

Mgr inż. Jacek Stys
 Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
 ORCID: 0000-0001-8325-6076
 e-mail: js117625@doktorant.sgh.waw.pl

Czynniki ryzyka w łańcuchach dostaw paliw płynnych

Risk factors in liquid fuel supply chains

Streszczenie

Celem artykułu jest zidentyfikowanie czynników ryzyka i wyzwań wskazywanych w literaturze naukowej dotyczącej logistyki i łańcuchów dostaw paliw płynnych. Jako metodę badawczą zastosowano krytyczny przegląd literatury, który został uzupełniony odniesieniami do sytuacji na polskim rynku paliw. Dodanie polskiego kontekstu pozwala na rozszerzenie analizy o specyficzne dla Polski uwarunkowania i praktyki, mniej licznie reprezentowane w międzynarodowych publikacjach naukowych. Przegląd ujawnił, że wyzwania dla logistyki paliw wpisują się w różne kategorie problemów współczesnego świata, takie jak ochrona środowiska (emisja CO₂, skażenie ekosystemów), odpowiedzialność społeczna oraz efektywność i bezpieczeństwo transportu (planowanie tras, transparentność operacji). Technologie cyfrowe, w tym Internet Rzeczy (IoT) i blockchain, stanowią odpowiedź na wiele z tych problemów. Umożliwiają monitorowanie, wymianę informacji, zapewnienie bezpieczeństwa i poprawę efektywności w łańcuchach dostaw. Wiele środków zaradczych dotyczy legislacji i zmian w sferze zarządzania (decentralizacja logistyki, strategia Lean SCM, systemy wspomagające decyzje). Wyzwania dla logistyki paliw wykraczają poza strefę operacyjną i funkcjonalną firm, często odnoszą się do rozszerzonych łańcuchów dostaw i całego makrootoczenia przedsiębiorstw.

Słowa kluczowe:

wyzwania logistyki paliw, niepewność i ryzyko, technologie cyfrowe, zrównoważony rozwój, zarządzanie logistyczne

Abstract

The aim of this paper is to identify risk factors and challenges highlighted in the scientific literature related to logistics and fuel supply chains. A critical literature review was employed as the research method, supplemented with references to the situation in the Polish fuel market. Adding the Polish context allows for an extension of the analysis to include conditions and practices specific to Poland, which are less frequently represented in international scientific publications. The review revealed that challenges for fuel logistics fall into various categories of contemporary world problems such as environmental protection (CO₂ emissions, ecosystem contamination), social responsibility, and transport efficiency and safety (route planning, operational transparency). Digital technologies, including the Internet of Things (IoT) and blockchain, offer solutions to many of these problems. They enable monitoring, information exchange, security assurance, and improvement of efficiency in supply chains. Several remedial measures relate to legislation and changes in management practices, such as the decentralization of logistics, the Lean Supply Chain Management (SCM) strategy, and decision support systems. Challenges for fuel logistics extend their impact beyond the operational and functional zones of enterprises, often relating to extended supply chains and the entire macro-environment.

Keywords:

fuel logistics challenges, uncertainty and risk, digital technologies, sustainable development, logistics management

JEL: D81, L91, M11, O33, O44, Q53

Wstęp

W ostatnich latach światowa gospodarka stanęła wobec bezprecedensowych wyzwań. Do tych znanych i opisywanych w literaturze naukowej, które wiążą się z katastrofą klimatyczną oraz koniecznością budowy zielonej gospodarki (Nowicka, 2022),

a więc także zielonej logistyki i zielonych łańcuchów dostaw, doszły wyzwania będące skutkiem pandemii COVID-19 (Herold, 2021; Sheth, 2020), która wywołała trwający do dziś kryzys w światowej gospodarce. Do katalogu katastrof dołączyła zbrojna napaść Rosji na Ukrainę. Te wydarzenia o globalnym znaczeniu są uzupełniane przez postępującą cyfryzację, zmiany kulturowe oraz idące w ślad za nimi

zmiany zwyczajów zakupowych klientów, które także wpływają na łańcuchy dostaw – jeden z kluczowych elementów budujących konkurencyjność przedsiębiorstwa (Nyszk, 2021). Czynniki te powodują wahania popytu na rynku paliw, zmiany źródeł zaopatrzenia w surowce i kierunków dostaw, co stanowi istotne wyzwanie dla logistyki paliw. Niektóre z wymienionych wydarzeń zaistniały tak niedawno, że z pewnością nie znalazły jeszcze pełnego odzwierciedlenia w publikacjach naukowych odnoszących się bezpośrednio do logistyki paliw.

Na podstawie przeglądu literatury zidentyfikowano wyzwania, a następnie uporządkowano je ze względu na umiejscowienie w łańcuchu dostaw i zasięg oddziaływania zgodnie ze schematem zaproponowanym w raporcie firmy konsultingowej Deloitte (Deloitte, 2013; Rutkowski, 2015). Pracę uzupełniono odniesieniem niektórych z poruszanych kwestii do realiów polskiego rynku paliw.

Poszukiwania artykułów przeprowadzono w literaturowej bazie danych Scopus. Kwerenda dotyczyła publikacji, które w tytule lub streszczeniu zawierały słowa *fuel* albo *oil & gas* oraz *challenge* i *logistics*. Rodzaj publikacji ograniczono do artykułów naukowych, a język – do angielskiego. W następnej kolejności wybrano publikacje zawierające następujące słowa kluczowe: *logistics*, *supply chains*, *supply chain management*, *logistic fuels*, *logistic models*, po czym wykluczono publikacje zawierające słowa kluczowe: *biomass*, *biomass productions*, *biomass supply chain*. W celu poszerzenia zakresu badanej literatury analogiczne kwerendy wykonano w bazie danych Web of Science. Bibliografię wzbogacono o wybrane pozycje, które wymagały przywołania w celu wsparcia teoretycznego poruszanych kwestii oraz poszerzenia zakresu analizy o polski rynek paliw. Zgromadzony w ten sposób materiał (78 pozycji literatury naukowej, raportów branżowych i aktów prawnych) stał się bazą do identyfikacji wyzwań dla logistyki paliw oraz proponowanych odpowiedzi na te wyzwania. W następnej kolejności zostały one skategoryzowane ze względu na zasięg oddziaływania na łańcuch dostaw (Deloitte, 2013; Rutkowski, 2015), a następnie zestawione z zaproponowanymi przez autorów środkami zaradczymi: prawnymi, organizacyjnymi i technologicznymi.

Klasyfikacja niepewności i ryzyk w logistyce i łańcuchu dostaw

Ryzyko jest definiowane jako „zespół czynników, działań lub czynności powodujących szkodę na ciebie, stratę materialną, bądź wywołujących inne straty” (Kaczmarek, 2008). Inne definicje podkreślają, że ryzyko jest wymierne: „kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia oraz poziomu jego

skutków” oraz że może mieć pozytywne strony: „skumulowany efekt prawdopodobieństwa niepewnych zdarzeń, które mogą wpływać na jednostkę korzystnie lub niekorzystnie” (Wieteska, 2011). Ryzyko można przewidzieć i oszacować, co różni je od niepewności, która zwykle nie jest w pełni kwantyfikowalna. Najczęściej w literaturze proponuje się trzyetapowe strategie zarządzania ryzykiem: identyfikację, analizę i redukcję (Chaudhary i in., 2022). Klasyfikacja zaproponowana przez firmę Deloitte odnosi się do etapu analizy ryzyka oraz uwzględnia jego umiejscowienie i zasięg oddziaływania w łańcuchu dostaw (Deloitte, 2013; Rutkowski, 2015). Pódejsię to ilustruje rysunek 1.

Niniejsza klasyfikacja dzieli ryzyka w łańcuchach dostaw na cztery kategorie. Ryzyka makrooczenia obejmują zdarzenia, które wpływają na cały łańcuch dostaw lub dowolną jego część (np. globalne spowolnienie gospodarcze, niestabilność polityczna, nowe regulacje, klęski żywiołowe itp.). Ryzyka związane z rozszerzonym łańcuchem wartości pojawiają się w kontaktach z partnerami łańcucha dostaw na różnych szczeblach, od dostawców pierwszego i drugiego poziomu po podwykonawców i klientów końcowych. Kolejna kategoria to wewnętrzne ryzyka operacyjne w łańcuchu, obejmujące procesy od rozwoju produktu po dystrybucję. Zwiększenie wydajności i optymalizacja usunęły bufora, które pomagały firmom absorbować zakłócenia w tych obszarach. Ostatnia kategoria ryzyk dotyczy obszarów wsparcia firmy, takich jak prawo, finanse, zasoby ludzkie oraz IT. Mogą one prowadzić do problemów, takich jak brak utalentowanych pracowników, niezgodność działań firmy z regulacjami, oraz do zakłóceń w przepływie danych operacyjnych.

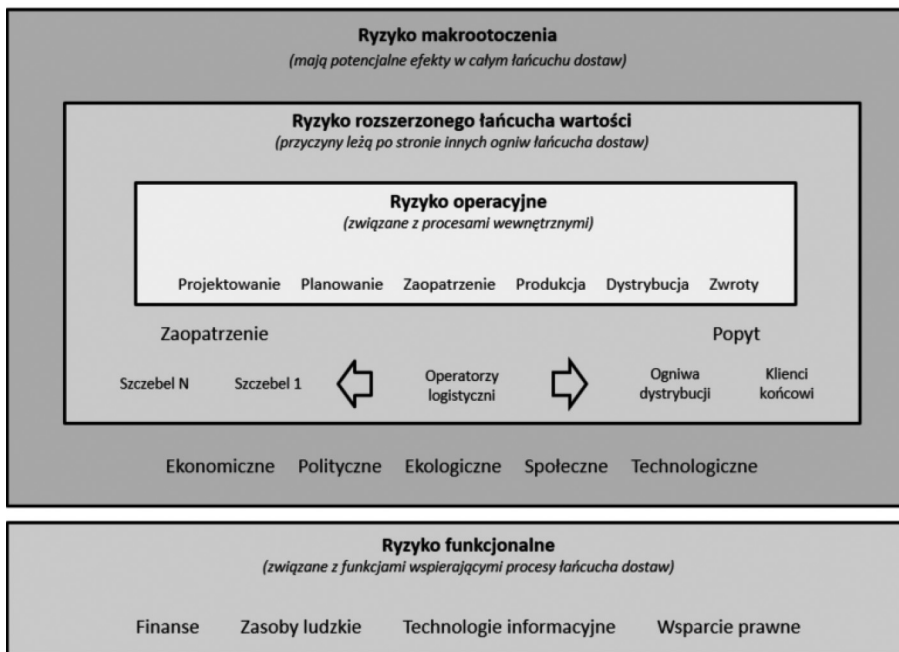
Przegląd zidentyfikowanych wyzwań i ryzyk

Ochrona środowiska i klimatu, bezpieczeństwo łańcuchów dostaw

Związki między bezpieczeństwem infrastruktury a ekologią w branży paliwowej są złożone. Odpowiednie zarządzanie oraz innowacje w tych obszarach prowadzą do synergii, która wzmacnia zarówno ochronę środowiska, jak i bezpieczeństwo. W rurociągach transportujących ropę naftową i paliwa może dochodzić do rozszczelnień i wycieków szkodliwych węglowodorów – substancji toksycznych i łatwopalnych. Usuwanie skutków tych emisji jest kosztowne. Ahmad i współautorzy (2022) proponują zastosowanie technologii blockchain do monitorowania rurociągów, wykrywania wycieków i inicjowania szybkich działań.

Rysunek 1

Typy ryzyka łańcucha dostaw



Źródło: opracowano na podstawie: Deloitte, 2013, s. 5.

Witkowski i Weremij (2013) wskazują na zastosowanie systemów IT w firmie paliwowej w celu dokładnego monitorowania ilości transportowanego paliwa na każdym etapie dystrybucji. Dzięki zastosowaniu precyzyjnych czujników i zaawansowanego oprogramowania do analizy danych możliwe stało się wykrywanie i analizowanie w czasie rzeczywistym wszelkich ubytków. Ponadto zastosowanie systemów IT pozwoliło na wprowadzenie zaawansowanych procedur bezpieczeństwa zarówno w transporcie, jak i w procesie załadunku oraz rozładunku paliw. Systemy monitorowania i kontroli dostępu, w połączeniu z procedurami weryfikacji i autoryzacji kierowców i pojazdów, znacząco zmniejszyły ryzyko nieuprawnionego dostępu do ładunku.

W kolejnej publikacji (Pourhejazy i in., 2019) badacze analizowali optymalizację sieci logistycznej transportu produktów paliwowych, uwzględniając czynniki operacyjne: bezpieczeństwo, ryzyko emisji oraz zatory komunikacyjne. Użyli algorytmu ewolucyjnej optymalizacji wielokryterialnej. Ich wyniki sugerują, że decentralizacja może w zauważalny sposób poprawić wskaźniki bezpieczeństwa wokół węzłów sieci logistycznej. Niewielkie, ale częste dostawy są bezpieczniejszym sposobem zaopatrzenia stacji paliw.

Bianco i współautorzy (2021) analizują ryzyka związane z otwieraniem nowych szlaków żeglugowych na Dalekiej Północy, co stało się możliwe dzięki cofaniu się lodu wskutek ocieplenia klimatu.

Wykorzystanie tych tras może znacząco skrócić dostawy paliw z Rosji na Daleki Wschód, ale wiąże się z dodatkowymi zagrożeniami, takimi jak ryzyko wycieków ropy w ekosystemie Arktyki oraz zagrożenia dla bezpieczeństwa załóg i sprzętu. Autorzy wskazują na nowe technologie jako sposób na ograniczenie tego ryzyka oraz podkreślają korzyści płynące z użycia sieci czujników korzystających z łączności cyfrowej. Wskazują, że wysokie koszty wypadków na Morzu Północnym uzasadniają zastosowanie drogich technologii, zwłaszcza w transporcie ropy, gazu i paliw. Proponują zastosowanie dynamicznych modeli ryzyka wykorzystujących technologie cyfrowe, w tym symulacje, aby skompensować brak pełnych danych o warunkach arktycznych.

Konieczność ograniczenia wzrostu globalnej temperatury wymaga redukcji emisji gazów cieplarnianych, na przykład poprzez ograniczenie prędkości przewozu towarów (McKinnon, 2016). Zmniejszenie prędkości samochodów ciężarowych (o ok. 5 km/h) i statków (o ok. 10%) niesie potencjał obniżenia globalnej emisji CO₂ odpowiednio o 55 i 112 mln t rocznie, co stanowi 6% całkowitej emisji związanej z logistyką (World Resources Institute, 2015). Dodatkowo rozluźnienie harmonogramów dostaw narzucanych przez strategię *just-in-time* (JIT) poprawiłoby stopień wypełnienia ciężarówek i przyniosło dodatkowe ograniczenie emisji CO₂ rzędu 5 mln t rocznie. Należy jednak uwzględnić negatywne implikacje, takie jak konieczność powiększenia maga-

zynów i zapasów. Te skutki dla łańcuchów dostaw można skompensować poprzez wzrost prędkości pociągów i pojazdów drogowych napędzanych energią niskoemisyjną (McKinnon, 2016).

Polityka, prawo i podatki

Na polskim rynku paliw istnieje problem tzw. szarej strefy – nielegalnego obrotu paliwami z zagranicy, prowadzącego do uszczuplenia dochodów państwa i nieuczciwej konkurencji. Wprowadzenie systemów informatycznych do rejestracji transportów paliwa oraz zmian legislacyjnych, które nałożyły obowiązek rejestracji i zmieniły sposób opłacania podatku od towarów i usług (VAT), znacząco ograniczyło wyludzenia. Uporządkowano zasady przyznawania koncesji firmom paliwowym, co zapobiega rejestracji podmiotów, które kończyłyby działalność tuż po sprowadzeniu paliwa. Zmieniono definicję paliw i oznakowano je kodami towarowymi CN, ograniczając ich wykorzystanie niezgodne z przeznaczeniem. Powołano Krajową Administrację Skarbową, uchwalono pakiet przewozowy i wdrożono system SENT, który umożliwił monitorowanie transportów paliw (drogowych i kolejowych). Zmiany te istotnie ograniczyły zakres szarej strefy w branży paliwowej (Global Compact Network Poland, 2022). Jednocześnie nastąpił wzrost rejestrowanego zużycia paliw oraz zwiększenie zapotrzebowania na pojemności magazynowe dla dystrybucji i zapasów obowiązkowych – tworzonych na mocy ustawy o zapasach ropy naftowej, produktów naftowych i gazu ziemnego z 2014 r.¹ W przyszłości wzrost gospodarczy, a w ślad za nim wzrost zapotrzebowania na paliwa wygeneruje dalsze potrzeby na nowe pojemności magazynowe. Organizacje branżowe, w tym Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego (POPiHN, 2017), postulują pilną realizację inwestycji w magazyny paliw i infrastrukturę logistyczną, w tym rurociągi. Ekspertki wskazują na możliwość relokacji zapasów obowiązkowych paliw i ropy naftowej do magazynów podziemnych, tworzonych m.in. w kawernach solnych.

W badaniu przeprowadzonym przez Gurtu i współautorów (2014) analizowano wpływ wzrostu cen paliw i wprowadzenia podatku węglowego na emisję z transportu oraz ich konsekwencje dla kosztów łańcucha dostaw. Naukowcy wykazali, że wzrost cen paliw, wprowadzenie podatku od emisji oraz wzrost zużycia paliwa prowadzą do wzrostu kosztów i wielkości zamawianych partii produktu. Rosnąca świadomość ekologiczna może skłonić rządy do nałożenia wyższych podatków od emisji gazów cieplarnianych, zwiększając koszty w łańcuchach dostaw, zwłaszcza na długich dystansach. Może to dać dodatkową przewagę przedsiębiorstwom, które mają

dostawców w bliskiej odległości oraz osłabić te, które zainwestowały w globalne łańcuchy dostaw. Zdaniem autorów, ta sytuacja będzie dodatkowym impulsem do rozwoju samochodów hybrydowych do zastosowań długodystansowych. Przewidują, że argumenty ekonomiczne, bardziej niż ekologiczne, dadzą impuls do przełomu technologicznego w transporcie lądowym, jaki dokona się za sprawą pojazdów o napędzie hybrydowym. Zakładają także zasadniczą zmianę tempa i kierunku globalizacji, polegającą na rozwoju mniejszych, samowystarczalnych rynków (Gurtu i in., 2015).

Bimha i współautorzy (2020) zidentyfikowali główny problem przemysłu naftowego w Zimbabwe – wysoki koszt produktu, wynikający z trudności w dostępie do konkurencyjnych źródeł zaopatrzenia, walut obcych oraz wysokich kosztów transportu. Problemy te są pogłębiane przez złe funkcjonujący system prawny i brak transparentności. Współdzielenie zasobów i innowacji w ramach łańcucha dostaw jest, zdaniem badaczy, kluczowe dla poprawy sytuacji. Ponadto należy wprowadzić efektywne systemy wspomagające procesy decyzyjne oraz aktywnie zwalczać nielegalne praktyki szkodzące wizerunkowi branży (Bimha, 2020).

W Stanach Zjednoczonych w 2022 r. energia zużywana do przemieszczania ładunków wyniosła około 18,2% całkowitego zużycia energii (wzrost z 17% w 2010 r. i 8,7% w 1970 r.). Wydłużenie łańcuchów dostaw w wielu gałęziach przemysłu, spowodowane globalizacją, jest jedną z głównych przyczyn tego wzrostu. Mingzhou i współautorzy (2014) zbadali trzy najpopularniejsze polityki zarządzania emisją CO₂: podatek od emisji, stały limit oraz limit z możliwością dokupienia prawa do emisji. Doszli do wniosku, że tylko gruntowna przebudowa łańcuchów dostaw, z odejściem od globalizacji i zapewnieniem lokalnych źródeł zaopatrzenia może znacząco zmniejszyć emisję CO₂. Konieczne jest wprowadzenie wysokiego podatku od emisji CO₂, ścisłego limitu emisji lub wysokiej ceny prawa do emisji. Odpowiednie modele mogłyby pomóc branży paliwowej w zaprojektowaniu sieci dystrybucji, tak aby skrócić drogę dostaw realizowanych transportem samochodowym poprzez rozbudowę sieci terminali zaopatrywanych niskoemisyjnymi środkami transportu, takimi jak kolej i rurociągi (U.S. Energy Information Administration, 2024).

Technologia i cyberbezpieczeństwo

Łańcuchy dostaw paliw są narażone na zagrożenia cybernetyczne, takie jak włamania, oszustwa, kradzieże informacji oraz działanie programów wymuszających okup (*ransomware*). Często źródłami problemu są ludzie oraz luki w procedurach bezpie-

czeństwa. Beteto wraz z zespołem (Beteto i in., 2022) zaproponowali koncepcję infrastruktury IoT (*Internet of Things*) do zdalnego monitorowania punktów dystrybucji paliwa za pośrednictwem bezpiecznego kanału komunikacyjnego pomiędzy pompami paliwowymi a rządowymi jednostkami nadzorującymi rynek.

Inni badacze podkreślają, że obecne systemy informatyczne w logistyce paliw nie gwarantują przejrzystości, możliwości audytu ani bezpieczeństwa, co czyni je podatnymi na ataki i awarie. Technologia blockchain może odpowiedzieć na te wyzwania, zapewniając identyfikowalność, niezmiennosć i inne funkcje w zdecentralizowanym, a więc bezpieczniejszym środowisku (Ahmad i in., 2022).

Zarządzanie łańcuchami dostaw i operacjami logistycznymi

Literatura naukowa porusza temat niepewności związanej z dostawami biodiesla, biopaliwa odgrywającego znaczącą rolę w zastępowaniu paliw kopalnych. Korzyści wynikające ze stosowania biodiesla to podniesienie poziomu bezpieczeństwa energetycznego, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych oraz rozwój obszarów wiejskich. Praca Agustina i współautorów (2020) analizuje krytyczne źródła niepewności w łańcuchu dostaw biodiesla w Indonezji, która jest jednym z głównych światowych producentów oleju palmowego. Ważnymi źródłami niepewności są dostępność owoców palmy olejowej, ich cena, czynniki związane z uprawą, cena oleju palmowego, dostępność oleju, czynniki technologiczne związane z produkcją biodiesla, czynniki polityczne i regulacyjne, transport i logistyka biodiesla, cena oraz popyt na ten produkt. Autorzy zalecają redukcję niepewności u źródła jako strategię „odchudzania” łańcucha dostaw (Lean SCM). Ważną rolę w procesie podejmowania decyzji w łańcuchu dostaw biodiesla odgrywa dostępność pełnej informacji, która zmniejsza niepewność i wpływa na lepszą jakość decyzji.

Na polskim rynku biopaliw głównym źródłem surowca do produkcji bioestrów jest olej rzepakowy. W łańcuchu dostaw tego surowca występuje wiele źródeł niepewności. Regulacje dotyczące Narodowego Celu Wskaźnikowego oraz obowiązku blendingu² wywierają dodatkową presję na uczestników rynku, grożąc wysokimi karami za niewykonanie obowiązków ustawowych.

Lokalizacja, wydajność i logistyka zakładów wytwarzających biopaliwa były przedmiotem badań Kazemzadeha i Hu (2013). Uwzględnione przez nich obszary niepewności obejmowały: podaż surowca, cenę rynkową paliwa i koszty logistyczne. Zaproponowali dwuetapowe programowanie stochastyczne jako narzędzie wspomagania decyzji.

Analizowali użycie dwóch rodzajów funkcji celu: (1) maksymalizacji oczekiwanego zysku oraz (2) ograniczenia ryzyka systemowego w niekorzystnych warunkach (Kazemzadeh & Hu, 2013).

Goswami i Hazarika (2016) analizują problemy związane z produkcją i logistyką jatrofy oraz wytwarzanego z niej biodiesla. Wyzwania te dotyczą niedostatecznej produkcji nasion, słabej infrastruktury przetwarzania surowca oraz niedojrzałości rynku zagospodarowania produktów ubocznych. Badacze wskazują na konieczność współpracy między sektorem publicznym i prywatnym oraz postulują wzrost cen biodiesla.

Amerykańska branża bioetanolu produkowanego z odpadów drzewnych boryka się z wysokimi cenami i niską dostępnością surowców, wysokimi kosztami produkcji i kapitału, wahaniami rynku oraz presją polityczną. Autorzy artykułu (Chen i in., 2017) zbadali wpływ zarządzania relacjami między kupującym a dostawcą na potencjalne umocnienie i stabilizację łańcuchów dostaw.

Ahmad i współautorzy (2022) zwracają uwagę na potrzebę śledzenia transportu surowców i produktów naftowych. Śledzenie umożliwia weryfikację działań logistycznych, monitorowanie lokalizacji i stanu produktów oraz dostarcza innych danych, takich jak aktualny status przesyłki czy ryzyko opóźnień. Zastosowanie technologii blockchain zapewnia niemodyfikowalność danych, co ułatwia identyfikację oszustw i egzekwowanie przepisów podatkowych. Inteligentne kontrakty i czujniki IoT wspierają planowanie operacji oraz identyfikację przyczyn opóźnień. Kluczowe elementy systemu obejmują bazy blockchain oraz odpowiednie czujniki IoT, w które należy wyposażać środki transportu. Ci sami badacze wskazują na potencjalne zastosowanie technologii blockchain w zarządzaniu infrastrukturą logistyczną. Może to ułatwić działania związane z zamawianiem sprzętu, rozwijaniem infrastruktury, transportem i naprawami w logistyce paliwowej, które wymagają współpracy wielu partnerów o konkurencyjnych interesach.

Liu i współautorzy (2019) wskazują na negatywne konsekwencje scentralizowanych i jednokierunkowych usług logistycznych oraz na brak informacji o zasobach logistycznych w czasie rzeczywistym, co prowadzi do wzrostu kosztów, zwiększonego zużycia energii oraz szybkiego wyczerpywania się zasobów. Jako przeciwdziałanie proponują dynamiczną optymalizację w czasie rzeczywistym, opartą na danych zbieranych na bieżąco z pojazdów wyposażonych w czujniki IoT, które są wymieniane pomiędzy firmami logistycznymi. Autorzy opracowali metodę optymalizacji zadań logistycznych, uwzględniającą cele ekonomiczne, środowiskowe i społeczne. Studium przypadku wykazało skuteczność tej metody w obniżaniu kosztów, zmniejszeniu zużycia paliwa oraz poprawie efektywności usług logistycznych.

Tradycyjnie firmy odpowiadają na ryzyko wystąpienia zakłóceń w łańcuchu dostaw poprzez dywersyfikację źródeł zaopatrzenia i tworząc zapasy bezpieczeństwa. Strategie te negatywnie wpływają na efektywność łańcucha dostaw, prowadząc do wyższych kosztów. Można jednak ograniczyć ten wzrost kosztów, stosując sieci neuronowe do automatycznej obserwacji i zarządzania zakłóceniami w sieciach zaopatrzenia (Teuteberg, 2009).

Odrębnym zagadnieniem, które wymaga uwagi, jest jakość produktu w sieci dystrybucji. Witkowski i Weremij (2013) stwierdzili, że dzięki ciągłemu monitorowaniu warunków transportu systemy IT przyczyniły się do utrzymania wysokiej jakości produktów na każdym etapie dystrybucji w dużej firmie paliwowej. Systemy informatyczne umożliwiły automatyzację procesów kontrolnych, co zwiększyło precyzję monitorowania i pozwoliło na szybką reakcję na nieprawidłowości.

Spółeczne obawy związane z rozwojem logistyki

Baptiste (2019) zwraca uwagę na społeczne obawy związane z rozwojem logistyki. Niepokój dotyczy zagrożeń dla zdrowia, przebudowania miast, emisji gazów cieplarnianych i wyczerpywania zasobów naturalnych. W kontekście logistyki paliw, dochodzą dodatkowe obawy związane z ryzykiem pożarowym, potencjalnym zanieczyszczeniem gleby i wód czy emisją toksycznych związków do atmosfery. Jako odpowiedź Baptiste wskazuje na rozwój elektromobilności, wykorzystanie dronów, optymalizację tras i przewozów (konsolidacja, kooperacja), a także na zwiększenie wolumenu pojedynczych dostaw, co zredukuje liczbę transportów.

Podsumowanie i wnioski

Analiza artykułów poświęconych ryzyku dla logistyki i łańcuchów dostaw paliw oraz proponowanych przez badaczy odpowiedzi pozwala na sformułowanie pewnych uogólnień, które ilustruje tabela 1 (zakres – wyzwanie – odpowiedź).

Spośród wyzwań w logistyce paliw zarówno literatura naukowa, jak i raport firmy Deloitte (2013) najczęściej wskazują na obszary makrootoczenia i rozszerzonych łańcuchów dostaw. Jeśli chodzi o odpowiedzi na wyzwania, badacze zwracają uwagę na technologie takie jak IoT, blockchain i systemy wspomagające decyzje, a także zmiany legislacyjne, rozwój elektromobilności, decentralizację logistyki, strategię Lean SCM, rozbudowę infrastruktury, współpracę w ramach łańcucha dostaw i zarządzanie ryzykiem. Kluczowe dla trwałego rozwoju logi-

styki paliw są dążenie do efektywności, innowacyjność i transparentność.

W zakresie oddziaływania na łańcuchy dostaw paliw wyzwania i ryzyka zgrupowane są w kategorii dotyczące makrootoczenia, rozszerzonego łańcucha wartości oraz poziomów operacyjnego i funkcjonalnego, przy czym koncentrują się w kilku kluczowych obszarach. Wyzwania środowiskowe obejmują potrzebę ograniczenia emisji CO₂ w transporcie i redukcję ryzyka skażenia środowiska przez produkty ropopochodne. Ryzyka prawne i podatkowe wiążą się ze wzrostem opodatkowania emisji z transportu, oszustwami podatkowymi, nielegalną konkurencją i przemytem, w tym nielegalnym obrotem czy produkcją paliw. W zakresie technologicznym kluczowe są cyberbezpieczeństwo łańcuchów dostaw paliw, ryzyko pojedynczych punktów awarii w systemach informatycznych oraz potrzeba zapewnienia aktualnej informacji o dostępności i stanie zasobów logistycznych. Do wyzwań operacyjnych i zarządzanych należą: zwiększanie efektywności procesów logistycznych, poprawa stabilności złożonych łańcuchów dostaw, zapewnienie transparentności operacji oraz dostęp do narzędzi wspomagających zarządzanie infrastrukturą. W obszarze bezpieczeństwa fizycznego istotne są ryzyka wycieków, uszkodzeń infrastruktury przesyłowej oraz kradzieży paliwa. Wyzwania społeczne dotyczą obaw związanych z rozwojem logistyki paliw, w tym jej wpływu na zdrowie i środowisko.

Odpowiedzi na wyzwania i ryzyka w logistyce paliw mieszczą się w kilku obszarach. Pierwszy z nich, dostosowanie strategii i modeli działania, obejmuje ograniczenie prędkości samochodów ciężarowych, odchodzenie od koncepcji JIT, poprawę bezpieczeństwa i efektywności oraz skrócenie łańcuchów dostaw poprzez rozwój lokalnych rynków, co zmniejsza ryzyko przerw w zaopatrzeniu i obniża poziom emisji CO₂. W zakresie technologii i innowacji postuluje się rozwój elektromobilności w transporcie towarowym, wykorzystanie systemów informatycznych do rejestracji transportów i transakcji oraz zastosowanie technologii blockchain i IoT do poprawy zarządzania łańcuchem dostaw. Zmiany legislacyjne i polityczne mają na celu zwalczanie nielegalnych praktyk i tworzenie uczciwych warunków działania dla firm paliwowych, co wymaga rzetelnej i terminowej informacji. W obszarze zarządzania i optymalizacji operacji kluczowe są: planowanie tras z uwzględnieniem kryteriów bezpieczeństwa, dynamiczna optymalizacja zadań logistycznych oraz optymalizacja tras dostaw. W odpowiedzi na społeczne obawy i wyzwania środowiskowe związane z logistyką paliw stosuje się planowanie częstych dostaw o niskich wolumenach w ośrodkach zurbanizowanych oraz konsolidację przewozów. Dynamiczne modele ryzyka służą kompensacji braku pełnej informacji o sytuacji w łańcuchu dostaw.

Tabela 1

Zakres ryzyka, opis wyzwania, proponowane środki zaradcze

Zakres	Wyzwania i środki zaradcze
Zakres makrootoczenia (wyzwania/ryzyka mają potencjalne efekty w całym łańcuchu dostaw)	Konieczność ograniczenia emisji CO₂ w transporcie ■ ograniczenie średniej prędkości samochodów ciężarowych, odejście od strategii JIT (McKinnon, 2016) ■ skrócenie łańcuchów dostaw, rozwój mniejszych, samowystarczalnych rynków (Mingzhou, 2014) Rosnące opodatkowanie emisji pochodzących z transportu ■ rozwój elektromobilności w transporcie towarowym (w tym paliw) (Gurtu i in., 2015) ■ skrócenie łańcuchów dostaw, rozwój mniejszych, samowystarczalnych rynków (Gurtu i in., 2015) Oszustwa podatkowe, nielegalna konkurencja, przemysł ■ zastosowanie systemów informatycznych do rejestracji transportów i transakcji (SENT) ■ zmiany legislacyjne umożliwiające zwalczanie nielegalnych praktyk (Bimha i in., 2020) (SENT) Ryzyko emisji i zatorów w transporcie paliw ■ planowanie tras z uwzględnieniem kryteriów bezpieczeństwa – zastosowanie algorytmów ewolucyjnych (Pourhejazy i in., 2019) ■ częste dostawy o niskich wolumenach (Pourhejazy i in., 2019) ■ decentralizacja logistyki (Pourhejazy i in., 2019) Ryzyko skażenia środowiska produktami ropopochodnymi ■ dynamiczne modele ryzyka kompensujące brak pełnej informacji (Bianco i in., 2021) ■ szerokie wykorzystanie czujników i łączności cyfrowej (Bianco i in., 2021) ■ zastosowanie technologii blockchain (Ahmad i in., 2022) Społeczne obawy związane z rozwojem logistyki (w tym logistyki paliw) ■ konsolidacja przewozów, zwiększenie wolumenów dostaw (Baptiste 2019) ■ optymalizacja tras dostaw (Baptiste, 2019) ■ rozwój elektromobilności w transporcie towarowym (w tym paliw) (Baptiste 2019) Zapewnienie stabilnej jakości produktu w łańcuchu dostaw ■ monitorowanie warunków transportu (Witkowski & Weremij, 2013) ■ automatyzacja procesów kontrolnych dzięki systemom IT (Witkowski & Weremij, 2013)
Zakres rozszerzonego łańcucha wartości (wyzwania/ryzyka leżą po stronie innych ogniw łańcucha dostaw)	Wyzwania związane z cyberbezpieczeństwem łańcuchów dostaw paliwo ■ wykorzystanie Internetu Rzeczy (IoT) do monitorowania łańcuchów dostaw (Beteto i in., 2022) Potrzeba zwiększenia wydajności ■ dzielenie się zasobami, operacjami i innowacjami w ramach łańcucha dostaw (Bimha i in., 2020) ■ decyzje polityczne i zmiany w prawie oparte na rzetelnej wiedzy (Bimha i in., 2020) Niestabilność łańcuchów dostaw biopaliw ■ uproszczenie łańcuchów dostaw (strategia Lean SCM) (Fitri i in., 2020) ■ polityka cenowa państwa, w celu zapewnienia opłacalności produkcji (Goswami & Hazarika, 2016) ■ zastosowanie programowania stochastycznego do wspomagania decyzji dotyczących łańcuchów dostaw (Kazemzadeh & Hu, 2013) ■ rozbudowa infrastruktury wytwórczej (Goswami & Hazarika, 2016) ■ rozwój rynku zagospodarowania odpadów (Goswami & Hazarika, 2016) ■ wymiana informacji w łańcuchu dostaw w celu zmniejszenia niepewności i poprawy jakości decyzji (Fitri i in., 2020) ■ wzmocnienie relacji pomiędzy kupującym a sprzedawcą (Chen i in., 2017)

Zakres	Wyzwania i środki zaradcze
	Wyzwania związane z likwidacją szarej strefy ■ konieczna rozbudowa infrastruktury logistycznej dla paliw (zbiorniki, rurociągi, kawerny) (POPiHN, 2017) Konieczność zapewnienia transparentności operacji w łańcuchu dostaw ropy naftowej, produktów ropopochodnych, odpadów wytwarzanych przez branżę naftową ■ wykorzystanie Internetu Rzeczy (IoT) do monitorowania (Ahmad i in., 2022) ■ zastosowanie technologii blockchain (Ahmad i in., 2022)
Zakres operacyjny (wyzwania/ryzyka są związane z procesami wewnętrznymi)	Awarie rurociągów transportujących ropę naftową lub paliwa ■ zastosowanie technologii blockchain (Ahmad i in., 2022) Brak informacji o zasobach logistycznych w czasie rzeczywistym – nieoptymalne zarządzanie zasobami logistycznymi ■ dynamiczna optymalizacja zadań logistycznych w czasie rzeczywistym (Liu i in., 2019) ■ wykorzystanie Internetu Rzeczy (IoT) do monitorowania (Liu i in., 2019) ■ wymiana informacji pomiędzy firmami logistycznymi (Liu i in., 2019) Kradzieże paliwa, nieautoryzowany dostęp do produktu ■ zastosowanie technologii blockchain (Ahmad i in., 2022) ■ monitorowanie ilości transportowanego paliwa na każdym etapie dystrybucji dzięki systemom IT (Witkowski & Weremij, 2013) ■ systemy IT do monitorowania i kontroli dostępu, procedury weryfikacji i autoryzacji (Witkowski & Weremij, 2013)
Zakres funkcjonalny (wyzwania/ryzyka są związane z funkcjami wspierającymi procesy łańcucha dostaw)	Brak wsparcia dla szybkiego i efektywnego wspomaganie decyzji ■ zastosowanie systemów informatycznych wspomagających decyzje (Bimha i in., 2020) Ryzyko pojedynczych punktów awarii w systemach informatycznych wspierających logistykę paliw ■ zastosowanie technologii blockchain (Ahmad i in., 2022) Brak efektywnego zarządzania ryzykiem w łańcuchu dostaw ■ zastosowanie sieci neuronowych do automatycznej obserwacji i zarządzania zakłóceniami (Teuteberg, 2009) Niedostateczne wspomaganie w zarządzaniu infrastrukturą logistyczną ■ zastosowanie technologii blockchain (Ahmad i in., 2022)

Źródło: opracowanie własne.

Niektóre strategie wymagają kosztownych inwestycji w rozwój infrastruktury i rynków związanych z paliwami, takich jak rozbudowa infrastruktury produkcyjnej i magazynowej czy rozwój rynku zagospodarowania odpadów.

Ograniczenia i kierunki dalszych badań

Należy przeprowadzić dalsze badania jakościowe, aby porównać perspektywę naukową przedstawioną w tym artykule z punktem widzenia branży paliwo-

wej. Warto przeanalizować wyzwania związane z procesem fuzji firm paliwowych, takich jak PKN Orlen i Grupa Lotos, w kontekście przebudowy łańcuchów dostaw, procesów biznesowych i systemów informatycznych. Należy pogłębić analizę środków zaradczych stosowanych w odpowiedzi na wyzwania w logistyce paliw. Dalsze badania powinny skupić się na ocenie skuteczności różnych środków, w tym technologii cyfrowych i strategii zarządzania ryzykiem, w obszarze logistyki paliw, identyfikacji nowych innowacyjnych metod i technologii, na badaniu czynników wpływających na skuteczne wdrożenia tych środków. Powinny uwzględniać aspekty organizacyjne, technologiczne, ekonomiczne i regulacyjne³.

Przypisy/Notes

¹ Ustawa z dnia 30 maja 2014 r. o zmianie ustawy o zapasach ropy naftowej, produktów naftowych i gazu ziemnego oraz zasadach postępowania w sytuacjach zagrożenia bezpieczeństwa paliwowego państwa i zakłóceń na rynku naftowym oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2014, poz. 900.

² Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych. Dz.U. 2006 nr 169, poz. 1199.

³ Autor dziękuje dr. Dariuszowi Sobczakowi za sugestie i inspiracje odnoszące się do polskiego rynku paliw.

Bibliografia/References

- Agustina, F., Vanany, I., & Siswanto, N. (red.). (2020). Determining sources of uncertainty, performance, and strategy in biodiesel supply chain. W: *ACM International Conference Proceeding Series*. Osaka, 7 April 2020. <https://doi.org/10.1145/3396743.3396767>
- Ahmad, R. W., Salah, K., Jayaraman, R., & Omar, M. A. (2022). Blockchain in oil and gas industry: Applications, challenges, and future trends. *Technology in Society*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101941>
- Baptiste, P. (red.). (2019). The social acceptability issues that can be expected in logistics. Proceedings of the 2019 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IEMS 2019. Shanghai, 25–27 September 2019.
- Beteto, A., Melo, V., Lin, J., Alsultan, M., Dias, E. M., Korte, E. i in. (2022). Anomaly and cyber fraud detection in pipelines and supply chains for liquid fuels. *Environment Systems and Decisions*, 42(2), 306–324. <https://doi.org/10.1007/s10669-022-09843-5>
- Bianco, I., Ilin, I., & Iliinsky, A. (2021). Digital technology risk reduction mechanisms to enhance ecological and human safety in the Northern Sea route for oil and gas companies. W: *E3S Web of Conferences*, 258, 06047. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125806047>
- Bimha, H., Hoque, M., & Munapo, E. (2020). The impact of supply chain management practices on industry competitiveness: A mixed-methods study on the Zimbabwean petroleum industry. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 12(1), 97–109. <https://doi.org/10.1080/20421338.2019.1613785>
- Chaudhary, K., Chaudhary, G., & Khari, M. (2023). Applying game theory models for risk management in supply chain networks. *American Journal of Business and Operations Research*, 10(1), 42–52. <https://doi.org/10.54216/AJBOR.100104>
- Chen, M., Smith, P. M., & Thomchick, E. (2017). Qualitative insights into buyer-supplier relationship attributes in the U.S. biofuels industry. *Renewable Energy Focus*, 22–23, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2017.09.001>
- Deloitte. (2013). *The ripple effect. How manufacturing and retail executives view the growing challenge of supply chain risk.* <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Process-and-Operations/gx-operations-consulting-the-ripple-effect-041213.pdf>
- Gaveau, D. L. A., Sheil, D., Husnayaen i in. (2016). Rapid conversions and avoided deforestation: Examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo. *Scientific Reports*, 6, 32017. <https://doi.org/10.1038/srep32017>
- Global Compact Network Poland. (2022). *Przeciwdziałanie szarej strefie w latach 2014–2022.* <https://ungc.org.pl/wp-content/uploads/2023/02/publikacja-szara-strefa-www.pdf>
- Goswami, K., & Hazarika, A. (2016). Supply chain network of Jatropha based biodiesel industry in North East India. *Sustainable Production and Consumption*, 6, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.01.002>
- Gurtu, A., Jaber, M. Y., & Searcy, C. (2015). Impact of fuel price and emissions on inventory policies. *Applied Mathematical Modelling*, 39(3–4). <https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.08.001>
- Herold, D. M., Nowicka, K., Pluta-Zaremba, A., & Kummer, S. (2021). COVID-19 and the pursuit of supply chain resilience: Reactions and "lessons learned" from logistics service providers (LSPs). *Supply Chain Management*, 26(6), 702–714. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2020-0439>
- Jedliński, M., & Marzantowicz, Ł. (2017). Wpływ niepewności i nieprzewidywalności na procesy logistyczne. *Problemy Transportu i Logistyki*, (33), 171–185.
- Jin, Y., Vonderembse, M., Ragu-Nathan, T. S., & Smith, J. T. (2014). Exploring relationships among IT-enabled sharing capability, supply chain flexibility, and competitive performance. *International Journal of Production Economics*, 153, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.03.016>
- Kaczmarek, T. T. (2008). *Ryzyko i zarządzanie ryzykiem*. Difin.
- Kazemzadeh, N., & Hu, G. (2013). Optimization models for biorefinery supply chain network design under uncertainty. *Journal of Renewable And Sustainable Energy*, 5(5). <https://doi.org/10.1063/1.4822255>
- Liu, S., Zhang, Y., Liu, Y., Wang, L., & Wang, X. V. (2019). An 'Internet of Things' enabled dynamic optimization method for smart vehicles and logistics tasks. *Journal of Cleaner Production*, 215, 806–820. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.254>
- McKinnon, A. C. (2016). Freight transport deceleration: Its possible contribution to the decarbonisation of logistics. *Transport Reviews*, 36(4), 418–436. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1137992>
- Mingzhou, J., Granda-Marulanda, B. A., & Down, I. (2014). The impact of carbon policies on supply chain design and logistics of a major retailer. *Journal of Cleaner Production*, 85, 453–461.
- Nowicka, K. (red.). (2022). *Gospodarka o obiegu zamkniętym. Część 2. Łańcuchy dostaw*. Oficyna Wydawnicza SGH.
- Nyszk, W. (2021). Logistyka czynnikiem tworzenia konkurencyjności przedsiębiorstwa. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (3), 37–45.
- POPiH. (2017). *Przemysł i handel naftowy. Raport roczny 2017*. Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego. <https://popihn.pl/wp-content/uploads/2021/01/Raport-POPiH-na-2017-pl-na-strone-www-6-kwietnia.pdf>
- Pourhejazy, P., Kwon, O. K., & Lim, H. (2019). Integrating sustainability into the optimization of fuel logistics networks. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(3), 1369–1383. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-1373-7>
- Rutkowski, K. (2015). Rekonfiguracja międzynarodowych łańcuchów dostaw jako narzędzie zapobiegania zagrożeniom kryzysowym – szansa dla Polski. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 382.
- Sheth, J. (2020). Impact of COVID-19 on consumer behavior: Will the old habits return or die? *Journal of Business Research*, 117, 280–283. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.059>

- Teuteberg, F. (2009). Supply chain risk management: A neural network approach. W: R. Ijioui, H. Emmerich, & M. Ceyr (red.), *Strategies and Tactics in Supply Chain Event Management* (99–118). Springer.
- U. S. Energy Information Administration. (2024). *U. S. total energy consumption by energy end-use sector, 1950–2022*. <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/> (pobrano 20.01.2024).
- Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych. Dz.U. 2006 nr 169, poz. 1199.
- Ustawa z dnia 30 maja 2014 r. o zmianie ustawy o zapasach ropy naftowej, produktów naftowych i gazu ziemnego oraz zasadach postępowania w sytuacjach zagrożenia bezpieczeństwa paliwowego państwa i zakłóceń na rynku naftowym oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2014, poz. 900.
- Wieteska, G. (2011). *Zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw na rynku B2B*. Difin.
- Witkowski, J., & Weremij, T. (2013). IT Solutions in transport management of liquid fuels. Case study of Grupa Lotos. *Management*, 17(2), s. 259–271. <https://doi.org/10.2478/manment-2013-0070>.
- World Resources Institute. (2015). *CAIT climate data explorer*. <http://cait.wri.org> (pobrano 1.12.2015).

Mgr inż. Jacek Styś

Doktorant w Katedrze Logistyki Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie, menedżer zatrudniony w branży paliwowej, odpowiedzialny za rozwój systemów informatycznych i analityki danych w obszarze logistyki.

Mgr inż. Jacek Styś

Doctoral candidate at the Department of Logistics at the Warsaw School of Economics, and a manager employed in the fuel industry, responsible for the development of information systems and data analytics in the area of logistics.



ZAPOWIEDŹ

Redakcja naukowa
Mariusz Andrzejewski, Paweł Zieniuk
**WYZWANIA SPRAWOZDAWCZOŚCI
W ERZE TECHNOLOGICZNEGO
I ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU**

Przemiany technologiczne i procesy globalizacyjne wpływają na zmiany obowiązków sprawozdawczych jednostek gospodarczych. Coraz większą wagę przywiązuje się do ujawnianych informacji niefinansowych, dotyczących spraw środowiskowych, społecznych i pracowniczych. Tradycyjne sprawozdanie finansowe bywa już postrzegane jako niewystarczające. Tym zmianom towarzyszy wzrost zainteresowania tematyką zrównoważonego rozwoju oraz społecznej odpowiedzialności biznesu. Konieczność

implementacji rozwiązań wynikających z opublikowanej w 2022 roku dyrektywy CSRD spowoduje, że w najbliższych latach wzrośnie liczba jednostek objętych obowiązkiem raportowania niefinansowego oraz zapewnienia niezależnej atestacji tych informacji.

Ewolucja sprawozdawczości przedsiębiorstw dokonuje się w czasie dynamicznego rozwoju technologii informacyjnych, które wpływają na pracę osób odpowiedzialnych za przygotowywanie raportów rocznych. W ostatnich latach możemy obserwować stopniowe przejście od papierowego obiegu dokumentów w kierunku digitalizacji procesów księgowych oraz wykorzystywania algorytmów sztucznej inteligencji.

W związku z powyższym głównym celem niniejszej monografii stało się przedstawienie rozważań teoretycznych oraz wyników badań empirycznych dotyczących kluczowych aspektów wpływu społecznej odpowiedzialności biznesu oraz rozwoju nowoczesnych technologii na obowiązki sprawozdawcze jednostek gospodarczych, a tym samym na zakres ujawnianych informacji oraz na relacje z interesariuszami.

Więcej informacji na: www.pwe.com.pl