹² Inna sprawa, że w kolejnych publikacjach liczba koniecznych korekt jest inna niż 164 : 120 [Stern i in. 1995], 160 [Ehrbar 1998], 120–150 [Young 1999, Worthington i West 2001].

i wartość dodana – VA) nie budzi takich kontrowersji i nie bywa przedmiotem międzydiscyplinarnego sporu. W odróżnieniu bowiem od kategorii kapitału oraz zysku, integralnych elementów (nauki o) rachunkowości, koszt kapitału jest pojęciem fundamentalnie należącym do finansów. Już sama definicja ryzyka i w konsekwencji oddzielenie niewycenianego ryzyka dywersyfikowalnego od wycenianego ryzyka niedywersyfikowalnego, to esencja finansów, w szczególności teorii portfelowej Markowitza [1952] oraz teorii wyceny aktywów, czy to Sharpe’a [CAPM 1964], czy Rossa [APT 1976]. Również pomiarem ryzyka za pomocą nieintuicyjnej miary, jaką jest kowariancja z rynkiem (w postaci wskaźnika beta), a nie błędnej, aczkolwiek na pierwszy rzut oka bardziej intuicyjnie pasującej miary ryzyka, jaką jest wariancja, zajmują się finanse nie rachunkowość¹³. W konsekwencji to finanse zajmują się szacowaniem kosztu kapitału i wyceną na podstawie prognozowanych (przez siebie) wyników/przepływów finansowych. Z powyższego wynika również, iż także rentowność mierzona wskaźnikiem ROC, choć jest jedynie mechaniczną konsekwencją znajomości wielkości kapitału i zysku, należy do finansów, nie rachunkowości. Każdy, mając informację na temat kapitału i zysku, może ją co prawda policzyć, również rachunkowiec, ale to finansista wyposażony jest w narzędzie, jakim jest kryterium oceny wskaźnika ROC, którym jest koszt kapitału. Bez niego posługiwanie się pojęciem rentowności byłoby ułomne. Podobnie zaduma i wyliczania wartości dodanej, a następnie zależnej od nich wyceny wewnętrznej, to domena finansów, a nie rachunkowości.

Podsumowując, zadaniem i to zadaniem niebywale ambitnym dla (nauki o) rachunkowości jest zaduma i metodyczna analiza wszelkich składników bilansu i rachunku wyników, aby otrzymane w ich wyniku szacunki były, jeśli nie idealnym odbiciem prawdy, to przynajmniej stosunkowo mało obciążonymi, efektywnymi, ze statystycznego punktu widzenia, jej estymatorami. Znaczącej zadumy wymaga również analiza przydatności poszczególnych, prawidłowo nawet oszacowanych pozycji bilansu i rachunkowości, do analizy efektywności i wyceny przedsiębiorstwa. Podane wcześniej przykłady (niepotrzebna do działalności operacyjnej gotówka, pozostałe przychody i koszty operacyjne, leasing, wartości niematerialne i prawne, amortyzacja itp.) to jedynie kilka spośród dziesiątek możliwych obszarów wymagających gruntownej analizy, czasem systemowej i definicyjnej, nie zawsze analizy jednoznacznej dającej jednoznaczne odpowiedzi. Czy sugerowanych tu korekt powinien dokonywać zawsze rachunkowiec? Oto jest pytanie. Jako że autorem surowych danych jest rachunkowiec, a finalnym użytkownikiem i autorem wycen często jest finansista, analiza koniecznych korekt to dzieło, jak się wydaje, wspólne.

Zarządzanie – wybór i analiza strategii dojścia do celu

Stwierdziwszy, dzięki informacji otrzymanej od rachunkowości, czy przedsiębiorstwo jest zyskowne (czy nie), a następnie, dzięki dodatkowej informacji od finansów o koszcie kapitału, czy jest dobre (czy nie), można zadać pytanie, jak te wyniki są osiągalne. Dotyczy to nie tylko wyników *ex post*, ale może jeszcze bardziej wyników *ex ante*, na etapie planowania i przyjmowania w budżecie nowych projektów. Każdy bowiem efekt

¹³ Choć rola wariancji stóp zwrotu portfela rynkowego znajduje się rzeczywiście w centrum teorii finansów, to składają się na nią nie tyle wariancje, co głównie kowariancje poszczególnych elementów w portfelu.

finansowy może być osiągnięty za pomocą wielu, często drastycznie odmiennych, niekiedy sprzecznych, a przez to konkurujących ze sobą różnych strategii. Analiza sposobu dojścia do określonego wyniku finansowego (*ex post*, czy *ex ante*) i samego procesu jego powstawania nie należy, co do zasady, ani do nauki o rachunkowości, pomimo znaczących osiągnięć rachunkowości zarządczej w kwestii zbierania i kwalifikacji informacji w tym zakresie, ani do nauki o finansach, pomimo bardzo rozwiniętej i wielowarstwowej analizy finansowej, a przynajmniej nie należy jedynie do tych dziedzin. Należy przede wszystkim do nauki o zarządzaniu (w jednostkach gospodarczych), zwanych też zarządzaniem biznesowym. To zarządzanie, według ekspertów, odpowiedzialne jest za definiowanie i wdrażania efektywnych procesów dojścia do wyznaczonego celu. To do nauki o zarządzaniu należy zadanie wyznaczanie najlepszych ścieżek. Do swoich celów nauki o zarządzaniu nierzadko używają języka matematyki, narzędzi optymalizacyjnych, różnego rodzaju modelowania, czy programowania liniowego. Sam Drucker podkreślał, że celem przedsiębiorstwa jest ekonomiczna efektywność [2017]. Także Druckerowi przypisywane są słowa o niemożności zarządzania czymś, czego się nie mierzy. W odróżnieniu od zarządzania w organizacjach publicznych i pozarządowych, mających swoje własne, najczęściej niefinansowe cele, tym co się przede wszystkim mierzy w organizacji gospodarczej, jest, jak wielokrotnie wspomniano wcześniej, oparta na zysku wartość dodana.

Uwzględniając stanowisko Druckera, według którego każde przedsiębiorstwo w coraz większym stopniu powinno być zorientowane na klienta [Drucker 2012], zrozumiałe jest częste utożsamianie zarządzania przedsiębiorstwem, przynajmniej w wąskim znaczeniu, z jego kompozycją marketingową (*marketing mix*). Wtedy za konkretnym wynikiem stoi pewien zestaw decyzji zarządczych, nie tylko w obszarze produkcji i wyboru technologii, kapitału i pracy, majątku trwałego i obrotowego itp., ale również w obszarze samego wyboru produktu (*product*), polityki cenowej (*price*), sposobu dystrybucji (*place*), kanałów i sposobu promocji (*promotion*) [por. McCarthy 1964, Kotler 2001], a w przypadku rynku usług, dodatkowo decyzji zarządczych dotyczących całego procesu świadczenia usługi (*process*), koniecznej w nim obecności czynnika ludzkiego (*people*), czy namacalnego czynnika materialnego (*physical evidence*). Podsumowując, w naszym ujęciu rachunkowość dostarcza danych, finanse ocenia je, a specjalista od zarządzania wyjaśnia.

Jesteśmy świadomi, iż podana tu definicja zarządzania biznesowego może być kontestowana, szczególnie przez specjalistów od zarządzania. Warto jednak zauważyć, iż definicji pojęcia zarządzania jest tyle, ilu jest autorów piszących o zarządzaniu [Kuc 2015], a nad faktem braku jednoznacznej definicji ubolewał już sam Drucker [1963]. Nasza definicja, w której rachunkowość i finanse odpowiadają na pytanie ILE (odpowiednio: jest i powinno być), w pierwszym wypadku skupia się na wymiarze pozytywnym, w drugim na wymiarze normatywnym. Zarządzanie natomiast odpowiada na pytanie JAK cel ten jest (może być) osiągnięty. Stąd też definicja ta ma tę zaletę, że jest prosta i nastawiona na analizę wyboru drogi i procesu dojścia do celu spajającego organizację, w tym miejscu organizację biznesową. Nie wchodzi natomiast w ważne skądinąd koncepcyjne rozróżnienia pomiędzy takimi kategoriami jak: zarządzanie, kierowanie, administrowanie, dowodzenie, czy rządy [Sudoł 2016]. Co więcej, pomija tematykę analizy samego procesu i koordynacji różnych elementów składowych organizacji, a skupia się jedynie na wymiernych efektach wyboru strategii widocznych w dekompozycji osiągniętych wyników (finansowych).

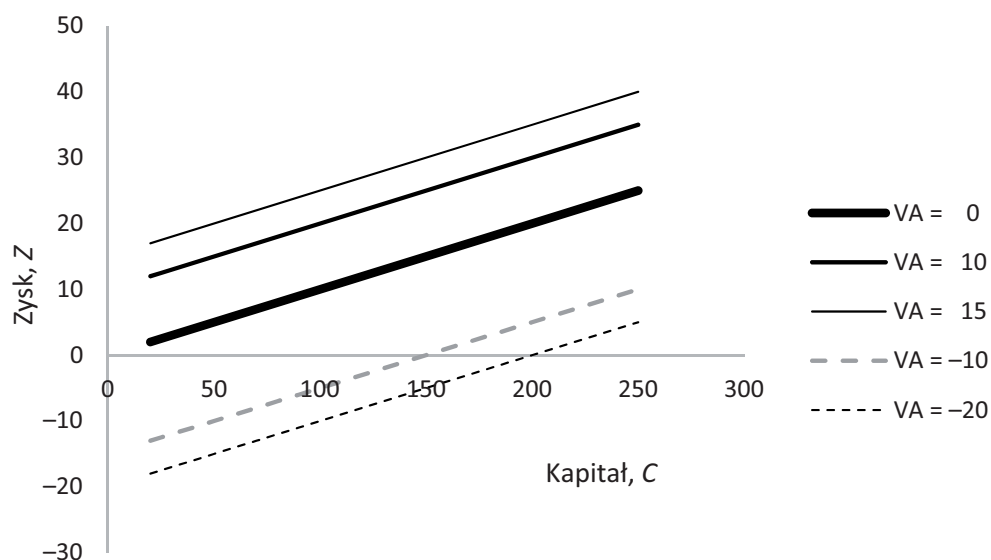
W dalszej części niniejszej pracy zaprezentowana jest analiza różnych strategii generowania wartości dodanej VA , poprzez zmianę jednej lub wielu jej elementów takich jak kapitał C i jego rentowność ROC , zysk Z , przychody ze sprzedaży P , koszty K , w tym koszty stałe KS i zmienne KZ , a także koszty zmienne jednostkowe k_Z , cena C_e i wolumen N , wskaźnik marżowości M i rotacji kapitału R itp. Jesteśmy świadomi, że analiza ta zdradza finansowy kontekst, podczas gdy faktyczne decyzje dotyczą różnorodnych kwestii w obszarze: zatrudnienia, technologii, produkcji, marketingu, sprzedaży, czy nawet kultury itp. Ostatecznie jednak, pamiętając o celu działalności przedsiębiorstwa, wszystkie te decyzje będą miały i tak bezpośredni wpływ na któryś lub większość wspomnianych tu elementów składowych wartości dodanej.

Przewodnikiem po naszej (wstępnej) mapie różnorodnych strategii będą wzory na wartość dodaną podane wyżej i ogólnie znane równania rachunkowości. Na przykład, skoro wartość dodana VA to różnica pomiędzy osiąganym przez firmę zyskiem Z a zyskiem wymaganym $r \cdot C$, to istnieje wiele odmiennych strategii $S(Z, C, r)$ osiągnięcia danego poziomu VA , w zależności od wielkości parametrów Z , C oraz r . Alternatywnie, gdy VA przedstawia się jako $(ROC - r) \cdot i$ wtedy strategię opisuje się w języku innego zestawu zmiennych i oznacza jako $S(ROC, C, r)$.

Zakłada się przy tym, że wielkość kosztu kapitału r jest daną egzogeniczną w stosunku do analizowanego przedsiębiorstwa. Teoretycznie założenie to jest bardzo ważne i mówi, powtórzmy, że koszt kapitału nie zależy od tego skąd kapitał pochodzi, a więc decyzji samego przedsiębiorstwa na temat struktury finansowania, ale w co jest ostatecznie inwestowany. Zakłada się zatem, że w momencie wyboru branży, czy sektora, przedsiębiorstwo dokonało tego wyboru i nie ma już możliwości zmiany kosztu kapitału (bez np. zmiany branży). W związku z powyższym egzogeniczność kosztu kapitału będzie przy definiowaniu strategii odpowiednio zaznaczana, na przykład – $S(Z, C | r)$ lub $S(ROC, C | r)$.

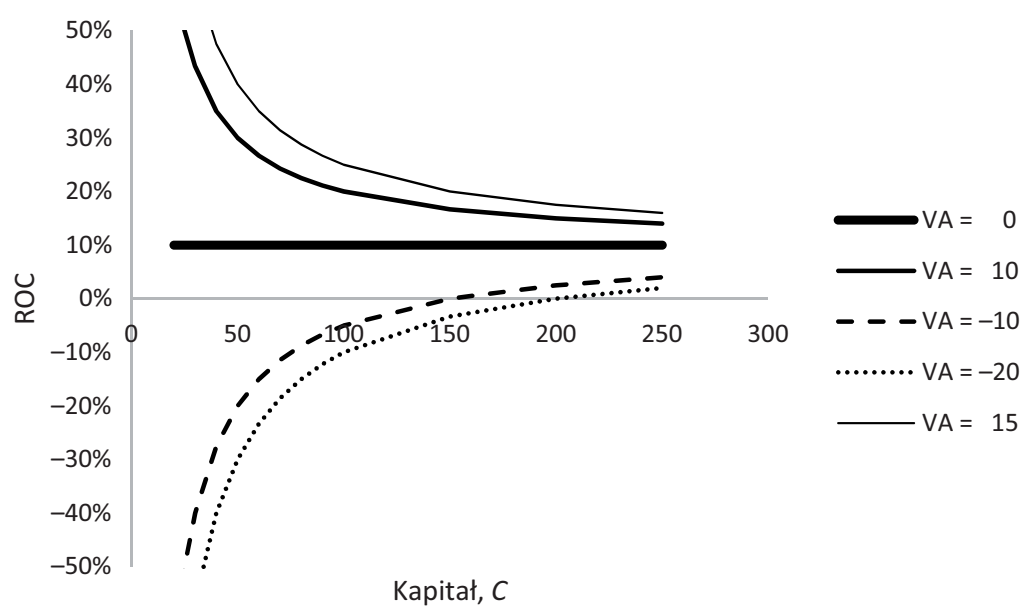
Dwie odmienne marketingowo lub produkcyjnie strategię są rozróżniane finansowo jedynie wtedy, gdy prowadzą do innych VA . Gdy prowadzą do identycznej VA , wtedy nazywa się je strategiami ekwiwalentnymi. Istnieje wiele strategii ekwiwalentnych dla danego poziomu VA . W szczególności istnieje nieskończenie wiele konfiguracji zainwestowanego kapitału C oraz zysku Z (zob. rys. 1) lub zainwestowanego kapitału C oraz jego rentowności ROC (zob. rys. 2), które dla danego r prowadzą do identycznej VA . Na rysunkach 1 i 2 pokazano pięć różnych przypadków, z których trzy opisują firmy dobre ($VA \geq 0$), dwie firmy złe ($VA < 0$).

W praktyce efektywność strategii niemal zawsze mierzy się w stosunku do jakiejś, porównywanej z nią sytuacji pierwotnej, wariantu bazowego WB (np. wynikami zeszłego roku lub planowanymi w budżecie). **Strategie dobre**, lub inaczej efektywne, to takie, które prowadzą do wzrostu VA względem wariantu bazowego. Następnie, spośród wielu dobrych strategii identyfikuje się **strategię optymalną**, która maksymalizuje wzrost VA . Identyfikacja strategii optymalnej nie oznacza jeszcze jej wdrożenia. Na końcu należy dokonać sprawdzenia, czy po wdrożeniu całe przedsiębiorstwo generuje wartość dodaną. Możliwy jest bowiem scenariusz, w którym sama strategia jest dobra, wartość dodana rośnie, ale wariant bazowy opisuje przedsiębiorstwo, które niszczy wartość ($VA < 0$).



Rysunek 1. Wartość dodana VA dla różnych poziomów zainwestowanego kapitału C i zysku Z
 Figure 1. Value-added for Different Levels of Invested Capital C and Profit Z

Źródło: obliczenia własne.
 Source: own calculations.



Rysunek 2. Wartość dodana VA dla różnych poziomów zainwestowanego kapitału C i rentowności ROC
 Figure 2. Value-added for Different Levels of Invested Capital C and Profitability ROC

Źródło: obliczenia własne.
 Source: own calculations.

Wtedy może okazać się, że strategia optymalna, maksymalizująca VA , nie musi prowadzić, sumarycznie z wariantem bazowym, do dodatniej VA . Jeśli tak nie jest, najlepszą strategią jest całkowite zakończenie działalności przedsiębiorstwa¹⁴. Gdy wariant bazowy opisuje przedsiębiorstwo, które generuje dodatnią wartość dodaną, wtedy strategia optymalna powinna być wdrożona z definicji. W praktyce może istnieć wiele różnych strategii podwyższających VA . Poniżej zaprezentowano jedynie niektóre z nich, te najbardziej oczywiste, wynikające bezpośrednio ze struktury wzorów na VA .

Korzystając ze wzoru na $VA = Z - r \cdot C$ zawsze dobrą strategią jest zwiększenia zysku przy nierosnącym kapitale, $S(Z \uparrow \mid C_{MAX}, r)$, oraz zmniejszenie zainwestowanego kapitału, o ile to nie zmniejszy osiąganego zysku $S(C \downarrow \mid Z_{MIN}, r)$. Strategie te, ze względu na swoją oczywistość, nazywamy **strategiami prostymi**, dla danego zestawu zmiennych (tutaj: kapitału C oraz zysku Z). Wskazują one na potrzebę coraz efektywniejszego użytkowania posiadanych zasobów, tak aby maksymalizowały one zyski z posiadanego kapitału lub minimalizowały nakłady na generowany zysk.

Problem w ocenie strategii pojawia się wtedy, gdy rosnącemu (spadającemu) zyskowi towarzyszy rosnący (spadający) kapitał. Strategia taka przestaje być prosta w języku kapitału i zysku, staje się jednak prosta, przy pewnych założeniach, w języku kapitału C i rentowności ROC . Można bowiem pokazać, że jeśli dla dobrego przedsiębiorstwa zysk rośnie nie mniej niż kapitał (tzn. ROC rośnie lub, a w najgorszym wypadku, pozostaje na tym samym poziomie), wtedy jest to dla dobrej firmy zawsze strategia dobra (por. rys. 2). Dla złego przedsiębiorstwa zawsze dobrą strategią jest ta, w której dodatnie zyski spadają mniej niż kapitał (por. rys. 2). W języku rentowności ROC i wzoru $VA = (ROC - r) \cdot C$, następujące strategie są zawsze dobre:

- dla dobrych przedsiębiorstw, tj. gdy wariant bazowy generuje nieujemną wartość dodaną, zwiększenie ROC przy niemalejącym kapitale $S_+ (ROC \uparrow \mid C_{MIN}, r)$ lub zwiększenie zainwestowanego kapitału przy niemalejącej rentowności $- S_+ (C \uparrow \mid ROC_{MIN}, r)$,
- dla przedsiębiorstw złych, tj. gdy wariant bazowy niszczy wartość dodaną: zwiększenie ROC przy nierosnącym kapitale, $S_- (ROC \uparrow \mid C_{MAX}, r)$, lub zmniejszenie zainwestowanego kapitału przy niemalejącej rentowności $- S_- (C \downarrow \mid ROC_{MIN}, r)$.

W przypadku firm dobrych każde zwiększenie skali działalności poprzez zwiększenie C lub rentowności ROC prowadzi do zwiększenia VA . Dla firm złych samo ograniczenie skali działalności przy niemalejącej rentowności ROC prowadzi do wzrostu VA . To, co przestało być strategiami prostymi w języku kapitału C i zysku Z , okazało się strategiami prostymi w języku kapitału C i rentowności ROC .

Wiele przedsiębiorstw funkcjonuje w sytuacji, gdzie nie tylko koszt kapitału jest daną egzogeniczną, ale również wielkość zainwestowanego kapitału zdeterminowana na przykład przez spółkę matkę i/lub zagranicznego inwestora. W takich sytuacjach ($r = const$ i $C = const$), zgodnie ze wzorem $VA = Z - r \cdot C$, poziom wartości dodanej można utożsamiać z wielkością osiąganego przez firmę zysku Z , a ten to nic innego jak różnica pomiędzy przychodami ze sprzedaży P oraz kosztami K . Sformułowanie to pro-

¹⁴ Powyższe zdanie jest prawdziwe pod pewnymi warunkami, m.in. zerowymi kosztami likwidacji. Zakłada się również, że w przyszłości nie istnieje szansa trwałego odwrócenia tendencji do niszczenia wartości dodanej.

wadzi do kolejnych strategii prostych (wyrażonych tym razem w języku przychodów P i kosztów K) – zwiększenia przychodów przy nierosnących kosztach $S(P \uparrow \mid K_{\text{MAX}}, C, r)$ lub zmniejszenia kosztów przy niemalejących przychodach $S(K \downarrow \mid P_{\text{MIN}}, C, r)$. Z kolei przedstawienie zysku, jako iloczynu przychodów P i marży zysku M , definiowanej jako udział zysku w przychodach, prowadzi do różnych alternatywnych strategii, w zależności, czy przedsiębiorstwo jest zyskowne, czy nie. Jeśli jest, wtedy dobrą strategią jest maksymalizacja przychodów przy niemalejącej marży $S(P \uparrow \mid M_{+\text{MIN}}, C, r)$ lub maksymalizacji dodatniej M przy niespadających przychodach $S(M_{+} \uparrow \mid P_{\text{MIN}}, C, r)$. Dla spółki ponoszącej straty dobrymi strategiami są strategia zwiększania marży przy nierosnących przychodach $S(M_{-} \uparrow \mid P_{\text{MAX}}, C, r)$ oraz strategia ograniczania przychodów przy niespadającej marży $S(P \downarrow \mid M_{-\text{MIN}}, C, r)$. Jeśli zdefiniować rotację zainwestowanego kapitału R jako iloraz przychodów P i kapitału C , strategie te można alternatywnie wyrazić w języku powszechnie znanej analizy DuPonta. Dla firm zyskowych dobrą strategią jest maksymalizacją rotacji kapitału, przy niezmienionej marży $S(R \uparrow \mid M_{+\text{MIN}}, C, r)$ lub maksymalizacji marży M przy niespadającej rotacji kapitału $S(M_{+} \uparrow \mid R_{\text{MIN}}, C, r)$. Dla spółki ponoszącej straty dobre jest zwiększania marży przy nierosnącej rotacji $S(M_{-} \uparrow \mid R_{\text{MAX}}, C, r)$ lub ograniczanie rotacji kapitału przy niespadającej marży $S(R \downarrow \mid M_{-\text{MIN}}, C, r)$ ¹⁵.

Dzięki jednoznacznym wskazaniom, wyrażonym w języku odpowiedniego zestawu zmiennych, powyższe strategie możemy nazywać strategiami prostymi, gdyż polegają one na prostym, jednoczynnikowym wskazaniu oszczędności lub oczywistych rynkowych możliwości np.:

- zwiększenie zysku bez dodatkowych nakładów;
- zmniejszenie zasobów, tam, gdzie nie pociągnie to za sobą spadku zysków;
- zwiększenie rentowności, przy niemalejącym kapitale;
- zwiększenie (zmniejszenie) kapitału przy niezmienionej rentowności dla firm dobrych (złych);
- zwiększenie przychodów bez analogicznego zwiększenia kosztów;
- zwiększenie skali, jeśli to odpowiednio zwiększy zyski;
- ograniczenia skali, jeśli to ograniczy niszczenie wartości;
- zwiększenia marży itp.

W konsekwencji określenie czy strategia jest dobra, jest rzeczywiście proste. Nie sposób jednak zaprzeczyć, iż w praktyce może dochodzić i najczęściej dochodzi do wielu sprzecznych ze sobą konsekwencji podejmowanych decyzji. Wzrost zysku powoduje rzeczywiście konieczność zwiększenia zainwestowanego kapitału; wzrost przychodów zwiększenia kosztów; wzrost dodatniej marży spadek przychodów i odwrotnie; wzrost rotacji obniżkę marży itd.

Co więcej, opierające się na prostych oszczędnościach podane wcześniej strategie nie są wyrażone w języku bezpośrednio zależnych od siebie w praktyce zmiennych, takich jak: wolumen a cena, koszty stałe a zmienne itp. Dopiero wyrażenie wartości dodanej w tych kategoriach, gdzie wzajemne zależności są mierzalne, ukazuje skalę zarówno możliwości, jak i wyzwań stojących przed zarządzającym. Prosty w swojej konstrukcji wzór $VA = Z - r \cdot C$ zamienia się na znacznie bardziej skomplikowane swoje wersje,

¹⁵ Przy założeniu stałości C , pojęcia przychodów i rotacji kapitału są równoważne.

wyrażone w języku kosztów stałych KS i zmiennych KZ , ceny Ce i wolumenu N , czy nadwyżki ceny Ce nad jednostkowym kosztem zmiennym k_Z :

$$VA = Z - r \cdot C = P - K - r \cdot C = P - KZ - r \cdot C = (Ce - k_Z) \cdot N - KS - r \cdot C \quad (6)$$

Również analiza strategii według rozbudowanej postaci iloczynowej wzoru na VA staje się mniej oczywiste, gdyby, usuwając założenie o stałości kapitału C , poluzować związek między utożsamianymi wcześniej ze sobą przychodami P i rotacją kapitału R .

$$VA = (ROIC - r) \cdot C = (R \cdot M \cdot r) \cdot C = (R \cdot M \cdot C - r) \cdot C \quad (7)$$

Uwzględnienie wielu czynników ciągle może prowadzić do strategii prostych, w tym tych najbardziej oczywistych, gdy, na przykład, wzrostowi zysku towarzyszy spadek kapitału. Tak być jednak nie musi. W konsekwencji każdą strategię należy rozpatrywać odrębnie.

Analiza strategii – przykład liczbowy

Zmiana różnych elementów składowych wartości dodanej może prowadzić do nieoczywistych efektów ubocznych, sprzężeń zwrotnych itp., znacznie bardziej skomplikowanych zależności niż te opisane wcześniej w strategiach prostych. W konsekwencji efekt końcowy zmiany jednego elementu w danej strategii może prowadzić do całkiem nieoczekiwanych efektów końcowych. I nie chodzi tu bynajmniej o zależności jedynie algebraiczne przedstawionych wzorów, ale rzeczywistość czysto ekonomiczną. Na przykład zmiana ceny może pociągać za sobą zmianę wolumenu, przychodów, kosztów, zysku itd. W szczególności wzrost wolumenu może powodować spadek ceny i marży, i w konsekwencji spadek zysku, nawet spadek przychodów. Dodatkowe zaś inwestycje, zwiększające presję na przedsiębiorstwie z tytułu wymaganego przez koszt kapitału zysku, mogą skutkować zmniejszeniem kosztów zmiennych, obniżką ceny, wzrostem wolumenu, czasem całkowitą zmianą pozycji rynkowej przedsiębiorstwa. Znajomość wzajemnych powiązań i możliwych reakcji nie jest domeną finansów i z pewnością nie rachunkowości. To przede wszystkim obszar badań dla nauki o zarządzaniu.

Jakkolwiek skomplikowany nie byłby system wzajemnych zależności pomiędzy różnymi elementami składowymi wartości dodanej, jeśli prowadzi on do strategii prostej, np. wzrostu zysku, przy spadku kapitału, ocena strategii jest prosta. Gdy jednak strategia nie jest prosta, np. kapitał i zysk zmieniają się w jedną stronę, wtedy nie zawsze ocena jest oczywista. W takiej sytuacji należy przedstawić analizę marginalną danej strategii. Można bowiem pokazać, że dana strategia zwiększa wartość dodaną tylko wtedy, gdy wynikający z niej projekt krańcowy jest dobry. Projekt krańcowy opisywany jest przez wymuszoną przez strategię zmianę wartości zainwestowanego kapitału oraz zmianę zysku wynikającego z wprowadzenia tej strategii. Aby strategia była dobra, a jednocześnie wymaga wzrostu kapitału, wzrost ten powinien prowadzić do wzrostu zysku w takim zakresie, aby wskaźnik ROC tak rozumianego projektu krańcowego był większy od kosztu kapitału. Przy spadku kapitału i zysku, aby strategia była dobra ROC projektu krańcowego powinien być mniejszy niż koszt kapitału.

Tabela 1. Strategia A
Table 1. Strategy A

Wyszczególnienie	N (1)	Ce (2)	k _Z (3)	KS (4)	P (5) (1) · (2)	K (6) (1) · (3) + (4)	Z (7) (5) – (6)	C (8)	ROC (9) (7)/(8)	M (10) (7)/(5)	R (11) (5)/(8)	V/A (12) (7) – 0,1 · (8)
	mln	PLN	PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	%	%		mln PLN
WB	100	20	14	570	2000	1970	30	1000	3,0	1,5	2,00	-70
Strategia A	130	18	12	700	2340	2260	80	1200	6,7	3,4	1,95	-40
Zmiana [%]	30	-10	-14	23	17	15	167	20	122	128	-3	nd

Źródło: obliczenia własne.
Source: own calculations.

W tabelach 1–3 przedstawiono analizę trzech strategii – jednej wymagającej wzrostu skali zainwestowanego kapitału (strategia A) oraz dwóch strategii dezinvestycji względem wariantu bazowego (strategie B oraz C). Koszt kapitału w analizowanych przykładach wynosi 10%, a samo przedsiębiorstwo (wariant bazowy), którego zainwestowany kapitał wynosi 1000 mln PLN, jest zyskowne ($Z = 30$ mln PLN), choć nie generuje wartości dodanej ($ROC = 3\%$).

Strategia A zakłada wzrost nakładów inwestycyjnych o 200 mln PLN, dzięki czemu możliwe będzie zmniejszenia jednostkowych kosztów zmiennych o 14% i dzięki temu obniżenie ceny o 10% z 20 do 18 PLN (zob. tab. 1). W efekcie prognozuje się wzrost ilości sprzedawanego produktu aż o 30% oraz przychodów ze sprzedaży o 17%. Koszty zarówno stałe, jak i zmienne rosną, łącznie o 15%. Podsumowując, strategia A zakłada spadek ceny, ale wzrost wolumenu sprzedaży; wzrost przychodów, ale też wzrost kosztów; wzrost marży, ale spadek rotacji kapitału; wzrost zysków i wskaźnika ROC, ale równocześnie wzrost nakładów inwestycyjnych. Jako że analizowana tu strategia nie jest strategią prostą w języku kapitału C i zysku Z, ostateczny wpływ na wartość dodaną nie jest wcale oczywisty. Ta jednak rośnie, na co wskazuje analiza marginalna – wzrost kapitału o 200 mln PLN przynosi wzrost zysku o 50 mln PLN. ROC tak rozumianego projektu krańcowego wynosi zatem 25% i jest wyższy niż koszt kapitału (10%). Nie oznacza to, że strategię A należy wdrożyć. Wręcz przeciwnie, razem z wariantem bazowym przedsiębiorstwo w dalszym ciągu niszczy wartość, z tym że teraz już nie o 70 mln PLN, a jedynie 40 mln PLN. Wskaźnik ROC nawet po dodaniu (do wariantu bazowego) dobrej strategii A jest niższy niż koszt kapitału. Zamknięcie działalności, polepsza wartość dodaną aż o 70 mln PLN. Stąd, jeśli nie istnieją szanse

na trwałe generowanie wartości dodanej przez przedsiębiorstwo w przyszłości, zamknięcie jego jest z finansowego punktu widzenia najbardziej opłacalne.

Strategia B zakłada dezinwestycję skutkiem, której przedsiębiorstwo inwestuje mniej, sprzedaje mniej (ale drożej), tnie koszty zarówno zmienne (łącznie, KZ), jak i stałe (zob. tab. 2). W efekcie marża zysku rotacja kapitału, a wraz z nimi wskaźnik ROC rośnie. Rośnie także zysk. Pomimo stosunkowo skomplikowanej struktury, strategia ta jest strategią prostą – spadkowi kapitału towarzyszy wzrost zysku. Bez wątpienia jest to zatem strategia dobra, wcześniej opisywana alternatywnie jako $S(Z\uparrow \mid C_{MAX}, r)$ lub $S(C\downarrow \mid Z_{MIN}, r)$, a nawet, dla spółek niszczących wartość, jako $S_-(C\downarrow \mid ROC_{MIN}, r)$ lub $S_-(ROC\uparrow \mid C_{MAX}, r)$. Strategie te jednoznacznie prowadzą do wzrostu wartości dodanej nawet bez wnikliwej analizy szczegółów. Czy jednak jest to strategia warta wdrożenia? Otóż okazuje się, że choć, zgodnie z przewidywaniami, wartość dodana wzrasta względem wariantu bazowego i to aż o 50 mln PLN, to jednak nie na tyle, aby przedsiębiorstwo generowało wartość. Choć jest w dalszym ciągu zyskowne, nawet bardziej niż wcześniej, pod wieloma względami bardziej efektywne (marża, rotacja), to jednak w obecnym kształcie powinno być zamknięte.

Okazuje się, że dopiero strategia C, polegająca na jeszcze bardziej drastycznym ograniczeniu zainwestowanego kapitału i kosztów oraz wielkości produkcji, prowadzi nie tylko do dobrej, ale rekomendowanej do wdrożenia strategii (zob. tab. 3). Jest to ponownie strategia prosta, która w tym przypadku jest strategią dobrą (spadek kapitału i wzrost zysku) i jako taka nie wymaga analizy marginalnej. W tym scenariuszu przedsiębiorstwo staje się przedsiębiorstwem mniejszym, sprzedającym mniej, ale po znacznie wyższych cenach i marżach. Wartość dodana generowana przez projekt krańcowy (90 mln PLN) jest na tyle

Tabela 2. Strategia B
Table 2. Strategy B

Wyszczególnienie	N (1)	Ce (2)	k _Z (3)	KS (4)	P (5) (1) · (2)	K (6) (1) · (3) + (4)	Z (7) (5) – (6)	C (8)	ROC (9) (7)/(8)	M (10) (7)/(5)	R (11) (5)/(8)	V/A (12) (7) – 0,1 · (8)
	mln	PLN	PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	%	%		mln PLN
WB	100	20	14	570	2000	1970	30	1000	3,0	1,5	2,00	-70
Strategia B	90	21	15	470	1890	1820	70	900	7,8	3,7	2,10	-20
Zmiana [%]	-10	5	7	-18	-6	-8	133	-10	159	147	5	nd

Źródło: obliczenia własne.
Source: own calculations.

Tabela 3. Strategia C
Table 3. Strategy C

Wyszczególnienie	N (1)	Ce (2)	k _z (3)	KS (4)	P (5)	K (6)	Z (7)	C (8)	ROC (9)	M (10)	R (11)	VA (12)
	mln	PLN	PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	mln PLN	%	%	(5)/(8)	(7) - 0,1 · (8)
WB	100	20	14	570	2000	1970	30	1000	3,0	1,5	2,00	-70
Strategia C	80	23	16	460	1840	1740	100	800	12,5	5,4	2,30	20
Zmiana [%]	-20	15	14	-19	-8	-12	233	-20	317	262	15	nd

Źródło: obliczenia własne.
Source: own calculations.

duża, aby w pełni pokryć ujemne jej poziomy wariantu bazowego (-70 mln PLN).

Zmiana któregośkolwiek elementu składowego prowadzącego do zamierzonego przez organizację biznesową celu, często na bardzo konkurencyjnym, nierzadko globalnym rynku, to niezwykle skomplikowane zadania zarządcze, badane przez naukę o zarządzaniu. Przedstawiony w tabelach 1–3 zakres decyzyjny wyrażony jest rzecz jasna w języku finansowym. Nawet jeśli nie pierwotnym dla nauki o zarządzaniu, to z pewnością krytycznie ważnym zarówno na etapie planowania, jak i oceny efektywności strategii *ex post*. To co niezmiennie to warunek, aby wdrażana strategia była dobra, a ubogacone przez nią przedsiębiorstwo trwale generowało wartość dodaną. Jeśli strategia jest strategią prostą, w której np. kapitał i zysk zmieniają się w odwrotnym kierunku diagnoza, czy strategia jest dobra, jest oczywista. Gdy jednak strategia nie jest prosta, szczególnie w języku kapitału *C* i zysku *Z*, potrzebna jest analiza marginalna. Jeśli dobra strategia analizowana jest dla przedsiębiorstwa, które już w wariancie bazowym generuje wartość dodaną, strategia taka z definicji powinna być wdrożona. Gdy jednak dodawana jest do wariantu podstawowego, który niszczy wartość, sam fakt, że strategia jest dobra nie jest wystarczający, aby ją wdrożyć.

Podsumowanie i wnioski

Od wielu lat środowiska akademickie i zawodowe tak w Polsce, jak i na świecie, debatują na temat samodzielności i metodologicznej niezależności nauk takich jak: ekonomia, finanse, rachunkowość, czy zarządzanie. Historycznie klasyfikacje wzajemnych zależności zmieniały się zarówno w Polsce, jak i na świecie. W każdym kraju klasyfikacja tych nauk jest odmienna. Według obecnie obowiązującego porządku prawnego w Polsce, uregulowanego przez Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 11 października 2022 roku w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych, pośród dwunastu dyscyplin w dziedzinie nauk społecznych znajdu-

je się dyscyplina ekonomia i finanse łącznie oraz odrębnie nauki o zarządzaniu i jakości. Rachunkowość przypisano do dyscypliny ekonomia i finanse. Nie ma jednak wątpliwości, że zarówno przedmiot zainteresowania, jak i metody, choć wzajemnie nachodzące na siebie, są we wszystkich tych naukach odmienne.

W niniejszym artykule zaproponowano autorski podział tych nauk. Jeśli zgodzić się z powszechnie głoszoną tezą w mikroekonomii [Begg i in. 1987], chętnie podjętą przez finanse, że celem działalności przedsiębiorstwa jest generowanie zysku, wtedy podział kompetencji pomiędzy naukami o finansach, rachunkowości oraz zarządzaniu wydaje się naturalny. W podziale tym rachunkowość odpowiada nie tylko za wstępne przygotowanie informacji dotyczącej zainwestowanych zasobów i wyników, ale za głęboką zadumę w tym obszarze, w szczególności, co zasoby i wyniki te stanowi. W związku z powyższym, rachunkowość powinna wnikliwie analizować bilans, który informuje o wielkości inwestowanego kapitału, ale także rachunek zysków i strat informujący o osiągniętych wynikach. Zadanie nie wydaje się ani małe, ani łatwe. Na przykład w kontekście popularnych w ostatnich latach koncepcji zrównoważonego rozwoju, czy ESG, rachunkowość, a szczególnie nauka o rachunkowości, może wnieść wiele do sposobu rozumienia kosztów środowiskowych, czy społecznych. Paleta pytań w tym zakresie jest rzecz jasna niemal nieograniczona. Niezależnie jednak od prac koncepcyjnych to właśnie rachunkowość odpowiedzialna jest za proces generowania informacji, jak najbliższych prawdzie. Poczesna rola rachunkowości w debacie o klauzuli *true and fair view* nie jest żadnym przypadkiem.

Nawet jeśli założyć, że rachunkowość potrafiłaby precyzyjnie skwantyfikować wszelkie elementy zasobów i wyników, nie sposób nie zauważyć, że nie ma w swoich zasobach kryterium wartościującego. Może co prawda zestawić ze sobą owe zasoby oraz wyniki, policzyć na przykład wskaźnik ROC, nie będzie jednak w stanie otrzymanych rezultatów ocenić. Brakuje jej bowiem pojęcia kosztu kapitału, najbardziej fundamentalnego, naszym zdaniem, elementu teorii finansów. Ten zaś jest ostatecznym rezultatem zadumy finansów nad budowaniem portfeli inwestycyjnych, kwantyfikacją i wyceną ryzyka, analizą awersji do ryzyka itp. To dzięki nowoczesnej teorii finansów i wyceny aktywów kapitałowych można teoretycznie szacować wymaganą stopę zwrotu, poniżej której przedsiębiorstwo, czy inwestycja uznane muszą być za złe/nieefektywne. W tym ujęciu rachunkowość odpowiada na pytanie o osiągnięte wyniki, finanse zaś o wyniki wymagane. Jeśli rachunkowość odpowiada na pytanie, czy przedsiębiorstwo jest zyskowne, to finanse odpowiadają na pytanie, czy przedsiębiorstwo jest dobre. Jeśli rachunkowość oblicza zysk jako różnicę pomiędzy przychodami i kosztami, to finanse obliczają zysk ekonomiczny (wartość dodaną), jako różnicę pomiędzy przychodami i wszystkimi kosztami, uwzględniając, nieuwzględniony w pełni przez rachunkowość, koszt kapitału.

Zadaniem nauk o zarządzaniu w tym ujęciu byłaby odpowiedź na pytanie o sposoby dojścia do celu, jakim jest zależna od zysku wartość dodana. Istnieje praktycznie nieskończenie wiele sposobów osiągnięcia danego wyniku w zależności od przyjętej metody produkcji, wyboru technologii, zatrudnienia, zarządzania zapasami, sposobu dystrybucji, promocji, polityki cenowej itp. Z finansowego punktu widzenia wszystkie te strategie skutkują różnymi wartościami kapitału, przychodów, kosztów (stałych i zmiennych), ceny i wolumenu, marży i rotacji itp. W tym ujęciu zadaniem nauk o zarządzaniu byłby wybór najbardziej efektywnego sposobu realizacji celu. Jeśli proponowana strategia S, zależna od tak wielu elementów, prowadzi do zwiększenia wartości dodanej uznaje się

ją za strategią dobrą (efektywną). Spośród wielu strategii efektywnych należy wybrać strategię optymalną, która zwiększa wartość dodaną najbardziej. Następnie należy sprawdzić, czy po wprowadzeniu takiej strategii, wartość dodana całego przedsiębiorstwa jest dodatnia. Jeśli nie, a nie istnieją sposoby na trwałą zmianę takiej sytuacji, należy rozważyć zamknięcie przedsiębiorstwa. W artykule podano przykłady kilku prostych strategii oraz przykład liczbowy, ilustrujący proces decyzyjny.

Gdyby zastosować zaproponowany przez Johna Neville'a Keynesa podział nauk ekonomicznych na pozytywne, mówiące o tym co jest, normatywne, mówiące o tym co powinno być oraz praktyczne sposoby uprawiania jej jako sztuki, wtedy rachunkowość, odpowiadającą na pytanie: „ile naprawdę jest (zasobów i wyników)?” należałoby uznać za naukę o podłożu pozytywnym, finanse za naukę o charakterze normatywnym, nauki o zarządzaniu jako pragmatyczne wykorzystywanie ekonomii w praktyce.

Przedstawiona tu koncepcja podziału jest z pewnością koncepcją finansisty. Biorąc jednak pod uwagę fakt, iż wycena jest tautologicznie powiązana z kategorią wartości dodanej, jak szczegółowo wyjaśniono wcześniej, wydaje się, że finansowy punkt widzenia jest ważny. To bowiem od wartości dodanej pośrednio, a wyceny wartości bezpośrednio zależą wszystkie decyzje na rynku finansowym. Inwestor kupuje tylko to, co w dłuższej perspektywie obiecuje stopę zwrotu przekraczającą koszt kapitału.

Na marginesie warto dopowiedzieć, że wszelkie roszczenia finansów do ogrywania pierwszoplanowej roli są podwójnie uzurpacją. Po pierwsze, prawdziwym źródłem dobrobytu i bogactwa nie są finanse, ale przedsiębiorczość, nie działalność finansowa przedsiębiorstwa, ale jego działalność operacyjna. Po drugie, łatwo wykazać, że niemal całe instrumentarium finansów pochodzi z nauki ekonomii, w szczególności mikroekonomii. Dotyczy to zarówno pojęcia kapitału, jak i kosztu kapitału oraz wynikającego z nich pojęcia zysku ekonomicznego, zwanego przez ekonomistów *supernormal profit* [Begg i in. 1987]. Nawet wycena ryzyka przeprowadzana jest analogicznie do wyboru pomiędzy dwoma dobrami (*goods*), z których jedno, ryzyko właśnie, jest przykładem dobra, które jest ujemne (*bads*). Również inne pojęcia takie jak koszty agencyjne, asymetria informacji itp., fundamentalne w teorii finansów, to wszystko dziedzictwo mikroekonomii. Nawet schemat identyfikacji strategii efektywnej, wymagającej sprawdzenia, czy dobra strategia powinna być wdrożona pochodzi z mikroekonomii i analizy marginalnej optymalnej wielkości produkcji. Parafrazując Zygmunta Krasińskiego, wszyscyśmy z (mikro)ekonomii, niezależnie od tego czyśmy rachunkowcy, finansiści, czy specjaliści od zarządzania¹⁶.

Bibliografia

- Bąk M., 2013: Wybrane problemy rachunkowości – jej status naukowy i obszary badawcze, *Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości* 71, 55–75.
- Begg D., Fischer A., Dornbusch R., 1987: *Economics*, McGraw Hill, Londyn.
- Berent T., 2013: *Ogólna teoria dźwigni finansowej*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa.
- Berent T., 2023: O wycenie, wartości i prawdzie w rachunkowości – okiem finansisty, [w:] A. Karmańska (red.), *Kolonizacja rachunkowości: obszary, narzędzia, perspektywy*, SGH Oficyna Wydawnicza, 103–116.

¹⁶ „Wszyscyśmy z niego” – tak Krasiński opisywał dziedzictwo Mickiewicza.

- Brzezina W., 2005: Rachunkowość, [w:] M. Gmytrasiewicz (red.), Encyklopedia rachunkowości, 772.
- Drucker P., 2012: The Practice of Management, Routledge, Abingdon-on-Thames.
- Drucker P., 2017: Concept of the Corporation, Routledge, Abingdon-on-Thames.
- Drucker P. F., 1963: Managing for Business Effectiveness, Harvard Business Review, 41(3) 53–60.
- Ehrbar A., 1998: Economic Value Added: The Real Key to Creating Wealth, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Gmytrasiewicz M., Karmańska, A., 2006: Rachunkowość finansowa, Difin, Warszawa.
- Hawawini G., Viallet, C., 2019: Finance for Executives: Managing for Value Creation, Cengage Learning Emea, Andover.
- Jaruga A., 1997: Jarosław Wiaczesławowicz Sokołow: Rachunkowość. Od źródeł do naszych dni, Zeszyty Teoretyczne Rady Naukowej, 42, 164–166.
- Jarugowa A., 1991: Niektóre wyznaczniki rozwoju rachunkowości, [w:] A. Jarugowa (red.), Współczesne problemy rachunkowości, PWE, Warszawa, 12–39.
- Keynes J.N., 2017: The Scope and Method of Political Economy, Routledge, Londyn.
- Kotler P., 2001: Marketing Management, Millenium Edition, Prentice-Hall, Inc Upper Saddle River, New Jersey.
- Kuc B.R., 2015: Aksjologia organizacji i zarządzania: na krawędzi kryzysu wartości, Ementon, Warszawa.
- Markowitz H.M., 1952: Portfolio Selection, The Journal of Finance 7, 77–91.
- McCarthy E.J., 1964: Basic Marketing: a Managerial Approach, Homewood, Irwin.
- Modigliani F., Miller M.H., 1958: The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment, The American Economic Review, 48(3), 261–297.
- Nowak E., 2008: Rachunkowość. Kurs podstawowy, PWE, Warszawa.
- Oler D.K., Oler M.J., Skousen C.J., 2010: Characterizing Accounting Research. Accounting Horizons, 24(4), 635–670.
- Ross S., 1976: The Arbitrage Pricing Theory, Journal of Economic Theory, 13(3), 341–360.
- Schweitzer M., 1990: Financial Accounting Theories, [w:] E. Grochla, E. Gaugler (red.), Handbook of German Business Management, Carl Ernst Poeschel, Stuttgart.
- Sharpe W. F., 1964: Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk, The Journal of Finance, 19(3), 425–442.
- Stern J. M., Stewart III G.B., Chew D.H., Jr., 1995: The EVA® Financial System, Journal of Applied Corporate Finance, 8(2), 32–46.
- Stewart G.B., 1994: EVA: fast and fantasy, Journal of Applied Corporate Finance 7(2), 71–84.
- Sudoł S., 2016: Zarządzanie jako dyscyplina naukowa, Przegląd Organizacji 4, 4–11.
- Worthington A.C., West T., 2004: Australian Evidence Concerning the Information Content of Economic Value-Added, Australian Journal of Management 29(2), 201–224.
- Young D., 1997: Economic Value Added: A Primer for European Managers, European Management Journal 15(4), 335–343.

Alerta Basha ✉

Agricultural University of Tirana

The impact of crisis management on teleworking during the COVID-19 pandemic outbreak

Wpływ zarządzania kryzysowego w pracy zdalnej podczas wybuchu pandemii – COVID-19

Abstract. The pandemic outbreak began in Wuhan, Hubei province, China, in 2019 and then spread to most of the world. The spread of the virus very quickly encouraged social distancing, reflected by the closure of borders, the cancellation of flights, and the closure of financial markets, corporations, businesses, institutions, universities, and schools, as well as quarantining at home. COVID-19 influenced lifestyle and human health and, above all, had a considerable impact on the global economy. The crisis affected how and where we work, led to a sharp drop in employment and hours worked, and affected workers' incomes, job security, and job prospects for young people arriving on the labor market. The different trends in the effects of COVID-19 are partially explained by the ability of businesses to digitalize. This research is focused on the outbreak of the pandemic, its impact on the economy, industry, medicine, agriculture, tourism, etc., the challenges and opportunities of teleworking, and how to develop working online from home in the future. Understanding the value of working online can increase the development of businesses towards digitalization, more employment opportunities, increase income, and minimize the cost of living. However, there are several practical challenges and associated risks of valuing teleworking that affect its application in practice.

Keys words: Pandemic outbreak, Teleworking, Crisis management, COVID-19

Synopsis. Wybuch pandemii rozpoczął się w Wuhan w prowincji Hubei w Chinach w 2019 roku, a następnie rozprzestrzenił się na niemal resztę świata. Ekspansja wirusa bardzo szybko sprzyjała dystansowaniu społecznemu, co znalazło odzwierciedlenie w: zamknięciu granic, odwołaniu lotów, zamknięciu rynków finansowych, korporacji, przedsiębiorstw, instytucji, uczelni, szkół, a także kwarantannie domowej. COVID-19 wpłynął na styl życia, zdrowie ludzi, a przede wszystkim miał niebagatelny wpływ na światową gospodarkę. Kryzys wpływa na to, jak i gdzie pracujemy, doprowadził do gwałtownego spadku zatrudnienia i przepracowanych godzin, a także wpływa na dochody pracowników, bezpieczeństwo zatrudnienia i perspektywy zawodowe młodych ludzi wchodzących na rynek pracy. Różne trendy w skutkach COVID-19 można częściowo wytłumaczyć zdolnością przedsiębiorstw do cyfryzacji. Badania te skupiają się na wybuchu pandemii i jej wpły-

✉ **Alerta Basha** – Agricultural University of Tirana, Department of Mathematics and Informatics, Faculty of Economic and Agribusiness; e-mail: ashtepani@ubt.edu.al; <https://orcid.org/0000-0002-5690-6704>

wie na: gospodarkę, przemysł, medycynę, rolnictwo, turystykę itp., wyzwaniach i szansach, jakie niesie telepraca, jak w przyszłości rozwijać pracę online z domu. Zrozumienie wartości pracy zdalnej może przyczynić się do rozwoju przedsiębiorstw w kierunku cyfryzacji. Taka forma pracy wpłynie na zwiększenie możliwości zatrudnienia, zwiększenie przychodów i zmniejszenie kosztów działalności. Jednak w praktyce istnieją pewne problemy związane z pracą zdalną, zagrożenia, które utrudniają jej pełne wdrożenie.

Słowa kluczowe: wybuch pandemii, telepraca, zarządzanie kryzysowe, COVID-19

JEL codes: M12, J81, J24

Introduction

Due to lockdowns worldwide, the COVID-19 pandemic severely affected the economy and human health. The COVID-19 situation in December 2019, which continued until the beginning of 2022, somewhat destroyed daily routines [Okorley 2022]. Therefore, everything went online, and online work became a necessity. However, there are distinct differences between sectors. Sectors such as the cultural and creative industries were most affected by the crisis, while the pharmaceutical and digital sectors were least affected. The pandemic particularly affected digital transformation and its development. The study investigates the socio-economic situation, the strategies for overcoming the crisis, the limitations during the pandemic outbreak, and the expectations of working online in Albania – seen as an opportunity or even necessary. Promoting teleworking in the future will favor new businesses, thus stimulating young people and different age groups in the labor market, allowing them to carry out one or more jobs. In Europe, 40% of the employees started teleworking after the government issued a stay-home order [Predotova and Vargass Llave 2021]. Governments took fiscal measures and targeted discretionary or economic programs to help an economic upturn. These measures help ‘flatten the economic curve’, i.e., limit the economic loss [Bénassy-Quéré et al. 2020]. The crisis affected how and where we work and led to a sharp drop in employment and hours worked, affecting workers’ incomes, job security, and job prospects for young people arriving on the labor market [Szpejna and Kennedy 2020]. Statistics show that in the global economy, the euro area experienced a larger hit in 2020, leading to a slower recovery in 2021. The EU (3.6 to 4.2% growth forecast for 2021) significantly lagged behind the recovery forecasts for China (7.9% growth for 2021) [De Vet et al. 2021]. However, international organizations, such as the United Nations, the International Monetary Fund, the World Bank, the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), and the European Central Bank, have also contributed to alleviating the global economic crisis.

In the third trimester of 2021, the pandemic was not over. The new academic year started with a high number of people infected with COVID-19 and its mutations. Europe and the world was in its grip, and it was too early to assess the full impact of this crisis, whether negative or positive. Certainly, to support new businesses and young people in the job market, one opportunity is to promote remote work. Teleworking, called remote work, work from home (WFH), and flexible workplace, is a work arrangement where employees have the option to work remotely and remain interactive. The different trends in the COVID-19 effects are partially explained by the ability of businesses to digitalize [De Vet et al. 2021].

The overall goal is to investigate online work during the pandemic in Albania, which is seen as a challenge and an opportunity for the future. The specific objectives will be:

- Framing the valuation problems in the context of crisis management at the government level, including administration and businesses.
- To evaluate the effectiveness of online work (the degree of accomplishment of employment functions, the degree and quality of the performance of tasks, the possibility and effectiveness of online communication), and limiting/promotional factors.
- An assessment of the development of sectors and the degree of continuity or staying in the online system as a framework of measures that must be implemented (who, what, when, how?), as well as to promote or keep employment online in the future.

Desk review

This section focuses on the theoretical and conceptual perspectives. Telework facilitates flexibility and a strong work–family balance while reducing the environmental impacts of mobility and increasing the economic well-being of consumers [Belzunegui-Eraso 2020].

As can be seen from world statistics and literature, online work has its advantages in promoting new policies and practices to promote it. The ability of many employees to telework has mitigated an economic crisis [Abulibdeh 2020]. The Stimulus-Organism-Response (SOR) model will be used to develop a theoretical basis for this research [Zheng 2020]; (Fig. 1).

This theory will serve to identify the conceptual framework of the study. Teleworking will be monitored in banks, such as stock exchange monitoring, updates of e-banking applications, manufacturing industries, and the design of new and modern software. The implementation of teleworking in various businesses showed success during COVID-19. This new employment practice can be successful in the future, giving more employment opportunities and minimizing living costs.

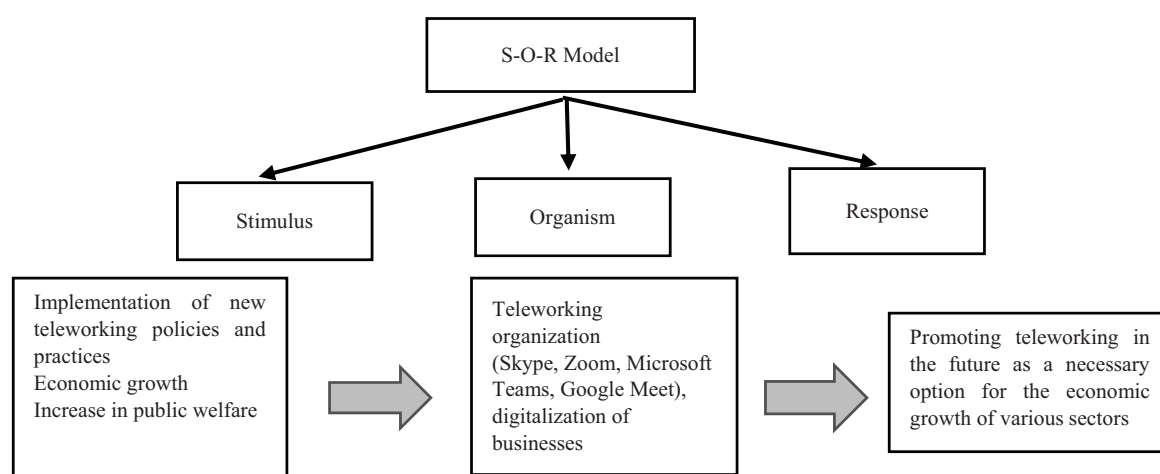


Figure 1. Conceptual model

Source: own elaboration based on [Zheng 2020].

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Zheng 2020].

Methodology

This research consists of calculating and commenting on descriptive statistics for indicators related to the characteristics, dimensions, limitations, effects, and ways of coping with the effects of the pandemic, using gender and employment categories, etc. Tables and graphical representations are an important part of this method. Also, secondary data are collected from the literature (studies, analyses, publications) that is related to the characteristics, dimensions, limitations, effects, and ways of coping (by the population and government), the effectiveness of online work, and opportunities related to the effects/possibilities of future pandemics.

Two research hypotheses were formulated for the purposes of the research.

H₀: Teleworking/remote work during the COVID-19 pandemic is statistically but not significantly related to the age of workers and their working conditions.

H₁: Teleworking/remote work during the COVID-19 pandemic is statistically and significantly related to the age of workers and their working conditions.

Analysis of variance (ANOVA) was used to analyze the data. It is a statistical method used to study observations that depend on one or more factors acting simultaneously. This method explains the probability with which isolated factors can cause differences between the observed group means.

Results of the study

This research includes data from 170 respondents in Albania, which was shared via e-mail using Google Forms. Quantitative and qualitative variables are explained and presented with tables and graphs below. In this study, a positive attitude of young people with the adaptation of online work from home is observed.

Table 1. The gender of the interviewees

Tabela 1. Płeć respondentów

	Description	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	female	125	73.5	73.5	73.5
	male	45	26.5	26.5	100.0
	total	170	100.0	100.0	

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

The data in Table 1 shows the gender of the interviewees: 73.5% were female, and 26.5% were male.

The data in Figure 1 shows the age of the interviewees. From the 170 respondents interviewed regarding online employment during the pandemic, the majority were between 18–25 years old, giving an average age of 24.35 years old.

The data in Table 2 shows the education of the interviewees: 1.8% only completed elementary school, 11.2% only completed middle school, and 2.4% only completed high school. The majority of interviewees were students with university education.

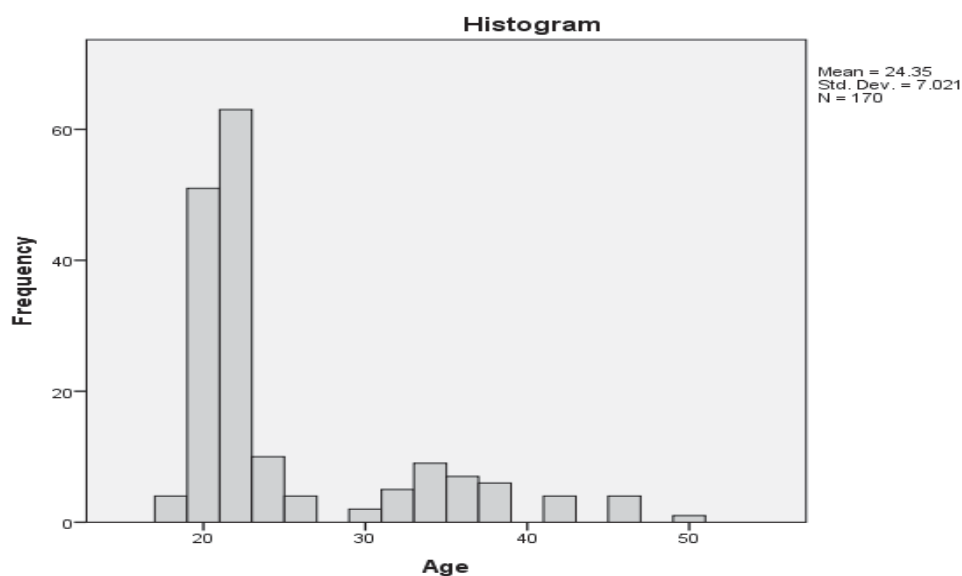


Figure 2 The age of the interviewees

Rysunek 2. Wiek respondentów

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Table 2. The education of interviewees

Tabela 2. Wykształcenie respondentów

	Description	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	elementary school	3	1.8	1.8	1.8
	middle school	19	11.2	11.2	12.9
	high school	4	2.4	2.4	15.3
	university	144	84.7	84.7	100.0
	total	170	100.0	100.0	

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Table 3. Living place of interviewees

Tabela 3. Miejsce zamieszkania respondentów

	Description	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	urban	138	81.2	81.2	81.2
	rural	32	18.8	18.8	100.0
	total	170	100.0	100.0	

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Table 3 represents the living place: 81.2 % lived in urban areas, and 18.8% lived in rural areas. Most of the population in Albania lives in urban areas.

Table 4. Marital status of interviewees

Tabela 4. Stan cywilny respondentów

	Description	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	married	21	12.4	12.4	12.4
	not married	149	87.6	87.6	100.0
	total	170	100.0	100.0	

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

The question of marital status is also interesting since many young people today also live together and share the conditions at home to work online. Of 170 respondents, 12.4% were married, and 87.6% were not (Table 4).

Table 5. Monthly income of the interviewees

Tabela 5. Miesięczne dochody respondentów

	Description [EUR]	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	450–550	76	44.7	44.7	44.7
	550–650	4	2.4	2.4	47.1
	650–750	32	18.8	18.8	65.9
	750–850	13	7.6	7.6	73.5
	over 850	45	26.5	26.5	100.0
	total	170	100.0	100.0	

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

The data in Table 5 shows the monthly income of the interviewees: 44.7% earned EUR 450–550, 2.4% earned EUR 550–650, 18.8% earned EUR 650–750, 7.6 % earned EUR 750–850, and 26.5% earned over EUR 850.

Table 6. Teleworking (Have you worked online?)

Tabela 6. Praca zdalna (Czy pracowałeś/aś online?)

	Description	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	yes	109	64.1	64.1	64.1
	no	61	35.9	35.9	100.0
	total	170	100.0	100.0	

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

The data in Table 6 shows if the interviewees worked online from home: 64.1% of interviewees worked online during the pandemic, and 35.9% did not.

Table 7. Online tools used during the pandemic of interviewees

Tabela 7. Narzędzia online wykorzystywane w trakcie pandemii przez respondentów

	Description	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	computer	80	47.1	48.2	48.2
	laptop	36	21.2	21.7	69.9
	tablet	29	17.1	17.5	87.3
	telephone	21	12.4	12.7	100.0
	total	166	97.6	100.0	
Missing	system	4	2.4		
Total		170	100.0		

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Table 7 shows the online tools used to work online from home: 47.1% of interviewees used a computer, 21.2% used a laptop, 17.1 % used a tablet, 12.4% used a telephone, and 2.4% did not answer.

Table 8. ANOVA analysis

Tabela 8. Analiza ANOVA

Variation indicators	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.789	20	.489	2.487	.001
Within Groups	29.323	149	.197		
Total	39.112	169			

Sign: ($p \leq 0.05$)

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Discussion and conclusions

1. The pandemic of 2019–2021 radically changed our lives. At this time, we were introduced to a new phenomenon – working from home. This distanced us from society and made us less social, but on the other hand, it allowed us to work more than one job.
2. As can be seen in the figures above, from the 170 respondents interviewed regarding online employment during the pandemic, the majority were between 18–25 years old, giving an average age of 24.35 years old.
3. 81.2 % lived in urban areas, and 18.8% lived in rural areas. Like all over the world, even in Albania, the majority of young people today live in urban areas, as it is easier to build a better life there.

4. From the statistics of recent years in Albania, another phenomenon is noticed – the average age of marriage has increased to 29 years for women and 30 for men [INSTAT 2023]. Of 170 respondents, 12.4% were married, and 87.6% were not.
5. 47.1% of interviewees used a computer to work online from home, 21.2% used a laptop, 17.1% used a tablet, 12.4% used a telephone, and 2.4% did not answer.

In this study, a positive relationship between teleworking and the age and willingness of young people to work online was observed. Thus, remote work during the COVID-19 pandemic is statistically and significantly related to the age of workers and working conditions.

Bibliography

- Abulibdeh A., 2020: Can COVID-19 mitigation measures promote telework practices?, *Journal of Labor and Society*. 23(4), 551-576, <https://doi.org/10.1111/wusa.12498>
- Belzunegui-Eraso, A., & Erro-Garcés, A., 2020: Teleworking in the Context of the COVID-19 Crisis., *Sustainability*, 12(9), 3662, <https://doi.org/10.3390/su12093662>
- Bénassy-Quéré A., Marimon R., Pisani-Ferry J., Reichlin L., Schoenmaker D., Weder Di Mauro, B., 2020: COVID-19: Europe needs a catastrophe relief plan, *VOXEU Article*, 2020, [RSCAS], [ECO] - <https://hdl.handle.net/1814/66682> [access: 10.03.2024].
- De Vet J.M., Nigohosyan D., Núñez Ferrer J., Gross A.K. Kuehl S., Flickenschild M. 2021: Impacts of the COVID-19 pandemic on EU industries, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies Directorate General for Internal Policies, European Parliament, Luxembourg.
- INSTAT, 2023: Lindjet, Vdekjet dhe Martesat [Births, Deaths and Marriages], [electronic source] <https://www.instat.gov.al/al/temat/treguesit-demografik%C3%AB-dhe-social%C3%AB/lindjet-vdekjet-dhe-martesat/> [access: 10.03.2024] [in Albanian].
- Predotova K., Vargas Llave O., 2021: Workers want to telework but long working hours, isolation and inadequate equipment must be tackled, *Eurofound*, [electronic source] <https://www.eurofound.europa.eu/en/resources/article/2021/workers-want-telework-long-working-hours-isolation-and-inadequate-equipment> [access: 10.03.2024].
- Segbenya M., Okorley E. N. A., 2022: Effect of Teleworking on Working Conditions of Workers: A Post-COVID-19 Lockdown Evaluation, *Human Behavior And and Emerging Technologies* 1, 4562263.
- Szpejna M., Kennedy, A., 2020: Mitigating the employment and social effects of the COVID-19 pandemic. Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies Directorate-General for Internal Policies. , Publications Office of the European Union.
- Zheng L., Miao M., Lim J., Li M., Nie S., & Zhang X., 2020: Is Lockdown Bad for Social Anxiety in COVID-19 Regions?: A National Study in The SOR Perspective, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(12), 4561, <https://doi.org/10.3390/ijer-ph17124561>

Joanna Bril¹, Edward Rydygier²✉

¹ The Blessed Father Findysz Sub-Carpathian High School in Jasło

² Municipal Office of the Capital City of Warsaw

Social aspect of municipal waste management

Społeczny aspekt gospodarowania odpadami komunalnymi

Abstract. The authors of the article assessed the social aspect of the municipal waste management system in Poland. The research covered the period from 2011, i.e. from the validity of legal regulations resulting in the changes commonly known as the ‘waste revolution’. The impact on social life of the ways in which municipalities organize waste collection and processing was examined. Also, the reaction of residents to specific solutions of municipal authorities in the field of waste segregation and the costs of its removal were taken into account. For example, the social aspect of the municipal waste management system in the Capital City of Warsaw was examined, also including street cleaning and the removal of rubble from renovated apartments. In the conducted research, the authors took into account the need to manage waste under the conditions of a circular economy specified in the directives of the European Union.

Key words: Municipal waste, waste management, circular economy, ecological education

Synopsis. Autorzy artykułu ocenili system gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce w aspekcie społecznym. Badaniami objęto okres od 2011 roku, czyli od obowiązywania regulacji prawnych skutkujących zmianami zwanymi powszechnie jako „rewolucja śmieciowa”. Zbadano wpływ sposobów, w jaki gminy organizują odbiór i przetwarzanie odpadów na życie społeczne. Ponadto wzięto pod uwagę reakcję mieszkańców na konkretne rozwiązania władz municipalnych w zakresie zasad segregacji odpadów i kosztów ich wywozu. Przykładowo, zbadano system gospodarowania odpadami komunalnymi w m.st. Warszawie w ujęciu socjalnym, włączając także oczyszczanie ulic i wywóz gruzu z remontowanych mieszkań. W przeprowadzonych badaniach autorzy wzięli

Joanna Bril – The Blessed Father Findysz Sub-Carpathian High School; e-mail: joannabril@vp.pl; <https://orcid.org/0000-0002-7177-3356>

✉ **Edward Rydygier** – Municipal Office of the Capital City of Warsaw; e-mail: erydygier@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7696-7646>

pod uwagę konieczność gospodarowania odpadami w warunkach gospodarki o obiegu zamkniętym określonego dyrektywami Unii Europejskiej.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, gospodarowanie odpadami, gospodarka w obiegu zamkniętym, edukacja ekologiczna

JEL codes: Q53, Q56, Q57

Introduction

The aim of the article was to assess the functioning of the municipal waste management system in Poland, taking into the account the social aspect of this activity. Municipal waste is a unique type of waste, next to industrial waste, hazardous waste, electrical and electronic waste, and medical waste, because a social factor plays a role in its production, collection and subsequent processing [Pichtel 2014]. Municipal waste management serves to improve the quality of life of residents.

The presented research results are a continuation of the multi-aspect research on municipal waste management conducted by the authors of this article in cooperation with various academic centers in Poland, such as the University of Radom, Kielce University of Technology, and Rzeszów University of Technology. The research results of these studies are successively presented at international scientific conferences organized by the Transport Committee of the Polish Academy of Sciences, Kielce University of Technology [Bril and Rydygier 2016b, Bril et al. 2017] and are published in specialized international journals [Bril and Rydygier 2016a, Bril and Rydygier 2017, Bril and Rydygier 2020a, b]. In Poland, since 2012, municipal waste management has been the responsibility of municipalities, which by law are the basic units of local government [Dz.U. 2013 poz. 21 z późn. zm.]. Municipalities became responsible for the entire organization of waste management processes, such as waste collection, storage, disposal, and recycling. In turn, detailed waste management rules under European Union directives were introduced by the Act on maintaining cleanliness and order in municipalities, amended in 2012, known as the ‘Waste Act’ [Dz.U. 2011 nr 152 poz. 897 z późn. zm.].

For commune residents, the changes in waste management in 2012 meant the need to adapt to new waste segregation rules, as well as an increase in waste disposal fees, because the collection and transport of waste to landfills or processing plants was undertaken by private companies selected in a tender procedure. Waste management in accordance with EU guidelines had to meet the principles of sustainable development, which meant taking into the account reuse and recycling in waste processes in accordance with the hierarchy of recovery values of secondary raw materials. The transition of the economy of European Union countries to closed circulation in 2015 resulted in further changes in the principles of waste management, as well as in the circulation of packaging. In the circular economy model, waste recycling has become a priority, while strictly limiting waste disposal through landfilling and incineration. In the conditions of a closed-loop economy, municipalities should pursue two waste management goals: implement an efficient

waste collection system, and ensure appropriate levels of recycling [Pichel 2014, OECD 2015]. New tasks in the field of municipal waste management constitute a challenge for municipalities, especially for those that have invested funds in waste incineration plants. It should be noted that municipal waste management is a complex undertaking, i.e. it goes beyond local public tasks due to the need for contact with the free market environment, implementation of variable government regulations, and cooperation with various entities operating in the commune [Albin 2018].

Municipal waste management carried out by communes takes place in specific social conditions, including the relations between the municipality board and the local community and between the commune and economic entities operating in its area. Residents constitute by operation of law a unit of local government, which is a commune. The commune–resident relationship should be characterized by a balance based on partnership in cooperation between the commune, property owners and entities conducting business activities in the field of waste management. The social activity of residents is important for the effectiveness of collecting recyclable materials by facilitating selective waste collection and caring for the condition of waste collection containers belonging to the local community [Ziora and Pasko 2018].

The material presented in the article is divided into sections covering the introduction, presentation of research methods, characteristics of municipal waste, description of the circular economy, ecological education of society, social aspect of waste segregation, and costs of its collection. The final summary includes conclusions from the presented research.

Materials and methods

The authors of the article studied legal acts and documents concerning the functioning of the municipal waste management system in Poland, such as parliament acts, government regulations, and resolutions of local government councilors in terms of their impact on social life. Also, source materials available on the Internet were studied, including waste industry expert opinions and opinions of specialists from non-governmental organizations, councilors, and local government experts. In addition, a review of the national, regional and local government press was carried out. Also, an observational method was used to identify places where sorted waste is collected and to observe the behavior of residents in keeping the streets clean, which was documented with the photos included in the article.

The authors of the article based their research on knowledge in the field of return logistics as well as their experience gained in activities in regional self-government authorities and local government administration.

In particular, the period 2017–2023 was taken into consideration because in 2017, the regulation of the Minister of the Environment on the detailed method of selective collection of selected waste fractions from 29 December 2016 came into force [Dz.U. 2017 poz. 19 z późn. zm.]. This ministerial regulation introduced a uniform system of municipal waste segregation throughout the country.

Characteristics of municipal waste

Municipal waste generated in municipalities includes primarily waste from households, but also from public utility and service facilities. Since municipal waste is classified under the ‘Waste Act’ as waste constituting a potential source of secondary raw materials, its collection requires well-organized selection at many stages. Municipal waste can be divided into several groups [Zygadło 1999]:

- household (domestic) waste related to people staying in a place of residence, such as food leftovers, packaging, used household items,
- bulky waste, i.e. car wrecks, furniture, TVs, washing machines, refrigerators,
- waste from public utility facilities, i.e. educational, cultural, sports, administrative and office facilities,
- green waste, i.e. biological waste from the maintenance of urban green areas and home gardens,
- street waste collected in street bins and sweepings from streets and squares,
- rubble and soil from construction and renovation works,
- snow and ice removed from streets and squares in winter.

The quantitative composition of municipal waste depends on the type of development (urban, rural, low-rise, high-rise), technical and sanitary equipment of the buildings, saturation of the area with service facilities and other non-residential facilities (schools, offices, parks), and on the wealth of the inhabitants, whether they have home gardens, and even on the season [Christian et al. 2003].

Impact of the circular economy on waste management

The circular economy is an economic model based on the closed cycle of product life. Closed loop means that after the maximum potential of a product has been used in its life cycle, the product is reused and thus returns to the life cycle [Einsenrizgler 2020, Kovacic et al. 2020]. In this way, the natural resources of raw materials can be saved, so the amount of waste generated is reduced. EU directives on the development of a circular economy favor the reuse and recycling of waste, with a strict limitation of disposal through landfilling and incineration. Burning waste is prohibited because it requires energy from the processing of other raw materials and is a source of new pollutants. However, after consultations with experts, environmentally harmless incineration of high-calorie waste with heat and electricity recovery was allowed. These activities are part of the search for ways to replace conventional sources with alternative sources, because in terms of energy, 1 ton of coal corresponds to 2–3 tons of municipal waste [Ewijk and Stegemann 2023].

The circular economy affects not only the way waste is managed but also the circulation of packaging, because product packaging becomes waste after unpacking or use. In May 2018, the Council of the European Union adopted new regulations regarding waste packaging. These directives require the recycling of at least 55% of municipal waste by 2025, 60% in 2030, and 65% in 2035. By 2050, only 10% of municipal waste will be allowed to go to landfills [Rydygier and Bril 2020b].

It should be noted that the processing of secondary raw materials is a less burdensome process for the environment than the processing of primary raw materials, so recycling contributes to climate protection.

Thanks to recycling, waste becomes valuable again and instead of ending up in a landfill, it is transformed into raw materials for the production of materials. Secondary raw materials are processed in the order to limit the exploitation of primary, non-renewable raw materials (e.g. crude oil), the earth's resources of which are rapidly decreasing [Christian et al. 2003]. Waste recycling enables:

- processing and use of secondary raw materials into new materials,
- saving space in landfills,
- limiting the amount of harmful waste to those that are difficult to decompose,
- reducing the consumption of natural resources,
- reducing energy consumption,
- reducing air pollution,
- reducing the overall amount of waste and sewage.

European Union directives provide for the imposition of penalties on municipalities for failure to meet the required levels of waste recycling. The main reason for processing installations is the insufficient quality of waste delivered from municipalities. To recover certain raw materials, the recycler must source very high-quality clean waste. The problem here is that selective waste collection at the source and proper segregation depend on ecological awareness and disciplined residents. The social aspect of raw material recovery and waste recycling also involves promoting new forms of economic activity and creating new jobs, which results in alleviating local social problems.

Social aspect of waste segregation

The principles of waste segregation introduced in 2013 by amending the Act on maintaining cleanliness and order in municipalities corresponded to the EU waste management directives while respecting the principles of sustainable development. Waste segregation is one of the methods of reducing the amount of waste intended for disposal by recovering raw materials that can be reused or used for the production of new materials. Processes leading to the repeated recovery of materials, or the acquisition of raw materials, are referred to as recycling. Pre-separation of waste reduces the amount of waste in landfills and facilitates its recycling in processing plants [Zygadło 1999, Christian et al. 2003, Buclet 2010].

The social aspect of waste segregation includes obligations imposed on residents as waste producers, including the method of segregating waste at the source specified by local authorities. In the case of waste management, residents are not passive recipients of services provided by business entities, and their role and rank are gradually increasing. It is expected that, in the long term, the participation of residents will become the foundation of municipal waste management. Residents' obligations can be enforced in various ways, starting from a system of penalties, through systems of various incentives, to active participation in building the system. The applied system of penalties will encounter resistance and disapproval, therefore it is advisable for the local government authorities and the residents, who should be aware of the common goals in the field of waste management, to cooperate. Municipalities organize the segregation of municipal waste by collecting waste generated by residents into specially marked con-

tainers divided by the type of raw material from which they were produced. The term 'separation at source' means the selection of waste carried out on-site in households. In practice, waste segregation in municipalities takes place as bag segregation or container segregation [Sobczyk 2016].

Segregation into bags involves collecting waste into special plastic bags provided by the commune and is carried out mainly in single-family housing estates. Container segregation applies to people living in blocks of flats and tenement houses, where sets of appropriately marked containers are placed. Hazardous waste can only be stored in special landfills or in properly secured parts of municipal landfills, which is why it is delivered by residents to special points called PSZOK (Polish acronym for Selective Collection Point for Municipal Waste) [LaGreda et al. 2010]. Until 2017, municipalities were free to determine the fractions of waste collected; some used a two-fraction system, others three or more. In Warsaw, segregation covered three groups of waste: dry waste (in red containers), glass waste (in green containers) and mixed waste (in black containers). For residents, this meant a serious change in the segregation rules, as they were used to separating paper from metal and glass. From July 1, 2017, the Ministry of the Environment introduced unified waste segregation rules by ordinance [Dz. U. 2017 poz. 19 z późn. zm.]. The unification of the waste segregation rules was necessary due to the adaptation to new EU directives related to the transition of the EU economy to a closed loop. According to unified segregation, waste should be collected in four different colored containers: glass (green), paper, including cardboard (blue), biodegradable waste with a particular emphasis on bio-waste such as kitchen waste (brown) and plastic and metals (yellow), mixed waste is collected in black containers (Fig. 1). The collection of the so-called 'electrical garbage' containing electrical waste, light bulbs, batteries, and cells phones is organized by municipal district offices, as well as by selected stores (Fig. 2).



Figure 1. Waste containers for uniform segregation

Rysunek 1. Pojemniki do jednolitej segregacji odpadów

Source: photo by E. Rydygier

Źródło: zdjęcie E. Rydygiera



Figure 2. Electrical waste collection at a shop
Rysunek 2. Zbiórka śmieci elektrycznych w sklepie

Source: photo by E. Rydygier

Źródło: zdjęcie E. Rydygiera

Areas for collecting bulky waste have been designated around residential houses (Fig. 3). From March to November, the collection of green waste is organized in appropriate bags for leaves, grass clippings and shredded branches (Fig. 4).

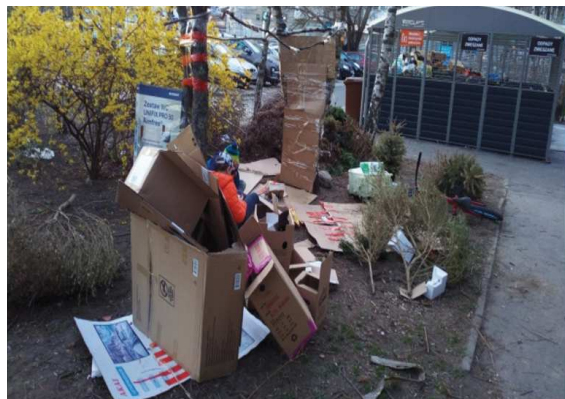


Figure 3. Separate place for bulky waste
Rysunek 3. Miejsce na odpady wielkogabarytowe

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera



Figure 4. Bags for green waste
Rysunek 4. Torby na odpady zielone

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera

In terms of waste segregation, local authorities should strive to achieve the highest possible level of segregation, taking into the account the cost factor, but the threshold of acceptance by the local community cannot be exceeded.

Ecological education of society

Educational campaigns implemented by municipalities focus on informing about the principles of waste segregation, but they do not explain why waste should be segregated, nor do they provide instructions on how households can limit the production of waste. Therefore, there are no elements in educational campaigns that shape the ecological awareness of society.

Large cities have greater opportunities to conduct educational campaigns than small municipalities. Since February 2020, the second educational campaign has been carried out in the capital of Warsaw in connection with new segregation rules forced by the introduction of a closed-loop economy. The previous campaign was criticized for the excessive artistic expression of its posters at the expense of their content. Information about proper waste segregation is disseminated on posters at bus and tram stops (Fig. 5), as well as on large billboards placed in visible places (Fig. 6). In the new educational campaign, advertising in metro stations was abandoned.

The educational campaign being implemented is of an instructional nature, but to explain to society how to deal with waste in a circular economy, a broad social educational campaign at the government level is needed, also due to the costs involved. To be



Figure 5 Poster on a bus stop shelter
Rysunek 5. Plakat na wiacie przystanku

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera



Figure 6. Advertising on a large billboard
Rysunek 6. Reklama na dużym billboardzie

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera

effective, the campaign must include television, and the messages should occupy prime time advertising space. In addition to the transfer of knowledge. It is also necessary to make eco-products made from recovered materials fashionable.

In large cities, non-governmental organizations organize various pro-ecological campaigns with the help of local municipal authorities, rewarding people who segregate waste. As a part of such actions, recycling machines were set up in Warsaw. This recycling machine is very similar to a parcel locker, but instead of dispensing parcels, it accepts PET bottles, glass bottles, and cans. The user must download the appropriate application, create an account in it, and, after receiving their QR code, scan it in the recycling machine. Points are awarded for each item of raw material thrown into the recycling machine, which can later be converted into discounts on coffee or cinema or theater tickets. Coca-Cola and the 'Our Earth' Foundation are jointly responsible for the project. The Coca-Cola company, as a large producer of carbonated drinks that produces tons of waste, wants to encourage people to recycle packaging.

Artists are involved in promoting waste recycling among society by designing furniture and clothing from recycled materials and even creating works of art from waste (Figure 7). Employees of a scrap warehouse in Pruszków city near Warsaw create sculptures from scrap depicting various vehicles and characters from science-fiction films. The local city authorities opened a special pavilion for these sculptures named the Museum of Steel Figures. Schools organize student trips to this museum, which also organizes exhibitions in various Polish cities (Figure 8).

Ecological education of residents is an important element of the entire municipal waste management system. Effective ecological education should be continuous, consistent, and planned in the long term, in such a way that the resident themselves sees the effects of their efforts, otherwise they will treat top-down education as a nuisance. It should be noted that the use of penalties is not the right solution when organizing waste segregation, as it causes resistance and dissatisfaction among residents. Ecological education should



Figure 7. Exhibition at K&K Art Gallery in Warsaw

Rysunek 7. Wystawa w Galerii K&K Art w Warszawie

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera



Figure 8. Exhibition of steel figures in Warsaw

Rysunek 8. Wystawa figur stalowych w Warszawie

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera

reach the recipient directly, then it must be borne in mind that all leaflets, even those delivered directly to homes, are not always read. Posters at bus stops and in the subway as well as advertising on billboards are good solutions for mass information transfer. The role of schools in the ecological education of society is also very important because children educated at school can pass the acquired knowledge on to their parents.

Social aspect of keeping streets clean in urban communes

Municipal waste also includes waste collected from the streets by the relevant city cleaning services. The social aspect of maintaining cleanliness in public space is manifested in the behavior of residents who ignore the individual responsibility of a member of the local community for the cleanliness of their city.

Cleaning waste from the streets

Special waste bins are installed on the streets, especially at public transport stops, in parks, squares and boulevards. These bins are emptied at night by city cleaning crews. In the capital, the organization of garbage collection from street bins involves replacing garbage bags placed in bins and taking them away in small trucks at night. Unfortunately, these organized activities have been found insufficient, because during the day, the bins start overflowing and garbage spills onto the sidewalks, and residents litter the lawns and sidewalks, especially near bus stops and grocery stores (Fig. 9). Drinking alcohol in the vicinity of grocery stores (and throwing away empty bottles or cans) is a social plague, despite the ban on drinking alcohol in public places. City services are unable to overcome such heavy littering of the streets by residents who believe that they bear the costs of cleaning the city and therefore do not show social solidarity in taking care of the city's appearance.

Garbage thrown into street bins should be prepared at least a little in advance so that it takes up as little space as possible: drink cartons should be crushed, just like plastic bottles. It can also be observed that waste from residential premises is thrown into street bins instead of into the previously mentioned trash containers in garbage arbors allocated to blocks of flats. The streets are also littered with posters and advertising leaflets stuck to lamps, road signs, gutters, and shelters at tram and bus stops (Fig. 10). Unfortunately, without observing the culture of social life, it is impossible to keep a big city clean. Work in municipal purification services is low paid and employees, contemptuously called ‘garbage collectors’, have low social prestige.



Figure 9. Garbage in a street bin
Rysunek 9. Śmieci w ulicznym koszu

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera



Figure 10. Advertisements stuck to a gutter
Rysunek 10. Prywatne reklamy przyklepione do rynny

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera

Collecting rubble from renovated apartments

Waste generated in municipalities also includes waste that must be disposed of by its producers. Such waste includes rubble produced during the renovations of apartments. The owner of an apartment in who wants to renovate it themselves must order a dumpster from a specialist company and pay for the removal of the waste generated by this renovation, such as rubble, scratched plaster, and paint containers. Depending on the size of the planned renovation, the company provides an open container or a large bag, which is placed on the sidewalk during the renovation (Fig. 11). Unfortunately, it sometimes happens that residents throw the garbage from their apartments into these containers or bags, instead of taking it to the containers in the closed garbage sheds assigned to a spe-

cific building. In the case of large waste bags, they sometimes stay on the sidewalks for a long time, and the garbage spilling out of them makes the street look unpleasant. Such a bag filled with waste lying on the sidewalk is a nuisance for the owners of the property adjacent to the sidewalk. If it is not known which company placed the bag, it seems that the property owner will have to remove it at their own expense due to the mixed contents. Municipal services collect waste from containers in garbage sheds and from street garbage bins. Such an overflowing bag may remain on the sidewalk for a long time unless residents or owners of a neighboring property file a complaint with the City Hall. It sometimes happens that such overflowing bags can remain on the street for up to a year, which happened in 2023 near the headquarters of the public television campus in Wierzbno, part of the Mokotów district in Warsaw (Fig. 12).

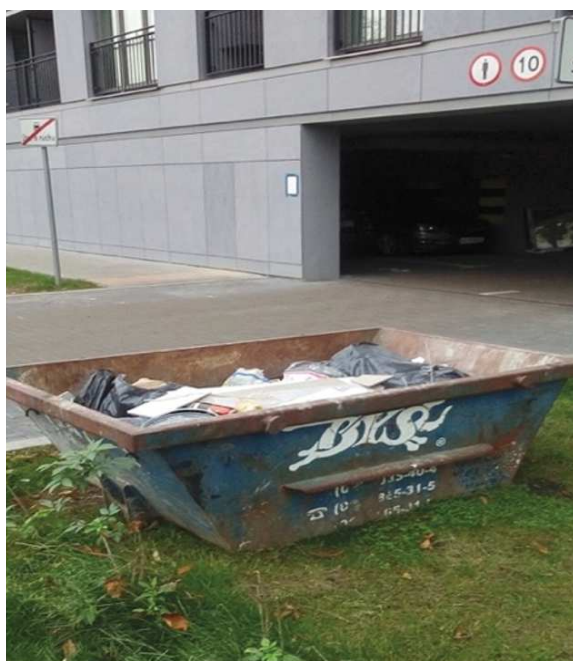


Figure 11. Container for renovation waste
Rysunek 11. Kontener na odpady po remoncie

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera



Figure 12. Overflowing rubble bag
Rysunek 12. Przepelniona torba na gruz

Source: photo by E. Rydygier
Źródło: zdjęcie E. Rydygiera

Social problem of fees for waste disposal

Inefficient waste management is causing waste collection fees to constantly increase. These increases in garbage disposal fees are inevitable, as waste treatment costs are currently underestimated.

With the introduction of the new waste segregation rules, municipalities began to increase the rates paid by residents, and other solutions for calculating waste disposal fees provided for in the new regulations were introduced. For example, in Warsaw, in February 2020, the City Council adopted new rules for charging fees based on a lump sum [Dz. Urz. Woj. 2019.152]. The fixed monthly fee for collecting separated waste from a single-

family house was PLN 94, and from an apartment in a block of flats or tenement house was PLN 65. In the case of unsorted waste, the fee was charged twice. These rate changes were most harmful to people living in their own apartments, as they faced an increase in fees by up to 600%. Multi-person households were charged the lowest fees.

In December 2019, the City Council wanted to link garbage collection fees to the square footage of apartments. This would mean price increases, especially for single and elderly people who live in large apartments from which children have moved out, so at the last minute before the vote, councilors of the majority club set a lump sum for apartments (PLN 65) and single-family houses (PLN 94).

However, due to the residents' objection to the flat-rate fee, at the meeting on October 15, 2020, the City Council adopted a resolution on new rules for calculating waste management fees, which introduced a solution different to the flat-rate fee provided for in the regulations, i.e. the amount of the fee depended on the quantity of water used. It was agreed that the monthly fee for single-family houses, multi-family apartments and mixed properties will be calculated according to the formula: PLN 12.73/m³. Unfortunately, this new solution was also criticized by residents and experts, so it was changed.

After attempts to charge fees for garbage collection based on a lump sum and the level of water consumption in the household, the Warsaw City Council adopted a system for charging fees for municipal waste management, which assumes that the rates are charged per household [Dz.Urz. Woj. 2021.10074]. In multi-unit buildings, the monthly fee is PLN 85 per household. Owners of single-family houses pay PLN 107 per month. If the owner decides to compost bio-waste, they receive relief of PLN 9, which brings the fee down to PLN 98.

If the property consists of several parts, one of which is occupied by residents and the other part also generates waste, we calculate the total fee differently. This is, for example, a residential building with commercial premises. The fee is then the sum of the fees calculated for the individual parts of the property:

- for the part where residents live – the product of the number of households and the fee rate of PLN 107 (for a single-family house) or PLN 85 per unit (for a multi-unit development),
- for the part where no residents live and municipal waste is generated (e.g. service premises in the building) – the product of the number of containers, the number of times they are emptied and the fee for a container with a specific capacity (calculated jointly for this part of the property).

The City Council set the fee for the property on which a summer house is located at PLN 181.90 per year for each holiday house on the property. If there is no house on the property that is used for recreational purposes, the payment is PLN 181.90 per year for the property.

Owners of properties where no residents live and municipal waste is generated (e.g. shops, hotels) are obliged to dispose of municipal waste on their own. Owners must conclude a waste collection contract with an entrepreneur entered in the register of regulated activities in the field of municipal waste collection.

It was found that the rates for garbage collection were too high. In 2023, the Regional Chamber of Audit showed in its assessment of the implementation of the 2022 budget by the Warsaw Management Board that the city's income from municipal waste management amounted to PLN 1 billion and 80 million, while the total expenses related to waste collection and management amounted to PLN 895.7 million. Councilors from the opposition party asked the Warsaw authorities to reduce the fees. In response, the Management Board indicated that, in accordance with applicable regulations, funds from the municipal waste management fee can only be used for purposes related to the waste management system, therefore the surplus for 2022 was allocated to financing the municipal waste management system in 2023–2025.

Currently, however, the Mayor of Warsaw is planning to reduce garbage collection fees. The Warsaw City Hall calculated the revenues from fees and the costs of operating the system and it was determined that, for the second year in a row, residents have paid more than the expenses for the service. The Mayor of Warsaw, Rafał Trzaskowski, announced that the planned reductions in fees will result in rates of PLN 91 in single-family buildings and PLN 60 in multi-family buildings. The change in fees is expected to come into force in mid-2024. The mayor's proposal must still be accepted by the City Council.

Conclusions

In delegating waste management to the municipalities, the legislator did not anticipate that, in the conditions of a circular economy, the tasks entrusted to the municipalities would become significantly more complicated and would involve higher costs. Switching the EU economy to a circular economy changes the paradigm of dealing with pollution and environmental protection. Waste management and packaging circulation are areas of the economy that are particularly sensitive to changes caused by the circular economy. Local communities were suddenly burdened with new obligations regarding waste segregation and increased waste collection fees, which sparked resistance from residents. Organized educational campaigns only disseminated waste separation instructions and did not explain the reasons for the changes imposed from above. Meanwhile, if ecological awareness is not developed among the residents, the implemented changes encounter social resistance. Municipalities need cooperation with the local community, therefore introducing penalties is not advisable. In the conditions of a closed-loop economy, municipalities especially expect state support. A comprehensive reform of the entire waste management system is required, especially regarding financial support for municipal investments in recycling, reducing waste collection fees, introducing full producer responsibility for packaging, as well as more effective ecological education of society shaping ecological awareness of the need to exist in a circular economy. Without specific state aid, municipalities will not be able to carry out public tasks related to waste management. There is currently conflict between local government authorities and the government, which, for example, has become more acute in the controversial setting of fees for garbage disposal by municipalities.

References

- Albin A., 2018: Gmina w systemie gospodarowania odpadami komunalnymi [The commune in the municipal waste management system], *Prace Naukowe Wydziału Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego, Seria e-Monografie 122*, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław [in Polish].
- Bril J., Rydygier E., 2016a: Effective municipal waste management as a challenge for self-government municipalities, *International Journal of Engineering and Advanced Research Technology* 2, 1, 14–22.
- Bril J., Rydygier E., 2016b: Efektywne gospodarowanie odpadami jako wyzwanie dla gmin, [Effective waste management as a challenge for communes], *Monografia Politechniki Świętokrzyskiej M78*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce [in Polish].
- Bril J., Rydygier E., 2017: Municipal waste management systems in the terms of logistics, *International Journal of Engineering and Advanced Research Technology* 3, 8, 16–25.
- Bril J., Łukasik Z., Rydygier E., 2017: Gminne systemy gospodarowania odpadami komunalnymi w ujęciu logistycznym [Municipal logistics waste management systems], *Autobusy* 18, 6, 1327–1334 (CD) [in Polish].
- Bril J., Rydygier E., 2020: Implementation of return logistics rules in waste management by municipalities, *Scientific Journal of Warsaw University of Life Sciences. Economics and Organization of Logistics* 5, 2, 53–63.
- Bril J., Rydygier E., 2020: Ryzyko w gospodarowaniu odpadami komunalnymi [Risk in municipal waste management], *Monografia Politechniki Rzeszowskiej „Współczesne aspekty zarządzania ryzykiem*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów [in Polish].
- Buclet N., 2010: *Municipal waste management in Europe: European policy between harmonization and subsidiarity*, Springer-Verlag, New York.
- Christian L., Hellweg S., Stucki S., 2003: *Municipal Solid Waste Management*, Springer, Berlin.
- Einsenrizgler S. (ed.), 2020: *The Circular Economy in The European Union. An Interim Review*, Springer, Berlin.
- Ewijk, van S., Stegemann J., 2023: *An Introduction to Waste Management and Circular Economy*, UCL Press., London.
- LaGreda M.P., Buclaingham P.L., Evans J.C., 2010: *Hazardous Waste Management*, Long Grove Waveland Press, Illinois.
- Kovacic Z., Stand R., Voelker T., 2020: *The Circular Economy in Europe*, Taylor & Francis, N.Y.
- OECD, 2015: *Environment at a Glance*, OECD Publishing, Paris, France.
- Pichtel J., 2014: *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial*, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 grudnia 2016 r. w sprawie szczegółowego sposobu selektywnego zbierania wybranych frakcji odpadów [Regulation of the Minister of the Environment of 29 December 2016 on the detailed method of selective collection of selected waste fractions, as amended], (Dz.U. 2017 poz. 19 z późn. zm.) [in Polish].
- Rydygier E., Bril J., 2020: Waste management in Poland versus the circular economy, *Scientific Journal of Warsaw University of Life Sciences. Economics and Organization of Logistics* 5, 2, 83–95.93 [in Polish].

- Sobczyk W., 2016: Aspekty społeczne i środowiskowe gospodarki odpadami [Social and environmental aspects of waste management], Wydawnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków [in Polish].
- Uchwała nr XXIV/676/2019 Rady Miasta Stołecznego Warszawy z dnia 12 grudnia 2019 r. [Resolution No XXIV/676/2019 of the Council of the Capital City of Warsaw of December 12, 2019], (Dz.Urz. Woj. 2019.152) [in Polish].
- Uchwała nr LVI/1749/2021 Rady Miasta Stołecznego Warszawy z dnia 18 listopada 2021 r. w sprawie wyboru metody ustalenia opłaty za gospodarowanie odpadami [Resolution No LVI/1749/2021 of the Council of the Capital City of Warsaw of July 18, 2021 on the choice of method for determining the waste management fee], (Dz.Urz. Woj. 2021.10074) [in Polish].
- Ustawa z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw [The Act of 1 July 2011 amending the Act on maintaining cleanliness and order in municipalities and certain other acts, as amended], (Dz.U. 2011 nr 152 poz. 897 z późn. zm.) [in Polish].
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach [Act of 14 December 2012 on waste, as amended], (Dz.U. 2013 poz. 21 z późn. zm.) [in Polish].
- Ziora J., Pasko B., 2018: Gospodarka odpadami w obliczu nowych wyzwań [Waste management faces new challenges], Wydawnictwo Śląskiego Związku Gmin i Powiatów, Katowice [in Polish].
- Zygadło M., 1999: Gospodarka odpadami komunalnymi [Municipal Waste Management], Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce [in Polish].

Marcin Czubaszek✉
Politechnika Białostocka

Wybrane aspekty zastosowania sztucznej inteligencji w lotniczym transporcie towarowym

Selected aspects of the use of artificial intelligence in air cargo transport

Synopsis. Transport lotniczy odgrywa ważną rolę w wymianie towarów. Mimo że odpowiada pod względem ilościowym za 1% rotacji, to wartość ładunków wynosi 10% wszystkich przedmiotów przewożonych rocznie różnymi środkami. Stosuje się w nim najnowocześniejsze dostępne rozwiązania, a jednym z postulowanych kierunków jest implementacja dynamicznie wprowadzanej w wielu dziedzinach sztucznej inteligencji i jej elementów. Procesy autonomizacji obiektów latających rozpoczęły się wraz z powstaniem balonów i pierwszych pojazdów w układzie samolotu, to znaczy jednostek latających cięższych od powietrza, działających na zasadzie wytwarzania siły ciągu dzięki nieruchomym skrzydłom. Wraz z rozwojem technologii informatycznych wprowadzano kolejne elementy automatyzacji, w tym autopilota. Sztuczna inteligencja znalazła szerokie zastosowanie w kontekście obsługi klienta, symulacji i modelowania lotu, ustalania trasy, optymalizacji wykorzystania przestrzeni ładunkowej oraz projektowania, a także testowania prototypów maszyn. Jednak za najważniejszy aspekt można uznać możliwości tworzenia jednostek bezzałogowych, w pełni autonomicznych jak X-62A oraz projekty Reliable Robotics i Xwing, przekształcające rolę pilota w osobę zarządzającą lotem, pozostawiającą manewrowanie w gestii komputera pokładowego. Aerolane natomiast proponuje powrót do tworzenia szybowców transportowych. Ważnym aspektem obiektów bezzałogowych jest możliwość tworzenia bardziej efektywnego kształtu poprzez wyeliminowanie kokpitu. Obecny poziom rozwoju SI wskazuje na konieczność dalszych prac, jednak wprowadzanie tej technologii może je znacząco przyspieszyć oraz wpłynąć na wzrost bezpieczeństwa i skuteczności. Ważnym aspektem pozostaje także dostosowanie podstaw prawnych oraz zwalczanie oporu społeczeństwa.

Słowa kluczowe: towarowy transport lotniczy, sztuczna inteligencja, pojazdy autonomiczne

Abstract. Air transport plays an important role in the exchange of goods. Although it is responsible for 1% of the turnover in terms of quantity, the value of the cargo is 10% of all items transported annually by various means. It uses the most modern available solutions, and one of the postulated directions is the implementation of artificial intelligence and its elements,

✉ **Marcin Czubaszek** – Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania; e-mail: marcin.czubaszek@onet.pl

which are being dynamically introduced in many fields. The processes of autonomization of flying objects began with the creation of balloons and the first aircraft-like vehicles, i.e. heavier-than-air flying units operating on the principle of generating thrust thanks to fundamentally stationary wings. With the development of information technology, further elements of automation were introduced, including autopilot. Artificial intelligence has found broad application, including in the context of customer service, flight simulation and modeling, route determination, optimization of the use of cargo space and design, as well as testing of machine prototypes. However, the most important aspect is the possibility of creating unmanned, fully autonomous units, such as the X-62A and the Reliable Robotics and Xwing projects, which transform the role of the pilot into a flight manager, leaving maneuvering to the on-board computer. Aerolane, on the other hand, proposes a return to creating transport gliders. An important aspect of unmanned objects is the ability to create a more efficient shape by eliminating the cockpit. The current level of AI development indicates the need for further work, but the introduction of this technology can significantly accelerate it and increase safety and effectiveness. Adapting the legal basis and combating public concerns also remain important aspects.

Key words: air cargo transport, artificial intelligence, autonomous vehicles

Kod JEL: L93

Wstęp

Lotnictwo i transport lotniczy stanowi obszar wykorzystania najnowocześniejszych dostępnych technologii. Dotyczą one różnych kwestii, od obsługi klienta przez sposoby sterowania jednostkami latającymi, aż po optymalizację tras i sposobów magazynowania, w tym z wykorzystaniem szerokiej robotyzacji oraz pojazdów autonomicznych [Cargo Flash InfoTech 2024]. Jednak podstawową kwestią pozostaje tworzenie coraz nowszych, bardziej efektywnych jednostek latających oraz usprawnianie sposobu ich pilotowania.

Transport lotniczy odpowiada za około 1% światowych przewozów towarowych. Wartość ta jest stosunkowo niewielka, w szczególności w zestawieniu z transportem morskim wynoszącym od 80 do 90% światowej rotacji dóbr [OECD]. Spowodowane jest to mocnymi ograniczeniami zarówno objętościowymi, jak i tonażowymi, co przekłada się na wysokie koszty oraz niewielkie możliwości jednorazowego przetrzutu dóbr. Równocześnie wartość pieniężna przewożonych towarów sięga 10% [Wąsowska 2018]. Istnieją przykłady zarówno jednostek mogących zabierać ładunki o dużych gabarytach oraz masie, takie jak samoloty Airbus A300B4-608ST Beluga [Georgilidakis 2021], lub zastosowania pojazdów latających do długotrwałych operacji, podczas których przetrzucano znaczne ilości towarów masowych, czego najbardziej znanym przykładem był tak zwany most powietrzny w czasie blokady Berlina Zachodniego [The Berlin Airlift...], jednak podstawową zaletą i przewagą samolotów nad innymi środkami transportu jest ich duży zasięg oraz szybkość [Union Pacific Railroad 2023]. Wynika ona w dużej mierze z samego sposobu unoszenia się środka transportu. Istnieją także pojazdy latające opierające się na technologii wirnikowej, od ciężkich śmigłowców transportowych takich jak H-47 Chinook [H-47 Chinook] czy S-64 (mil. CH-54 Tarhe); [Altair 2021],

po niewielkie quadrokoptery (czterowirnikowce, potoczna nazwa niewielkich, bezpilotowych jednostek [Quadrocopter]), mające pełnić funkcje latających kurierów [Remiszewska i Czubaszek 2021].

W ciągu ostatnich lat coraz częściej podnoszonym tematem jest szerokie zastosowanie mechanizmów i algorytmów sztucznej inteligencji (sztuczna inteligencja – SI, ang. *artificial intelligence* – AI) w kontekście różnych dziedzin życia. Jest to skutkiem dynamicznego rozwoju tej dziedziny oraz powszechnego dostępu do narzędzi opartych na modelach językowych, takich jak słynny ChatGPT od przedsiębiorstwa OpenAI [ChatGPT – Chatbot od...], które uczyniły je przyjaznymi oraz chętnie wykorzystywanymi przez ogół społeczeństwa [money.pl 2023]. Za najprostszą definicję SI uznać można „technologię umożliwiającą komputerom i maszynom symulować ludzką inteligencję i zdolności rozwiązywania problemów” zaproponowaną przez IBM [Stryker i Kavlakoglu 2024]. Możliwości wynikające z modelowania na podstawie systemów optycznych, dynamicznych symulacji w czasie rzeczywistym oraz analizy ogromnych zbiorów danych lub uczenia maszynowego otworzyły dotychczas nieosiągalne możliwości w kontekście automatyzacji, oraz autonomizacji wielu dziedzin życia zarezerwowanych dotychczas dla ludzi [Verma 2023].

Celem analiz był przegląd wybranych aspektów oraz badań nad zastosowaniem sztucznej inteligencji i jej elementów lub mechanizmów w kontekście towarowego transportu lotniczego. Skupiono się na analizie rozwiązań dotyczących jednostek o budowie samolotu, czyli maszyny latającej cięższej od powietrza, wykorzystującej siłę nośną powstałą na płatach zasadniczo nieruchomych względem kadłuba [Samolot i Petrozolin-Skowrońska 1998]. Równocześnie znaczna większość opisanych rozwiązań służyć może do usprawnienia przetransportu towarów drogą lotniczą niezależnie od sposobu budowy jednostki. Źródłem informacji była literatura naukowa oraz branżowa, a także doniesienia prasowe lub pochodzących bezpośrednio z materiałów przedsiębiorstw, agencji i organizacji prowadzących badania na dany temat.

Historia prób autonomizacji obiektów latających

Powstanie obiektów mogących przez długi czas pozostawać w powietrzu wzbudziło znaczące zainteresowanie w świecie naukowym oraz militarnym. Opracowane w XVIII wieku balony na ogrzane powietrze [Challoner 2009a] pozwoliły ludziom spojrzeć na świat z niedostępnej wcześniej perspektywy i sięgnąć do nieznanych obszarów badań związanych z dotychczas nieosiągalnym pułapem oraz przestrzenią [Drozdowski 2023].

Z punktu widzenia nauki umożliwiło to między innym w realny sposób obserwację dużych obiektów, w tym geograficznych, dzięki czemu możliwe było dokonanie korekty wcześniejszych map [Berson 1896]. Równocześnie dostrzeżono ogrom możliwości w obszarze badań wyższych partii atmosfery. Dało to szerokie pole do rozwoju meteorologii i nauk pokrewnych. Szybko jednak zwrócono uwagę na wady związane z ryzykiem, na które narażony jest ludzki badacz umieszczony z aparaturą w niewielkim koszu, w szczególności podczas próby pozyskania danych dotyczących gwałtownych zjawisk pogodowych. Tym samym opracowano bezzałogowe balony z przyrządami pomiarowymi [Piccard b.d.].

Z perspektywy wojskowej balony stanowiły doskonały punkt obserwacyjny [Drozdowski 2023] zapewniający duże pole widzenia oraz niwelowały część problemów wynikających z ukształtowania terenu. Obserwatorzy mogli wykrywać ruchy wojsk oraz zawczasu określać ich przybliżoną wielkość [Hogg 2007]. Balony tej klasy, choć oparte na innej technologii i niewymagające obecności człowieka, stosowane bywają do dziś, czego głośnym przykładem było strącenie takiego obiektu przez USAF (United States Air Force – siły powietrzne Stanów Zjednoczonych) w 2023 roku [Garamone 2023].

Teoretycy i dowódcy zaczęli szybko rozważać, w jaki sposób wykorzystać środki latające do działań ofensywnych. Zrzucanie ładunków z balonów znajdujących się nad wrogimi liniami stanowiło kuszącą perspektywę, jednak prędkość i stosunkowo niski pułap lotu obiektów czyniłby takie działanie skrajnie ryzykownym dla załogi. Tym samym rozpoczęto badania nad balonami bezzałogowymi, które po wypuszczeniu przy odpowiednich warunkach pogodowych miały opaść na cel z ładunkami wybuchowymi lub zapalającymi [Aerostaty]. Do podobnej koncepcji wróciło Cesarstwo Japonii, rozważając ją jako sposób ataku na Stany Zjednoczone w schyłkowym okresie II wojny światowej. Za podstawowe wady tego rozwiązania uznano szybko jego nieprecyzyjność wynikającą z bardzo prostej, niepewnej metody zrzutu oraz wysoką zależność od warunków atmosferycznych, choć ich użycie doprowadziło do śmierci przynajmniej sześciu amerykańskich cywili [August 2023]. Tego typu rozwiązania wskazują na zrozumienie zalet związanych z konstruowaniem pojazdów latających niewymagających obecności pilota.

W literaturze występuje wiele definicji sformułowania „pojazd autonomiczny”. Można jednak wyróżnić dwie cechy dla nich wspólne [Choromański i in. 2021, Ułanowska 2024]:

- zdolność do samodzielnego, czasowego lub nieprzerwanego, samosterowania;
- analizowanie na bieżąco sytuacji zewnętrznej oraz otoczenia i podejmowanie samodzielnych decyzji w bezpośredniej odpowiedzi na zdarzenia.

Faktyczne próby stworzenia obiektów, które można uznać za zawierające pewne elementy autonomiczności, związane są ściśle z powstaniem i rozwojem samolotów, czyli jednostek lotniczych wykorzystujących siłę ciągu silnika oraz budowę aerodynamiczną skrzydeł do wzniesienia się w przestworzu. Pierwszy bezpilotowy, ale nadal zdalnie sterowany przy użyciu fal radiowych, samolot zbudowany został przez Lawrence’a Sperry’ego w 1918 roku, w czasie II wojny światowej zaś doszło do przynajmniej jednego przypadku przekształcenia bombowca PB4Y-1 w latającą bombę [Jaworski 2021a, b]. Końcówka lat 30. XX wieku i początek lat 40. to też moment eksperymentów związanych ze śmigłowcami, a także wprowadzaniem do lotnictwa silników odrzutowych [Challoner 2009b, c].

Dość kontrowersyjne oraz ekscentryczne w okresie wojennym były podejmowane przez armię Stanów Zjednoczonych próby wykorzystania zwierząt latających w charakterze środków bojowych. Rozważano użycie nietoperzy oraz gołębi do przeniesienia niewielkich ładunków zapalających na terytorium Japonii, gdzie doprowadzić miały do powszechnych pożarów, na które szczególnie narażona byłaby lekka architektura cywilna. Oczywiście oznaczało to także śmierć zaangażowanych zwierząt. Mimo obiecujących testów polowych (spalenie makiety japońskiej wioski, urządzeń badawczych, okolicznego pola startowego i składów materiałowych oraz hangaru) prace zarzucono [Jaworski 2021b].

Tego rodzaju próby odbywały się w warunkach gwałtownego, dynamicznego wyścigu zbrojeń oraz konieczności osiągnięcia przewagi na frontach II wojny światowej, tym samym większość technologii podlegała celom stricte wojskowym. Za jedno z najsłynniejszych jednostek przypominających samoloty, ale pozbawione pilotów, uznać można rakiety V-1, należące do niemieckiej tak zwanej broni odwetowej [Dudziak 2017].

Po II wojnie światowej doszło do dynamicznego rozwoju technologii informatycznych, co pozwoliło na tworzenie coraz bardziej skomplikowanych technologii autopilota, które stopniowo ograniczają rolę i konieczność koncentracji uwagi ludzkiej załogi podczas mniej wymagających elementów lotu. Ich rozwój wymagał zastosowania coraz większej złożoności obliczeniowej, na co pozwalało tworzenie bardziej skomplikowanych, a równocześnie mniejszych komputerów. W ostatnich latach natomiast rozpoczęto implementowanie również mechanizmów sztucznej inteligencji do jednostek latających.

Wybrane elementy systemów autonomicznych i sztucznej inteligencji w lotnictwie

Pomimo bycia najszybszym środkiem transportu, loty samolotowe potrafią trwać wiele godzin, co może powodować znużenie i zmęczenie pilotów oraz załogi. Wpływa to znacząco na ich zdolności funkcjonowania podczas krytycznych momentów takich jak lądowanie lub wykonywanie manewrów w czasie reagowania na zmienne, często niekorzystne sytuacje. Odporność człowieka, oprócz ograniczonego paliwa, uznawana jest za jedno z najważniejszych ograniczeń w kontekście długich lotów. Drugi z opisanych problemów próbowano rozwiązać na różne sposoby, w tym poprzez budowę jednostek napędzanych reaktorami jądrowymi [Lizut 2023] lub wyposażonych w panele fotowoltaiczne. W praktyce jednak najkorzystniejszą, a przez to najbardziej rozpowszechnioną formą stosowaną głównie przez siły zbrojne stało się tankowanie pojazdów w powietrzu przy wykorzystaniu tak zwanych samolotów cystern.

Tankowanie w powietrzu stanowi manewr, który wymaga od obydwu jednostek wysokiej koordynacji oraz współpracy w trudnych warunkach. Polega ono na zajęciu odpowiedniej pozycji samolotu tankowanego, z reguły za i pod tak zwaną latającą cysterną, który przy użyciu sterowanego przez operatora (ARO – *aerial refuelling operator* – operator tankowania w powietrzu), sztywnego przewodu podaje paliwo do wlotu znajdującego się w górnej części kadłuba jednostki uzupełniającej paliwo. Znacząco zwiększa to jej zasięg oraz umożliwia dłuższe operowanie bez wykonywania lądowania i startu. Tym samym skraca czas lotu, a także ogranicza liczbę wykonywanych manewrów. W przypadku zastosowania w transporcie lotniczym jednostek bezpilotowych operujących na dalekich trasach niezwykle korzystne byłoby dokonywanie tankowania w sposób autonomiczny. Nad tym rozwiązaniem pracuje między innymi przedsiębiorstwo Airbus w ramach systemu Auto'Mate. Podczas lotu testowego w listopadzie 2023 roku zademonstrowano działanie operacji klasy A4R (A4R – *autonomous assets air to air refuelling* – tankowanie w powietrzu jednostek autonomicznych) przy wykorzystaniu samolotu tankowca A310 MRTT oraz pięciu dronów Airbus DT-25, które zasymulowały w pełni autonomiczne tankowanie, posługując się systemem opartym na sztucznej inteligencji. Operacja polegała na przejęciu kontroli nad dronami przez główny samolot,

a następnie zarządzanie ich działaniami w celu podłączenia do przewodu paliwowego, również nieobsługiwanego przez człowieka. Zapewnia to poziom koordynacji nieosiągalny dla załóg złożonych z ludzi. Zakończyła się ona pełnym sukcesem, ukazując możliwości i potencjał systemów autonomicznych w tym zakresie. Zapewniają one wzrost bezpieczeństwa oraz efektywności działania, a także możliwość przeprowadzania go w niekorzystnych warunkach, na przykład w czasie ograniczonej widoczności. Algorytmy sztucznej inteligencji umożliwiają szybkie tworzenie symulacji oraz scenariuszy w celu reagowania na ewentualną zmianę warunków. Należy przy tym podkreślić, że prace w tym kontekście pozostają nadal na wczesnym etapie rozwoju i dotyczyły niewielkich jednostek testowych, a nie pełnoskalowych pojazdów transportowych [Airbus 2023].

Innym programem związanym z autonomizacją, również prowadzonym przez przedsiębiorstwo Airbus, jest projekt ATTOL (*Autonomous Taxi, Take-Off and Landing* – Autonomiczne Kołowanie, Start i Lądowanie) zakładający badanie oraz rozwój technologii pozwalających na dokonywanie kołowania, startu i lądowania w sposób autonomiczny, opierający się na technologiach optycznych. W trakcie całego projektu przeprowadzono ponad 500 lotów, z czego około 450 w celu zgromadzenia odpowiedniej bazy nagrań służących później do trenowania algorytmów wykorzystujących uczenie maszynowe oraz zautomatyzowaną analizę danych pozwalających na zaawansowane modelowanie w czasie rzeczywistym. Ostatnim etapem było sześć lotów, podczas których za każdym razem dokonywano pięciu startów i lądowań w celu przetestowania możliwości systemów autonomicznych. W kokpicie samolotu pasażerskiego A350-1000 przebywali piloci, jednak nie musieli oni podejmować interwencji. Komputer pokładowy w czasie rzeczywistym analizował położenie samolotu względem osi pasa startowego, wprowadzając poprawki, co zaprezentowano na udostępnionym przez przedsiębiorstwo nagraniu [Dla pilota 2020]. Należy podkreślić, że projekt odbywał się w latach 2018–2020, czyli jeszcze przed okresem wzmożonego zainteresowania i błyskawicznego rozwoju SI [Airbus 2020].

Nad ograniczeniem roli pilotów w kontekście obsługi samolotów oraz wyeliminowania ich obecności na pokładzie maszyn pracują także mniejsze przedsiębiorstwa takie jak Reliable Robotics i Xwing, które w 2024 roku zaprezentowały USAF autonomiczne wersje popularnego samolotu Cessna 208 Caravan. Jest to stosunkowo niewielka jednostka transportowa charakteryzująca się wysokim poziomem elastyczności oraz uniwersalności, a także możliwością działania w różnorodnym środowisku [Cessna Caravan]. W obu przypadkach samolot nadal pozostaje pod kontrolą ludzkiego operatora wydającego komendy z ziemi, jednak odpowiada on za zarządzanie lotem i komunikację z innymi podmiotami, pozostawiając kwestie samego lotu w całości pod kontrolą systemu sterującego jednostką. Pozwala to znacząco obniżyć koszty oraz czas trwania szkolenia pilota, który staje się właściwie kontrolerem ruchu, podejmującym podstawowe decyzje. Ponadto dzięki uniwersalności rozwiązania umożliwia skrócenie czasu transferu operatora pomiędzy różnymi modelami maszyn. System testowany obecnie na mniejszych pojazdach, prawdopodobnie z równym powodzeniem sprawdziłby się w kontekście dużych jednostek transportowych, czego przykładem są badania Reliable Robotics nad wprowadzeniem autonomii do samolotu tankowca KC-135 [Hadley 2024]. Ze względu na charakter prac trudno jednoznacznie określić, w jakim stopniu stosowane są w nich elementy określane mianem sztucznej inteligencji. Niemniej założyć można, że wprowadzanie jej do samolotów bezpilotowych może poprawić ich skuteczność oraz

bezpieczeństwo lotu, w szczególności w trudnych warunkach, dzięki zdolności do predykcji oraz symulacji przyszłych zdarzeń.

O możliwościach SI oraz uczenia maszynowego należy także mówić w kontekście tworzenia całych lotniczych łańcuchów dostaw. Oferują one nieosiągalne do tej pory możliwości w kontekście analizy dostarczonych danych oraz charakteryzują się znacząco większą responsywnością względem wcześniejszych programów, które z reguły wymagały obsługi przez wykwalifikowanych pracowników. Z perspektywy klienta ułatwiają kontakt przy użyciu aktywnego i dostępnego przez cały czas *chatbota* [Cargo Flash InfoTech 2024], co ważne jest szczególnie przy uwzględnieniu różnic stref czasowych wynikających z dystansu lotniczych operacji transportowych. Równocześnie systemy SI mogą reagować w czasie rzeczywistym, znacznie szybciej niż człowiek, na zmieniające się warunki zwłaszcza w sytuacji dużej ilości zmiennych oraz znacznej niepewności. Jedną z ważnych funkcji tych systemów jest możliwość modelowania i przewidywania oraz wyboru najkorzystniejszego, a przy tym prawdopodobnego rozwiązania. Inną zaletą jest odnajdywanie dotychczas nieznanymi trendów lub wzorów przebiegu operacji. Sofiane Dafer w czasie IATA World Cargo Symposium poinformowała, że zastosowanie uczenia maszynowego poprawiło wykorzystanie możliwości ładunkowych o 8%, a natychmiast po wdrożeniu rozwiązania wskaźnik błędu prognozowania spadł z 20 do 14% [Brett 2023]. Równocześnie SI może usprawnić i przyspieszyć procesy związane z dokumentacją, odciążając tym samym pilotów, w szczególności poprzez zastosowanie rozwiązań klasy OCR (*optical character recognition* – optyczne rozpoznawanie znaków). Ponadto systemy optyczne wykorzystujące sztuczną inteligencję mogą pomóc monitorować na bieżąco stan pilotów poprzez analizę twarzy w czasie rzeczywistym, co pozwoli między innymi alarmować w momencie senności, przemęczenia lub złego stanu psychicznego [Chawla 2024].

Samolot sterowany przez AI – program ACE i X-62A

Za jeden z najbardziej wymagających obszarów lotnictwa uznaje się pilotowanie samolotów myśliwskich przeznaczonych do bezpośredniej walki z innymi jednostkami latającymi oraz tworzeniu przewagi powietrznej. Wymagają one od pilota zarówno zdolności sterowania pojazdem, jak i pokonania przeciwnika. W obecnych czasach dotyczyć może to zarówno obiektów bezpilotowych, takich jak drony lub rakiety, jak i wymagających bezpośredniej, ludzkiej obsługi śmigłowców lub samolotów transportowych oraz bojowych. W szczególności wyróżnić należy tu pojedynki pomiędzy jednostkami myśliwskimi, które charakteryzują się względnie podobnymi parametrami oraz przeznaczeniem. Już we wczesnej fazie wykorzystania lotnictwa w charakterze bojowym dochodziło do częstej walki między pilotami, na początku przy użyciu osobistej broni ręcznej, a następnie montowanych karabinów maszynowych. Wzrastające osiągi samolotów prowadziły do konieczności wyposażenia ich w skuteczniejsze, bardziej wyspecjalizowane środki, takie jak działka charakteryzujące się większym kalibrem (od 20 mm w górę) i zasięgiem czy rakiety powietrze-powietrze lub ziemia-powietrze. Te ostatnie z reguły są wyposażone w systemy namierzania pozwalające podążać za celem przy wykorzystaniu między innymi sygnatury

cieplnej lub wykrywania magnetycznego [Hogg 2009]. Przeciwno nim wprowadzono różne systemy obronne, mające przede wszystkim zmienić kurs obiektu, takie jak wyrzucane za ogonem flary. Wszystkie te elementy czynią z samolotów myśliwskich jednostki łączące w sobie często możliwości osiągania wysokich prędkości, dokonywania manewrów oraz większej odporności na uszkodzenia, choć osiągnięcie odpowiedniego stopnia we wszystkich tych obszarach zwykle jest niemożliwe.

Samolot myśliwski F-16 stanowi jeden z najsłynniejszych pojazdów latających świata i jest używany przez ponad 25 różnych państw, w tym polskie siły powietrzne. Ta jednoosobowa, wielozadaniowa maszyna charakteryzuje się stosunkowo niską ceną, dużą elastycznością pod kątem przenoszonego uzbrojenia oraz wysokim poziomem zwrotności, jako pierwszy samolot skonstruowany tak, by móc przekraczać przeciążenie 9 G podczas standardowych manewrów. Siedem węzłów (sześć na skrzydłach, jeden pod kadłubem) pozwala na podwieszenie szerokiej gamy uzbrojenia, zarówno przeznaczonego do walki powietrznej, jak i niszczenia celów naziemnych oraz wydłużenie czasu lotu w przypadku zamontowania dodatkowych zbiorników z paliwem. Ponadto samolot wyposażono w działko kalibru 20 mm M61A1 Vulcan. Pierwsza wersja F-16 osiągnęła gotowość operacyjną w 1979 roku, służąc w różnych, zmodernizowanych wersjach do dziś. Od samego początku eksploatacji niezwykle ważnym elementem samolotu jest komputer pokładowy pozwalający na wykonywanie manewrów poprzez kontrolowanie i korygowanie niestaceczności wynikającej z zastosowania tak zwanego skrzydła pasmowego. Rozwiązanie to znacząco zwiększa zwrotność samolotu przez generowanie siły nośnej w dużym zakresie kątów natarcia oraz prędkości. Tym samym ten element lotu został oddany pod kontrolę komputera, co czyni go niezbędnym, kluczowym elementem wyposażenia samolotu [Dougherty 2010].

Na skutek dynamicznego rozwoju i możliwości systemów sztucznej inteligencji DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency* – Agencja Zaawansowanych Projektów Badawczych Departamentu Obrony), amerykańska, działająca w strukturze Departamentu Obrony Stanów Zjednoczonych, agencja, której celem jest opracowywanie oraz rozwijanie nowoczesnych technologii wojskowych, rozpoczęła program ACE (*Air Combat Evolution* – Ewolucja Walki Powietrznej). Jego głównym celem jest zwiększenie zastosowania sztucznej inteligencji w kontekście bezpośredniej walki powietrznej (tak zwany *dogfighting* – termin trudny do dosłownego tłumaczenia na język polski, zwykle odnoszony do bezpośredniej walki samolotów myśliwskich w zasięgu wzroku, często na dystansie pozwalającym na użycie działek lub karabinów maszynowych), gdzie rola ludzkiego pilota zostaje sprowadzona do ogólnego zarządzania walką, doboru broni i nadzoru nad przebiegiem starcia, za bezpośredni przebieg potyczki natomiast odpowiada komputer. Ponadto zakłada się jego współpracę w czasie rzeczywistym z innymi pojazdami bezpilotowymi. Wymaga to przede wszystkim rozwoju technologii autonomicznej do poziomu, na którym mogłaby prowadzić skuteczne działania bojowe oraz budzić zaufanie pilota powierzającego jej swoje życie [Hefron b.d.].

W ciągu krótszego niż trzy lata okresu prac rozwojowych opracowano pierwszy rzeczywisty samolot w pełni pilotowany przez system sztucznej inteligencji. Jednostkę tę stanowi dwumiejscowy, zmodyfikowany, treningowy F-16 określany mianem X-62A lub VISTA (*variable in-flight simulator test aircraft* – zmienny latający symulacyjny samolot testowy) wyposażony w SACS (*system for autonomous control of simulation* – system autonomicz-

nego sterowania symulacją). Pomimo obecności pilota na pokładzie, który w każdej chwili może przejąć kontrolę nad jednostką, samolot samodzielnie wykonuje manewry startu i lądowania oraz lotu, w tym symulowanych akcji bojowych. Do tej pory przeprowadzono ponad 20 lotów [Gitlin 2024]. Ponadto już w 2020 roku wykorzystywane w samolocie systemy sztucznej inteligencji pokonały doświadczonego pilota F-16 na symulatorze [DARPA 2023]. Jednak dopiero w 2023 roku przeprowadzono symulowane starcie w realnych warunkach, to jest przy wykorzystaniu rzeczywistych maszyn, na małym dystansie (w zasięgu wzroku). Do dziś (03.05.2024) nie ujawniono wyniku starcia [D’Urso 2024].

Warto równocześnie podkreślić, że rzeczywiste loty samolotu pilotowanego przez sztuczną inteligencję wielokrotnie pokazywały ograniczenia tej technologii i wymagały dokonywania kolejnych poprawek wynikających z różnic w zachowaniu realnej maszyny względem komputerowej symulacji. Równocześnie według podpułkownika Ryana „Hala” Hefrona nie napotkano żadnych poważnych problemów, a przede wszystkim pokazano konieczność prowadzenia testów na obiektach takich jak VISTA, które ze względu na duże możliwości rekonfiguracji znacząco przyspieszają proces udoskonalania technologii [Hefron b.d.]. Można zatem założyć, że w przypadku tworzenia autonomicznych samolotów transportowych należy najpierw przeprowadzić analogiczny proces, czyli prowadzić testy w warunkach rzeczywistych przy wykorzystaniu już istniejących maszyn. Równocześnie znaczącą kwestią pozostają zmiany w budowie jednostek pozbawionych klasycznych kokpitów. Ponadto w ramach testów prowadzono symulacyjne pojedynki ośmiu różnych systemów SI, co podniosło poziom każdego z nich [D’Urso 2024]. O ile więc w przypadku cywilnych zastosowań nie występuje konieczność ani możliwość walki bojowej różnych propozycji w kontekście bezpośrednich starć, o tyle możliwe byłoby zestawianie równolegle systemów do konkurowania oraz tworzenia alternatywnych scenariuszy celem podniesienia ich sprawności i zdolności reagowania na nieprzewidziane sytuacje.

Projektowanie samolotów a sztuczna inteligencja

Ze względu na ograniczenie lub całkowite wyeliminowanie roli pilota w kontekście sterowania pojazdem jego obecność na pokładzie samolotu może okazać się niepotrzebna, a w niektórych przypadkach wręcz niekorzystna. Opisane przykłady wskazują na dążenie do uczynienia maszyn w jak największym stopniu autonomicznymi oraz dowodzą, że już na obecnym etapie staje się to możliwe. W tej sytuacji może dojść do znaczących zmian w budowie samolotów przez wyeliminowanie elementów sterowania i kokpitu. Tym samym redukcji ulegnie masa własna pojazdu, co pozwoli zwiększyć jego udźwig, a także zwiększyć przestrzeń ładunkową, co przełoży się nie tylko na zwiększenie możliwości transportowych i obniżenie kosztów, ale także na ograniczenie emisji substancji szkodliwych w przeliczeniu na ilość towaru [Natilus 2023].

Inną propozycją jest powrót do szybowców transportowych znanych między innymi z operacji powietrznodesantowych podczas II wojny światowej, w tym podczas niemieckiego ataku na Belgię [Kubiak i Lizut 2016] oraz alianckiej operacji Market Garden [Grant 2007]. O ile ówczesne konstrukcje charakteryzowały się znaczną prostotą i w przypadku jednostek pozbawionych załogi po odłączeniu liny holowniczej zaczynały właściwie niekontrolowany lot ślizgowy, o tyle współczesne pro-

pozycje tego rozwiązania zakładają autonomiczne sterowanie lotkami oraz sterami kierunku i wysokości przez system kierujący szybowcem. Pozwoli to na bardziej precyzyjne, bezpieczne lądowanie, ograniczając ryzyko uszkodzenia pojazdu i towaru. Możliwość rezygnacji z silników i kokpitu według firmy Aerolane może obniżyć koszty transportu lotniczego nawet o 65% [Blain 2024]. W tym wypadku algorytmy sztucznej inteligencji mogłyby nie tylko usprawnić sterowanie pojazdem, ale także pomóc w podjęciu decyzji o odłączeniu liny holowniczej w zależności od często bardzo zmiennych warunków pogodowych.

Należy zwrócić również uwagę na fakt możliwości zastosowania sztucznej inteligencji do tworzenia projektów oraz prototypów maszyn latających zgodnie z podanymi założeniami. Już na obecnym etapie trwają prace i występują często propozycje zmian ogólnego sposobu projektowania kształtu jednostek latających dla zwiększenia ich efektywności [Natilus]. Jednym z ciekawych rozwiązań, które stanowi obecnie ważny kierunek w ogólnym projektowaniu skomplikowanych urządzeń, jest tworzenie tak zwanych cyfrowych bliźniaków, czyli obiektów wirtualnych identycznych z fizycznymi. Pozwalają one na przeprowadzanie testów bez strat cennych prototypów i eliminację części problemów już na etapie projektowania. Oczywiście nie mogą one zastąpić w całości testów z użyciem rzeczywistych pojazdów, jednak mogą znacząco ograniczyć liczbę występujących później problemów, a przez to obniżyć liczbę strat obiektów testowych i przyspieszyć proces rozwoju dzięki dostarczeniu prototypów od razu bliższych ostatecznemu projektowi. Dodatkowo „cyfrowe bliźniaki” umożliwiają eksperymentowanie oraz analizę zdarzeń trudnych do osiągnięcia w przypadku pełnowymiarowych obiektów testowych, na przykład przybliżone zachowanie przy rzadko występujących warunkach [Chawla 2024].

Podsumowanie i wnioski

Transport lotniczy podlega obecnie znacznym przemianom, na które wpływ ma między innymi dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji. Jej mechanizmy implementować można w różnych aspektach, dotyczących zarówno sterowania i planowania trasy lotu, jak i w fazie projektowania oraz zapewnienia odpowiedniego poziomu usług. Tym samym przedsiębiorstwa, które jako pierwsze skutecznie zaimplementują ją w swoich produktach (zarówno w znaczeniu fizycznym, jak i usługowym), zyskają znaczącą przewagę konkurencyjną. Sztuczna inteligencja pozwoli uniknąć ograniczeń związanych z niedoborem personelu lotniczego, optymalizować budowę samolotów w celu zwiększenia efektywności przewozów, co przełoży się na obniżenie kosztów oraz emisji substancji szkodliwych dla środowiska.

Jednostki latające już teraz charakteryzują się stosunkowo wysokim poziomem automatyzacji, szczególnie w porównaniu z innymi środkami transportu. Wiele jednostek, szczególnie bardziej wymagających w ujęciu zdolności sterowania jest obecnie zależnych od działania komputera pokładowego. Opracowywane są też systemy, które pozwalają zarządzać lotem bez obecności pilota. Dodatkowo są one stosunkowo uniwersalne, co przekłada się na możliwość wprowadzania ich do różnych jednostek, a także przyspie-

sza przekwalifikowania personelu. Wprowadzanie SI pozwala znacząco podnieść jakość i bezpieczeństwo lotów, czego przykładem jest wprowadzenie sztucznej inteligencji do myśliwca F-16 określanego mianem X-62A.

Generalnie założyć można, że elementy sztucznej inteligencji odegrają ważną rolę w dalszym rozwoju lotnictwa transportowego i uczynią go jeszcze bardziej efektywnym oraz korzystnym sposobem przetrwania dóbr. Równocześnie podczas prac należy zwracać uwagę na słabe strony, a także zagrożenia wynikające z wprowadzenia tej stosunkowo nowej technologii, której wszystkie możliwości prawdopodobnie nie są jeszcze znane. Niemniej należy spodziewać się wzrostu autonomizacji transportu lotniczego. Wraz z upowszechnieniem się technologii dojdzie zapewne do jej dalszego rozwoju i usprawnienia.

Bibliografia

- Aerostaty, Twierdza Przemyśl, [źródło elektroniczne] <http://www.twierdzaprzemysl.org/index.php?menu=art&akction=Aerostaty> [dostęp: 11.05.2024]
- Airbus, 2020: Airbus concludes ATTOL with fully autonomous flight tests, [źródło elektroniczne] <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-06-airbus-concludes-attol-with-fully-autonomous-flight-tests> [dostęp: 03.05.2024].
- Airbus, 2023: Aerial refuelling without human intervention, [źródło elektroniczne] <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2023-11-aerial-refuelling-without-human-intervention> [dostęp: 03.05.2024].
- Altair, 2021: Renesans CH-54 Tarhe?, Agencja Lotnicza, [źródło elektroniczne] https://www.altair.com.pl/news/view?news_id=32864 [dostęp: 06.05.2024].
- August M., 2023: The Forgotten History of the Japanese Balloon Bomb That Killed Americans in World War II, Time, [źródło elektroniczne] <https://time.com/6276685/japanese-balloon-bomb-history-world-war-ii/> [dostęp: 7.05.2024].
- Berson A. 1896: The use of balloon in geographical work, The Geographical Journal 5(7), 541–544.
- Blain L., 2024: Unpowered cargo gliders on tow ropes promise 65% cheaper air freight, New Atlas, [źródło elektroniczne] <https://newatlas.com/aircraft/towed-cargo-gliders/> [dostęp: 08.05.2024].
- Brett D., 2023: AI and machine learning to enhance air cargo, Aircargo news, [źródło elektroniczne] <https://www.aircargonews.net/ai-and-machine-learning-to-enhance-air-cargo/1060550.article> [dostęp: 2.05.2024].
- Cargo Flash InfoTech, 2024: 5 Innovative Technologies Set to Transform Air Cargo in 2024, LinkedIn, [źródło elektroniczne] <https://www.linkedin.com/pulse/5-innovative-technologies-set-transform-air-cargo-2024-cargoflash-jiqje> [dostęp: 02.05.2024].
- Cessna Caravan, [źródło elektroniczne] https://cessna.txtav.com/en/turboprop/caravan#_model-specs [dostęp: 02.05.2024].
- Challoner J., 2009a: Balon na ogrzane powietrze, [w:] 1001 wynalazków, które zmieniły świat, Publicat S.A., Poznań.
- Challoner J., 2009b: Silnik odrzutowy, [w:] 1001 wynalazków, które zmieniły świat, Publicat S.A., Poznań 2009.

- Challoner J., 2009c: Śmigłowiec, [w:] 1001 wynalazków, które zmieniły świat, Publicat S.A., Poznań 2009.
- ChatGPT – Chatbot od TalkAI w języku polskim, TalkAI, [źródło elektroniczne] <https://talkai.info/pl/> [dostęp: 11.05.2024].
- Chawla J., 2024: Future Trends in Aviation Logistics: AI and Automation, [źródło elektroniczne] <https://enestit.com/future-trends-in-aviation-logistics-ai-and-automation/> [dostęp: 2.05.2024].
- Choromański W., Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicky A., Marczuk K.: 2021: Pojazdy Autonomiczne i systemy transport autonomicznego, PWN, Warszawa.
- D’Urso S., 2024: AI Flew X-62 VISTA During Simulated Dogfight Against Manned F-16, The Aviationist, [źródło elektroniczne] <https://theaviationist.com/2024/04/18/ai-flew-x-62-vista-during-dogfight/> [dostęp: 3.05.2024].
- DARPA, 2023: ACE Program’s AI Agents Transition from Simulation to Live Flight, [źródło elektroniczne] <https://www.darpa.mil/news-events/2023-02-13> [dostęp: 03.05.2024].
- Dla pilota, 2020: Airbus ukończył projekt ATTOL lotami całkowicie autonomicznymi, [źródło elektroniczne] <https://dlapilota.pl/wiadomosci/airbus/airbus-ukonczy-l-projekt-attol-lotami-calkowicie-autonomicznymi> [dostęp: 03.05.2024].
- Dougherty M.J., 2011: Nowoczesne uzbrojenie lotnicze, MAK velrlag GmbH, Brema.
- Drozdowski K., 2023: Od balonu do latającego czołgu, Odkrywca 4, 50–53.
- Dudziak M., 2017: W poszukiwaniu Wunderwaffe. Bronie V na ziemiach polskich, Replika, Zakrzewo.
- Garamone J., 2023: F-22 Safely Shoots Down Chinese Spy Balloon Off South Carolina Coast, U.S. Department of Defense, [źródło elektroniczne] <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3288543/f-22-safely-shoots-down-chinese-spy-balloon-off-south-carolina-coast/> [dostęp: 11.05.2024].
- Georgilidakis S., 2021, Airbus Beluga No1 Gets Retired – Or Replaced!, Mentour Pilot, [źródło elektroniczne] <https://mentourpilot.com/airbus-beluga-no1-gets-retired-or-replaced/> [dostęp: 06.05.2024].
- Gitlin J.M., 2024: This AI-controlled jet fighter has now flown against human pilots, Ars Technica, [źródło elektroniczne] <https://arstechnica.com/cars/2024/04/darpas-ai-test-pilot-successfully-flew-a-dogfight-against-a-human/> [dostęp: 03.05.2024].
- Grant R.G., 2007: Bitwy. Historia wojen i konfliktów zbrojnych, PWN, Warszawa.
- H-47 Chinook, Boeing, [źródło elektroniczne] <https://www.boeing.com/defense/ch-47-chinook> [dostęp: 06.05.2024].
- Hadley G., 2024: Autonomous Cargo Planes: Is This the Future of ACE?, Air & Space Forces, [źródło elektroniczne] <https://www.airandspaceforces.com/autonomy-startups-cargo-air-force-exercise/> [dostęp: 03.05.2024].
- Hefron R., b.d.: Air Combat Evolution (ACE), DARPA, [źródło elektroniczne] <https://www.darpa.mil/program/air-combat-evolution> [dostęp: 03.05.2024].
- Hogg I.V., 2009: Encyklopedia uzbrojenia, Bellona, Warszawa.
- Jaworski J., 2021a: Pierwsze pociski sterowane. Część 1, Odkrywca, 10, 29–33.
- Jaworski J., 2021b: Pierwsze pociski sterowane. Część 2, Odkrywca, 11, 44–48.
- Kubiak K., Lizut J., 2016: Wielki blef czyli desant na twierdzę cz. 2, Wojsko i Technika Historia 2/2016, [źródło elektroniczne] <https://zbiam.pl/artykuly/wielki-blef-czyli-desant-na-twierdze/> [dostęp: 08.05.2024]

- Lizut J., 2023, Atomowe marzenia, Odkrywca, 2, 30–31.
- money.pl, 2023: Chat GPT: Nowy wymiar zarabiania dzięki sztucznej inteligencji, [źródło elektroniczne] <https://www.money.pl/gospodarka/chat-gpt-nowy-wymiar-zarabiania-dzieki-sztucznej-inteligencji-6897219639913280a.html> [dostęp: 11.05.2024].
- Natilus, [źródło elektroniczne] <https://natilus.co/about/> [dostęp: 08.05.2024].
- Natilus, 2023: UPS Feeder Airline Intends To Buy 20 Pilotless Cargo Planes, [źródło elektroniczne] <https://natilus.co/ups-feeder-airline-intends-to-buy-20-pilotless-cargo-planes/> [dostęp: 08.05.2024].
- OECD, Ocean shipping and shipbuilding, [źródło elektroniczne] <https://issuu.com/oecd-publishing/docs/oecd-work-in-support-of-a-sustainable-ocean/26> [dostęp: 06.05.2024].
- Petrozolin-Skowrońska B., 1998: Samolot, Nowa encyklopedia powszechna PWN, PWN, Warszawa.
- Piccard D.L., b.d.: Balloon flight, Britannica, [źródło elektroniczne] <https://www.britannica.com/technology/balloon-flight> [dostęp: 05.05.2024].
- Quadrocopter, Integral SENSO, [źródło elektroniczne] <https://sknaimeth.polsl.pl/projekt-quadrocopter/> [dostęp: 06.05.2024].
- Remiszewska A., Czubaszek M., 2021: Wykorzystanie dronów w logistyce w Polsce – szanse i ograniczenia, Akademia Zarządzania 5(2), 140–154.
- Samolot, Encyklopedia PWN, [źródło elektroniczne] <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/samolot;3971691.html> [dostęp: 06.05.2024].
- Stryker C., Kavlakoglu E., 2024: What is AI?, IBM, [źródło elektroniczne] <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence> [dostęp: 11.05.2024].
- The Berlin Airlift, 1948–1949, Office of the Historian, [źródło elektroniczne] <https://history.state.gov/milestones/1945-1952/berlin-airlift> [dostęp: 6.05.2024]
- Ułanowska M. 2024: Propozycja wykorzystania autonomicznego autobusu na przykładzie KZK w Białymstoku, Wydział Inżynierii Zarządzania, Politechnika Białostocka [praca inżynierska].
- Union Pacific Railroad, 2023: Pros & Cons of Air Freight: Cost, Speed, Shipment Visibility and More, [źródło elektroniczne] <https://www.up.com/customers/track-record/tr090319-plane-pros-cons.htm> [dostęp: 06.05.2024]
- Verma M., Artificial Intelligence Role in Modern Science: Aims, Merits, Risks and Its Applications, International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD) 5, 336–337.
- Wąsowska K., 2018, Transport lotniczy w łańcuchu dostaw, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzenia 128, 409–420.

**Grzegorz Dzieniszewski^{1, 2}, Damian Jasiejko¹, Zbigniew Daniel³,
Maciej Kuboń¹✉**

¹ Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

² Politechnika Rzeszowska

³ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Transport artykułów spożywczych w aspekcie wymagań prawnych

Transport of food products with respect to legal requirements

Synopsis. W pracy dokonano analizy problematyki transportu artykułów spożywczych w aspekcie wymagań prawnych oraz wybranych uwarunkowań technicznych. Celem pracy była ocena procedury praktycznej aplikacji postanowień konwencji ATP w zakresie dokumentacji, technicznych środków transportu i monitorowania parametrów warunków przewozu oraz kierunków rozwoju w procesach transportu i logistyki produktów żywnościowych. Zastosowana w pracy metodyka badania przedsiębiorstwa dystrybucji produktów spożywczych oraz krytycznej analizy dokumentów pozwoliła na wskazanie głównych wektorów optymalizacji procesów przewozu żywności poprzez wdrażanie permanentnego monitorowania stanu ładunku na każdym etapie procesu logistycznego i transportowego. We wnioskach wskazano także na istotną rolę szkoleń w procesie optymalizacji przewozu żywności.

Słowa kluczowe: transport, logistyka, przewóz żywności

Abstract. The paper analyzes the problem of transporting foodstuffs in terms of legal requirements and selected technical conditions. The purpose of the work was to evaluate the procedure of practically applying the provisions of

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

Jasiejko Damian – Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu, Wydział Nauk Technicznych i Sztuk Projektowych; e-mail: d.jasiejko@s.pansp.pl

Daniel Zbigniew – Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki; e-mail: zbigniew.daniel@urk.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0001-5507-8911>

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

the ATP Convention in the field of documentation, technical means of transport and monitoring the parameters of transport conditions, as well as the directions of development in the processes of transport and logistics of food products. The methodology used in the study of the food products distribution enterprise and the critical analysis of documents made it possible to identify the main vectors of optimization of food transportation processes through the implementation of permanent monitoring of cargo conditions at each stage of the logistics and transportation process. The conclusions also indicate the important role of training in the process of optimizing food transportation.

Key words: Transport, logistics, food transport

Kody JEL: R41, R42

Wprowadzenie

Transport artykułów spożywczych jest kluczowym elementem łańcucha dostaw, który ma bezpośredni wpływ na jakość i bezpieczeństwo żywności. Proces ten obejmuje przewóz produktów od producenta do kolejnych ogniw łańcucha logistycznego, przy czym jego poprawna realizacja wymaga spełnienia wielu rygorystycznych norm i przepisów na każdym etapie jego realizacji. W związku z tym niezbędne jest zrozumienie przede wszystkim wymagań prawnych, które regulują ten sektor, aby zapewnić, że żywność dostarczana do sklepów i konsumentów pozostaje bezpieczna i zdatna do spożycia.

Transport artykułów spożywczych odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu dostępności świeżej i bezpiecznej żywności na całym świecie. Dzięki sprawnemu systemowi transportowemu możliwe jest szybkie dostarczanie produktów spożywczych do konsumentów, co ma znaczenie szczególnie w przypadku produktów łatwo się psujących, takich jak owoce, warzywa, mięso czy nabiał. Ponadto transport żywności wpływa na gospodarkę – wspiera rozwój handlu zarówno lokalnie, jak i na skalę międzynarodową.

Celem pracy była ocena procedury praktycznej aplikacji postanowień konwencji ATP w zakresie dokumentacji, technicznych środków transportu i monitorowania parametrów warunków przewozu oraz kierunków rozwoju w procesach transportu i logistyki produktów żywnościowych. Artykuły spożywcze to produkty pochodzenia roślinnego, zwierzęcego lub mineralnego, które są przeznaczone do konsumpcji przez ludzi. Są one źródłem niezbędnych składników odżywczych, takich jak białka, tłuszcze, węglowodany, witaminy i minerały, które są konieczne do prawidłowego funkcjonowania organizmu.

Artykuły spożywcze obejmują zarówno surowe, nieprzetworzone produkty, jak i przetworzone żywności, które zostały poddane obróbce technologicznej w celu przedłużenia trwałości, poprawy smaku, wyglądu czy wartości odżywczej. Do artykułów spożywczych zaliczamy również napoje, przyprawy oraz dodatki do żywności, które wpływają na jej cechy organoleptyczne i właściwości

Klasyfikacja artykułów spożywczych obejmuje:

1. **Produkty łatwo się psujące** – produkty te wymagają specjalnych warunków przechowywania i transportu, aby zapobiec ich szybkiemu zepsuciu. Należą do nich:
 - świeże owoce i warzywa, które wymagają chłodzenia, aby zachować świeżość i wartość odżywczą,
 - mleko i produkty mleczne takie jak jogurty, sery i masło, które muszą być przechowywane w temperaturach chłodniczych,
 - mięso, drób i ryby, te produkty, które są szczególnie wrażliwe na warunki przechowywania i transportu, wymagają niskich temperatur, by nie doszło do kontaminacji i zepsucia,
 - wyroby garmazeryjne, czyli dania gotowe. produkty te są przechowywane w kontrolowanej temperaturze, aby zachować ich świeżość i bezpieczeństwo,
 - półprodukty, które wymagają chłodzenia, jak surowe ciasta lub marynaty.
2. **Mrożonki** – produkty mrożone są przechowywane i transportowane w bardzo niskich temperaturach, co pozwala na długotrwałe zachowanie ich świeżości i wartości odżywczych. Wśród nich wyróżnia się:
 - mrożone warzywa i owoce, które dzięki mrożeniu zachowują większość swoich wartości odżywczych i smakowych,
 - mrożone mięso i ryby mogą być przechowywane przez dłuższy czas bez utraty poziomu jakości,
 - gotowe dania mrożone takie jak pizze, lasagne czy zupy, które są wygodne do szybkiego przygotowania,
 - półprodukty mrożone, takie jak mrożone ciasta, które wymagają temperatury poniżej -18°C dla długotrwałego przechowywania.
3. **Suche produkty** – produkty te charakteryzują się długim okresem przydatności do spożycia i nie wymagają specjalnych warunków przechowywania. Należą do nich:
 - produkty zbożowe takie jak mąka, ryż, makaron, płatki zbożowe, które są podstawą wielu diet,
 - słodczyce i przekąski czekolady, ciastka, chipsy, które można przechowywać przez długi czas,
 - suszone owoce i orzechy są zdrową i trwałą przekąską, bogatą w witaminy i minerały [Satora i Szkoda, 2019, s. 89].

Każda z tych grup produktów spożywczych wymaga przestrzegania określonych norm i przepisów dotyczących przechowywania i transportu, aby zapewnić ich jakość i bezpieczeństwo konsumentom.

Materiały i metody

Konwencja ATP, czyli umowa o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów żywnościowych oraz o specjalnych środkach transportu przeznaczonych do tych przewozów, została przyjęta w Genewie w 1970 roku. Celem tej umowy jest

zapewnienie przewozu artykułów spożywczych w sposób, który zapobiega ich zepsuciu, co zapewnia tym samym bezpieczeństwo żywności [Umowa ATP...]. Dla transportu takich produktów stosowane są specjalne środki transportu oznaczone specjalną tabliczką ATP, co zilustrowano na rysunku 1 i 2.

Konwencja ATP wprowadza wiele kluczowych przepisów, których celem jest zapewnienie jakości i bezpieczeństwa transportowanej żywności. Przepisy te obejmują między innymi:

- definicje i klasyfikacje produktów uznawanych za szybko się psujące, a tym samym wymagających specjalnych warunków przewozu. W szczególności przewidziano tutaj, które produkty muszą być transportowane w odpowiednich warunkach temperatury i wilgotności i jakie muszą być spełnione parametry krytyczne, aby zachować ich jakość – na przykład mrożonki muszą być przewożone w temperaturze -18°C ;
- wprowadzono szczegółowe wymagania dotyczące warunków transportu, takich jak temperatura, wilgotność i inne parametry środowiskowe.

Celem tych przepisów jest zagwarantowanie, że produkty spożywcze, od momentu załadunku aż do miejsca docelowego, zachowają swoje właściwości. Dodatkowo, pojazdy wykorzystywane do przewozu muszą spełniać określone normy techniczne i być odpowiednio oznakowane. Są one regularnie kontrolowane, aby potwierdzić zgodność z wymaganiami ATP [Umowa ATP...]. Dzięki tym regulacjom konwencja ATP przyczynia się do utrzymania wysokich standardów bezpieczeństwa żywności w międzynarodowym transporcie. Jej znaczenie dla rynku spożywczego jest nieocenione – nie tylko zwiększa bezpieczeństwo konsumentów, ale także chroni producentów przed stratami wynikającymi z zepsucia produktów podczas transportu.

Jednakże konwencja ATP to tylko jeden z wielu aktów prawnych, które regulują transport artykułów żywnościowych. Na poziomie Unii Europejskiej obowiązują liczne rozporządzenia, które ujednolicają standardy w zakresie higieny i bezpieczeństwa żywności. Rozporządzenie (WE) nr 853/2004, dotyczące higieny środków spożywczych, nakłada obowiązki na wszystkich uczestników łańcucha dostaw – od producentów, przez prze-

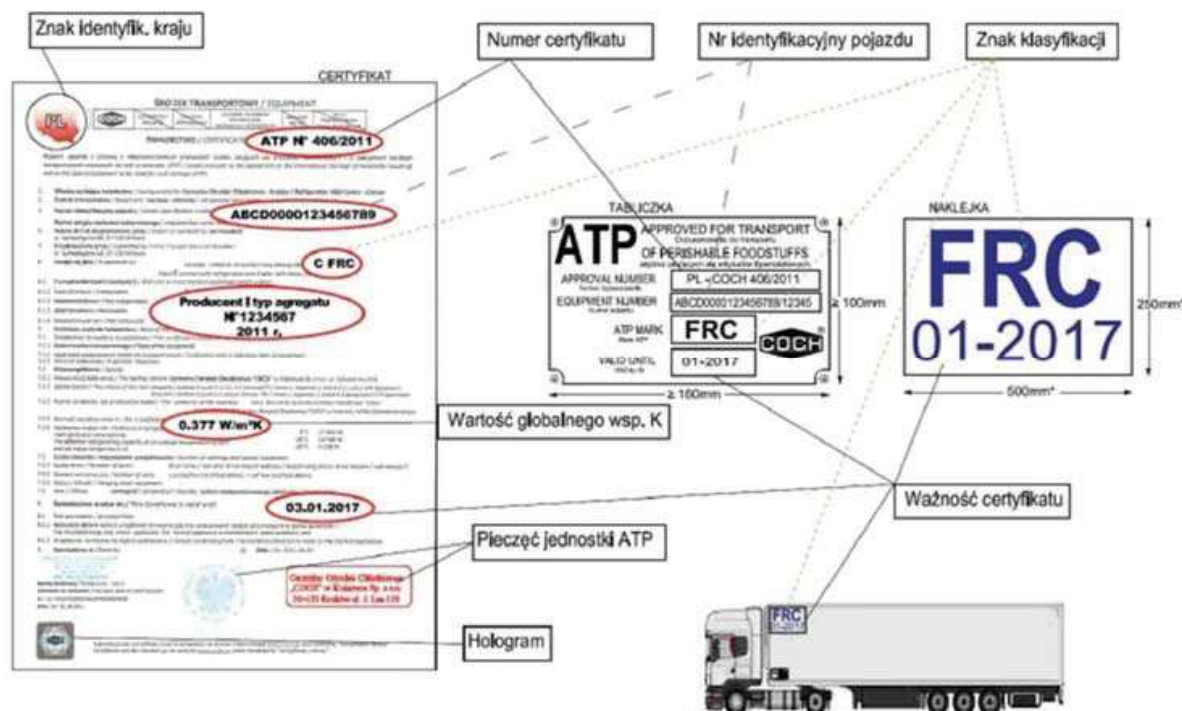


Rysunek 1. Tabliczka ATP

Figure 1. ATP table

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.



Rysunek 2. Wzór certyfikatu i oznakowanie zgodne z Umową ATP

Figure 2. Certificate template and marking in accordance with the ATP Agreement

Źródło: [COCH 2024].

Source: [COCH 2024].

twórców, po przewoźników – aby zapewnić odpowiednie standardy higieniczne. Podobnie, rozporządzenie (WE) nr 178/2002 określa ogólne zasady prawa żywnościowego i ustanawia Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności, którego rolą jest monitorowanie i koordynowanie bezpieczeństwa żywności na poziomie europejskim.

Warto również wspomnieć o rozporządzeniu (WE) nr 1/2005, które dotyczy transportu zwierząt i określa warunki, jakie muszą być spełnione, aby zapewnić ich dobrostan podczas przewozu. Te unijne regulacje współtworzą spójny system, który chroni interesy konsumentów i producentów, co zapewnia bezpieczeństwo oraz wysoką jakość produktów spożywczych w całej Europie. W Polsce kluczową rolę odgrywają również przepisy krajowe oraz akty prawa Unii Europejskiej, które w istotny sposób uzupełniają i rozwijają regulacje ATP.

W Polsce transport artykułów spożywczych jest regulowany między innymi przez Ustawę z dnia 6 września 2001 roku o transporcie drogowym, która określa zasady wykonywania transportu drogowego. Przepisy te dotyczą zarówno przewoźników, kierowców, jak i pojazdów, stawiając wysokie wymagania co do bezpieczeństwa i odpowiedzialności podczas transportu żywności. Dodatkowo, ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia określa wymagania dotyczące bezpieczeństwa żywności na wszystkich etapach produkcji i dystrybucji, w tym podczas transportu [Wetoszka 2017, s. 45]. Przepisy te mają na celu zapewnienie, że przewoźnicy będą spełniać określone standardy, co nie tylko zwiększa bezpieczeństwo przewożonych artykułów, ale także chroni osoby zajmujące się transportem.

Wymagania dotyczące środków transportu

Transport artykułów spożywczych wymaga specjalistycznych środków transportu, które zapewniają utrzymanie odpowiednich warunków termicznych i higienicznych. Wybór odpowiedniego pojazdu, regularne dezynfekcje oraz monitoring temperatury są kluczowe dla zachowania jakości i bezpieczeństwa przewożonej żywności [Starkowski 2015, s. 57].

W transporcie produktów spożywczych stosuje się różne środki transportu. Do najważniejszych należą:

1. **Izotermiczne środki transportu, izotermy** (rys. 3), takie jak izotermy, mają nadwozia wykonane z termoizolacyjnych materiałów, co pozwala na ograniczenie wymiany ciepła między wnętrzem a otoczeniem. Lodownie to pojazdy wyposażone w naturalne źródła chłodu, takie jak suchy lód lub płytki eutektyczne, umożliwiające utrzymanie maksymalnych temperatur w zależności od klasy – od $+7^{\circ}\text{C}$ (klasa A) do -20°C (klasa C). Są idealne do przewozu produktów, które muszą być chronione przed zmianami temperatury, ale nie wymagają aktywnego chłodzenia.



Rysunek 3. Izotermiczny środek transportu

Figure 3. Isothermal means of transport

Źródło: zdjęcie własne.

Source: own photo.

2. **Chłodnie** (rys. 4) są wyposażone w mechaniczne urządzenia chłodnicze, pozwalające na precyzyjne utrzymanie temperatury od $+12^{\circ}\text{C}$ do -20°C , zależnie od potrzeb przewożonego towaru. Ogrzewane pojazdy z kolei utrzymują stałą temperaturę powyżej $+12^{\circ}\text{C}$ przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń grzewczych, co jest istotne w przypadku przewozu produktów, które nie mogą być wystawione na

niskie temperatury takich jak czekolada, masło orzechowe, miód, syropy cukrowe oraz niektóre rodzaje olejów roślinnych. Stabilne warunki temperaturowe zapobiegają krystalizacji, twardnieniu lub utracie właściwości organoleptycznych tych produktów, co mogłoby wpłynąć na ich jakość i funkcjonalność. Stosowane do transportu łatwo psujących się produktów spożywczych, takich jak mięso, ryby, nabiał oraz mrożonki [Krzewińska i Matysek, 2012, s. 4].



Rysunek 4. Chłodnia

Figure 4. Cold store

Źródło: zdjęcie własne.

Source: own photo.

3. Cysterny do przewozu płynnych produktów spożywczych (rys. 5) dzielą się na dwa typy – jednokomorowe i wielokomorowe. Większość cystern używanych w transporcie to cysterny jednokomorowe, które są przeznaczone do przewozu jednego rodzaju produktu, takiego jak mleko, sok czy olej. Ich konstrukcja jest prostsza i bardziej ekonomiczna, co ułatwia utrzymanie higieny oraz minimalizuje ryzyko zanieczyszczenia przewożonych produktów. Dzięki jednolitej przestrzeni transportowej cysterny te charakteryzują się większą pojemnością użytkową w porównaniu do cystern wielokomorowych [Kołożyn-Krajewska i Sikora 2023, s. 251].

W przypadku wielokomorowych cystern stosuje się niezależne pompy do każdej komory lub mniej efektywne rozwiązania z jedną pompą i zaworami przełączającymi, dostosowane do specyficznych wymagań produktów [Omega Pilzno 2023].

Do najważniejszych wymagań higienicznych i techniczne należą:

- dezynfekcja i mycie – środki transportu muszą być regularnie myte i dezynfekowane środkami chemicznymi odpowiednimi dla produktów spożywczych, aby zapobiec kontaminacji i by utrzymać wysokie standardy higieny;



Rysunek 5. Cysterna do przewozu płynnych produktów spożywczych

Figure 5. Tanker for transporting liquid food products

Źródło: zdjęcie własne.

Source: own photo.

- monitoring temperatury – ciągły monitoring temperatury jest kluczowy, aby zapewnić, że produkty są przewożone w warunkach zgodnych z wymaganiami. Stosowane są specjalne systemy, które rejestrują temperaturę w czasie rzeczywistym i alarmują w przypadku jej odchylenia od normy;
- normy ATP – środki transportu muszą spełniać wymagania konwencji ATP, która określa standardy dla pojazdów używanych do międzynarodowego transportu szybko psujących się artykułów spożywczych. Normy te obejmują m.in. wymagania dotyczące izolacji termicznej oraz możliwości utrzymania odpowiedniej temperatury [Bieńczak i Zwierzycki 2006, s. 78].

Dokumentacja i śledzenie transportu

Transport artykułów spożywczych wymaga przestrzegania ścisłych regulacji prawnych dotyczących dokumentacji, która musi towarzyszyć przewożonym towarom. Prawidłowo prowadzona dokumentacja jest niezbędna dla zapewnienia zgodności z przepisami prawa, bezpieczeństwa żywności oraz umożliwia śledzenie pochodzenia i drogi przewożonych produktów. Dokumenty te są również niezbędne do przeprowadzenia inspekcji i kontroli przez odpowiednie organy [Niedojadło i in. 2013, s. 48].

Do najważniejszych dokumentów przewozowych należą:

1. Faktura handlowa (*commercial invoice*) zawiera szczegółowe informacje na temat przewożonych towarów, w tym opis, ich ilość, wartość oraz dane nadawcy i odbiorcy.
2. Lista pakunkowa (*packing list*); (rys. 6) to szczegółowy spis zawartości przesyłki, który pomaga w identyfikacji towarów podczas kontroli celnych i inspekcji sanitarnych.

LISTA PAKOWA

PACKING LIST				
DANE NADAWCY		Invoice No. & Date NR FAKTURY, DATA		Exporter Ref. NR REFERENCYJNY EKSPORTERA
		Buyer's Order No. & Date NR ZAMÓWIENIA, DATA		
		Other reference(s) INNE NUMERY IDENTYFIKACYJNE		
		Buyer (if other than consignee)		
DANE ODBIORCY		DANE KUPUJĄCEGO, JEŚLI INNY NIŻ ODBIORCA		
Consignee DANE ODBIORCY		Country of origin of goods KRAJ POCHODZENIA		
MIEJSCE ODBIORU TRANSPORT WSTĘPNY PRZEWOŹNIKA WSTĘPNEGO		Country of final destination KRAJ PRZEZNACZENIA		
Pre-Carriage by	Place of Receipt by pre-carrier	INFORMACJE DOT. OBCHODZENIA SIĘ Z ŁADUNKIEM		
Vessel / Flight No. NR POJAZDU/LOTU	Port of Loading Mundra (BOM) PORT ZAŁADUNKU			
Port of Discharge PORT WYŁADUNKU	Final Destination PORT PRZEZNACZENIA	Net weight WAGA NETTO	Gross weight WAGA BRUTTO	
Marks & Numbers Container No.	No. & kind of Packages	Description of Goods	Quantity	Remarks
OZNACZENIA I NR KONTENERA	LICZBA I RODZAJ OPAKOWAŃ	OPIS TOWARÓW	ILOŚĆ	UWAGI
Carton No. NR KARTON Box No. NR OPAKOWAŃ L (cms) X B (cms) X H (cms) DLUGOŚĆ SZEROKOŚĆ WYSOKOŚĆ $L \times B \times H \text{ cm}^3 / 6000 =$ DLUGOŚĆ * SZEROKOŚĆ * WYSOKOŚĆ CM3 / 6000 = (WAGA OBLICZENIOWA) Volumetric weight Kgs WAGA PRZESTRZENNA W KG Actual weight Kgs WAGA RZECZYWISTA W KG Total Net weight Kgs CALKOWITA WAGA NETTO W KG Total Gross weight Kgs CALKOWITA WAGA BRUTTO W KG Signature / Date / Co stamp PODPIS, DATA, PIECZĄTKA				

Rysunek 6. Lista pakunkowa

Figure 6. Packing list

Źródło: [Packing List].

Source: [Packing List].

3. Certyfikat zdrowia (rys. 7); (*health certificate*) jest dokumentem wydawanym przez służby sanitarne, takie jak inspekcje weterynaryjne czy stacje sanitarno-epidemiologiczne. Dokument ten potwierdza, że przewożone artykuły spożywcze spełniają szczegółowe wymagania higieniczne i zdrowotne określone w przepisach krajowych oraz międzynarodowych. Certyfikat zawiera informacje o rodzaju produktu, jego pochodzeniu, wynikach badań laboratoryjnych (np. na obecność patogenów, pozostałości pestycydów czy metali ciężkich) oraz warunkach, w jakich produkt został wytworzony i przechowywany przed transportem.



Rysunek 7. Certyfikat zdrowia
Figure 7. Health certificate

Źródło: [Certyfikat BRC].
Source: [Certyfikat BRC].

4. Certyfikat pochodzenia (rys. 8); (*certificate of origin*), który poświadcza kraj pochodzenia towarów, co może być wymagane przez przepisy celne niektórych krajów importujących.

1 Consignor - Expéditeur - Expedidor		No.	ORIGINAL
2 Consignee - Destinataire - Destinatario		EUROPEAN COMMUNITY COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE - COMUNIDAD EUROPEA CERTIFICATE OF ORIGIN CERTIFICAT D'ORIGINE - CERTIFICADO DE ORIGEN	
4 Transport details - Informations relatives au transport - Datos relativos al transporte (Optional)		3 Country of Origin - Pays d'origine - País de origen	
VESSEL: LOADPORT: DISPORT: BL 1 of		5 Remarks - Remarques - Observaciones	
6 Item number, marks, numbers, number and kind of packages, description of goods		7 Quantity	
Sulphuric acid in bulk NCM: 2807.00.10		100000 1000 000 000	
8 THE UNDERSIGNED AUTHORITY CERTIFIES THAT THE GOODS DESCRIBED ABOVE ORIGINATE IN THE COUNTRY SHOWN IN BOX 3 L'autorité soussignée certifie que les marchandises désignées ci-dessus sont originaires du pays figurant dans la case No. 3 La autoridad infrascrita certifica que las mercancías abajo mencionadas son originarias del país que figura en la casilla no. 3			
SATAKUNTA CHAMBER OF COMMERCE 			
Place and date of issue; name, signature and stamp of competent authority Lieu et date de délivrance; désignation, signature et cachet de l'autorité compétente Lugar y fecha de expedición; designación, firma y sello de la autoridad competente			

Rysunek 8. Certyfikat pochodzenia

Figure 8. Certificate of origin

Źródło: [Certyfikat pochodzenia].

Source: [Certyfikat pochodzenia].

5. Dokumenty transportowe (*bill of lading* – CMR), które służą jako dowód nadania i odbioru towaru, zawierają informacje o nadawcy, odbiorcy, rodzaju transportu oraz szczegóły dotyczące ładunku. Przykład dokumentu transportowego przedstawiono na rysunku 9.

The image shows a standard CMR document form used for international road transport. It contains fields for:

- 1** Consignor's name and address
- 2** Consignee's name and address
- 3** Place of delivery of the goods
- 4** Place of receipt of the goods
- 5** Date of receipt of the goods
- 6** Name and address of the carrier
- 7** Name of the vehicle
- 8** Number of packages
- 9** Description of the goods
- 10** Gross weight
- 11** Net weight
- 12** Volume
- 13** Description of the goods
- 14** Description of the goods
- 15** Date of receipt of the goods
- 16** Date of receipt of the goods
- 17** Date of receipt of the goods
- 18** Date of receipt of the goods
- 19** Date of receipt of the goods
- 20** Date of receipt of the goods
- 21** Date of receipt of the goods
- 22** Date of receipt of the goods
- 23** Date of receipt of the goods
- 24** Date of receipt of the goods

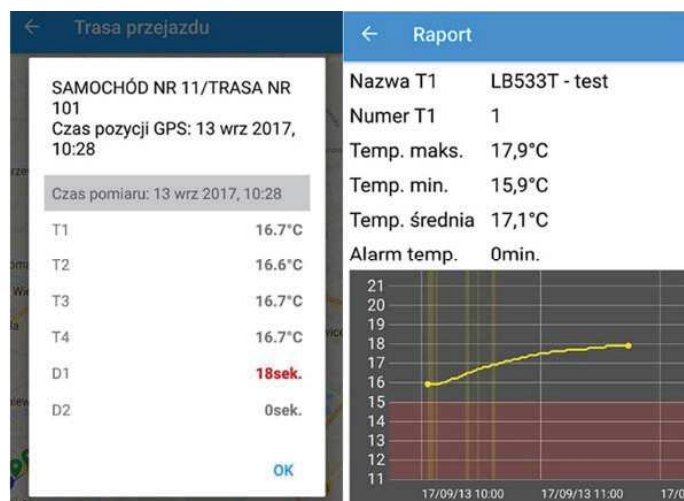
Rysunek 9. Dokument CMR

Figure 9. CMR document

Źródło: [CMR – Międzynarodowy...].

Source: [CMR – Międzynarodowy...].

6. Dokumenty dotyczące kontroli temperatury są niezbędne w przypadku przewozu artykułów wymagających kontrolowanych warunków temperaturowych, konieczne jest dołączenie dokumentacji potwierdzającej (rys. 10), że temperatura była utrzymywana na odpowiednim poziomie przez cały czas transportu [Samir 2022, s. 55].



Rysunek 10. Dokument potwierdzający daną temperaturę

Figure 10. Document confirming a given temperature

Źródło: [TRANS LOGGER...].

Source: [TRANS LOGGER...].

Praktyczne aspekty wdrażania przepisów

Badania przeprowadzone w przedsiębiorstwie transportowym z województwa podkarpackiego, specjalizującego się w transporcie artykułów spożywczych. To przykład firmy, która skutecznie łączy wymogi krajowe i międzynarodowe w zakresie transportu żywności. Wdrażając zasady umowy ATP oraz krajowych regulacji sanitarnych, firma ta stworzyła sprawnie działający model zarządzania procesem transportu, który opiera się na zaawansowanej technologii, sprawdzonych procedurach i regularnym szkoleniu pracowników.

Flota pojazdów firmy składa się z 60 pojazdów chłodniczych, wyposażonych w nowoczesne systemy monitorowania, które umożliwiają bieżące śledzenie temperatury i wilgotności wewnątrz przestrzeni ładunkowej. Urządzenia takich marek jak Thermo King i Carrier Transicold zapewniają precyzyjną kontrolę temperatury w zakresie od -30°C do $+25^{\circ}\text{C}$, co pozwala na transport różnorodnych produktów, takich jak mrożonki, świeże mięso czy produkty wrażliwe na zmiany temperatury, jak czekolada i nabiał. Systemy te rejestrują dane w czasie rzeczywistym, a w przypadku jakichkolwiek odchyłeń od założonych parametrów natychmiast wysyłają powiadomienia do personelu operacyjnego. Powiadomienia są dostarczane za pomocą sygnałów dźwiękowych w kabinie kierowcy, a także w formie wiadomości SMS lub e-mail do działu kontroli. Dane te są archiwizowane w centralnym systemie zarządzania logistyką, co pozwala na dokładną analizę procesów i szybką reakcję w razie wystąpienia problemów.

Różnorodne grupy produktów wymagają indywidualnego podejścia do zarządzania transportem. Mrożonki, które muszą być przewożone w stałej temperaturze -18°C są szczególnie wrażliwe na jakiekolwiek odchylenia od normy. System monitorowania



Rysunek 11. Urządzenia do kontroli temperatury

Figure 11. Temperature control devices

Źródło: [TRANS LOGGER...].

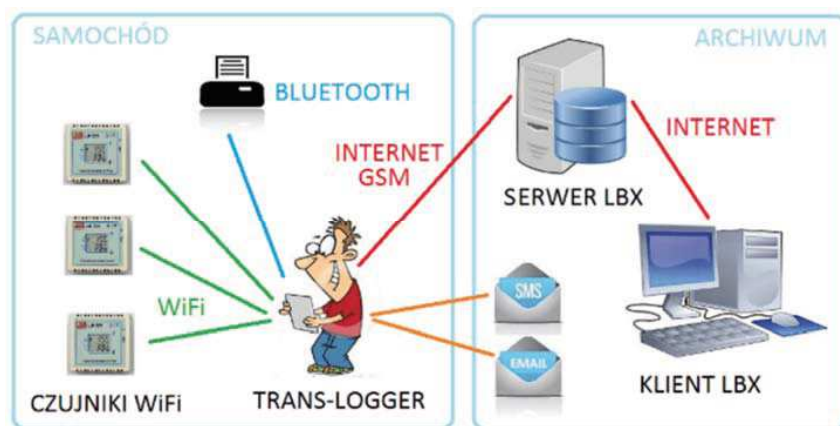
Source: [TRANS LOGGER...].

firmy nie tylko rejestruje temperaturę, ale także pozwala na wgląd w dane historyczne, co może być kluczowe podczas kontroli urzędowych lub rozpatrywania reklamacji. Produkty chłodzone, takie jak świeże mięso czy nabiał, wymagają temperatur w przedziale od 0°C do +4°C. W tym przypadku kluczowe jest nie tylko utrzymanie stabilnych warunków, ale także szybka reakcja w razie awarii systemu chłodniczego. Produkty suche, takie jak pieczywo czy przyprawy, choć mniej wymagające pod względem temperatury, są wrażliwe na wilgotność, co sprawia, że czujniki wilgotności odgrywają istotną rolę w ich bezpiecznym transporcie.

Jednym z istotnych wyzwań, z którymi firma musi się mierzyć, są różnice pomiędzy wymogami ATP a polskimi przepisami sanitarnymi. Umowa ATP precyzuje standardy transportu międzynarodowego, polskie przepisy często wymagają bardziej szczegółowej dokumentacji obejmującej cały proces logistyczny, od załadunku po dostawę. Dodatkowym wyzwaniem jest różnorodność interpretacji pojęcia „szybko psujące się artykuły spożywcze” – podczas gdy ATP jasno definiuje te kategorie, polskie prawo może rozszerzać listę produktów objętych szczególnymi wymaganiami.

Na wypadek takich sytuacji firma wdrożyła szczegółowe procedury, które pozwalają na szybkie i efektywne działanie. W razie wystąpienia odchylenia od normy system natychmiast informuje kierowcę oraz dział operacyjny, który podejmuje decyzje o dalszych działaniach, takich jak przeładunek na inny pojazd, zmiana trasy czy modyfikacja parametrów chłodzenia. Procedury te są integralną częścią systemu HACCP, który firma wdrożyła, aby skutecznie identyfikować i minimalizować ryzyko zagrożeń biologicznych, chemicznych i fizycznych na każdym etapie transportu.

Firma stosuje zaawansowany, bezprzewodowy system kontroli warunków transportu i wysyłki (rys. 12), który umożliwia ciągłe śledzenie temperatury i wilgotności w pojazdach.



Rysunek 12. Bezprzewodowy system kontroli warunków transportu i wysyłki

Figure 12. Wireless system for controlling transport and shipping conditions

Źródło: [TRANS LOGGER...].

Source: [TRANS LOGGER...].

System HACCP, mimo istnienia zaawansowanych technologii monitorowania i przestrzegania takich regulacji jak ATP, zapewnia firmie dodatkową wartość poprzez całościowe podejście do zarządzania ryzykiem. Pozwala na identyfikację i eliminację potencjalnych zagrożeń na każdym etapie transportu oraz definiuje krytyczne punkty kontrolne, np. kalibracje urządzeń czy kontrole higieny pojazdów.

System ten wspiera firmę w dokumentowaniu procesów, co zwiększa zgodność z przepisami i ułatwia kontrole urzędowe. Dodatkowo umożliwia szybsze reagowanie na odchylenia od norm, oferując gotowe procedury działania. Dzięki HACCP firma wzmacnia swoją pozycję na rynku, budując zaufanie klientów i partnerów poprzez udowodnioną troskę o bezpieczeństwo żywności. To narzędzie integruje i optymalizuje istniejące systemy, zapewniając większą efektywność operacyjną.

Dyskusja

Przestrzeganie wymagań prawnych w transporcie artykułów spożywczych jest kluczowe dla zapewnienia bezpieczeństwa konsumentów oraz utrzymania jakości produktów. Nieprzestrzeganie tych przepisów może prowadzić do poważnych konsekwencji, takich jak skażenie żywności, sankcje finansowe, a także utrata reputacji przedsiębiorstwa. Dlatego firmy zajmujące się transportem żywności muszą wdrażać rygorystyczne procedury, systematycznie szkolić pracowników i stosować zaawansowane technologie monitorowania warunków transportu.

W nadchodzących latach można spodziewać się, że regulacje prawne dotyczące transportu artykułów spożywczych będą ewoluować, aby nadążyć za zmieniającymi się realiami rynkowymi i technologicznymi. Wprowadzenie bardziej szczegółowych wymagań dotyczących dokumentacji i rejestrowania parametrów środowiskowych może wymagać od firm dostosowania procedur do nowych standardów.

Dla badanego przedsiębiorstwa, które już teraz korzysta z zaawansowanych systemów monitorowania, oznacza to potencjalne rozszerzenie funkcjonalności tych narzędzi, takich jak dokładniejsze czujniki temperatury czy automatyczne systemy raportowania zgodności. Zmiany mogą także wpłynąć na harmonogram dezynfekcji pojazdów i bardziej rygorystyczne kontrole czystości. Przewidywane przepisy mogą wymagać bardziej kompleksowego podejścia do integracji danych z różnych etapów transportu, co zwiększy znaczenie ich archiwizacji i dostępności podczas audytów.

Dostosowanie się do takich wymagań pozwoli firmie nie tylko spełnić nowe standardy, ale również wzmocni jej pozycję jako lidera w dziedzinie transportu produktów wymagających szczególnych warunków sanitarnych. Dzięki wcześniejszemu wdrożeniu nowoczesnych systemów kontroli przedsiębiorstwo może szybciej reagować na zmieniające się przepisy, co wpływa na minimalizację kosztów i utrzymanie wysokiej jakości usług.

Wnioski

Wdrażanie permanentnego monitorowania stanu ładunku na każdym etapie procesu logistycznego i transportowego jest kluczowe dla właściwego wypełniania unormowań pranych ATP. Istotne znaczenie dla jakości transportu i logistyki żywności mają szkolenia osób uczestniczących w tych działaniach oraz właściwy stan techniczny środków transportu precyzyjnie dopasowanych do danych zadań transportowych.

Technologiczne innowacje mają coraz większy wpływ na branżę transportową i logistyczną. Rozwój technologii, takich jak czujniki temperatury, systemy monitorowania w czasie rzeczywistym oraz inteligentne opakowania, umożliwia lepszą kontrolę warunków transportu i przechowywania artykułów spożywczych. Technologia ta pozwala na automatyzację procesów oraz zapewnienie zgodności z przepisami przez dokładne monitorowanie i rejestrowanie parametrów środowiskowych. Na przykład, systemy monitorowania temperatury mogą automatycznie powiadamiać odpowiednie osoby w przypadku wykrycia odchylenia od norm, co minimalizuje ryzyko kontaminacji produktów spożywczych.

Bibliografia

- Bieńczak K., Zwierzycki W., 2006: Pojazdy chłodnicze w transporcie żywności, Systherm D. Gazińska, Poznań.
- Certyfikat BRC, Agros, [źródło elektroniczne] <https://www.gs-agros.pl/certyfikat-brc-dla-grupy-producentow-agros/> [dostęp: 12.07.2024].
- Certyfikat pochodzenia, [źródło elektroniczne] https://pl.frwiki.wiki/wiki/Certificat_d'origine [dostęp: 10.07.2024].
- CMR – Międzynarodowy List Przewozowy, ColliCare, [źródło elektroniczne] <https://www.collicare.pl/przydatne-informacje/cmr-miedzynarodowy-list-przewozowy> [dostęp: 10.07.2024].
- COCH, 2024: Wymagania dla środków transportu w łańcuchu chłodniczym, [źródło elektroniczne] <https://www.coch.pl/2024/01/wymagania-dla-srodkow-transportu-w-lancuchu-chlodniczym/> [dostęp: 15.07.2024].

- Kołożyn-Krajewska D., Sikora T., 2023: Zarządzanie bezpieczeństwem żywności. Teoria i praktyka, C.H. Beck, Warszawa.
- Krzewińska A., Matysek K., 2012: Wymagania stawiane środkom transportu żywności, *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 5, 240–246.
- Niedojadło D., Bednarczyk L., Szczepański B., 2013: Transport szybko psujących się artykułów żywnościowych w świetle wybranych wymagań umowy ATP, *Chłodnictwo i Klimatyzacja* 11, 61–63.
- Omega Pilzno, 2023: Poznaj 5 ważnych cech transportu płynnych produktów spożywczych, [źródło elektroniczne] <https://omega-pilzno.com.pl/plynnne-produkty-spozywcze/> [dostęp: 07.07.2024].
- Packing List, Chiński Raport, [źródło elektroniczne] <https://www.chinskiraport.pl/blog/packing-list/> [dostęp: 15.07.2024].
- Samir D., 2022:, Zarządzanie łańcuchem dostaw żywności, PWN, Warszawa.
- Satora M., Szkoda M., 2019: Zapewnienie jakości i bezpieczeństwa produktów żywnościowych w transporcie drogowym, *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 6, 86–92.
- Starkowski D., 2015: Zasady i metody doboru środka transportowego podczas planowania operacji transportowej przy pomocy analizy ważonej (wagowej) część 3, *Czasopismo TTS – Technika Transportu Szynowego* 12, 2921–2925.
- TRANS LOGGER – system kontroli temperatury podczas transportu, LAB-EL, Dokument potwierdzający daną temperaturę, <https://www.label.pl/po/kontrola-temperatury-w-transportcie.html> [dostęp: 24.09.2024].
- Transport szybko psujących się artykułów żywnościowych w świetle wybranych wymagań umowy ATP [dostęp: 07.07.2024], [źródło elektroniczne] <https://www.coch.pl/2019/06/transport-szybko-psujacych-sie-artykulow-zywnosciowych-w-swietle-wybranych-wymagan-umowy-atp/>
- Umowa ATP – informacje ogólne, COCH, [źródło elektroniczne] <https://www.coch.pl/umowa-atp/> [dostęp: 01.07.2024].
- Wetoszka D., 2017: Prawo transportowe. Morze. Ląd. Powietrze, C.H. Beck, Warszawa.

Irena Kropsz-Wydra✉, Ewelina Janicka
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Zmiany sytuacji finansowej Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego we Wrocławiu w latach 2019–2022

Changes in the financial situation of the Municipal Transport Company in Wrocław in 2019–2022

Synopsis. Głównym celem artykułu była ocena zmian sytuacji finansowej wybranej firmy transportowej na przykładzie Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego we Wrocławiu w latach 2019–2022. Do analizy pozyskano dane ze sprawozdań finansowych, a wyniki opracowano metodą analizy ekonomicznej z wykorzystaniem wskaźników finansowych. Analiza wskaźnikowa umożliwiła ocenę płynności, sprawności działania, a także rentowności i zadłużenia przedsiębiorstwa. Szczegółowa analiza i ocena kondycji finansowej wykazała, że pomimo starań wybrana firma transportowa ma trudności finansowe i problemy z wypłacalnością. Wyniki wskaźników sprawności działania i zadłużenia tylko potwierdzają wcześniejszą ocenę wskazującą na to, że firma boryka się z problemami finansowymi.

Słowa kluczowe: analiza ekonomiczna, sytuacja finansowa, firma transportowa

Abstract. The main objective of the article was to assess the changes in the financial situation of the selected transport company using the example of the Municipal Transport Company in Wrocław in the years 2019–2022. Data from financial statements were obtained for the analysis and the results were developed using the economic analysis method using financial indicators. The indicator analysis made it possible to assess the liquidity, efficiency of operation as well as profitability and debt of the company. A detailed analysis and assessment of its financial condition showed that despite its efforts, the selected transport company has financial difficulties and problems with solvency. The results of the efficiency of operations and debt indicators only confirm the previous assessment, indicating that the company is struggling with financial problems.

Key words: economic analysis, financial situation, transport company

Kody JEL: G32, L32, L91

✉ **Irena Kropsz-Wydra** – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Ekonomii Stosowanej; e-mail: irena.kropsz-wydra@upwr.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-1835-3256>

Ewelina Janicka – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Ekonomii Stosowanej; e-mail: ewcia.ja@o2.pl

Wstęp

Gospodarka rynkowa, która spowodowała nasilenie konkurencji między przedsiębiorcami, wymaga od przedsiębiorstwa ciągłej weryfikacji i oceny wyników finansowych. Informacje analityczne oraz ocena bieżącej działalności jednostki umożliwiają sprawne i skuteczne zarządzanie, a kierownicy przedsiębiorstw zostali zobligowani do szukania jak najlepszych rozwiązań. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu metody analizy ekonomicznej.

W praktyce gospodarczej do oceny kondycji finansowej przedsiębiorstwa najszerze zastosowanie znajduje analiza wskaźnikowa. Wskaźniki finansowe i ich porównanie w czasie umożliwia ustalenie mocnych i słabych stron sytuacji finansowej jednostki gospodarczej [Bednarski 2007]. Nie sposób przecenić roli analizy finansowej, zarówno jako narzędzia zarządzania przedsiębiorstwem, jak i narzędzia do oceny jego pozycji. Właściwe zarządzanie przedsiębiorstwem ukazujące generowanie zysków oraz kreowanie wartości, zachowując akceptowalny poziom ryzyka, odzwierciedla pozytywną ocenę sytuacji finansową przedsiębiorstwa. „Analiza finansowa ułatwia podejmowanie decyzji w firmie oraz sprzyja racjonalizacji procesów gospodarczych. Ma ona na celu wykrywanie struktury zjawisk i procesów występujących w działalności gospodarczej przedsiębiorstw, ustalenie ich powiązań, ustalenie wielkości i przyczyn odchylenia stanów rzeczywistych od postulowanych” [Korol 2013, s. 13].

Do oceny dynamiki zmian w sytuacji finansowej przedsiębiorstwa w praktyce powszechnie wykorzystuje się analizę pionową i poziomą struktury bilansu, rachunku zysków i strat oraz analizę wskaźnikową. Analiza wskaźnikowa stanowi przykład narzędzia badawczego, które wykorzystuje metodę zależności zjawisk [Walczak 2007]. Według Pomykalskiej i Pomykalskiego „Analiza wskaźnikowa kondycji finansowej przedsiębiorstwa stanowi uzupełnienie wstępnej analizy podstawowych dokumentów finansowych i jest oparta na badaniach wzajemnych relacji zachodzących pomiędzy poszczególnymi elementami sprawozdań finansowych” [2007, s. 66]. W nauce i praktyce upowszechniły się grupy wskaźników, które stosowane są na potrzeby oceny sytuacji finansowej jednostki oraz zachodzącej w niej dynamiki zmian. Do najpowszechniej stosowanych zalicza się wskaźniki płynności, sprawności działania, rentowności i zadłużenia.

Wyniki analizy wskaźnikowej pozwalają ustalić tempo i strukturę zmian, jednak nie dają możliwości oceny przyczyn takiej sytuacji. Analiza wskaźnikowa to bardzo użyteczne narzędzie, ale tylko wtedy, gdy analityk będzie świadomy jej ograniczeń, a obliczony wskaźnik jest użyteczny, gdy będzie porównany z określonym standardem [Dudycz i Skoczylas 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021a, b, 2023]. Zwraca się również uwagę na to, że wyniki powinny być interpretowane z ostrożnością, co jest szczególnie istotne w sytuacji prognozowania trendów rozwoju przedsiębiorstwa [Panfil 2011].

Materiały i metody

Celem opracowania była ocena zmian sytuacji finansowej firmy transportowej na przykładzie Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego zlokalizowanego we Wrocławiu. Przedsiębiorstwo wybrano w sposób celowy, kierując się lokalizacją

oraz potrzebą poznania jego sytuacji finansowej przy uwzględnieniu specyfiki przedsiębiorstwa, którego podstawowym zadaniem nie jest generowanie zysku, ale prowadzenie usług w zakresie transportu publicznego. Podjęty w opracowaniu problem ma odpowiedzieć na pytanie: jakie zmiany nastąpiły w sytuacji finansowej przedsiębiorstwa oraz czy były one pozytywne dla przedsiębiorstwa w analizowanym czasie? Materiały zebrano w ramach przygotowania pracy licencjackiej. Badania przeprowadzono w latach 2019–2022. Zakres merytoryczny obejmował analizę wstępną bilansu przedsiębiorstwa, określając strukturę aktywów i pasywów [Bednarski 2007]. Dodatkowo zastosowano analizę wskaźnikową [Wędzki 2019]. Materiały źródłowe zgromadzono metodą dokumentacyjną, na podstawie danych ze sprawozdań finansowych wybranego przedsiębiorstwa [Szatur-Jaworska 2010]. Do interpretacji wyników badań zastosowano metodę opisową oraz analizę porównawczą. [Kopeć 1983, Stachak 2006, Kawa 2013, Michalak 2016]. Do oceny kondycji finansowej przedsiębiorstwa wykorzystano metodę analizy wskaźnikowej, przy uwzględnieniu wskaźników: płynności, sprawności działania, rentowności i zadłużenia [Ćwiakła-Małys i Nowak 2001, Kowalak 2003, Sierpińska i Jachna 2004, Nowak 2005, Bednarski 2007, Kołosowska i in. 2018]. Wyniki zestawiono w tabelach.

Wyniki badań

Ocenę działalności Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji we Wrocławiu rozpoczęto od wstępnej analizy struktury majątkowej i kapitałowej firmy, przy użyciu danych z bilansu. „Bilans to dokument ilustrujący stan na wybrany moment w przeszłości lub obrazuje przewidywaną sytuację finansowo-majątkową przedsiębiorstwa w określonym czasie” [Jantoń-Drozdowska 2017, s. 105]. Jest to zestawienie wartości środków, którymi dysponuje przedsiębiorstwo oraz źródeł ich pochodzenia [Szymańska 2007].

W wybranym przedsiębiorstwie ogólny trend wartości aktywów trwałych był do 2021 roku rosnący, najwyższy poziom osiągnął w 2021 roku około 90%, a następnie aktywa trwałe nieznacznie spadły. Może to wskazywać na zużycie aktywów trwałych lub sprzedaż niektórych składników majątku. Ponadto aktywa trwałe przekraczały 80% udziału w sumie bilansowej, systematycznie notując wzrost w analizowanym czasie (tab. 1). W strukturze aktywów trwałych większość stanowiły rzeczowe aktywa trwałe, ponad 79%. Podobny rosnący trend w zakresie aktywów ogółem, w tym aktywów trwałych, a także kapitałów własnych i obcych, obserwuje Wąsowicz [2018], analizując strukturę majątkowo-kapitałową miejskich przedsiębiorstw komunikacyjnych. Dodatkowo w swoich badaniach wykazuje wysoki udział aktywów trwałych w strukturze majątku tych przedsiębiorstw. Znalazło to również odzwierciedlenie w strukturze majątku Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego we Wrocławiu.

Aktywa obrotowe również ulegały zmianom w latach 2019–2022, ale wykazywały zmniejszający się udział w strukturze bilansu. W obrębie poszczególnych składników aktywów obrotowych nie odnotowano stałej tendencji. Zapasy w ciągu trzech kolejnych lat wzrosły z około 1,2 do 1,9%. Z kolei obniżył się udział należności krótkoterminowych z około 7% w 2019 roku do 3% w 2022 roku oraz udział inwestycji krótkoterminowych z 11% do około 7,5%. Analizując dane dotyczące kapitałów, zobowiązań oraz zysków (strat) w latach 2019–2022, można zauważyć kilka istotnych trendów i zmian,

Tabela 1. Wskaźniki struktury aktywów Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego we Wrocławiu w latach 2019–2022 [%]

Table 1. Asset structure indicators of the Municipal Transport Company in Wrocław in 2019–2022 [%]

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022
Aktywa trwałe	80,73	85,01	89,95	87,14
Wartości niematerialne i prawne	0,16	0,26	0,34	0,24
Rzeczowe aktywa trwałe	79,34	82,66	86,60	84,52
Długoterminowe rozliczenia międzyokresowe	1,22	2,10	3,01	2,37
Aktywa obrotowe	19,27	14,99	10,05	12,86
Zapasy	1,15	1,43	1,53	1,88
Należności krótkoterminowe	7,00	1,88	1,29	3,06
Inwestycje krótkoterminowe	11,01	11,41	6,82	7,48

Źródło: opracowanie własne na podstawie sprawozdań firmy.

Source: own study based on company reports.

które mogą mieć wpływ na sytuację finansową badanego przedsiębiorstwa. W pasywach bilansu ponad 78% stanowiły zobowiązania i rezerwy na zobowiązania (tab. 2), a pozostałą część tworzył kapitał własny, który stanowił w analizowanym okresie ponad 17%, w tym w 2020 roku jego udział wynosił ponad 21%. Udział kapitału podstawowego od 2029 roku obniżył się o około 7% w 2022 roku. Niestety Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne we Wrocławiu w analizowanych latach 2019–2022 nie wykazywało bieżącego zysku tylko stratę, która z roku na rok się zwiększała. Również sytuacji nie poprawia wykazywana strata z lat ubiegłych, chociaż jej udział w analizowanym czasie maleje. Stratę do 2022 roku wykazywało również Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Poznaniu, chociaż według raportu, 2023 rok zamknął się zyskiem [Raport 2023]. Stratę netto w 2022 roku odnotowało również Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Lublinie, które w 2023 roku zwiększyło ją o ponad 62% [Sprawozdanie 2024].

Analiza bilansu obejmuje określenie struktury kapitałowo-majątkowej podmiotu gospodarczego i rozpoznanie powiązań pomiędzy poszczególnymi składnikami aktywów i pasywów. Istotna jest złota reguła bilansowa, według której majątek trwały obciążony wysokim ryzykiem, powinien być w pełni finansowany kapitałem własnym przedsiębiorstwa. Z danych wynika, że w analizowanym przedsiębiorstwie we wszystkich latach złota reguła bilansowa nie została zachowana, a wartość wskaźnika poniżej 0,5 może przyczyniać się do zwiększenia ryzyka utraty płynności finansowej. Podobne wyniki wskaźnika pokrycia majątku trwałego kapitałem własnym zaobserwowano w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. w Lublinie, 19,36% w 2022 roku oraz 10,91 w 2023 roku [Sprawozdanie 2024]. W Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym S.A. w Krakowie wskaźnik ten w 2022 roku kształtował się na poziomie 31,57% [Wąsowicz 2023], natomiast w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. w Poznaniu wynosił 39% i w 2023 roku 36% [Raport 2023]. W przedsiębiorstwie ważna jest również relacja majątku obrotowego do zobowiązań krótkoterminowych,

Tabela 2. Wskaźniki struktury pasywów Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego we Wrocławiu w latach 2019–2022 [%]

Table 2. Liabilities structure indicators of the Municipal Transport Company in Wrocław in 2019–2022 [%]

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022
Kapitał (fundusz) własny	17,21	21,24	17,23	17,38
Kapitał (fundusz) podstawowy	32,89	34,95	32,49	26,34
Zysk (strata) z lat ubiegłych	–14,77	–11,62	–9,64	–3,51
Zysk (strata) netto	–0,92	–2,10	–5,62	–5,45
Zobowiązania i rezerwy na zobowiązania	82,79	78,76	82,77	82,62
Rezerwy na zobowiązania	1,00	1,04	0,88	0,78
Zobowiązania długoterminowe	21,38	18,18	24,2	37,76
Zobowiązania krótkoterminowe	11,41	10,04	13,7	10,57
Rozliczenia międzyokresowe	49,00	49,50	43,99	33,51

Źródło: opracowanie własne na podstawie sprawozdań firmy.

Source: own study based on company reports.

która określa poziom płynności finansowej i zdolność przedsiębiorstwa do regulowania bieżących zobowiązań. Informuje o stopniu pokrycia aktywów obrotowych przez pasywa bieżące. Wartość wskaźnika nieprzekraczająca 100% oznacza, że w przedsiębiorstwie część aktywów obrotowych jest finansowana przez kapitał stały. Wskaźniki płynności odzwierciedlają poziom finansowania aktywów obrotowych kapitałem pracującym. Im jego wartość jest wyższa, tym bardziej korzystna jest sytuacja finansowa podmiotu gospodarczego w zakresie płynności. Utrata płynności grozi bardzo poważnymi konsekwencjami dla przedsiębiorstwa i może doprowadzić do jego upadłości [Szymańska 2007]. W analizowanym przedsiębiorstwie jedynie w 2021 roku aktywa obrotowe były finansowane kapitałem pracującym, w pozostałych latach natomiast część aktywów obrotowych znalazła pokrycie w kapitale stałym (tab. 3).

Tabela 3. Wybrane relacje pomiędzy aktywami i pasywami

Table 3. Selected relationships between assets and liabilities

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022
Wskaźnik pokrycia majątku trwałego kapitałem własnym	21,31	24,98	19,16	19,95
Wskaźnik pokrycia majątku obrotowego kapitałami krótkoterminowymi	59,22	66,97	136,24	82,16

Źródło: opracowanie własne na podstawie sprawozdań firmy.

Source: own study based on company reports.

Badanie płynności pozwala zmierzyć zdolność przedsiębiorstwa do spłaty bieżących zobowiązań finansowych, do których realizacji wykorzystywane są składniki majątku obrotowego: zapasy, należności krótkoterminowe i środki pieniężne, które można zamienić na gotówkę. Analizie poddano trzy wskaźniki płynności finansowej. Pierwszy, wskaźnik bieżącej płynności, traktowany jako podstawowy miernik zdolności przedsiębiorstwa do

splacania zobowiązań bieżących i jego wartość powinna wahać się w granicy 1,2–2,0. Następny wskaźnik podwyższonej płynności pozwala ocenić spłatę bieżących zobowiązań za pomocą łatwiej dostępnych składników majątku obrotowego, a jego wartość powinna być w przedziale 0,9–1,0. Trzeci, to wskaźnik środków pieniężnych, obrazujący stopień pokrycia zobowiązań bieżących aktywami o wysokim stopniu płynności finansowej. Wskaźnik ten powinien przyjmować wartość 0,1–0,2 [Stępień 2023].

Wskaźnik bieżącej płynności dla analizowanego przedsiębiorstwa wynosił w 2019 roku 1,69, następnie w kolejnych dwóch latach obniżył się do wartości 0,73, co może świadczyć o przejściowych trudnościach finansowych, gdyż w 2022 roku wzrósł do 1,22, przekraczając granicę minimalną. Odnosząc uzyskane wyniki wskaźnika bieżącej płynności do innych przedsiębiorstw z branży, można zaobserwować, że w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. w Lublinie wskaźnik ten w był niższy, w 2022 roku osiągnął poziom 0,96 oraz w 2023 roku jeszcze się obniżył do 0,67 [Sprawozdanie 2024]. W Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. w Poznaniu w 2022 roku wskaźnik bieżącej płynności był wyższy w 2022 roku i wyniósł 1,43, ale w 2023 roku się obniżył do poziomu 0,55, co wskazuje na pojawienie się trudności w regulowaniu zobowiązań [Raport 2023]. W Miejskim Przedsiębiorstwie komunikacyjnym S.A. w Krakowie poziom wskaźnika bieżącej płynności oscylował w 2022 roku na poziomie 0,82, wykazując tendencję zniżkową w stosunku do roku wcześniejszego, a zwłaszcza w odniesieniu do 2020 roku, stanowiąc poważny sygnał ostrzegawczy [Wąsowicz 2023]. Wskaźnik podwyższonej płynności w 2019 roku wynosił w analizowanym przedsiębiorstwie 1,58, a w 2020 roku 1,32, z kolei w 2021 roku jego wartość obniżyła się do 0,59. W okresie trzech lat zaobserwowano tendencję malejącą, co nie jest to korzystne dla przedsiębiorstwa. Satysfakcjonujący wynik odnotowano w 2022 roku, ponieważ wskaźnik ten wyniósł wówczas 1,00, co oznaczało, że przedsiębiorstwo może szybko regulować bieżące wydatki. Wskaźnik podwyższonej płynności w 2022 roku na nieco niższym poziomie odnotowało Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Lublinie, a w Miejskim Przedsiębiorstwie komunikacyjnym sp. z o.o. w Poznaniu wskaźnik ten osiągnął zalecaną wartość optymalną 1,21 [Sprawozdanie 2024]. Niestety w analizowanym przedsiębiorstwie w wszystkich latach wskaźnik środków pieniężnych przyjmował wartość powyżej 0,2, co świadczy o nie najlepszym zarządzaniu środkami pieniężnymi. W takiej sytuacji lepszym rozwiązaniem byłoby zainwestowanie zgromadzonych środków pieniężnych (tab. 4). Wskaźnik podwyższonej płynności finansowej powyżej 0,2 również notowano w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym w Poznaniu [Raport 2023].

Tabela 4. Wskaźniki płynności finansowej

Table 4. Financial liquidity ratios

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022
Bieżącej płynności	1,69	1,49	0,73	1,22
Podwyższonej płynności	1,58	1,32	0,59	1,00
Środków pieniężnych	0,96	1,14	0,50	0,71

Źródło: opracowanie własne na podstawie sprawozdań firmy.

Source: own study based on company reports.

Zastosowanie analizy wskaźnikowej pozwala również na ocenę sprawności działania przedsiębiorstwa. Dzięki zastosowaniu analizy można ocenić efektywność wykorzystania zasobów majątkowych w istniejących warunkach zewnętrznych, które często ulegają zmianom [Gołębiowski 2014]. Do pomiaru sprawności zasobów majątkowych w analizowanym przedsiębiorstwie wykorzystano wskaźniki rotacji i cyklu rotacji: zapasów, zobowiązań i należności (tab. 5). Wskaźnik rotacji zapasami pokazuje, ile razy w okresie roku następuje odnowienie stanu zapasów. Z wyliczeń wynika, że w 2019 roku zapasy odnawiano 39 razy i pomimo tendencji spadkowej w kolejnych analizowanych latach wskaźnik ten nadal utrzymywał się na bardzo wysokim poziomie. Oznacza to, że zapasy były na stanie dość krótko. Potwierdza to wskaźnik rotacji zapasów, wskazując, że długość cyklu w przypadku tego rodzaju składników majątku wynosiła w 2019 roku 9 dni, wzrastając w 2022 roku do 12 dni. W Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. w Lublinie wskaźnik rotacji zapasami w 2012 roku był na podobnym poziomie i wynosił 12 dni, a w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. w Poznaniu 16 dni. Miernikiem określającym stan zobowiązań w przedsiębiorstwie jest wskaźnik ich rotacji, który wynosił około pięciu cykli w roku, obniżając się do czterech w ostatnich dwóch latach analizy. Oznacza to, że jeden cykl spłaty zobowiązań w analizowanym okresie wydłużył się z około 69 do 86 dni.

Tabela 5. Wskaźniki sprawności działania

Table 5. Performance indicators

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022
Rotacja zapasami	39,31	39,18	33,16	29,24
Cykl zapasami (dni)	9,16	9,19	10,86	12,31
Rotacja zobowiązań	5,23	4,69	4,12	4,21
Cykl zobowiązań (dni)	68,79	76,76	87,43	85,59
Rotacja należności	48,43	64,53	95,5	41,41
Cykl należności (dni)	7,43	5,58	3,77	8,69
Cykl środków pieniężnych	-52,19	-61,99	-72,80	-64,59

Źródło: opracowanie własne na podstawie sprawozdań firmy.

Source: own study based on company reports.

Z analiz należności przedsiębiorstwa wynika, że wartość wskaźnika rotacji należności również utrzymuje się na dość wysokim poziomie – obejmuje 48–95 cykli w roku. Oznacza to, że należności do przedsiębiorstwa spływają po okresie od czterech do ośmiu dni. Okres wpływu należności w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. w Poznaniu również wynosił około czterech dni w 2022 roku [Raport 2023], w Krakowie natomiast ponad 40 dni [Wąsowicz 2023]. Z kolei w Lublinie okres wpływu należności był bardzo długi i wynosił aż 111 dni [Sprawozdanie 2023]. Regulacja zobowiązań krótkoterminowych w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. we Wrocławiu w 2022 roku trwała średnio około 86 dni (tab. 5). W Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym S.A. w Krakowie, podobnie jak we Wrocławiu, wskaźnik ten wynosił przeciętnie średnio 70 dni, a w 2022 roku nawet 120 dni, co uwiadczenia pojawiające się

problemy w przedsiębiorstwie [Wąsowicz 2023]. Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Lublinie regulowało swoje zobowiązania krótkoterminowe również w podobnym zakresie czasowym, po około 65 dniach [Sprawozdanie 2023]. Dopełnieniem analizy operacyjności jest wskaźnik cyklu środków pieniężnych, który jest różnicą między sumą wskaźnika cyklu zapasów i należności a cyklem zobowiązań. Wartość tego wskaźnika w badanym przedsiębiorstwie była ujemna – utrzymywała do 2021 roku tendencję spadkową na poziomie około –21. Powodem takiej sytuacji był dość długi okres spłaty zobowiązań przez kontrahentów, a liczba dni spłaty zobowiązań znacznie przewyższała okres obrotu zapasami i inkasa należności (tab. 5).

Poza płynnością i sprawnością działania przedsiębiorstwa istotna jest rentowność. Wskaźniki rentowności dostarczają informacji o zarządzaniu majątkiem i kapitałem przedsiębiorstwa. Określają zyskowność działania podmiotu gospodarczego przez odniesienie zysku do sprzedaży, majątku lub kapitału własnego oraz całkowitego [Jantoń-Drozdowska i Mikołajewicz-Woźniak 2017]. Pozwalają zlokalizować oraz zasygnalizować problemy w sektorze przedsiębiorstw [Kochalski 2023]. Zdaniem Burzym [1971, s. 38] „rentowność jest to relatywna wielkość wyniku finansowego, odzwierciedlająca opłacalność działalności gospodarczej”. Według Szymańskiej [2007] rentowność warunkuje rozwój przedsiębiorstwa.

Wskaźnikiem wskazującym na generowanie zysku ze sprzedaży jest wskaźnik rentowności sprzedaży netto. Analiza danych w badanym przedsiębiorstwie wykazała, że wartości tego wskaźnika są bardzo niskie. Dodatkowo zaobserwowano tendencję spadkową, ponieważ w 2019 roku wskaźnik ten ukształtował się na poziomie –2,17%, a w 2022 roku obniżył się do –12%. Można zatem stwierdzić, że koszty i zobowiązania pochłaniają uzyskane przez przedsiębiorstwo przychody. Wskaźnik rentowności sprzedaży brutto był zmienny w analizowanym okresie. W 2019 roku wynosił –2,5%, a w kolejnym roku obniżył się do –4%. W 2021 roku nastąpił wzrost tego wskaźnika do wartości –0,01%, co było pozytywną zmianą dla przedsiębiorstwa. Niestety 2022 rok spowodował ponowny spadek wartości rentowności sprzedaży brutto do poziomu –12%. W analizowanym okresie wartość wskaźnika rentowności sprzedaży brutto obniżyła się zatem o 9,5% (tab. 6).

Wskaźnik rentowności majątku (ROA) również wykazywał we wszystkich latach wartości ujemne, co świadczy o generowaniu straty przez przedsiębiorstwo. Sytuacja w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym sp. z o.o. w Lublinie była jeszcze gorsza, gdyż w 2022 roku rentowność majątku wynosiła tam –10,23%, a w 2023 roku obniżyła się do –18,23% [Sprawozdanie 2024]. Wskaźnik rentowności kapitałów własnych, który również umożliwia ocenę sytuacji finansowej przedsiębiorstwa, niestety też nie osiągnął zadowalającego poziomu, ponieważ tak jak poprzedni wskaźnik jego wartości w analizowanych latach były ujemne z tendencją malejącą. Spadek w analizowanym okresie o prawie 29% daje przedsiębiorstwu znikome szanse na dalszy rozwój (tab. 6). Ujemna rentowność firmy jest wynikiem tego, że przedsiębiorstwo generuje straty zamiast zysków. Należy zatem przeanalizować sytuację i podjąć działania naprawcze.

Podobnie jak Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne we Wrocławiu, stratę i ujemną rentowność odnotowało w 2022 roku Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Poznaniu sp. z o.o. [Raport 2023]. Zdecydowanie gorzej wygląda sytuacja w Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego sp. z o.o. w Lublinie, notując rentowność

Tabela 6. Wskaźniki rentowności

Table 6. Profitability ratios

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022
Rentowność sprzedaży netto	-2,17	-4,04	-11,85	-11,96
Rentowność sprzedaży brutto	-2,48	-4,05	-0,01	-12,00
Rentowność majątku (ROA)	-1,03	-2,03	-5,82	-6,02
Rentowność kapitałów własnych (ROE)	-5,89	-10,62	-30,39	-34,76

Źródło: opracowanie własne na podstawie sprawozdań firmy.

Source: own study based on company reports.

kapitałów własnych na poziomie -69,44% w 2022 oraz -203,18% w 2023 roku [Sprawozdanie 2024]. Utrzymująca się ujemna rentowność w przedsiębiorstwie przez wiele lat może spowodować upadek podmiotu gospodarczego. Jednak specyfika miejskiego przedsiębiorstwa komunikacyjnego świadczącego usługi publiczne różni się od innych przedsiębiorstw. Dużą rolę w funkcjonowaniu przedsiębiorstw komunikacyjnych odgrywają jednostki samorządu terytorialnego na szczeblu zarówno lokalnym (gminy, powiaty), jak i regionalnym (województwa), które finansują lokalny transport zbiorowy, niejednokrotnie pokrywając ich straty oraz określając wielkość ponoszonych na to zadanie dopłat.

Transport publiczny jest jedną ze sfer aktywności jednostek samorządu terytorialnego, gdyż wykonywanie zadań własnych przez te jednostki, a do takich zalicza się zadania z zakresu publicznego transportu zbiorowego, wymaga zabezpieczenia źródeł ich finansowania. Analiza budżetów gmin pod kątem wydatków ponoszonych na finansowanie komunikacji miejskiej przeprowadzona w latach 2007–2017 przez Ziolo i Niedzielskiego wykazała, że wydatki te stanowią znaczące obciążenie dla budżetów miast, a wpływy z biletów komunikacji miejskiej średnio pokrywały 40% zapotrzebowania na finansowanie. Najwięcej na lokalny transport w tym czasie w przeliczeniu na mieszkańca wydatkowały: Warszawa, Poznań, Gdynia i Gdańsk, najmniej wydatków natomiast poniosły Sopot i Toruń [Ziolo i Niedzielski 2019].

Ostatnim elementem analizy finansowej w badanym przedsiębiorstwie jest określenie źródeł jego finansowania. Zdaniem Garbusiewicza [2014] analiza zadłużenia ustala poziom i strukturę zaangażowanych w przedsiębiorstwie kapitałów obcych, które mogłyby zagrażać niezależności finansowej. Diagnoza wynikająca z analizy struktury finansowej ma decydujące znaczenie w przyznawaniu kredytów [Szymańska 2007]. Ważne jest, by przedsiębiorstwo było w stanie spłacić zadłużenie w ustalonym terminie i w określonej wysokości. Wyliczone wskaźniki określają stopień ryzyka finansowego i możliwości dalszego pozyskiwania środków pieniężnych z zewnętrznych źródeł finansowania (tab. 7). Jednym z najczęściej stosowanych wskaźników jest wskaźnik ogólnego zadłużenia, który jest stosunkiem ogółu zobowiązań do aktywów przedsiębiorstwa. Wskaźnik ten utrzymuje się na bardzo wysokim poziomie, około 0,80, zdecydowanie przekraczając górną granicę przedziału optymalnego zadłużenia na poziomie 0,3–0,5. Świadczy to o dużym uzależnieniu finansowym od kapitału obcego oraz o małym zaangażowaniu kapitału własnego. Wysokość tego wskaźnika wskazuje na duże ryzyko finansowe związane z koniecznością spłaty kredytów wraz z odsetkami. Wyniki wskazują,

że Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. we Wrocławiu nie jest jedynym przedsiębiorstwem komunikacyjnym, które wykazuje wysoki poziom zadłużenia ogółem. Przykładem jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Lublinie, które w 2022 roku osiągnęło zadłużenie na poziomie 0,81, a w 2023 roku zadłużenie to zwiększyło się do krytycznej wręcz granicy 0,91 [Sprawozdanie 2024]. Okazuje się, że przedsiębiorstwa komunikacyjne we Wrocławiu i Lublinie są bardziej zadłużone, niż inne przedsiębiorstwa w branży. Dla porównania, zadłużenie ogólne Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego S.A. w Krakowie wynosiło ponad 0,72 [Wąsowicz 2023], a zadłużenie Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego sp. z o.o. w Poznaniu było zdecydowanie niższe, osiągając w 2022 roku poziom około 0,20 [Raport 2023].

Tabela 7. Wskaźniki zadłużenia

Table 7. Debt ratios

Wyszczególnienie	2019	2020	2021	2022
Ogólnego zadłużenia	0,83	0,79	0,83	0,83
Zadłużenia długoterminowego	0,21	0,18	0,24	0,38
Zadłużenia kapitału własnego	4,81	3,71	4,80	4,75

Źródło: opracowanie własne na podstawie sprawozdań firmy.

Source: own study based on company reports.

W ocenie zadłużenia podmiotów gospodarczych wykorzystuje się również wskaźnik zadłużenia długoterminowego, który informuje, która część majątku jest finansowana kapitałem długoterminowym. W badanym przedsiębiorstwie jego wartość była bardzo niska i wynosiła w 2019 roku 0,21, a w 2020 roku 0,18. W latach 2021 i 2022 nastąpił wzrost wskaźnika zadłużenia długoterminowego z 0,24 do 0,38. To pozytywnie wpłynęło na przedsiębiorstwo, ponieważ wysokość tego wskaźnika zbliżona do stabilności finansowej jest pożądana. Parametrem informującym, jaka kwota zobowiązań przypada na jednostkę kapitału własnego, jest wskaźnik zadłużenia kapitału własnego. W 2019 roku jego wartość wynosiła 4,81, ale w 2020 roku wskaźnik ten obniżył się do 3,71. W następnych latach utrzymywał się na poziomie powyżej 4,75. Wzrost tego wskaźnika oznacza zaangażowanie obcych źródeł finansowania względem kapitału własnego, co prowadzi do zwiększenia zadłużenia firmy.

Podsumowanie i wnioski

Wykorzystywana w procesie zarządzania przedsiębiorstwem analiza finansowa nie powinna być utożsamiana z kontrolą, którą można zdefiniować jako stwierdzenie odchyleń między rzeczywistymi osiągnięciami a zamierzonymi, bądź normami wynikającymi z przepisów lub doświadczeń. Kryterium oceny w procesie analizy finansowej powinna być racjonalność działania, gdyż ocena kondycji finansowej przedsiębiorstwa jest na tyle wiarygodna, o ile wiarygodne są dane, na podstawie których ją sporządzono. Przeprowadzona analiza oceny zmian sytuacji finansowej wybranej firmy transportowej w latach 2019–2022 pozwoliła zrealizować cel opracowania, a także zapoznać się z działalnością Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego sp. z o.o. we Wrocławiu.

Analiza struktury majątkowo-kapitałowej ujawniła kilka istotnych zmian. W badanym okresie firma doświadczała wzrostu aktywów trwałych, które były głównie skoncentrowane w rzeczowych aktywach trwałych, aktywa obrotowe natomiast były niestabilne, ale zauważalne były pozytywne sygnały w ostatnim roku analizy. Wyniki wskazują na potrzebę dokładniejszego zbadania czynników odpływu aktywów obrotowych oraz konieczność poprawy ściągальności należności. Udział zapasów i inwestycji krótkoterminowych sugeruje zmiany w strategii operacyjnej i inwestycyjnej firmy.

Kapitał własny i kapitały podstawowe wykazują stabilność, z kolei ujemny zysk netto oraz wcześniejsze straty potwierdzają potrzebę poprawy efektywności operacyjnej. Pewne obawy może budzić wzrost udziału zobowiązań długoterminowych. Jeśli przekłada się to na inwestycje, które w przyszłości przyniosą zyski, może to być zmiana pozytywna. Warto zwrócić uwagę na stabilność finansową, szczególnie kapitału własnego w stosunku do majątku trwałego oraz na zarządzanie kapitałami krótkoterminowymi w kontekście pokrycia majątku obrotowego. Generalnie przedsiębiorstwo generuje straty i niezbyt dobrze radzi sobie z zarządzaniem środkami pieniężnymi.

Analiza wskaźników płynności sugeruje, że przedsiębiorstwo zmagало się z problemami regulacji bieżących zobowiązań w 2021 roku, w kolejnych latach natomiast nastąpiła poprawa w tym zakresie. Ostatecznie w 2022 roku wskaźniki płynności potwierdziły stabilizację sytuacji finansowej, mimo że nadal sygnalizują pewne ryzyko. Warto monitorować te wskaźniki w kolejnych latach, aby ocenić, czy pozytywna tendencja się utrzyma.

Ocena sprawności działania wykazała w analizowanym okresie pewne problemy ze sprzedażą i zarządzaniem zapasami, co wpływa na wydłużenie cykli związanych z tymi wskaźnikami. Osłabienie rotacji należności i widoczny wzrost cyklu zobowiązań mogą również wskazywać na trudności w utrzymaniu płynności finansowej w przedsiębiorstwie. Wskazane jest przeanalizowanie przyczyn tych trendów i zidentyfikowanie działań, które mogłyby poprawić efektywność operacyjną i finansową podmiotu.

W analizowanych latach firma borykała się z rosnącymi stratami we wszystkich kluczowych obszarach związanych z rentownością. To sygnał, że może być potrzebna gruntowna rewizja strategii działania, optymalizacja działań kosztowych lub zmiana modelu biznesowego, aby poprawić sytuację finansową i rentowność przedsiębiorstwa w przyszłości.

Ogólne zadłużenie przedsiębiorstwa stabilizuje się, co może być pozytywnym sygnałem, lecz warto zwrócić uwagę na wzrost długoterminowego zadłużenia, które może powodować większe ryzyko finansowe w przyszłości. Spadek w zadłużeniu kapitału własnego w 2020 roku i późniejsze ustabilizowanie na wysokim poziomie w porównaniu do 2019 roku może sugerować różnice w postrzeganiu inwestycji przez inwestorów bądź zmiany w kontekście finansowym przedsiębiorstwa. Pozyskane dane potwierdziły, że przedsiębiorstwo korzysta z kredytów i dofinansowań.

Należy wziąć pod uwagę to, że Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne *we sp. z o.o.* Wrocławiu nie jest wyznaczone do generowania zysku, lecz do prowadzenia usług w zakresie transportu publicznego. Otrzymuje więc dotacje i zwrot kosztów od gminy. Przeprowadzona analiza może mieć istotne znaczenie w rozumieniu otaczających nas dóbr publicznych. Może również przyczynić się do podjęcia odpowiednich kroków i pogłębionej analizy przedsiębiorstwa, a to może prowadzić

do pozytywnych zmian w przedsiębiorstwie. Ważne jest, aby organy decyzyjne przedsiębiorstwa prawidłowo interpretowały i modyfikowały podejmowane działania celem lepszego funkcjonowania.

Bibliografia

- Bednarski L., 2007: *Analiza finansowa w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa.
- Burzym E., 1971: *Pomiar i ocena rentowności przedsiębiorstw przemysłowych*, PWE, Warszawa.
- Ćwiakała-Małys A., Nowak W., 2001: *Analiza sytuacji finansowej przedsiębiorstwa w gospodarce rynkowej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2014: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2012 r., *Rachunkowość* 3, 55–80.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2015: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2013 r., *Rachunkowość* 3, 71–96.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2016: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2014 r., *Rachunkowość* 3, 70–96.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2017: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2015 r., *Rachunkowość* 4, 74–100.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2018: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2016 r., *Rachunkowość* 4, 62–88.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2019: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2017 r., *Rachunkowość* 4, 57–84.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2020: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2018 r., *Rachunkowość* 4, 67–94.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2021a: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2019 r., *Rachunkowość* 4, 73–100.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2021b: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2020 r., *Rachunkowość* 10, 68–95.
- Dudycz T., Skoczylas W., 2023: Wskaźniki finansowe przedsiębiorstw według działów (sektorów) za 2021 r., *Rachunkowość* 5, 61–88.
- Gabrusewicz W., 2014: *Analiza finansowa przedsiębiorstwa: teoria i zastosowanie*, PWE, Warszawa.
- Gołębiowski G., (red.), 2014: *Analiza finansowa przedsiębiorstwa*, Difin, Warszawa.
- Jantón-Drozdowska E., Mikołajewicz-Woźniak A., 2017: *Analiza finansowa jako narzędzia zarządzania przedsiębiorstwem*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Kawa J., 2013: *Metodologia, metodyka, metoda jako podstawa wywodu naukowego*, Muzeum Historii Polski, Warszawa.
- Kochalski C., 2023: *Analiza ekonomiczna przedsiębiorstw w warunkach zagrożeń*, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań.
- Kołosowska B., Voss G., Hutarska A., 2018: *Analiza finansowa w praktyce*, Difin, Warszawa.
- Kopeć B., 1983: *Metodyka badań ekonomicznych w gospodarstwach rolnych*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław.
- Korol T., 2013: *Nowe podejście do analizy wskaźnikowej w przedsiębiorstwie*, Wolters Kluwer Business, Warszawa.
- Kowalak R., 2003: *Ocena kondycji finansowej przedsiębiorstwa*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr sp. z o.o., Gdynia.

- Michalak B., 2016: Metody porównawcze stosowane w badaniach systemów wyborczych, Wydawnictwo Adam Marszałek z Torunia, Toruń.
- MPK Lublin, 2024: Sprawozdanie zarządu z działalności spółki w 2023 roku, Lublin.
- MPK Poznań, 2023: Raport Roczny 2023, Poznań.
- Nowak E., 2005: Analiza sprawozdań finansowych, PWE, Warszawa.
- Panfil M. (red), 2011: Finansowanie rozwoju przedsiębiorstwa. Studia przypadków, Difin, Warszawa.
- Pomykańska B., Pomykański P., 2007: Analiza finansowa przedsiębiorstwa, PWN, Warszawa.
- Sierpińska M., Jachna T., 2004: Ocena przedsiębiorstw według standardów światowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Stachak S., 2006: Podstawy metodologii nauk ekonomicznych, Książka i Wiedza, Warszawa.
- Stępień K., 2023: Mierniki nadrzędnych celów działalności przedsiębiorstwa: rentowność, płynność finansowa, wypłacalność, CeDeWu, Warszawa.
- Szatur-Jaworska B., 2010: Ewaluacja w służbach społecznych, Mazowieckie Centrum Polityki Społecznej, Warszawa.
- Szymańska E., 2007: Analiza przedsiębiorstw agrobiznesu, techniczno-ekonomiczna, finansowa i strategiczna, Wydawnictwo „Wieś jutra”, Warszawa.
- Walczak M., 2007: Analiza finansowa w zarządzaniu współczesnym przedsiębiorstwem, Difin, Warszawa.
- Wąsowicz K., 2018: Efektywność przedsiębiorstw użyteczności publicznej lokalnego transportu zbiorowego, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków.
- Wąsowicz K., 2023: Zarządzanie rozwojem organizacji przedsiębiorstwa lokalnego transportu zbiorowego na przykładzie MPK S.A. w Krakowie, Attyka s.c. J. Jagła, W. Skrzypiec, Kraków.
- Wędzki D., 2019: Analiza wskaźnikowa sprawozdania finansowego. Według polskiego prawa finansowego. Wyd. II, Wydawnictwo Nieoczywiste, Warszawa.
- Zioło M., Niedzielski P., 2019: Finansowanie publicznej komunikacji zbiorowej w aglomeracjach miejskich w Polsce, Polityki Europejskie, Finanse i Marketing 21(70), 246–260.

Adam Rudzewicz¹✉, Anna Strychalska-Rudzewicz¹, Ireneusz Żuchowski²

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

² Międzynarodowa Akademia Nauk Stosowanych w Łomży

Ewolucja zakupów przez Internet w państwach Unii Europejskiej

Evolution of online shopping in the European Union countries

Synopsis. Celem artykułu była ocena dynamiki zmian, które zaszły w sektorze e-commerce w krajach Unii Europejskiej w ostatniej dekadzie. Do analizy wykorzystano internetowe bazy danych Urzędu Statystycznego Unii Europejskiej (Eurostat). Realizacja celu była możliwa na podstawie analizy danych i obliczenia wskaźnika dynamiki w odniesieniu do odsetka aktywnych klientów w Internecie oraz odsetka osób, które nigdy nie dokonały zakupów w Internecie. Przeanalizowano również udział handlu elektronicznego w obrotach przedsiębiorstw ogółem. Dla pełniejszej ilustracji badanego zjawiska dokonano oceny dynamiki zmian na przykładzie branży odzieżowej oraz elektronicznej, które charakteryzują się dużą popularnością zakupów on-line. Wykazano, że odsetek badanych klientów indywidualnych, którzy dokonali w ostatnim czasie zakupów w Internecie, wykazuje tendencję wzrostową zarówno w Polsce, jak i w większości krajów członkowskich Unii Europejskiej (UE). We wszystkich analizowanych państwach w 2023 roku w porównaniu do 2014 roku odnotowano zmniejszenie odsetka osób niechętnych zakupom w sieci. W Polsce wystąpił trend wzrostowy zakupu odzieży przez Internet. Widoczny jest on również we wszystkich państwach członkowskich UE, z wyjątkiem Finlandii. Z kolei odsetek osób w Polsce kupujących elektronikę online zmniejszył się o 20% w 2023 roku w porównaniu do 2014 roku. W tej branży zaobserwowano duże zróżnicowanie dynamiki zmian w państwach należących do UE.

Słowa kluczowe: e-commerce, zakupy on-line, państwa Unii Europejskiej

✉ **Adam Rudzewicz** – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Ekonomicznych; e-mail: arudzew@uwm.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-7807-9375>

Anna Strychalska-Rudzewicz – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Ekonomicznych; e-mail: astry@uwm.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-4999-6772>

Ireneusz Żuchowski – Międzynarodowa Akademia Nauk Stosowanych w Łomży; ireneusz.zuchowski@mans.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-3998-1892>

Abstract. The aim of the article was to assess the changes that have taken place in the e-commerce sector in the European Union countries in the last decade. The analysis used the online databases of the Statistical Office of the European Union (Eurostat). The objective was achieved based on an analysis of data and calculation of the dynamics indicator in relation to the percentage of active customers on the Internet and the percentage of people who have never made a purchase on the Internet. The share of e-commerce in the total turnover of enterprises was also analyzed, as well as, for a more complete illustration of the studied phenomenon, the percentage of people who have made online purchases in the clothing and electronics industries. It was shown that the percentage of individual customers surveyed who have recently made purchases on the Internet shows an upward trend both in Poland and in most European Union member states. In all the analyzed countries, in 2023, compared to 2014, a decrease in the percentage of people reluctant to shop online was noted. In Poland, there was an upward trend in buying clothes online. This is also visible in almost all EU member states, with the exception of Finland. Meanwhile, the percentage of people in Poland buying electronics online decreased by 20% in 2023 compared to 2014. In this respect, the differentiation of changes in different countries was very clear.

Key words: E-commerce, online shopping, European Union countries

Kody JEL: D02, D39, F10, N70

Wstęp

Ewolucja technologiczna, wiedzy oraz postęp w informatyzacji i automatyzacji spowodowały powstanie nowego sektora w dziedzinie handlu, zwanego e-commerce. Ten rozwijający się obszar sprzedaży produktów, usług i informacji za pośrednictwem Internetu nie tylko redefiniuje tradycyjne modele handlowe, ale także otwiera drzwi do globalnych rynków i nowych możliwości biznesowych. W celu sprostania wyzwaniom handlu elektronicznego również logistyka musi sprostać rosnącym oczekiwaniom klientów w zakresie dostawy produktów zakupionych online, co jest kluczowe dla utrzymania konkurencyjności na rynku e-commerce.

Celem artykułu była ocena dynamiki zmian, które zaszły w sektorze e-commerce w krajach Unii Europejskiej. Za okres analityczny przyjęto dane z 2023 roku, które porównano z danymi z 2014 roku. Uznano, że jest to wystarczająco długi okres pozwalający zaobserwować sytuację przed i po pandemii COVID-19. Wybór tego okresu uzasadniał także fakt, że wybuch pandemii spowodował sytuację kryzysową, która w wielu przypadkach była katalizatorem dla rozwoju sektora e-commerce [Chundakkadan i Sasidharan 2023, Wójcik 2023]. W okresie ostatnich 10 lat wartość cyfrowych zakupów w Polsce była największa w przypadku kategorii „moda”, a następnie elektronika [Dekada polskiego e-commerce 2024]. Autorzy raportu „Perspektywy rozwoju rynku e-commerce w Polsce 2018–2027” opracowanego przez Strategy&Polska podkreślają, że aż 54% wzrostu wartości rynku e-commerce będzie pochodzić z kategorii: moda, elektronika oraz zdrowie i uroda, co przyczyni się do zwiększenia jego wartości o 94 mld PLN do 2027 roku.

Do analizy wykorzystano dane dostępne w Urzędzie Statystycznym Unii Europejskiej (Eurostat). Realizacja celu była możliwa na podstawie analizy danych i obliczenia wskaźnika dynamiki w odniesieniu do odsetka aktywnych klientów w Internecie oraz odsetka osób, które nigdy nie dokonały zakupów w Internecie. Dokonano również analizy udziału handlu elektronicznego w obrotach przedsiębiorstw ogółem. Dla pełniejszej ilustracji badanego zjawiska przedstawiono odsetek osób, które dokonały zakupów online w branży odzieżowej oraz elektronicznej, charakteryzujących się największą popularnością zakupów on-line w Polsce.

E-commerce w gospodarce elektronicznej

Wzrost znaczenia technologii oraz jej ciągły rozwój spowodował przeniesienie części aspektów życia człowieka do świata wirtualnego. Wszechobecny Internet, media oraz szybki i łatwy dostęp do urządzeń elektronicznych, takich jak: telefon komórkowy, komputer czy laptop, spowodowały powstanie nowej rzeczywistości użytkowej. Świat szybko pojął znaczenie istnienia rynków internetowych, przenosząc działalność wielu branż do wirtualnej rzeczywistości w celu poszerzenia oferty i zbliżenia się do klientów, którzy podążają za rozwijającą się technologią. Branże internetowe uzyskały po części nowe nazwy sugerujące ich powiązanie ze środowiskiem internetowym (np. e-bankowość, e-handel, czy e-poczta) [Szlegier 2018, s. 4].

E-handel uznawany jest za ogólny proces transakcji kupna/sprzedaży za pośrednictwem technologii oraz infrastruktury telekomunikacyjnej, które uznawane są za medium wymiany [Gracz i Ostrowska 2014, s. 52]. Światowa Organizacja Handlu (WTO) również określa handel elektroniczny jako sprzedaż lub zakup towarów bądź usług, której konsument dokonuje za pośrednictwem sieci komputerowych za pomocą specjalistycznych metod pozwalających na przyjmowanie i składanie zamówień [Chen i Kimura 2020, s. 120].

Kanał sieci internetowej umożliwia porównywanie ofert sprzedaży oraz wybór spośród wielu konkurencyjnych towarów i usług. Nieograniczona baza informacji skłania konsumentów do przesunięcia swoich preferencji w stronę świata wirtualnego i występujących tam korzyści [Jaciow i Wolny 2011, s. 113]. Ten rynek pomimo krótkiego istnienia rozwija się bardzo szybko. Jest to możliwe dzięki wzrostowi popularności Internetu, coraz łatwiejszemu dostępowi do niego oraz ciągle wzrastającej liczbie mobilnych urządzeń [Pacut 2016, s. 321]. Stały dostęp do wirtualnego świata zapewnia telefon, laptop, komputer czy tablet. Każde z tych urządzeń może być użyte w dogodnej chwili, co świadczy o dużej mobilności procesu zakupowego [Krzepicka 2016, s. 208]. Zjawisko to jest niezwykle korzystne dla przedsiębiorców, którzy w prosty i szybki sposób są w stanie dotrzeć do ogromnej liczby konsumentów, pomijając bariery lokalizacyjne.

Wzrost znaczenia technologicznego reprezentują dane dotyczące UE, w której dostęp do sieci internetowej stał się powszechny. W większości krajów dostęp do Internetu ma ponad 90% gospodarstw domowych. A liczne z nich przekraczają barierę 99% [Eurostat 2024a]. Internet stał się nieodłączną częścią życia człowieka.

Elektroniczne kanały sprzedaży

W miarę rozwoju Internetu sprzedaż przeszła znaczącą ewolucję. Handel online stał się kluczowym czynnikiem sukcesu dla wielu przedsiębiorstw [Skurpel 2022, s. 97–98]. Kozakiewicz i Lienstromberg [2022, s. 10] opisują handel internetowy jako trzy główne kanały sprzedaży:

- platformę handlową (*market place*),
- sprzedawcę pośredniczącego (*reseller*),
- stronę sklepu internetowego.

Market place pełni funkcję agregatora ofert wielu różnorodnych sprzedawców, co umożliwia klientom dostęp do szerokiej gamy produktów i usług w jednym miejscu. Dzięki temu rozwiązaniu konsumenci mogą dokonywać zakupów bez konieczności przeglądania wielu stron internetowych, co sprzyja wygodzie i efektywności procesu zakupowego. Powszechnie znane przykłady takich platform obejmują m.in. Amazon, eBay, czy Allegro. W tym kanale dystrybucji klienci mogą łatwo wyrażać swoje opinie na temat produktów i sprzedawców przez dodawanie komentarzy. Internetowe platformy handlowe ustalają zasady, zwykle sprecyzowane w regulaminach, dotyczące zarówno kupujących, jak i sprzedających. Typowy *market place* wykorzystuje nowoczesne technologie, takie jak pliki *cookies* oraz historię wyszukiwania, do gromadzenia obszernych danych o swoich użytkownikach. Dzięki nim platformy te są w stanie dostarczać konsumentom cenne informacje w czasie rzeczywistym. Firmy wykorzystują zgromadzone dane o klientach do identyfikowania trendów konsumenckich oraz dostosowywania swojego asortymentu produktów do potrzeb rynku. Wspierają również proces kierowania promocji do konkretnych konsumentów. *Market place* zapewniają gotowe rozwiązania technologiczne oraz kompleksowe systemy płatności i logistyki [Kawa i Wałęsiak 2019, s. 522–523].

Kolejnym rodzajem kanału sprzedaży elektronicznej jest *reseller*. W takim kanale producent hurtowo sprzedaje swoje produkty e-sprzedawcy, który z kolei oferuje je konsumentom końcowym po cenach detalicznych, które sam ustala. W efekcie producent osiąga kontakt z ostatecznymi nabywcami jedynie pośrednio. *Reseller* dysponuje znacznym zakresem kontroli w zakresie decyzji nieobjętych umową, takich jak cena, reklama, obsługa klienta oraz odpowiedzialność za realizację zamówień [Hagiu i Wright 2014, s. 3–9]. *Reseller* może specjalizować się w konkretnej branży, co oznacza, że nabywa on podobne produkty od różnych dostawców, które następnie odsprzedaże. Przykładami takich resellerów mogą być Media Expert oraz Saturn, które specjalizują się w sprzedaży produktów elektronicznych.

Strony internetowe stanowią kolejny istotny kanał sprzedaży, który odgrywa znaczącą rolę we współczesnym biznesie. Przedsiębiorstwa mające własną stronę internetową sprzedają jedynie swoje własne produkty. Mają swobodę w ustalaniu cen swoich wyrobów. Brak konieczności ponoszenia dodatkowych opłat pozwala im ustalić większą marżę, co z kolei przekłada się na większe zyski z prowadzonej działalności. Konsumenci również odnoszą korzyści, gdy korzystają ze stron internetowych należących do producentów. Ceny ustalane przez producentów są zazwyczaj niższe w porównaniu do cen tych samych produktów oferowanych przez *resellerów*. Ponadto klienci mogą być pewni, że produkty nabywane bezpośrednio od producentów są autentyczne, co stanowi kontrast wobec sytuacji, w której istnieje ryzyko zakupu podróbek na platformach *resellerów* czy innych platformach handlowych. Niemniej jednak producent musi

stawić czoła pewnym wyzwaniom, wśród których kluczową rolę odgrywa promocja ich własnego sklepu internetowego. Należy również uwzględnić odpowiednio zaprojektowany system responsywny do składania i realizacji zamówień online [Kozakiewicz i Lienstromberg 2022, s. 14–15].

Wyniki badań

Sprzedaż oferowana w Internecie powinna wzbudzić zaufanie, a także zachęcać do zakupów online. W tabeli 1 przedstawiono dane wyrażone w procentach dotyczące klientów, którzy dokonali zakupu w ciągu ostatnich trzech miesięcy, czyli aktywnych użytkowników e-commerce oraz odsetek klientów, którzy jeszcze nigdy nie dokonali zakupów w Internecie. Zawarto również obliczony wskaźnik dynamiki aktywnych użytkowników e-commerce oraz użytkowników, którzy jeszcze nigdy nie dokonali zakupów w Internecie, porównano dane z 2023 roku w stosunku do 2014 roku. Wskaźnik dynamiki obliczono według wzoru:

$$W = \frac{(U_{2023} - U_{2014})}{U_{2014}} \cdot 100\%,$$

gdzie U oznacza odsetek klientów dokonujących w badanym okresie zakupów w Internecie, lub klientów niedokonujących zakupów w Internecie. W tabelach uwypuklono najbardziej skrajne rezultaty, co pozwoliło zaobserwować zróżnicowanie badanego zjawiska w państwach UE.

Odsetek badanych klientów indywidualnych, którzy dokonali w ostatnim czasie zakupów w Internecie, wykazuje tendencję wzrostową. Obserwowany wzrostowy trend występuje zarówno w Polsce, jak i w większości krajów członkowskich UE. W 2023 roku Polska znajdowała się na 17. miejscu wśród krajów UE pod względem najwyższego odsetka konsumentów, którzy dokonali zakupu online w ciągu ostatnich trzech miesięcy danego roku w czasie badania. Kraje o największej liczbie e-konsumentów w 2023 roku to z pewnością Holandia, w której odnotowano aż 84% osób twierdzących, że kupowało online (przynajmniej jeden zakup) w przeciągu ostatnich trzech miesięcy. Na kolejnym miejscu w tym rankingu znajduje się Szwecja (80%) i Irlandia (80%). Z kolei do państw o najmniejszej liczbie obywateli kupujących w Internecie należą Włochy (39%), Rumunia (32%), a także Bułgaria (27%). Biorąc pod uwagę dynamikę zmian, jakie zaszły w 2023 roku, w porównaniu do 2014 roku odnotowano, że we wszystkich krajach UE występuje trend wzrostowy liczby nabywców w Internecie.

Polska odnotowała wzrost osób kupujących w Internecie o 104%, co stawia ją na 12. miejscu w tym rankingu wśród krajów UE. Kraje, które odnotowały największy wzrost to: Rumunia (o 445%), Węgry (193%) oraz Czechy (1732%). Najmniejsza dynamika zmian dostrzegalna jest w krajach takich jak: Dania (20%), Luksemburg (13%) i Niemcy (10%).

Dokonano również analizy odsetka osób, które odczuwają zdecydowaną niechęć do realizacji zakupów w Internecie. W Polsce w 2023 roku jedynie 16% społeczeństwa opo-

Tabela 1. Odsetek aktywnych klientów w Internecie oraz tych, którzy nigdy nie dokonali zakupów w Internecie (%)

Table 1. Percentage of active customers on the Internet and those who have never made a purchase on the Internet (%)

Kraj	Klienci dokonujący zakupów w Internecie			Klienci niedokonujący zakupów w Internecie		
	2014	2023	wskaźnik dynamiki 2023/2014	2014	2023	wskaźnik dynamiki 2023/2014
Polska	24,47	49,87	103,80	26,76	15,88	−40,66
Austria	43,39	62,41	43,83	25,43	17,81	−29,96
Belgia	40,92	64,97	58,77	25,18	14,36	−42,97
Bułgaria	10,03	26,94	168,59	40,34	26,90	−33,32
Chorwacja	21,59	49,93	131,26	40,1	20,26	−49,48
Cypr	23,06	50,57	119,30	41,13	33,30	−19,04
Czechy	25,34	69,07	172,57	27,07	8,66	−68,01
Dania	66,40	79,78	20,15	11,8	5,22	−55,76
Estonia	36,93	62,04	67,99	31,08	13,55	−56,40
Finlandia	52,77	64,39	22,02	20,43	9,86	−51,74
Francja	48,75	65,78	34,93	20,94	11,31	−45,99
Grecja	19,81	48,30	143,82	36,01	22,37	−37,88
Hiszpania	27,53	55,85	102,87	35,32	21,62	−38,79
Holandia	58,86	84,20	43,05	14,36	3,98	−72,28
Irlandia	43,19	80,49	86,36	25,7	4,29	−83,31
Litwa	18,51	48,32	161,05	41,17	21,34	−48,17
Luksemburg	62,39	70,27	12,63	16,62	13,84	−16,73
Łotwa	23,69	46,28	95,36	36,11	23,99	−33,56
Malta	41,70	59,67	43,09	24,88	18,90	−24,04
Niemcy	61,35	67,52	10,06	12,83	11,02	−14,11
Portugalia	17,12	43,95	156,72	38,63	25,66	−33,57
Rumunia	5,82	31,72	445,02	42,64	29,20	−31,52
Słowacja	30,85	65,84	113,42	25,21	7,79	−69,10
Słowenia	26,05	53,18	104,15	31,74	18,36	−42,16
Szwecja	61,52	80,16	30,30	13,86	4,01	−71,07
Węgry	20,16	58,98	192,56	39,45	12,85	−67,43
Włochy	15,21	39,19	157,66	37,09	30,66	−17,34

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: [Eurostat 2024d, e, f, g].

Source: own study based on data: [Eurostat 2024d, e, f, g].

wiedziało się przeciwko zakupom w Internecie. Największą liczbę osób należących do tej grupy odnotowano na Cyprze (33%), we Włoszech (31%) oraz w Rumunii (29%). Z kolei do państw, w których najmniej osób wykazuje niechęć do Internetu, można zaliczyć Szwecję, Holandię i Irlandię (wszystkie z odsetkiem przeciwników zakupów internetowych na poziomie około 4% ogółu społeczeństwa). We wszystkich analizowanych krajach w 2023 roku w porównaniu do 2014 roku odnotowano zmniejszenie odsetka osób

niechętnych zakupom w sieci. W Polsce liczba takich osób zmalała aż o 41%. Do krajów charakteryzujących się największym spadkiem odsetka osób, które nigdy nie dokonały zakupu online, można zaliczyć: Szwecję (–71%), Holandię (–72%), a także Irlandię (–83%). Z kolei do państw o najmniejszym odnotowanym spadku osób niechętnych zakupom online należą: Włochy (–17%), Luksemburg (–17%) oraz Niemcy (–14%).

Dla lepszego zobrazowania dynamiki zakupów w Internecie posłużono się przykładem dwóch branż – odzieżowej i elektronicznej. W tabeli 2 przedstawiono odsetek klientów kupujących w Internecie odzież (w tym odzież sportową). Do krajów z największym

Tabela 2. Odsetek osób, które dokonały zakupów online w branży odzieżowej oraz elektronicznej (%)
Table 2. Percentage of people who made online purchases in the clothing and electronics industry (%)

Kraj	Zakupy online w branży odzieżowej			Zakupy online w branży elektronicznej		
	2014	2023	wskaźnik dynamiki 2023/2014	2014	2023	wskaźnik dynamiki 2023/2014
Polska	20,72	37,47	80,84	6,50	5,18	–20,31
Austria	33,20	40,20	21,08	17,53	14,89	–15,06
Belgia	25,23	44,69	77,13	9,46	13,01	37,53
Bułgaria	12,03	21,04	74,90	3,10	4,45	43,55
Chorwacja	13,33	35,96	169,77	6,07	9,50	56,51
Cypr	16,31	41,61	155,12	6,53	11,39	74,43
Czechy	22,12	42,87	93,81	11,51	14,24	23,72
Dania	44,82	57,39	28,05	22,66	19,55	–13,72
Estonia	25,75	35,48	37,79	9,78	12,44	27,20
Finlandia	44,28	37,59	–15,11	18,30	15,04	–17,81
Francja	35,53	43,35	22,01	8,25	12,09	46,55
Grecja	13,15	35,52	170,11	8,00	13,14	64,25
Hiszpania	16,04	39,52	146,38	8,14	15,67	92,51
Holandia	44,54	61,91	39,00	22,87	23,14	1,18
Irlandia	27,71	57,00	105,70	14,62	20,19	38,10
Litwa	15,24	31,33	105,58	4,45	8,07	81,35
Luksemburg	36,73	42,32	15,22	20,36	15,85	–22,15
Łotwa	16,22	26,00	60,30	10,20	7,97	–21,86
Malta	31,04	38,19	23,03	14,36	17,29	20,40
Niemcy	47,12	49,76	5,60	25,96	12,59	–51,50
Portugalia	11,04	29,70	169,02	4,69	11,50	145,20
Rumunia	5,83	25,26	333,28	2,11	4,13	95,73
Słowacja	29,22	47,30	61,88	8,63	12,12	40,44
Słowenia	19,66	35,02	78,13	8,13	6,74	–17,10
Szwecja	44,55	55,65	24,92	17,01	20,45	20,22
Węgry	15,77	35,45	124,79	9,11	13,29	45,88
Włochy	7,86	25,01	218,19	4,63	9,29	100,65

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: [Eurostat 2024b, c, h].

Source: own study based on data: [Eurostat 2024b, c, h].

odsetkiem konsumentów w społeczeństwie kupujących odzież online w 2023 roku można zaliczyć na pierwszym miejscu Holandię (62%), na drugim miejscu Danię (57%), a tuż za nią Irlandię.

Z kolei do państw, w których dokonuje się stosunkowo rzadko zakupu odzieży online, należą: Bułgaria (21%), Rumunia i Włochy (25%). Polska znalazła się na 13. miejscu z odsetkiem 37% społeczeństwa dokonującego tego rodzaju zakupów odzieży. Ważnym aspektem, który należy wziąć pod uwagę, są zmiany, które zaszły na tym rynku w ciągu dziewięciu lat od 2014 do 2023 roku. Dzięki analizie danym można spostrzec, że w Polsce wystąpił trend wzrostowy zakupu odzieży przez Internet. Widoczny jest on również we wszystkich państwach członkowskich UE, z wyjątkiem Finlandii, w której odsetek osób, które dokonały zakupów online w branży odzieżowej – spadł o 14,5% w 2023 roku w stosunku do 2014 roku. Do państw, które odznaczają się największym wzrostem liczby osób kupujących odzież w Internecie w 2023 roku, w porównaniu z 2014 rokiem, należą: Rumunia (wzrost o 333%), Grecja (wzrost o 170%) i Włochy (wzrost o 218%). Stosunkowo niewielkie zmiany zanotowano w tym zakresie w Niemczech (wzrost o jedynie 6%) oraz w Luksemburgu (o 15%). Polska znajduje się w grupie krajów o średnim wzroście na poziomie 81%.

Oprócz odzieży przeanalizowano również zakupy online w branży elektronicznej (tab. 2). Analizując dane z 2023 roku, można zauważyć, że Polska znajduje się w trójce państw, charakteryzujących się najmniejszym odsetkiem osób, które dokonały zakupów online w branży elektronicznej, ponieważ wynosi on jedynie 5%. Do tej grupy państw można zaliczyć także Bułgarię (4%) oraz Rumunię (4%). Do państw, w których występuje największy odsetek osób, które dokonały zakupu elektroniki w Internecie w 2023 roku, można zaliczyć te same kraje, co w przypadku zakupów online w branży odzieżowej, czyli Holandię (23%), Szwecję (20%) i Irlandię (20%). Analizując dynamikę zmian, jakie zaszły w analizowanym okresie, można zauważyć, że największy wzrost odsetka osób, które dokonały zakupu w Internecie w branży elektronicznej, występuje w Portugalii (145%). Drugim krajem, w którym również można dostrzec znaczny wzrost dynamiki w badanym okresie, jest Rumunia z wynikiem 96%. Kolejnym krajem charakteryzującym się wysokim wzrostem odsetka osób, które zakupiły produkt z branży elektronicznej online, są Włochy. W tym kraju omawiana liczba osób wzrosła o 101%.

Państwami, w których można zauważyć spadek odsetka nabywców elektroniki w sieci, są: Niemcy (–54,5%), Łotwa (–22%) oraz Luksemburg (–22%). Analizując sytuację Polski w tym zestawieniu, widać, że odsetek osób kupujących elektronikę online zmalał o 20% w 2023 roku w porównaniu do 2014 roku. Odsetek osób kupujących elektronikę online nie odzwierciedla wartości rynku e-commerce w Polsce. Według Autorów raportu „Perspektywy rozwoju rynku e-commerce w Polsce 2018–2027” opracowanego przez Strategy& Polska elektronika należy do kategorii produktów generujących największy prognozowany wzrost wartości rynku e-commerce w Polsce. Wzrost w tej kategorii znacznie się prawdopodobnie powoli zbliżać do poziomu wysycenia.

Oprócz zaprezentowanych wcześniej przykładów zakupu przez Internet odzieży i elektroniki można prześledzić zmiany w e-commerce na poziomie ogólnym, bardziej zagregowanym. Udział sprzedaży online w obrotach przedsiębiorstw ogółem dla państw członkowskich UE przedstawiono w tabeli 3. Duży udział e-commerce w obrotach ogółem świadczy o rozwijającym się handlu w Internecie. W znacznej części krajów człon-

Tabela 3. Udział handlu elektronicznego w obrotach przedsiębiorstw ogółem (%)

Table 3. Share of e-commerce in total business turnover (%)

Kraj	Udział handlu elektronicznego		
	2014	2023	wskaźnik dynamiki 2023/2014
Polska	11,50	12,90	12,17
Belgia	×	26,60	×
Bułgaria	3,10	6,30	103,23
Czechy	29,30	30,50	4,10
Dania	17,00	28,60	68,24
Niemcy	12,70	17,70	39,37
Estonia	14,40	15,60	8,33
Irlandia	31,80	28,40	-10,69
Grecja	2,20	7,10	222,73
Hiszpania	15,00	19,40	29,33
Francja	15,20	11,50	-24,34
Chorwacja	12,50	15,30	22,40
Włochy	7,10	×	×
Cypr	7,80	12,60	61,54
Łotwa	6,50	10,20	56,92
Litwa	7,50	15,50	106,67
Luksemburg	×	24,30	×
Węgry	20,20	23,10	14,36
Malta	9,40	13,00	38,30
Holandia	11,60	19,00	63,79
Austria	13,30	14,20	6,77
Portugalia	×	19,00	×
Rumunia	5,70	11,60	103,51
Słowenia	×	17,10	×
Słowacja	15,50	21,50	38,71
Finlandia	19,20	24,90	29,69
Szwecja	18,10	25,60	41,44

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych: [Eurostat 2024j].

Source: own study based on data: [Eurostat 2024j].

kowskich UE, można mówić o istotnej roli handlu elektronicznego w ich gospodarkach. Kraje należące do tej grupy to: Irlandia (28%), Dania (29%) oraz Czechy (30,5%) Z kolei najmniejszy udział e-commerce w handlu ogółem charakteryzuje: Bułgarię (6%) i Grecję (7%) i Łotwę (10%). Można przypuszczać, że dzięki rozwojowi Internetu i zwiększeniu jego dostępności oraz rozwojowi logistyki handel elektroniczny będzie się wciąż dynamicznie rozwijał w wielu krajach unijnych. Wskaźnik dynamiki e-commerce w obrotach ogółem w Polsce osiągnął poziom 12%, ponieważ wzrósł z 11,5% w 2014 roku do 13% w roku 2023. Na szczególną uwagę zasługuje Grecja, w której odnotowano wzrost

aż o 223%. Wspomnieć tu można jeszcze o Rumunii (wzrost o 104%), a także Litwie (o 107%). Nie we wszystkich krajach panuje tak sprzyjająca sytuacja rozwoju e-commerce. Niektóre z państw odnotowały ujemną dynamikę. Zaliczono do nich dwa kraje – Irlandię (–11%) oraz Francję (–24%).

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzona analiza pozwoliła na dokonanie syntezy w postaci następujących wniosków:

1. Odsetek badanych klientów indywidualnych, którzy dokonali w ostatnim czasie zakupów w Internecie, wykazuje tendencję wzrostową zarówno w Polsce, jak i w większości krajów członkowskich UE.
2. We wszystkich analizowanych państwach w 2023 roku w porównaniu do 2014 roku odnotowano zmniejszenie odsetka osób niechętnych zakupom w sieci.
3. W Polsce wystąpił trend wzrostowy zakupu odzieży przez Internet. Widoczny jest on również niemal we wszystkich państwach członkowskich UE, z wyjątkiem Finlandii.
4. Polska znajduje się w trójce państw unijnych charakteryzujących się najmniejszym odsetkiem osób (5%), które dokonały zakupów online w branży elektronicznej. Odsetek osób kupujących elektronikę online zmniejszył się o 20% w 2023 roku w porównaniu do 2014 roku. W pozostałych państwach unijnych odnotowano zarówno wzrost sprzedaży on-line, jak i jej spadek.
5. Przeprowadzona analiza udziału handlu elektronicznego w ogólnych obrotach przedsiębiorstw wykazała, że udział ten wzrósł w większości państw UE. Sugeruje to rosnącą popularność zakupów online jako alternatywy dla tradycyjnych sklepów stacjonarnych. Polska nie plasuje się wśród krajów o największym udziale handlu elektronicznego w ogólnych obrotach, ale odnotowano w tym obszarze dynamikę wzrostową.

Bibliografia

- Chen L., Kimura F., 2020: E-commerce Connectivity in ASEAN, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA), Jakarta, [źródło elektroniczne] https://www.eria.org/uploads/media/E-commerce-Connectivity-in-ASEAN/0_E-Commerce-Connectivity-in-ASEAN_FINAL.pdf [dostęp: 10.06.2024].
- Chundakkadan R., Sasidharan S., 2023: The Role of Government Support on e-Commerce and Firm Innovation During Pandemic Crisis, *Economic Analysis and Policy* 78, 904–905.
- Dekada polskiego e-commerce, Raport e-Izby, Izba Gospodarki Elektronicznej, [źródło elektroniczne] https://eizba.pl/wp-content/uploads/2023/02/Raport_e-Izby_Dekada_polskiego-e-commerce_2023.pdf [dostęp: 11.10.2024].
- Eurostat, 2024a: Households – level of internet access, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ci_in_h/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].
- Eurostat, 2024b: Internet purchases – goods or services (2020 onwards) – custom dataset, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_ibgs_custom_12164378/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].

- Eurostat, 2024c: Internet purchases – goods or services (2020 onwards) – custom dataset, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_EC_IBGS__custom_5040228/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].
- Eurostat, 2024d: Internet purchases by individuals (2020 onwards) – default, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_ib20/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].
- Eurostat, 2024e: Internet purchases by individuals (2020 onwards) – custom dataset, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_ib20__custom_12143739/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].
- Eurostat, 2024f: Internet purchases by individuals (until 2019) – default, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_ibuy/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].
- Eurostat, 2024g: Internet purchases by individuals (until 2019) – custom dataset, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ec_ibuy__custom_12143780/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].
- Eurostat, 2024h: Internet purchases by individuals (until 2019) – custom dataset, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_EC_IBUY__custom_5040114/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].
- Eurostat, 2024j: Share of enterprises' turnover on e-commerce – % – custom dataset, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TIN00110__custom_5023438/default/table?lang=en [dostęp: 15.07.2024].
- Gracz L., Ostrowska I., 2014: Młodzi nabywcy na e-zakupach, Wydawnictwo Placet, Warszawa.
- Hagiu A., Wright J., 2014: Marketplace or reseller? Working Paper – 13-092. Harvard, Business school, [źródło elektroniczne] <https://dash.harvard.edu/server/api/core/bitstreams/7312037d-4fc6-6bd4-e053-0100007fdf3b/content> [dostęp: 15.07.2024].
- Jaciow M., Wolny R., 2011: Polski e-konsument – typologia, zachowania, Wydawnictwo Helion, Gliwice.
- Kawa A., Wałęsiak M., 2019: Marketplace as a key actor in e-commerce value networks, Scientific Journal of Logistics LogForum 15(4), 521–529.
- Kozakiewicz A.M., Lienstromberg L., 2022: Type of online sales channel as a determinant of consumers' perception of its e-service quality: An experimental study of Generation Y on the e-commerce market, Jönköping University. Jönköping International Business School, [źródło elektroniczne] <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1664416/FULLTEXT01.pdf> [dostęp: 11.10.2024].
- Krzepicka A., 2016: Współczesny konsument – konsument digitalny, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- Pacut M., 2016: Zachowania nabywcze polskich e-konsumentów na rynku, Studia i Prace WNEiZ US 43(3), 319–328.
- Perspektywy rozwoju rynku e-commerce w Polsce 2018–2027, 2022, Strategy& Polska, [źródło elektroniczne] <https://www.strategyand.pwc.com/pl/pl/publikacje/2022/perspektywy-rozwoju-rynku-e-commerce-w-polsce-2018-2027.html> [dostęp: 10.06.2024].
- Skurpel D., 2022: Digital Distribution as an E-commerce Sales Channel, Comparative Economic Research, Central and Eastern Europe 25(1), 95–106.
- Szlegr M., 2018: Analiza zachowań konsumentów podczas zakupów on-line, Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała.
- Wójcik J., 2023: Zachowania zakupowe polskich e-konsumentów w świetle nowej sytuacji społeczno-gospodarczej, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 1(50), 130–146.

Joanna Rut^{1, 2}✉, Natalia Klysz¹, Michał Podpora³, Halyna Kenyo²

¹ Opole University of Technology

² Lviv Polytechnic National University

³ University of Opole

The Role of Industry 4.0 in Reimagining Manufacturing Logistics: Empirical Study

Rola Przemysłu 4.0 w Logistyce Produkcji: badania empiryczne

Abstract. In the context of advancing Industry 4.0 technologies, manufacturing organizations face operational impediments within their logistics frameworks. This study examines these challenges, exploring how the integration of sophisticated information technologies and cyber-physical systems can transform manufacturing processes. Identifying and addressing these barriers is crucial for enhancing global competitiveness and fostering intelligent manufacturing environments. Through a comprehensive analysis, this manuscript critically assesses the impact of deploying Industry 4.0 technologies on the operational effectiveness and competitive positioning of the firm. It reveals that the implementation of these technologies not only improves manufacturing efficiency and product quality but also reduces equipment idle times and leads to cost savings. Additionally, the study highlights the increased adaptability to consumer preferences and discloses considerable gains from these technological adoptions. The findings suggest that the adoption of Industry 4.0 technologies is pivotal in transforming manufacturing practices and positioning enterprises at the forefront of global competition. It underscores the need for continuous enhancement of operations and proposes further strategic interventions. The shift presents both significant challenges and unique opportunities, which require tailored management strategies to leverage the benefits fully and mitigate the risks associated with technological transitions.

✉ **Joanna Rut** – Opole University of Technology, Faculty of Production Engineering and Logistics; e-mail: j.rut@po.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0001-9014-8874>

Natalia Klysz – Opole University of Technology, Faculty of Production Engineering and Logistics; e-mail: n.klysz@student.po.edu.pl

Michał Podpora – University of Opole, Institute of Computer Science; e-mail: michal.podpora@uni.opole.pl; <https://orcid.org/0000-0002-1080-6767>

Halyna Kenyo – Lviv Polytechnic National University, Institute of Computer Technologies, Automation and Metrology; e-mail: halyna.v.keno@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-2347-0833>

Key words: Industry 4.0, logistics processes, management, improvement, competitiveness

Synopsis. W kontekście rozwoju technologii Przemysłu 4.0 organizacje produkcyjne napotykają operacyjne przeszkody w swoich strukturach logistycznych. W niniejszym artykule autorzy analizują te wyzwania, badając, w jaki sposób integracja zaawansowanych technologii informacyjnych i systemów cyberfizycznych może przekształcić procesy produkcyjne. Identyfikacja i rozwiązywanie tych barier jest kluczowe dla zwiększenia globalnej konkurencyjności i wspierania inteligentnych środowisk produkcyjnych. Poprzez wszechstronną analizę, niniejszy artykuł ocenia wpływ wdrażania technologii Przemysłu 4.0 na efektywność operacyjną i pozycjonowanie konkurencyjne przedsiębiorstwa. Ukazuje, że implementacja tych technologii nie tylko poprawia wydajność produkcji i jakość produktów, ale także zmniejsza przestoje maszyn i urządzeń oraz prowadzi do oszczędności kosztów. Dodatkowo, badanie podkreśla zwiększoną zdolność adaptacji do preferencji konsumentów i ujawnia znaczące korzyści płynące z tych technologicznych wdrożeń. Uzyskane wyniki sugerują, że przyjęcie technologii Przemysłu 4.0 jest kluczowe dla przekształcenia praktyk produkcyjnych i pozycjonowania przedsiębiorstw na czołowej pozycji w globalnej konkurencji. Podkreśla potrzebę ciągłego doskonalenia operacji i proponuje dalsze strategiczne interwencje. Ta zmiana niesie ze sobą zarówno znaczące wyzwania, jak i unikalne możliwości, które wymagają dostosowanych strategii zarządzania, aby w pełni wykorzystać korzyści i zminimalizować ryzyka związane z postępem technologicznym.

Słowa kluczowe: Przemysł 4.0, procesy logistyczne, zarządzanie, doskonalenie, konkurencyjność

JEL codes: L22, L26, E23, M11

Introduction

The progressing digitization and the rapidly changing economic reality pose great challenges to enterprises, forcing them to constantly search for important tools to create and maintain a competitive advantage. Industry 4.0 is considered to be a revolution in manufacturing, helping to achieve maximum efficiency by minimum resource utilization. Along with the evolution of Industry 4.0, new technologies and ideas play a key role in the development of manufacturing enterprises and the processes taking place within it [Lasi et al. 2014, Stock and Seliger 2016, Frank et al. 2019]. Logistics is of great importance to manufacturing companies and plays a strategic role as it helps to reduce production costs, increase profits, and improve customer service. The development of digitization and Industry 4.0 also improves the efficiency of logistics processes, which include procurement, production, storage, distribution, transport, and waste management. Industry 4.0 is considered to be a technological revolution aimed at achieving higher efficiency and productivity and a technologically advanced strategy aimed at increasing the competitiveness of enterprises [Xu et al. 2018, Bag et al. 2020, Xu et al. 2021, Shamout et al. 2022].

Industry 4.0 aims to meet challenges such as resource and energy efficiency, urban production, social needs, and demographic changes [Kagermann et al. 2013]. Optimization of logistics processes includes, among others, standardization of information recording and real-time tracking of processes that increase the productivity of enterprises, but also the effective use of modern technological solutions of the Industry 4.0 concept, consistent with the current needs of the enterprise [Bayarcelik and Bumin Doyduk 2020, Efthymiou and Ponis 2021, Woschank and Dallasega 2021, El Hamdi and Abouabdellah 2022, Elhusseiny and Crispim 2023].

Nowadays, every company strives to expand its activities as much as possible, which directly translates into visible productivity. To achieve the intended goals, enterprises are looking for solutions in Industry 4.0 and the upcoming Industry 5.0, which offer many possibilities in the interactive connection of all people, machines, devices, and human-machine interaction systems into one large logical, organized, and integrated IT and executive system.

The purpose of the study is to present an analysis and assessment of the possibility of implementing Industry 4.0 technology in selected logistics processes on the example of a specific production company, taking into account the identification of functional problems, significant benefits of the proposed solutions and proposals for changes and opportunities to further improve the company.

Industry 4.0 as a key principle of an efficient enterprise

The digital transformation of industry is still progressing, and the opportunities associated with it are being noticed by an increasing number of entrepreneurs. Industry 4.0 not only brings many benefits, but is always a costly, long-term, and sustainable investment. The application of the Industry 4.0 concept significantly affects the logistics processes taking place within it.

Industry 4.0 is a concept of industrial transformation based on the use of digital technologies and automation of production processes. As a result, enterprises can increase their efficiency, reduce production costs, improve product quality, and react faster to changing market conditions [Buchi et al., 2020, Meindl et al. 2021]. Key technologies supporting the concept of Industry 4.0 include the Internet of Things, Artificial Intelligence, process automation, robotization, data analytics, and Virtual and Augmented Reality [Pacchini et al. 2019, Morgan et al. 2021, Stentoft et al. 2021, Fragapane et al. 2022]. The implementation of the Industry 4.0 concept requires companies to invest in new technologies and implement thorough organizational and cultural changes.

The fourth industrial revolution creates numerous development opportunities for manufacturing companies. It increases the efficiency and productivity of production processes through the use of modern tools, technologies and approaches, e.g. robots, sensors, monitoring systems, and vision systems. By using these tools, enterprises are able to optimize their production processes, which leads to more products being produced in less time and with lower costs [de Assis Dornelles et al. 2022, Han and Trimi 2022, Sigov et al. 2022]. With these advanced technologies, manufacturing companies are able to adapt production to the needs of customers, their production becomes more flexible, and the process of delivering products is more individualized. Industry 4.0 provides the opportu-

nity to better manage resources such as raw materials, energy, and time [Castelo-Branco et al. 2022, Gupta and Jauhar 2023]. Enterprises are able to optimize energy consumption and use it more efficiently, leading to lower costs and increased profits. Thanks to the automation of production processes and the use of advanced technologies, such as Artificial Intelligence, enterprises are able to improve the quality of their products. Machines and systems are able to detect production errors, which allows for quick response and elimination of problems [Ching et al. 2022, Hughes et al., 2022, Tang et al. 2022]. Industry 4.0 allows manufacturing companies to react faster to changing market conditions and to adapt to customer needs. Enterprises that implement advanced technologies gain a competitive advantage and increase their chances of success in the market. All these benefits brought by Industry 4.0 make manufacturing companies more flexible, effective, and competitive.

Logistics processes and Industry 4.0

Logistics processes focus on the activities that enable the acquisition, production, and distribution of goods. They consolidate the activities in the company. Depending on their specificity, companies have appropriately adapted and developed processes and focus mainly on areas related to supply, internal production, distribution, storage, and transport. Logistics processes should be understood as all activities in the enterprise, through which there is a flow of products and materials [Facchini et al. 2019]. It is worth paying attention to the development of systems from which the entire enterprise will benefit. Therefore, periodic analyses should be carried out in a rational manner, which will show what can be improved or completely changed at a given moment. The way processes are organized is also important because it should ensure continuity and constant dynamics of work. Due to the fact that logistics processes cover a significant portion of the enterprise, they have a major impact on the effectiveness and efficiency of the unit's operation [Waters 2003, Harrison et al. 2019, Alsudani et al. 2023].

Industry 4.0 is a concept related to the transformation of industry in the digital age, which includes the use of the latest technologies, such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), robotics, and automation. Industry 4.0 focuses on increasing efficiency, improving the quality and flexibility of production, as well as increasing customer involvement and creating new business models [Masood and Sonntag 2020, Olsen and Tomlin, 2020]. In the context of logistics processes, Industry 4.0 introduces a number of innovative solutions, such as the automation of warehouse processes, the use of intelligent transport systems, and the use of data analysis and machine learning to optimize the supply chain. Thanks to this, enterprises can increase their operational efficiency, reduce costs and improve the quality of their services [Da Silva et al. 2020, Sony and Naik 2020, Luo et al. 2023, Pozzi et al. 2023]. Industry 4.0 is changing the traditional way a company carries out its business activity [Olsen and Tomlin 2020, Ammar et al. 2021]. The key pillar of Industry 4.0 is new technologies that fundamentally change logistics processes. Industry 4.0 focuses on the automation and digitization of processes and systems and the exchange of data throughout the enterprise. Using this concept can lead to improvements in production, the supply chain, and logistics [Barreto et al. 2017, Xu et al. 2018, Abdirad and Krishnan 2021].

Materials and Methods

The purpose of this study is to provide an essential insight into the appropriateness of the application of Industry 4.0 in selected logistics processes in a specific manufacturing company by identifying functional problems within the company's operations and proposing appropriate solutions. The main theme of these activities is to increase the operational efficiency and strengthen the company's competitive position in the market. The article involves various research tools, both theoretical and practical. Among the theoretical tools, literature studies on logistics processes in manufacturing enterprises and the concept of Industry 4.0 are used, as well as quantitative and qualitative research methods.

The analyses include an assessment of the company's functioning, order fulfillment, production implementation (including an assessment of the machinery stock), and the effectiveness of company management, as part of which measurements and statistical data analyses were performed. As a result, functional problems related to the company's activities in the area of logistics processes and company management were also identified, in which interviews, a survey and an analysis of company documents were carried out, and possibilities for improvement were proposed. The identified functional problems resulted from outdated and improperly functioning machinery, insufficient company management, and limited storage and order completion space. The research showed that the inefficiency of the machinery park resulted in a small quantity of low-quality manufactured products being produced, as well as delays in order fulfillment. The analysis of the proposed Industry 4.0-related solutions showed that the Industry 4.0 concepts would have a positive impact on solving the identified functional problems, bringing many benefits to the analyzed company enabling its further development.

Characteristics of the company – case study

The manufacturing company (name and location undisclosed upon the request of the company) was founded in 1978 and has been developing its position in the international market since then. The company currently has 10 production plants around the world, including in France, Switzerland, Poland, Tunisia, Singapore, and the United States.

The company entered the Polish market in 2007, but due to gradual evolution and production quantity increase, the company decided to build a larger plant. After the construction of the new building was completed, the company's former location was moved to the new complex. The company received permission to invest in and operate in a new location, i.e. in the Wałbrzych Special Economic Zone, at the end of 2017. The construction was completed in mid-2019, but the building still needed to be equipped with the necessary machinery. Therefore, the official opening took place in December 2019. The new headquarters of the company was created with new customers in mind, mainly from Germany, the Czech Republic and Poland.

The company specializes in the mass production of small turned and prestressed elements. The company mainly produces for the home automation sector (components for switches and plugs), for the automotive sector and for the communications sector. It sells

its products in Poland, as well as in Germany, Turkey, France and Italy. The company currently employs about 100 employees, most of whom work in production, with machines, as well as sorting and packaging. The rest of the staff is responsible for administrative, logistical and control tasks. The company is equipped with machines required for production, such as automatic lathes, welding machines, production machines, and washing machines.

Analysis and assessment of the functioning of the enterprise

The company has implemented a system that employees use via a virtual machine. Employees who are responsible for using the system have passwords with which they log into the system where files and information about the company are located. The ERP system that the company uses to run its entire business is the Orchestra program. In this program, all activities that take place in logistics processes are documented.

Persons responsible for specific activities enter relevant data into the system, which will later be used in subsequent stages. In the program, it is possible to find information about the current state of details, orders and deliveries. Then, if necessary, the program also generates the appropriate documents. Each customer has an individual number assigned in the system, thanks to which orders can be added (and the necessary information can be found) in a simpler and faster way. Each product manufactured or received by the company also has such a number.

One of the most popular heuristic analytical techniques used to organize information – the SWOT analysis – was used in the study as an analysis tool to assess the functioning of the company [Teoli et al. 2019].

Table 1 depicts the SWOT analysis – strengths and weaknesses of the company as well as its opportunities and threats. As can be seen, the company has a modern machine park, but this is due to the fact that the plant was launched recently. Although a wide range of products is offered, the downside of this is that more and more often, there is no space in the warehouse. Opportunities that can be used definitely include the development of the industry in the market. Threats that may affect the company include an increase in production or material costs, which may be very difficult to eliminate. Another threat is high inflation and possibly new taxes, which the company has no influence on and unfortunately has to adapt to the new regulations. The only possible solution that can reduce the difference in costs is to increase the price of the services. The five most important features were given consecutive values. Their sum must equal 1.

The next step was to answer the questions presented in Figure 1 using numbers: “1” when we agree with a given question and “0” when we disagree. An example showing the assigned weights is shown in Table 2.

The conducted SWOT/TOWS analyses showed the results presented in Table 3, from which it can be concluded that the company’s strategy should convert into an aggressive strategy (Table 4). An aggressive strategy is characterized by the fact that the strengths prevail in it, and there are “strongly associated opportunities” in the environment. The aggressive strategy also means that the company is currently in the best position to

Table 1. SWOT analysis

Tabela 1. Analiza SWOT

		Strengths	Weaknesses
		– variety of products offered, – convenient location (on the outskirts of the city), – high quality of services, – modern machinery, – experienced staff of many years, – good reputation among customers, – permanent cooperation with clients all over the world, – private parking for clients and employees, – many years of experience in the industry.	– no advertising, – too little storage space, – insufficient staff, – lack of technological training for employees, – constant changes in customer orders, – delays in orders, – delays in production.
		Opportunities	Threats
		– market development of the sector, – opportunity to expand the product range, – new jobs, – wide market, – high demand, – cooperation with companies all over the world, – constant demand for services.	– increase in production costs, – increase in material costs, – increase in transport costs, – high inflation, – lack of materials needed for production, – new legislation, – lack of training, – new taxes.

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Table 2. SWOT analysis with selected features and assigned weights

Tabela 2. Analiza SWOT z wybranymi cechami i przypisanymi wagami

Strengths		Weaknesses	
variety of products offered	0.1	lack of advertising	0.2
convenient location (on the outskirts of the city)	0.2	too little storage space	0.3
high quality of services	0.2	constant changes in customer orders	0.1
modern machinery	0.2	delays in orders	0.2
permanent cooperation	0.3	delays in production	0.2
Total	1	Total	1
Opportunities		Threats	
growth of the sector on the market	0.2	increase in production costs	0.3
possibility to expand the product range	0.1	increase in material costs	0.2
wide market;	0.2	increase in transport costs	0.2
high demand	0.2	high inflation	0.1
constant demand for services	0.3	lack of materials needed for production	0.2
Total	1	Total	1

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

focus on its development and market expansion. The key aspects that an enterprise should now consider are:

- detecting potential development opportunities, i.e. identifying and using opportunities that appear in the company's environment in order to increase competitiveness and profits;
- taking over similar enterprises, strengthening the position on the market, developing a strategy that allows it to increase its market share and acquire new customers, as well as acquire new technologies, products, or services;
- constant strengthening of the position on the market, in order to maintain the competitiveness and stability of the company, using current market trends and available opportunities, in order to optimally shape the company's strategy.

Table 3. Sample results – SWOT analysis regarding the question: Does the weak side limit the use of an opportunity?

Tabela 3. Przykładowe wyniki – analiza SWOT dotycząca pytania: Czy słaba strona ogranicza wykorzystanie szansy?

Opportunities Weaknesses	sector develop- ment in the market	possibility of expan- ding the product portfolio	wide market	high demand	constant demand for services	Weight	product of weights and inter- actions	growth
lack of advertising	1	0	1	1	0	0.2	0.6	5
too little storage space	0	1	0	1	0	0.3	0.6	5
constant changes in customer orders	0	0	0	0	0	0.1	0	2
orders delays	0	0	0	0	0	0.2	0	2
production delays	1	0	0	1	1	0.2	0.6	5
Weight	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	sum of interactions		3.4
product of weights and interactions	0.4	0.1	0.2	0.6	0.3	8		
growth	4	1	2	5	3	Sum of products		

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Table 4. SWOT/TOWS analysis result

Tabela 4. Wyniki analizy SWOT/TOWS

Swot	Total of interactions	Total of products
Strengths/opportunities	35	14.1
Strengths/threats	7	2.8
Weaknesses/opportunities	23	9.4
Weaknesses/threats	12	5

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

The company should also analyze how to minimize the risks that may significantly impact the company's future development, considering the longer time horizon.

Analysis and assessment of logistics process management in the company

Logistics processes operating in each enterprise are interdependent, closely related, and interact with each other, shaping the final added value of the enterprise. Any incorrect functioning of logistics processes may interfere with the efficiency of the entire enterprise, which is why the proper management of logistics processes and their continuous improvement have become so important.

The logistics processes in the surveyed company focus mainly on making the production process run as efficiently as possible as shown in Figure 1. Therefore, all processes occurring in the company are adjusted to be used for production. Each of them is responsible for specific actions and is monitored.

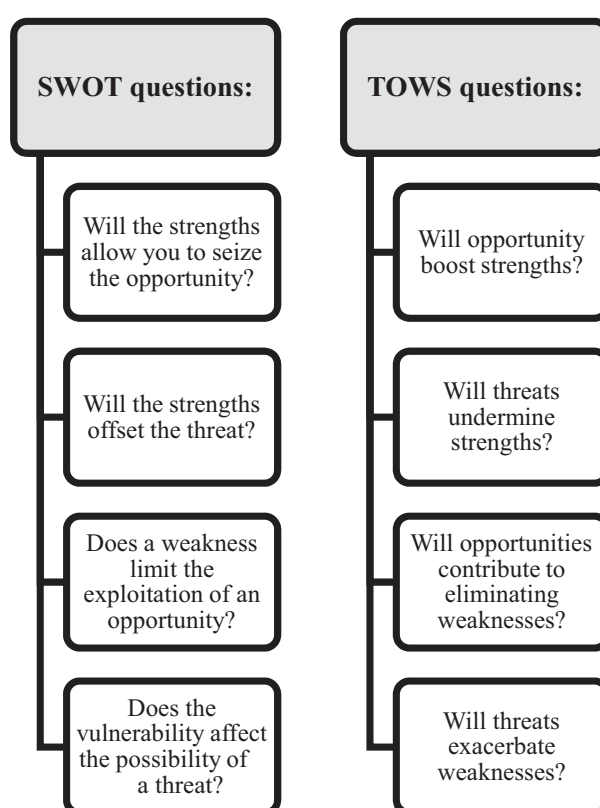


Figure 1. Questions for SWOT and TOWS analysis

Rysunek 1. Pytania do analizy SWOT i TOWS

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Figure 2 shows the algorithm of the order fulfillment process, starting from receiving the order from the customer, through loading the means of transport (truck) with the product, to delivering the order to the customer.

There are two production halls at the production site of the company, with one having only automatic turning machines and washing machines, while the other production hall has automatic turning machines and production and assembly machines. In this hall, there

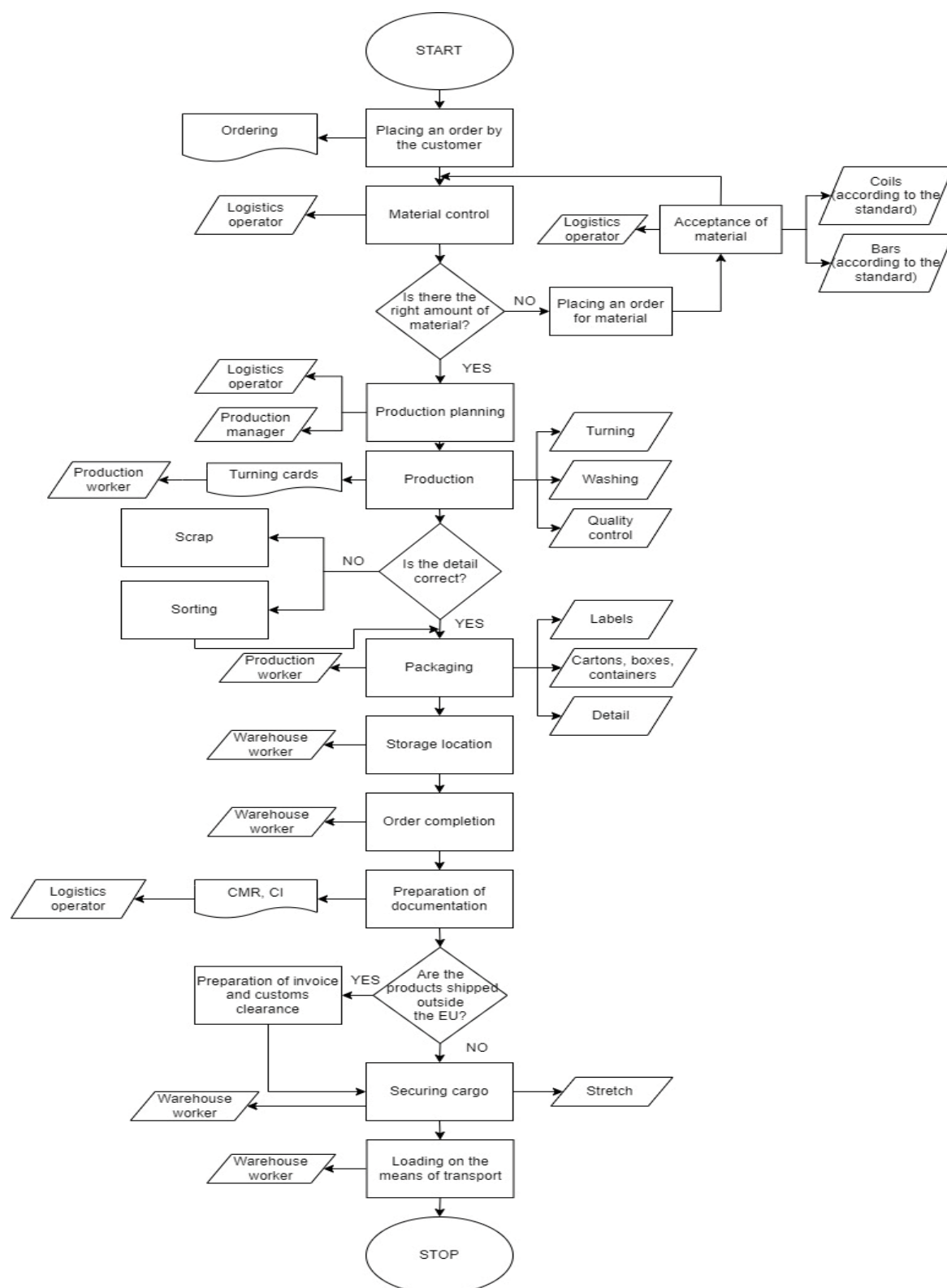


Figure 2. Order fulfillment process
Rysunek 2. Proces realizacji zamówienia

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

is a place for sorting and packing details. The production stage depends on the manufactured detail. Each detail is unique, which requires appropriate adjustment of the production batch parameters. Some elements are not manufactured in the company because the company does not have the appropriate facilities or infrastructure and due to the rarity of such orders. Therefore, if such an order appears, the company uses the services of external subcontractors, specifying the parameters for the production of appropriate semi-finished products. Then, the semi-finished product (or the finished product) returns to the enterprise for further processing in additional stages of production and/or is prepared for shipment. The production process is shown in Figure 3.

The company has three designated warehouses, one of which is used only to store the material (raw material) for production, while the second one stores all details produced at various stages of production, and the third location stores only one type of material in the form of steel rods. The company does not have its own transport fleet, but it cooperates with transport companies that carry out transport on commission.

Logistics operators are responsible for the distribution of manufactured products; they always control the processes in such a way that orders go out according to the customers' schedules. Their task is also to prepare the appropriate documentation for the shipped detail. The management of logistics processes in the company is supported by the Orchestra and ERP-class IT systems, which coordinate, among others, the flow of information on orders, costs, cash flow, and customer service.

In the surveyed company, all generated waste is collected by external companies. The main waste produced in the company is scrap (details that are not suitable for shipment to customers or do not meet the quality control requirements), chips (generated in the production process), cardboard, municipal waste and oils (oils are classified as hazardous materials).

A survey was conducted at the surveyed company, where employees could express their opinions on the use of modern technology. The respondents' answers are presented in Figure 4.

Starting to implement Industry 4.0 in the company would be received optimistically, as 80% showed that it would have a positive impact on the company. However, 20% of employees do not respond positively to using technology in their workplace. This could be due to a lack of understanding of the technologies in question or working in a position where they would not find their application. However, it should also be noted that employees may be concerned about the risks that come with implementing new technology.

It was decided to analyze the potential risks that may occur and affect the operation of the company under study during the implementation of Industry 4.0 technology. A risk matrix was used for this purpose, and the following are the risks identified with the company's employees, along with an assessment of the likelihood of occurrence and impact on the organization:

- increased number of cyberattacks (medium/high),
- mass layoffs of employees (low/medium),
- technology failures (high/high),
- high costs associated with investment in improvements (high/high),

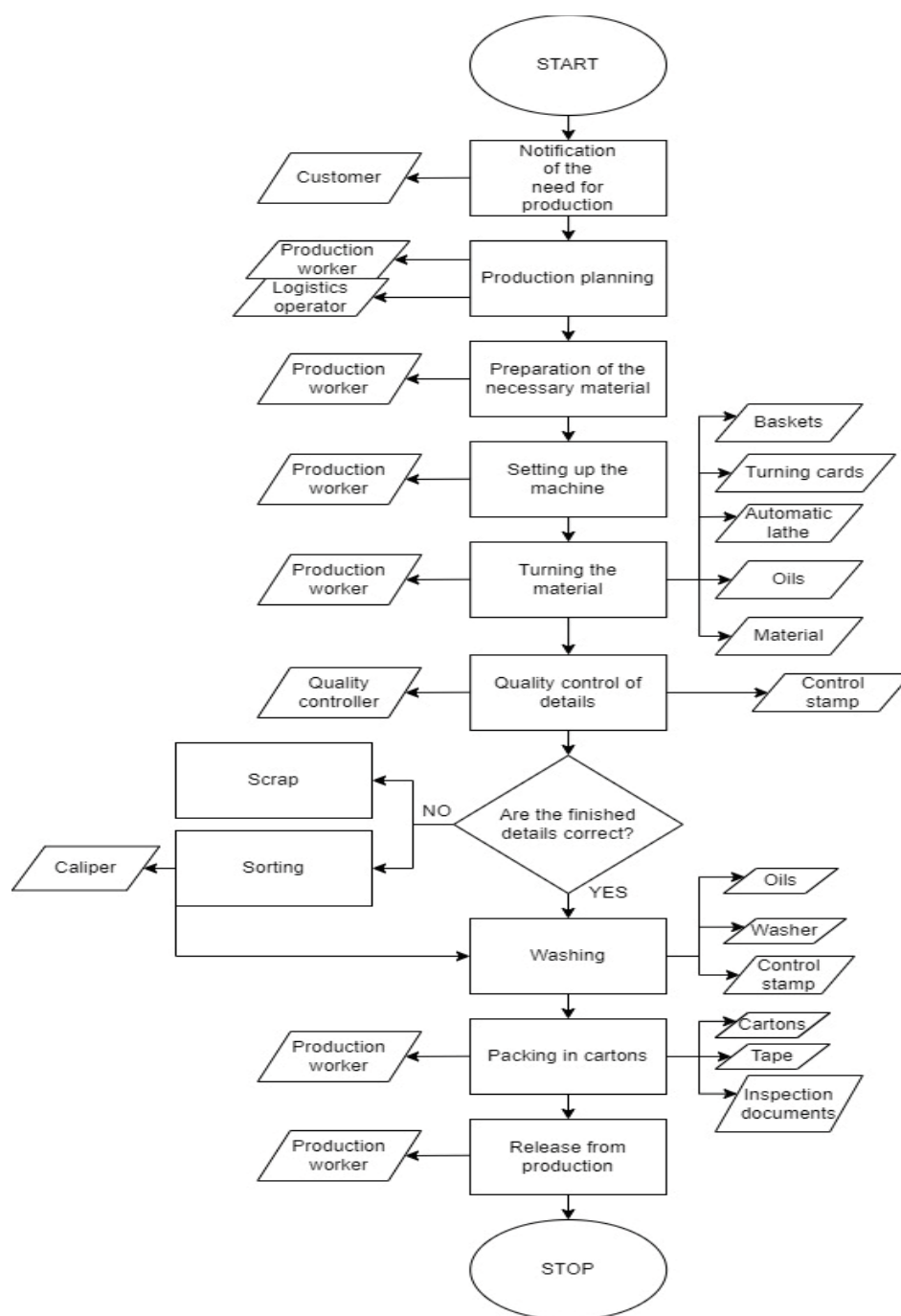


Figure 3. Production process

Rysunek 3. Proces produkcyjny

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

- higher costs associated with technology repair (medium/medium),
- lack of compliance with laws and regulations (low/high),
- lack of integration between systems (low/high).

The company has 3 risks in the red zone (Table 5), and these are the ones they should focus on the most when it comes to preventing and mitigating against these risks occurring. The high costs associated with starting such a huge investment can

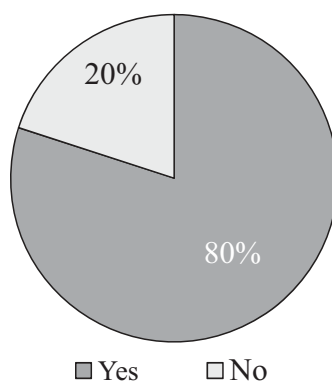


Figure 4. Would implementing modern technologies positively affect the company?

Rysunek 4. Czy wdrożenie nowoczesnych technologii miałoby pozytywny wpływ na firmę?

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Table 5. Risk matrix showing the threats affecting the company to the greatest extent

Tabela 5. Macierz ryzyka przedstawiająca zagrożenia, które w największym stopniu dotyczą przedsiębiorstwo

Consequences (impact on the organization)	HIGH	2	1	2
	AVERAGE	1	2	
	LOW			
		LOW	AVERAGE	HIGH
Likelihood				

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

be very difficult to eliminate, but you such solutions should be sought to achieve the best possible savings, e.g. constant cooperation with the implementing company, which will also repair any defects and failures that may arise. Another risk is the failure of modern technologies, but in order to avoid them, it is necessary to train the team to operate these machines as properly as possible, so that failures occur as rarely as possible, and in the event of their occurrence, the company implementing them can help. Another significant threat is the increased number of cyberattacks resulting from the greater digitization of the company. To protect against possible cyber threats, you need to establish cooperation with companies that ensure the protection of employee data and the functioning of the entire company.

Results

As a result of the analysis, functional problems were identified in the area of production and storage that require improvement. The response proposes the application of the Industry 4.0 concept, with the comments described below. Regarding the production area, it is proposed to use advanced information technologies and cyber-physical systems to improve the efficiency and quality of production. One of the proposals is a system that could significantly eliminate problems related to machine and equip-

ment downtime. This system would be designed to control the operating status of the machines and devices in real-time, enabling quick detection of downtimes and failures, as well as quick intervention and repair. As a consequence, production would run without major downtime, which would improve the efficiency and profitability of the company. Another improvement involves a system for automatically correcting manufactured details, which will make it possible to minimize the number of defective details and increase the quality of the manufactured products. This system would enable the automatic detection of incorrectly made details and their correction, which would significantly reduce the costs associated with rejects and defective products. In addition, using this system would increase the efficiency of production and improve the quality of products, which would increase the level of customer satisfaction and competitiveness of the company.

The application of the Industry 4.0 concept is also proposed in the area of storage, especially in the field of IT system integration, automation and real-time data processing. Thanks to this, it would be possible to monitor and manage warehouse processes in real-time, which would allow for cost optimization and an increase in the functional efficiency of the warehouse. As an example of implementing elements of the Industry 4.0 concept, RFID systems can be used to enable the identification and location of products in the warehouse, which would facilitate order picking and increase the accuracy of inventory management.

Moreover, the use of automation and robotization could help in the process of storing and moving products in the warehouse. This would increase work efficiency and help avoid mistakes and human errors.

The application of the Industry 4.0 concept in the form of advanced IT and cyber-physical systems, such as a machine and equipment downtime monitoring system and a system for automatically correcting details, can significantly improve the efficiency and quality of production, as well as increase the competitiveness of the company. The introduction of the Industry 4.0 concept to the reality of the warehouse can contribute to improving the efficiency and quality of warehouse processes and also increase the competitiveness of the company.

Significant benefits resulting from the proposed solutions

The use of the modern Industry 4.0 in the enterprise can increase its position and improve its functioning and organization of work, as well as automate everyday work, which affects the efficiency and speed of order execution. The machine monitoring system would make it possible to control downtime and estimate the time to catch up with production, as well as generate production reports and quickly remove failures. An automatic detail correction system would increase the product quality and reduce the number of defective production batches, which would save costs and energy. A company implementing Industry 4.0 can gain higher equipment efficiency and make more accurate decisions by using data from the monitoring system. It is emphasized that the introduction of modern technologies should take place gradually and in a controlled manner.

Proposals for changes and opportunities for further development of the company

Modern enterprises must focus on continuous development and implementing new solutions to keep up with the rapidly changing market. One of the solutions that can have a positive impact on the operation of a goods warehouse is to build a new warehouse or rent one in a convenient location. Of course, such an investment involves additional costs, such as property rent, transport fees, and hiring new employees. For this reason, building a new warehouse facility may be more profitable than renting it, because this makes it possible to precisely adjust the space to the needs of the company.

A new warehouse can help to minimize clutter in the warehouse and create designated areas, for example, for order picking. In addition, the additional space would make the company able to store more finished products, which may affect the number of orders. It is also worth considering implementing autonomous robots in the new space to optimize employee involvement in the warehousing process.

Employees in the warehouse could focus on controlling the activities performed by these robots. However, due to the number of incoming orders, the company may have difficulties in providing enough employees to carry out the logistics processes. In this case, hiring new employees may be a good solution, which would increase the efficiency and speed of order fulfillment. Therefore, continuously striving to improve logistics processes in the company can contribute to increasing its efficiency and competitiveness in the market.

Discussion

Logistics processes in the company are carried out in an orderly and regulated chain of operations that is closely related to production. Each of the logistics processes taking place in the company is properly planned. Each logistics process is supervised by qualified staff who supervise the course of the logistics processes. The analyzed company appears to be a well-functioning organization. However, after a deeper analysis, it was determined that not all areas function properly, because there are some functional problems that should be paid special attention to. These areas require improvement or changes in order to achieve better operational efficiency of the company and strengthen its competitive position in the market.

Identification of problems occurring in the examined enterprise

The company has been operating in the new location for only 4 years now, but despite the fact that the company is new and equipped with machinery and equipment, there are functional problems in the company that it is struggling with. The greatest difficulties in the functioning of the enterprise occur in the area of production and storage.

in the same time period. The number of parts produced by a man working on a manual machine in comparison with an automated production machine is shown in Figure 6. This is a huge difference in the number of products produced between the production capabilities of man and machine. However, it is difficult for the company to achieve such results because there are often situations where the machine has an unscheduled stoppage, often due to its failures. Repairs take time and are often prolonged. This generates delays in production and failure to meet the deadlines for the execution of orders, which has consequences in terms of compliance with the provisions of the order agreement, sales, and customer service.

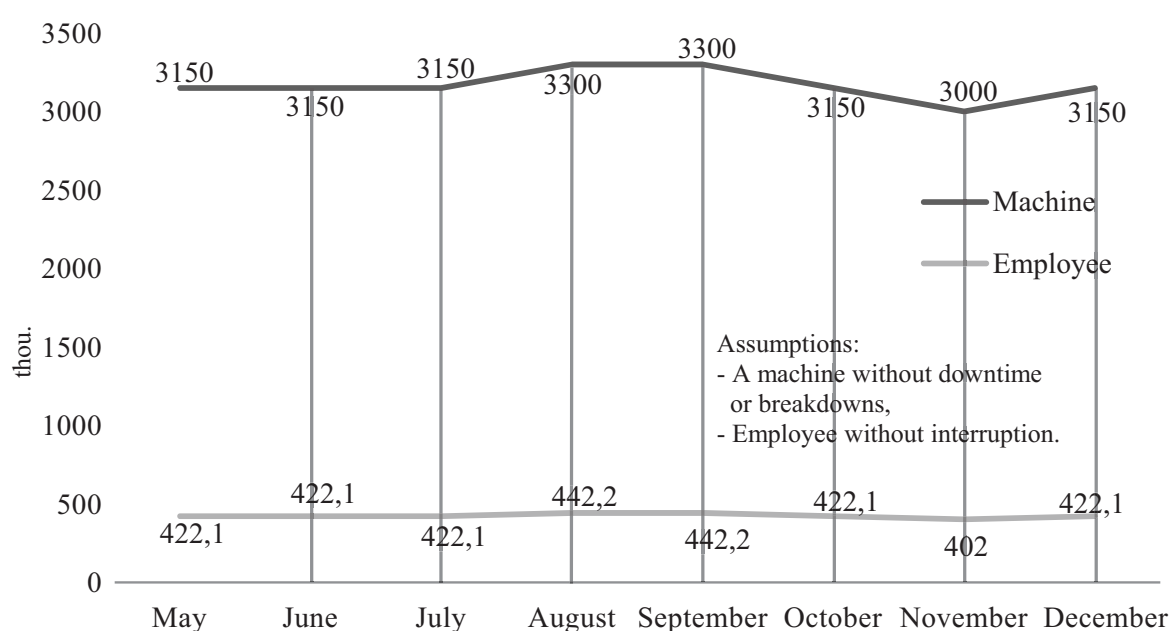


Figure 6. Order fulfillment process (number of parts produced by a human operator working on a manual machine compared to an automated production machine)

Rysunek 6. Proces realizacji zamówienia (liczba części wyprodukowanych przez operatora pracującego na maszynie ręcznej w porównaniu do maszyny produkcyjnej zautomatyzowanej)

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Figure 7 shows a cause-and-effect diagram that identifies 4 factors that cause delays in production. In the context of business management, there are various challenges that must be faced in order to be successful. Problems related to business management require different solutions depending on their nature. Hiring new employees and providing them with appropriate training [Gardecki et al. 2023], as well as providing relevant information and having contingency plans in place, are key factors that help in managing the production processes and minimizing errors. Incorrect communication and an incorrect flow of information can lead to production errors, which also negatively affect production efficiency. Therefore, the transmission of important information and the correct flow of communication are crucial.

Above all, the company should focus on minimizing the impact of problems on the production process by developing strategies and contingency plans. One approach that can be taken is to use tools and technologies that allow problems to be monitored and diagnosed before they become serious. By implementing the Industry 4.0 concept, a company can react faster and take corrective action, minimizing the impact of the problem on the entire production process, which affects all logistics processes in the company and the overall functioning of the company.

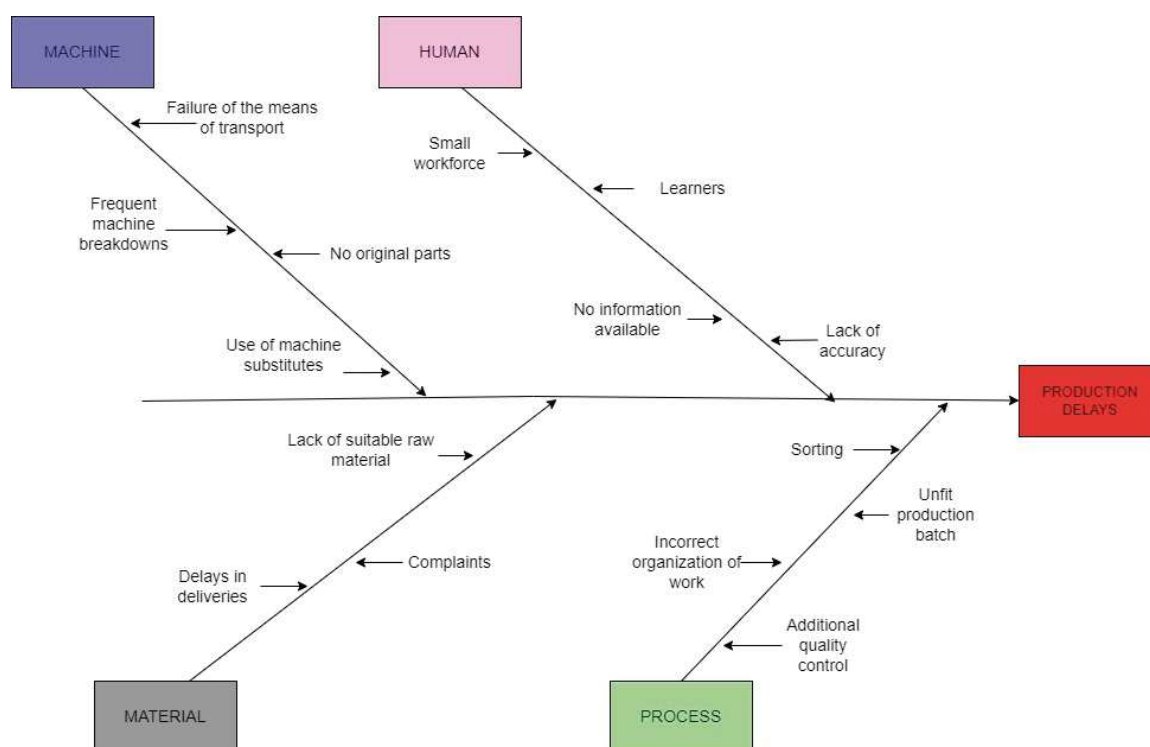


Figure 7. Ishikawa diagram
Rysunek 7. Diagram Ishikawy

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Functional problems – storage area

The next area in the company where there are functional problems is the storage area. From a process point of view, it appears that the company's warehouse is too small. Although the area dedicated to storing finished products during the production process covers an area of about 1,300 m², due to the constantly expanding range of the company, it is becoming less and less sufficient. In addition, increasing the number of orders for products leads to increased production. This results in the depletion of storage space.

The stored material is located in another part of the plant, but there is also a lack of available space there. The rods and coils of raw materials for the production of details are difficult to arrange in the storage space, which causes significant difficulties in their storage. For instance, the rods used for the production of details can only be located where the crane can reach because this is the only way to transport them. The lack of space in the

warehouse also results in specific manufactured details not having their assigned target locations in the warehouse, but are instead transported to the zone associated with the target recipient/customer or an intermediate stage of production of a given detail. However, this can be very troublesome because, although the elements are located in a given zone, they must still be searched for on all shelves or racks belonging to this area, which means that time is often wasted looking for where a given detail has been placed.

Functional problems also arise during order picking. There is no specific place in the warehouse for picking orders. Employees pick the order on racks intended for storing finished products, located immediately in front of the entrance gate, through which loads are transported. The warehouse worker has problems completing orders because he has to remember what has been put where and for which customer it is intended. The markings of places and racks describing the characteristics of the manufactured product are also a big problem in the warehouse, as they are not updated on a regular basis or there are none. The employee has to look for the products on the shelves, wasting time. This is a major impediment to the proper functioning of the warehouse and related processes.

Summary and conclusions

The concept of Industry 4.0, understood as a shift toward the digitization and robotization of processes, can be implemented (holistically or even in part) to successfully improve a company's operations and logistics processes. It should be noted that the process of introducing Industry 4.0 to the existing reality of a company requires time and commitment of resources (including financial ones). Industry 4.0 brings significant benefits to an enterprise, resulting in an improvement of its functionality and helping to advance its further development.

The analyses presented made it possible to draw appropriate conclusions. The SWOT/TOWS analysis carried out showed that the company should follow the principles of an aggressive strategy in order to carve out a stable and strong position in the market.

It was important to determine the employees' opinion on the application of Industry 4.0, given that they are mostly responsible for the functioning of the company. Working in a friendly environment with the use of modern technology will definitely have a positive impact on the company.

The risk matrix showed the company's most important and most threatening risks, together with their probability of occurrence and their impact on the company under review, which is particularly important as it is these that the company must focus on and plan in order to minimize or eliminate the aspects associated with their occurrence.

The automated production process has definitely sped up the production of one specific product, but it should be remembered that work on improving this area does not end here. On the contrary, it should be worked on even more intensively in order to eliminate the factor related to employee quality control and to minimize machine breakdowns as far as possible.

Functional problems exist in every company, which is the natural order of things. However, there are ways in which they can be easily eliminated. These problems also occur in the company under study and are inevitable. Delays in the production process are caused by the human factor of human error, but also by machine and equipment

failures that are beyond anyone's control, the lack of necessary materials and components for production or order picking, and the occurrence of non-releasable batches of parts. It should be mentioned that there are also problems that can be solved, and it is on these that the plant should currently focus.

In summary, the information presented, as well as the analysis and research carried out, showed that even a long-standing, successful company needs to continually invest in new technologies, as well as solutions, in order to continually develop and improve the efficiency and quality of its services.

Bibliography

- Abdirad M., Krishnan K., 2021: Industry 4.0 in logistics and supply chain management: a systematic literature review, *Engineering Management Journal* 33(3), 187–201.
- Alsudani MQ., Jaber MM., Ali MH., Abd SK., Alkhayyat A., Kareem Z., Mohhan AR., 2023: Smart logistics with iot-based enterprise management system using global manufacturing, *Journal of Combinatorial Optimization* 45(2), 57.
- Ammar M., Haleem A., Javaid M., et al., 2021: Improving material quality management and manufacturing organizations system through industry 4.0 technologies, *Materials Today: Proceedings* 45, 5089–5096.
- Bag S., Gupta S., Luo Z., 2020: Examining the role of logistics 4.0 enabled dynamic capabilities on firm performance, *The International Journal of Logistics Management* 31(3), 607–628.
- Barreto L., Amaral A., Pereira T., 2017: Industry 4.0 implications in logistics: an overview, *Procedia Manufacturing* 13, 1245–1252.
- Bayarcelik E.B., Bumin Doyduk H.B., 2020: Digitalization of business logistics activities and future directions, *Digital Business Strategies in Blockchain Ecosystems: Transformational Design and Future of Global Business*, 201–238.
- Buchi G., Cugno M., Castagnoli R., 2020: Smart factory performance and industry 4.0., *Technological Forecasting and Social Change* 150, 119790.
- Castelo-Branco I., Oliveira T., Simoes-Coelho P., Portugal J., Filipe I., 2022: Measuring the fourth industrial revolution through the industry 4.0 lens: The relevance of resources, capabilities and the value chain, *Computers in Industry* 138, 103639.
- Ching N.T., Ghobakhloo M., Iranmanesh M., Maroufkhani P., Asadi S., 2022: Industry 4.0 applications for sustainable manufacturing: A systematic literature review and a roadmap to sustainable development, *Journal of Cleaner Production* 334, 130133.
- Da Silva V.L., Kovaleski J.L., Pagani R.N., et al., 2020: Implementation of industry 4.0 concept in companies: Empirical evidences, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 33(4), 325–342.
- de Assis Dornelles J., Ayala N.F., Frank A.G., 2022: Smart working in industry 4.0: How digital technologies enhance manufacturing workers' activities, *Computers & Industrial Engineering* 163, 107804.
- Efthymiou O.K., Ponis S.T., 2021: Industry 4.0 technologies and their impact in contemporary logistics: A systematic literature review, *Sustainability* 13(21), 11643.
- El Hamdi S., Abouabdellah A., 2022: Logistics: Impact of industry 4.0., *Applied Sciences* 12(9), 4209.

- Elhusseiny H.M., Crispim J., 2023: A review of industry 4.0 maturity models: Adoption of smes in the manufacturing and logistics sectors, *Procedia Computer Science* 219, 236–243.
- Facchini F., Olesk'ow-Szłapka J., Ranieri L., Urbinati A., 2019: A maturity model for logistics 4.0: An empirical analysis and a roadmap for future research, *Sustainability* 12(1), 86.
- Fragapane G., Ivanov D., Peron M., Sgarbossa F., Strandhagen J.O., 2022: Increasing flexibility and productivity in industry 4.0 production networks with autonomous mobile robots and smart intralogistics, *Annals of operations research* 308(1–2), 125–143.
- Frank A.G., Dalenogare L.S., Ayala N.F., 2019: Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies, *International Journal of Production Economics* 210, 15–26.
- Gardecki A., Rut J., Klin B., Podpora M., Beniak R., 2023: Implementation of a hybrid intelligence system enabling the effectiveness assessment of interaction channels use in hmi, *Sensors* 23(8), 3826.
- Gupta M., Jauhar S.K., 2023: Digital innovation: An essence for industry 4.0.. *Thunderbird International Business Review* 65(3), 279–292.
- Han H., Trimi S., 2022: Towards a data science platform for improving sme collaboration through industry 4.0 technologies, *Technological Forecasting and Social Change* 174, 121242.
- Harrison A., Skipworth H., van Hoek R.I., Aitken J., 2019: *Logistics management and strategy*, Pearson Education, Harlow.
- Hughes L., Dwivedi Y.K., Rana N.P., Williams M.D., Raghavan V., 2022: Perspectives on the future of manufacturing within the industry 4.0 era, *Production Planning & Control* 33(2–3), 138–158.
- Kagermann H., Wahlster W., Helbig J., et al., 2013: Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: Final report of the industrie 4.0 working group, *Forschungsunion*, Berlin.
- Lasi H., Fettke P., Kemper H.G., et al., 2014: Industry 4.0., *Business & information systems engineering* 6, 239–242.
- Luo D., Thevenin S., Dolgui A., 2023: A state-of-the-art on production planning in industry 4.0., *International Journal of Production Research* 61(19), 6602–6632.
- Masood T., Sonntag P., 2020: Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for smes, *Computers in Industry* 121, 103261.
- Meindl B., Ayala N.F., Mendonca J., Frank A.G.: 2021: The four smarts of industry 4.0: Evolution of ten years of research and future perspectives, *Technological Forecasting and Social Change* 168, 120784.
- Morgan J., Halton M., Qiao Y., Breslin J.G., 2021: Industry 4.0 smart reconfigurable manufacturing machines, *Journal of Manufacturing Systems* 59, 481–506.
- Olsen T.L., Tomlin B., 2020: Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management, *Manufacturing & Service Operations Management* 22(1), 113–122.
- Pacchini A.P.T., Lucato W.C., Facchini F., Mummolo G., 2019: The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0., *Computers in Industry* 113, 103125.
- Pozzi R., Rossi T., Secchi R., 2023: Industry 4.0 technologies: Critical success factors for implementation and improvements in manufacturing companies, *Production Planning & Control* 34(2), 139–158.
- Shamout M., Ben-Abdallah R., Alshurideh M., Alzoubi H., Kurdi Ba., Hamadneh S., 2022: A conceptual model for the adoption of autonomous robots in supply chain and logistics industry, *Uncertain Supply Chain Management* 10(2), 577–592.

- Sigov A., Ratkin L., Ivanov L.A., Xu L.D., 2022: Emerging enabling technologies for industry 4.0 and beyond, *Information Systems Frontiers*, 1–11.
- Sony M., Naik S., 2020: Key ingredients for evaluating industry 4.0 readiness for organizations: a literature review, *Benchmarking: An International Journal* 27(7), 2213–2232.
- Stentoft J., Adsbøll Wickstrøm K., Philipsen K., Haug A., 2021: Drivers and barriers for industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers, *Production Planning & Control* 32(10), 811–828.
- Stock T., Seliger G., 2016: Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0., *Procedia CIRP* 40, 536–541.
- Tang Y.M., Chau K.Y., Fatima A., Waqas M., 2022: Industry 4.0 technology and circular economy practices: business management strategies for environmental sustainability, *Environmental Science and Pollution Research* 29(33), 49752–49769.
- Teoli D., Sanvictores T., An J., 2019: *SWOT Analysis*, StatPearls Publishing, Treasure Island.
- Waters D., 2003: *Logistics An Introduction to supply chain management*, Palgrave Macmillan, New York.
- Woschank M., Dallasega P., 2021: The impact of logistics 4.0 on performance in manufacturing companies: a pilot study, *Procedia Manufacturing* 55, 487–491.
- Xu L.D., Xu E.L., Li L., 2018: Industry 4.0: state of the art and future trends, *International journal of production research* 56(8), 2941–2962.
- Xu X., Lu Y., Vogel-Heuser B., Wang L., 2021: Industry 4.0 and industry 5.0 – inception, conception and perception, *Journal of Manufacturing Systems* 61, 530–535.

ISSN 2450-8055



2450 8055