

Journal of TransLogistics

Volumen 6(16), numer 1, 2020

Zbiór prac uczestników
XVI Forum Studentów Transportu i Logistyki



Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
Wrocław 2020

Journal of TransLogistics jest kontynuacją wydawnictwa pt. „Zbiór prac uczestników Forum Studentów Transportu i Logistyki”, wydawanego od 2005 roku przez Koło Naukowe Logistics działające na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.

Bezpłatny dostęp do czasopisma w wersji elektronicznej:

<https://www.dbc.wroc.pl/dlibra>

<https://translogistics.pl/jtl/>

Skład i korekta językowa

Przemysław Dubikowski (korekta j. ang.)

Kamil Pogoda

Paulina Kępa

Sebastian Lisik

Wioleta Nowak

Projekt okładki

Aleksandra Drab

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej książki, zarówno w całości, jak i we fragmentach nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny, fotograficzny i inny bez zgody wydawcy i właścicieli praw autorskich.

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020

Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
www.oficyna.pwr.wroc.pl; e-mail: oficwyd@pwr.edu.pl

ISSN 2450-5870

DOI: 10.37190/JoT2020

Rada Naukowa

- Prof. dr hab. inż. T. Nowakowski, przewodniczący – Politechnika Wrocławska (Poland)
Prof. Ph. D. David Valis – University of Defence in Brno (Czech Republic)
Prof. dr hab. Oleg A. Gavrish – National Technical University of Ukraine (Ukraine)
Dr hab. inż. Krzysztof Jamroziak prof. uczelni – Politechnika Wrocławska (Poland)
Dr hab. inż. A. Kierzkowski prof. uczelni – Politechnika Wrocławska (Poland)
Prof. Ing. A. Kalašová – University of Zilina (Slovakia)
Dr inż. T. Lewandowski – Politechnika Wrocławska (Poland)
Prof. dr eng. V. Paunoiu – Universitatea Dunarea de Jos Din Galati (Romania)
Prof. T. Roik – National Technical University of Ukraine (Ukraine)
Doc. dr. sc. Tomislav Rožić – University of Zagreb (Croatia)
Dr hab. inż. Michał Szaśniadek prof. uczelni – Uniwersytet Zielonogórski (Poland)
Prof. G. Tarnai – Technical Univeristy of Budapest (Hungary)
Dr hab. inż. Waldemar Woźniak prof. uczelni – Uniwersytet Zielonogórski (Poland)
Dr inż. M. Zając – Politechnika Wrocławska (Poland)
Dr inż. P. Zając – Politechnika Wrocławska (Poland)

Redaktor naczelny

Paweł Zając

Redaktor prowadzący

Przemysław Dubikowski

Recenzenci

- dr hab. inż. A. Kierzkowski
dr hab. inż. K. Jamroziak
dr hab. inż. M. Szaśniadek
dr hab. inż. W. Woźniak
dr inż. A. Jodejko-Pietruczuk
dr inż. A. Tubis
dr inż. E. Skupień
dr inż. K. Lewandowski
dr inż. M. Kosobudzki
dr inż. P. Zając
dr inż. R. Giel
dr inż. S. Kwaśniowski
dr inż. T. Kisiel
dr inż. T. Lewandowski

Przekazujemy czytelnikom kolejny numer Journal of TransLogistics zawierający artykuły napisane przez Studentów, studiujących logistykę i transport, na Forum Studentów Transportu i Logistyki „TransLogistics 2020”, organizowane przez **Koło Naukowe Logistics** na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej. Wszystkie artykuły przeszły pomyślnie proces recenzji z zachowaniem obowiązujących standardów.

Z życzeniami dobrej lektury
Paweł Zając, opiekun KN Logistics
Dawid Kyrzcz, przewodniczący KN Logistics
Małgorzata Marek, koordynator główny



Politechnika Wrocławska

LOGISTICS
KOŁO NAUKOWE

WYDZIAŁ
MECHANICZNY



PATRONI MERYTORYCZNI



PATRONI MEDIALNI



logistyczny.com

Transport
przemysłowy i maszyny robocze

mid

**Top
Logistyk**

styk

-
- 11 Daniel KAPICA**
WPŁYW EKSPLOATACJI AUTOBUSÓW ZASILANYCH ENERGIĄ
ELEKTRYCZNĄ NA JAKOŚĆ POWIETRZA W ZIELONEJ GÓRZE
- 21 Wioleta NOWAK, Weronika OWCZAREK**
HYPERLOOP – SZANSA NA ZREWOLUCJONIZOWANIE
TRANSPORTU DALEKOBIEŻNEGO
- 31 Monika TUBIS**
ANALIZA PORÓWNAWCZA KOSZTÓW ZUŻYCIA PALIWA
ORAZ PARAMETRÓW TECHNICZNYCH AUTOBUSÓW MARKI
MERCEDENS-BENZ WYKORZYSTYWANYCH W MZK
JELENIA GÓRA
- 41 Agnieszka DAMIAN, Martyna GÓRNA**
JAKOŚĆ W LOGISTYCE - ANALIZA DETERMINANTÓW
JAKOŚCI BRANŻY TSL
- 49 Paulina KRĘT**
WYKORZYSTANIE BIG DATA W ZARZĄDZANIU ZIELONYM
ŁAŃCUCHEM DOSTAW
- 57 Paulina KĘPA, Klaudia DEREŃ**
ROZBUDOWA KORYTARZY LOGISTYCZNYCH JAKO ROZWÓJ
TRANSPORTU W EUROPIE
- 67 Przemysław KUJDA, Karolina PAWLAK**
EKOLOGICZNE ROZWIĄZANIA ZRÓWNOWAŻONEGO
TRANSPORTU PUBLICZNEGO – NISKOEMISYJNOŚĆ I
BEZEMISYJNOŚĆ ŚRODKÓW KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ
- 79 Ewelina TARKOWSKA, Paweł BOLISĘGA**
DRONY – NOWA ERA USŁUG KURIERSKICH
- 89 Ewa PASIUT, Alicja PIEŃKOWSKA**
ZMNIEJSZENIE PRZEPUSTOWOŚCI GRANIC JAKO
KONSEKWENCJA WZMOŻONYCH KONTROLI GRANICZNYCH –
ANALIZA SYTUACJI MIĘDZYNARODOWEJ W CZASIE
PANDEMII
- 99 Sebastian LISIK, Paweł BOLISĘGA**
OCENA FUNKCJONALNOŚCI NOWEGO SZLAKU
JEDWABNEGO, PROPOZYCJE UDOSKONALENIA TRASY
I OPRACOWANIE NOWEGO PODEJŚCIA
- 107 Antoni MEŻYŃSKI, Paweł WIERZBICKI**
OPTYMALNE ZARZĄDZANIE JAKO CZYNNIK
GWARANTUJĄCY OPŁACALNOŚĆ TRANSPORTU
INTERMODALNEGO

- 117 Patrycja ZBROJA, Sebastian LISIK**
BEZPIECZEŃSTWO PRZEWOZU ŁADUNKU
NIENORMATYWNEGO I JEGO WPŁYW NA JAKOŚĆ
WYKONANIA USŁUGI
- 125 Angelina MURAWIŃSKA**
PERSPEKTYWY ROZWOJU NAPĘDÓW W POJAZDACH
SAMOCHODOWYCH
- 135 Małgorzata MAREL, Patrycja ZBROJA**
WPŁYW PANDEMII NA GLOBALNY ŁAŃCUCH DOSTAW
NA PRZYKŁADZIE PRZEDSIĘBIORSTWA Z BRANŻY AGD
- 147 Oliwia MODRZIK, Sonia NIEDOŚPIAŁ**
ANALIZA TRANSPORTU DROGOWEGO POD WZGLĘDEM
AUTONOMICZNOŚCI
- 161 Nadia NAWROCKA, Zuzanna KUNECKA**
ROZWIĄZANIE INITIAL 4D TRAJECTORY MANAGEMENT JAKO
SZANSA NA ROZWÓJ TECHNOLOGICZNY W LOTNICTWIE
- 169 Kamila KUBAS**
WPŁYW PANDEMII NA RYNEK TRANSPORTU LOTNICZEGO
- 179 Adrian KRZEMIŃSKI, Mariusz KOSOBUDZKI**
WSTĘPNA ANALIZA WYMAGAŃ STAWIANYCH KOŁOM
JEZDNYM DO POJAZDU WYSOKIEJ MOBILNOŚCI
- 191 Katarzyna MOMOT**
WPROWADZANIE PROEKOLOGICZNYCH ZMIAN
W ŁAŃCUCHACH DOSTAW WSPÓŁCZESNYCH
PRZEDSIĘBIORSTW
- 201 Honorata POTURAJ, Tadeusz LEWANDOWSKI**
PROCEDURA IDENTYFIKACJI OTOCZENIA W FAZIE
PROJEKTOWANIA SYSTEMU TRANSPORTU WEWNĘTRZNEGO
Z WYKORZYSTANIEM POJAZDÓW AGV
- 211 Jakub UCIŃSKI**
KONTRAPAS AUTOBUSOWY JAKO PRZYKŁAD
INNOWACYJNEGO ROZWIĄZANIA NADAJĄCEGO PRIORYTET
POJAZDOM TRANSPORTU ZBIOROWEGO
- 221 Angelika SURMA**
ROBOTY MOBILNE AGV W PROCESACH KOMPLETACJI
TOWARÓW

-
- 11 Daniel KAPICA**
INFLUENCE OF EXPLOITATION OF ELECTRIC BUSES ON AIR QUALITY IN ZIELONA GÓRA
- 21 Wioleta NOWAK, Weronika OWCZAREK**
HYPERLOOP – AN OPPORTUNITY TO REVOLUTIONIZE LONG-DISTANCE TRANSPORT
- 31 Monika TUBIS**
THE COMPERATIVE ANALYSIS OF FUEL COSTS AND TECHNICAL SPECIFICATIONS OF MERCEDES-BENZ BUSES USED IN MZK IN JELENIA GÓRA
- 41 Agnieszka DAMIAN, Martyna GÓRNA**
QUALITY IN LOGISTICS – ANALYSIS OF QUALITY DETERMINANTS IN THE TSL INDUSTRY
- 49 Paulina KRĘT**
USE OF BIG DATA IN GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT
- 57 Paulina KĘPA, Klaudia DEREŃ**
THE EXTENSION OF LOGISTIC CORRIDORS AS A DEVELOPMENT OF TRANSPORT IN EUROPE
- 67 Przemysław KUJDA, Karolina PAWLAK**
ECOLOGICAL SOLUTIONS OF SUSTAINABLE PUBLIC TRANSPORT - LOW-EMISSION AND ZERO-EMISSION MEANS OF PUBLIC TRANSPORT
- 79 Ewelina TARKOWSKA, Paweł BOLISĘGA**
DRONES – NEW ERA OF COURIER SERVICES
- 89 Ewa PASIUT, Alicja PIEŃKOWSKA**
BORDER CAPACITY DECREASE AS A CONSEQUENCE OF ENHANCED BORDER CONTROLS - ANALYSIS OF THE INTERNATIONAL SITUATION
- 99 Sebastian LISIK, Paweł BOLISĘGA**
FUNCTIONALITY ASSESMENT OF THE NEW SILK ROAD, PROPOSALS OF IMPROVEMENT EXISTING ROUTES AND DEVELOPING A NEW APPROACH
- 107 Antoni MEŻYŃSKI, Paweł WIERZBICKI**
OPTIMAL MANAGEMENT AS A FACTOR GUARANTEEING THE PROFITABILITY OF INTERMODAL TRANSPORT

- 117 Patrycja ZBROJA, Sebastian LISIK**
SAFETY OF NON-NORMATIVE CARGO TRANSPORT AND ITS
INFLUENCE ON THE QUALITY OF SERVICE PERFORMANCE
- 125 Angelina MURAWIŃSKA**
DRIVE OF THE FUTURE – PROSPECTS FOR THE
DEVELOPMENT OF DRIVES IN MOTOR VEHICLES
- 135 Małgorzata MAREL, Patrycja ZBROJA**
IMPACT OF THE PANDEMIC ON THE GLOBAL SUPPLY CHAIN
BASE ON THE EXAMPLE OF THE HOUSEHOLD COMPANY
- 147 Oliwia MODRZIK, Sonia NIEDOŚPIAŁ**
ROAD TRANSPORT ANALYSIS IN TERMS OF
AUTONOMOUSNESS
- 161 Nadia NAWROCKA, Zuzanna KUNECKA**
INITIAL 4D TRAJECTORY MANAGEMENT SOLUTION AS AN
OPPORTUNITY FOR TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN
AVIATION
- 169 Kamila KUBAS**
IMPACT OF THE PANDEMIC ON THE AIR TRANSPORT
MARKET
- 179 Adrian KRZEMIŃSKI, Mariusz KOSOBUDZKI**
PRELIMINARY ANALYSIS OF WHEEL REQUIREMENTS FOR
HIGH MOBILITY VEHICLE
- 191 Katarzyna MOMOT**
INTRODUCING PRO-ECOLOGICAL CHANGES IN THE SUPPLY
CHAINS OF MODERN ENTERPRISES
- 201 Honorata POTURAJ, Tadeusz LEWANDOWSKI**
GUIDELINES WHICH ARE USED IN ENVIRONMENT
IDENTIFICATION DURING DESIGN PHASE OF AGV SYSTEM
PROJECT IN INTERNAL TRANSPORT
- 211 Jakub UCIŃSKI**
CONTRAFLOW BUS LANE AS AN EXAMPLE OF INNOVATIVE
FORM OF GIVING PRIORITY TO PUBLIC TRANSPORT
- 221 Angelika SURMA**
AGV MOBILE ROBOTS IN GOODS COMPLETION
PROCESSES

Daniel KAPICA*

WPŁYW EKSPLOATACJI AUTOBUSÓW ZASILANYCH ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ NA JAKOŚĆ POWIETRZA W ZIELONEJ GÓRZE

Słowa kluczowe: *autobus elektryczny, emisja spalin, transport publiczny, jakość powietrza, Zielona Góra*

Celem artykułu było opisanie wpływu eksploatacji autobusów zasilanych energią elektryczną na jakość powietrza w Zielonej Górze. Przeanalizowano emisję węglowodorów, tlenków azotu, dwutlenku węgla i pyłów zawieszonych przed dokonaniem wymiany taboru na autobusy elektryczne oraz po jej zakończeniu. Do obliczeń wykorzystano maksymalne wartości emisji spalin określone normami EURO oraz liczbę kilometrów pokonanych przez autobusy przypisane do każdej z nich. Wyniki porównano również z badaniami jakości powietrza w mieście przeprowadzonymi przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. W pracy przedstawiono także normy prawne kształtujące wpływ pojazdów wykorzystywanych w transporcie publicznym na ochronę środowiska oraz opisano system transportu publicznego w Zielonej Górze.

1. WSTĘP

Transport publiczny stał się systemem, bez którego miasta na całym świecie nie są w stanie funkcjonować. Dzięki niemu w jednym pojeździe na powierzchni zajmowanej przez kilka samochodów osobowych może zmieścić się ponad stu pasażerów.

Obecnie postuluje się nie tylko o zorganizowanie łatwo dostępnej komunikacji publicznej, ale również o to by jej szkodliwy wpływ na środowisko był jak najmniejszy.

Sposobem na spełnienie tego postulatu jest sięganie po pojazdy zasilane paliwami alternatywnymi, do których zalicza się m.in.: energię elektryczną, wodór, gazy LPG i CNG. Zielona Góra jest przykładem miasta, które wybrało autobusy zasilane energią elektryczną. W latach 2018–2019, korzystając z dofinansowania Unii Europejskiej, zakupiono 43 takie pojazdy, które stanowią blisko 50% wszystkich autobusów realizujących przewozy w ramach transportu publicznego w tym mieście.

* Koło Naukowe Transportu TRANSIT, Politechnika Krakowska

2. OCHRONA ŚRODOWISKA A TRANSPORT PUBLICZNY

2.1. NORMY EMISJI SPALIN W TRANSPORCIE PUBLICZNYM

Przewozy wykonywane w ramach transportu publicznego, w zależności od wielkości miasta i nakładów na system transportowy, mogą sumować się do dziesiątek milionów wozokilometrów rocznie. W wyniku tego powstają ogromne ilości spalin, które składają się głównie z dwutlenku węgla (CO₂), tlenków azotu (NO_x), węglowodorów (HC), a także pyłów zawieszonych (PM). Ograniczenie ich emisji jest ważne, ponieważ są czynnikami rakotwórczymi i teratogennymi. Powodują nawet do 70% nowych zachorowań na raka płuc [8].

Problem ten został zauważony przez Unię Europejską i jej organy decyzyjne, czego efektem było wprowadzenie na podstawie dyrektywy 91/441/EWG europejskiego standardu emisji spalin już w 1993 roku (w skrócie norma EURO I). W kolejnych latach normy te sukcesywnie zaostrzano wprowadzając kolejno EURO II (dyrektywy 94/12/WE i 96/69/WE), EURO III (98/69/WE), EURO IV (96/69/WE i 2002/80/WE), EURO V (rozporządzenie nr 715/2007) oraz EURO VI (rozporządzenie nr 459/2012). Normy te określają maksymalną emisję gazów i cząstek stałych w g/km (dla pojazdów osobowych) i g/kWh dla samochodów ciężarowych i autobusów. Wartości dla autobusów zostały przedstawione w tabeli pierwszej.

Tab. 1. Europejskie normy emisji spalin dla autobusów [6]

Tab. 1. European emission standards for buses [6]

Norma	Data pierwszej rejestracji (od):	Tryb jazdy/testu	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]
EURO I	01.10.1993	ESC R-49	4,5	1,1	8	0,612
EURO II	01.10.1996		4	1,1	7	0,25
EURO III	01.10.2001	ESC&ELR /ETC	2,1/5,45	0,66/2,38	5/5	0,1/0,16
EURO IV	01.10.2006		1,5/4	0,46/1,65	3,5/3,5	0,02/0,03
EURO V	01.10.2009		1,5/4	0,46/1,65	2/2	0,02/0,03
EURO VI	01.01.2014	WHSC/ WHTC	1,5/4	0,13/0,16	0,4/0,4	0,01/0,01

2.1. POLSKIE NORMY PRAWNE

Pojazdy rejestrowane w Polsce muszą być zgodne z europejskimi normami emisji spalin. Dodatkowo w Ustawie z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych przyjęto rozwiązanie wymuszające na podmiotach odpowie-

działnych za organizację transportu publicznego stopniową wymianę floty pojazdów na zeroemisyjne¹. Od 1 stycznia 2021 roku udział takich pojazdów ma wynosić minimum 5% całej floty. Udział ten rośnie do 10% od 2023 roku, przez 20% od 2025 roku, aż do 30% w roku 2028. Ustawa nakłada również obowiązek wykonywania co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystywaniem ww. pojazdów. Ma ona obejmować w szczególności: analizę finansowo-ekonomiczną, szacunek kosztów środowiskowych związanych z emisją substancji szkodliwych dla zdrowia ludzi i środowiska naturalnego oraz analizę społeczno-ekonomiczną z uwzględnieniem wyliczenia kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji. Analiza ta niezwłocznie po jej sporządzeniu ma zostać przekazana do ministrów właściwych do spraw: energii, gospodarki i klimatu. Jeśli w wyniku przeprowadzonej analizy korzystanie z pojazdów zeroemisyjnych nie okaże się korzystne, jednostka która ją przeprowadziła może nie dokonywać wymiany floty pojazdów.

3. TRANSPORT PUBLICZNY W ZIELONEJ GÓRZE

3.1. ORGANIZACJA I CHARAKTERYSTYKA SIATKI POŁĄCZEŃ

Zadania w ramach transportu publicznego w Zielonej Górze wykonuje Miejski Zakład Komunikacji (dalej MZK), który jest zakładem budżetowym miasta Zielona Góra. Odpowiada on za tworzenie, utrzymanie i obsługę siatki połączeń w mieście. Wpływy z biletów zasilają bezpośrednio kasę MZK, a ceny biletów ustala Rada Miasta Zielona Góra.

MZK obejmuje swoim zasięgiem całe miasto, a także obsługuje jedną miejscowość (Droszków) w sąsiadującej z nim gminie Zabór.

Na siatkę połączeń w Zielonej Górze składa się 26 linii dziennych i trzy nocne. Kręgosłupem komunikacyjnym miasta jest linia nr „8”, na której kursy odbywają się co 15 minut w szczycie przewozowym i co 20 minut poza nim. Taką samą częstotliwość na części swojej trasy (od Os. Czarkowo do Dworca Głównego) charakteryzuje się linia nr „19”. Kolejnych trzynaście linii kursuje w szczycie co 30 lub 40 minut, natomiast pozostałe linie wykonują kursy rzadziej i/lub w określonych dniach i godzinach. W porze nocnej miasto obsługują trzy linie, których częstotliwość kursowania jest zwiększana w noc z piątku na sobotę i z soboty na niedzielę.

Układ linii ma charakter promienisty, większość z nich kursuje z pętli na jednym końcu miasta przez jego centrum by dojechać do jego końca po drugiej stronie.

¹ Zgodnie z ustawą z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych autobus zeroemisyjny to autobus wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, a także trolejbus.

3.2. FLOTA

W latach 2018-2019 w MZK trwał proces wymiany floty pojazdów na bardziej ekologiczne. Starsze pojazdy dwunastometrowe (MAXI) zostały zastąpione przez autobusy zasilane energią elektryczną (URSUS CS12LFE), a pojazdy przegubowe (MEGA) zostały wymienione na nowe z silnikami Diesla spełniającymi normę EURO VI. Strukturę taboru w latach 2017–2018 prezentuje tabela druga.

Tab. 2. Liczba pojazdów użytkowanych przez MZK w latach 2017-2019 [2]^{2,3}
Tab. 2. Number of vehicles used by MZK from 2017 to 2019 [2]

Rok	2017		2018		2019		Stan obecny ⁴	
	MAXI	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI	MEGA
EURO I	2	11	2	9	2	-	-	-
EURO II	12	7	10	6	7	-	-	-
EURO III	30	-	26	-	26	-	15	-
EURO IV	8	2	6	2	2	2	-	-
EURO V	10	3	10	3	10	3	10	3
EURO VI	-	-	-	17	-	17	-	17
Elektryczne	-	-	24	-	43	-	43	-
Σ	62	23	78	37	90	22	68	20
Σ	85		115		112		88	

Liczba użytkowanych autobusów w roku 2018 i 2019 obrazuje proces wymiany floty. Przyjmowano wtedy na stan nowe pojazdy, a dopiero po osiągnięciu przez nie pełnej gotowości operacyjnej skreślano te starsze. Obecnie MZK dysponuje 88 autobusami, tj. o trzema więcej niż przed przystąpieniem do wymiany taboru.

² Pojazd został wliczony jeśli choć raz w danym roku wykonał pracę przewozową.

³ Wyprodukowane w 1992 roku autobusy marki MAN, model NG 272 (trzy sztuki), których silniki nie musiały spełniać żadnej normy spalania zostały przypisane do normy EURO I. Pojazdy przejechały w opisywanym okresie 8% analizowanych kilometrów, co wg autora nie wpływa istotnie na wyniki pracy.

⁴ Stan na 15.10.2020r.



Rys. 1. Autobus URSUS CS12LFE podczas ładowania baterii [3]

Fig. 1 URSUS CS12LFE during battery charging [3]

3.3. INFRASTRUKTURA NIEZBĘDNA DO UTRZYMANIA ZDOLNOŚCI OPERACYJNEJ

Autobusy zakupione przez MZK zostały wyposażone w baterię o pojemności 90 kWh, co pozwala na przejechanie ok. 65 kilometrów [1]. Nie mogą więc wykonywać całodziennych zadań przewozowych bez uzupełniania energii. By wyeliminować konieczność zjazdu do zajezdni w ciągu dnia i stratę czasu z tym związaną wybudowano stacje szybkiego ładowania na jedenastu pętlach na terenie miasta. Każda z nich posiada od dwóch do czterech stanowisk z ładowarkami o mocy 200 kW. Oznacza to, że energię w całkowicie rozładowanej baterii można uzupełnić w mniej niż pół godziny. Ładowanie odbywa się poprzez tzw. odwrócony pantograf - pantograf opuszczany jest na szynę ładującą, która znajduje się na dachu pojazdu. Ładowanie na zajezdni standardowo odbywa się przez kablowe złącze CCS Combo 2, gdzie pod zadaszonym placem postojowym znajduje się 40 dwustanowiskowych ładowarek o mocy 80kW, po 40kW na stanowisko. Oprócz nich zajezdnia wyposażona jest w dwa stanowiska do szybkiego ładowania, a ładowarki na pętlach umożliwiają awaryjne uzupełnianie mocy przez kabel. Taka liczba ładowarek rozmieszczonych na terenie całego miasta sprawia, że średnio po przejechaniu 15 kilometrów autobus ma możliwość uzupełnienia energii. Sprawia to również, że baterie nie muszą być ładowane do pełna, dzięki czemu przy planowaniu pracy przewozowej nie trzeba uwzględniać innych przerw niż te wynikające z częstotliwości kursowania i ustawy o czasie pracy kierowców.

4. EMISJA SPALIN Z TRANSPORTU PUBLICZNEGO

4.1. METODOLOGIA

Do wyliczenia emisji węglowodorów, tlenków azotu, pyłów zawieszonych i dwutlenku węgla z zielonogórskiego transportu publicznego posłużono się maksymalnymi wartościami ich emisji przypisanymi do każdej europejskiej normy emisji spalin. Źródłowo norma podawana jest w gramach na kilowatogodzinę, jednak w Modelu Finansowym do Studium wykonywalności dla projektu „Zintegrowany system niskoemisyjnego transportu w Zielonej Górze” dokonano jej konwersji na gram na przejechany kilometr. Wartości te są różne dla autobusów standardowych i przegubowych, przedstawia je tabela trzecia. Wartość emisji CO₂ jest stała i wynosi 2,7 kg na litr spalonego oleju napędowego [2].

Tab. 3. Wartości emisji szkodliwych substancji w zależności od spełnianej normy EURO dla autobusów w g/km [7]

Tab. 3. Emission standards for buses, g/km [7]

Norma	Składnik emisji	HC		NO _x		PM	
	Jednostka/ rodzaj pojazdu	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI
EURO I	g/km	5.66	4.56	41.18	33.16	1.85	1.49
EURO II	g/km	5.63	4.17	35.83	26.52	0.77	0.57
EURO III	g/km	3.62	2.56	27.49	19.43	0.57	0.39
EURO IV	g/km	2.50	1.68	19.04	12.74	0.11	0.07
EURO V	g/km	2.50	1.68	10.88	7.28	0.11	0.07
EURO VI	g/km	0.72	0.53	2.20	1.64	0.06	0.04

Wartości z powyższej tabeli pomnożono przez liczbę kilometrów wykonanych przez autobusy przypisane do danej normy EURO. Szczegóły dotyczące przejechanych kilometrów znajdują się w tabeli czwartej.

Tab. 4. Ilość przejechanych kilometrów w latach 2017-2019 przez autobusy przypisane do każdej grupy oraz ilość zużytego przez nie oleju napędowego [1]

Tab. 4. Number of kilometres made by buses assigned to each group and the amount of diesel fuel used by them in 2017-2019 [1]

Norma	2017		2018		2019	
	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI
EURO I	408 622	69 840	61 023	68 810	-	17 680
EURO II	232 638	600 255	44 172	504 518	-	62 511
EURO III	-	1 995 895	-	2 047 669	-	1 317 281
EURO IV	81 250	359 009	59 610	328 319	5 269	2 689
EURO V	134 881	873 999	129 865	862 230	120 653	652 103
EURO VI	-	-	615 658	-	775 195	-
Elektryczne	-	-	-	45 381	-	2 088 113
Σ	4 756 392		4 767 258		5 041 678	
Ilość spalonego oleju napędowego [l]	454 131	1 507 629	483 958	1 527 981	463 874	838 098
Σ ilości spalonego oleju napędowego [l]	1 962 760		2 011 939		1 301 792	

4.2 WYNIKI

Po dokonaniu obliczeń opisanych w poprzednim podrozdziale otrzymano wielkość emisji, którą wygenerował zielonogórski transport publiczny. Wyniki przedstawiono w tabelach piątej i szóstej.

Tab. 5. Wielkość emisji analizowanych składników spalin w latach 2017-2019 w kilogramach [6]

Tab. 5. Emission in 2017-2019, kg [6]

Rok	2017		2018		2019	
	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI
HC	4 163	10 004	1508	9 662	869	4 816
NO_x	28 174	67 944	13 339	65 900	3 118	32 622
PM	959	1 309	201	1 270	56	621
CO₂	1 228 853	4 070 599	1 306 686	4 125 550	1 254 460	2 262 865
Σ HC	14 167		11 170		5 685	
Σ NO_x	96 118		79 239		35 740	
Σ PM	2 268		1 471		677	
Σ CO₂	5 299 452		5 432 236		3 517 325	

Tab. 6. Spadek emisji HC, NO_x i PM w 2019 roku względem 2017 roku w kilogramach oraz w ujęciu procentowym [6]

Tab. 6 Emission reduction of HC, NO_x and PM between 2017 and 2019, kg and percentage [6]

Rodzaj emisji	HC		NO _x		PM	
Typ taboru	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI	MEGA	MAXI
Spadek emisji [kg]	8 479		60 378		1 591	
	3 294	5 188	25 056	35 322	903	688
Udział w spadku emisji [%]	38%	62%	42%	58%	56%	44%

Obliczenia wskazują, że wymiana floty w zielonogórskim MZK pozwoliła na ograniczenie emisji węglowodorów o 40% (8 479 kg) w 2019 roku względem 2017. W grupie pojazdów MAXI udało się ją zmniejszyć o 48%.

Emisję tlenków azotu w tym samym okresie udało się zmniejszyć o 37%, tj. 60 378 kg. Wśród autobusów standardowych zredukowano ją o 48%.

W stosunku do 2017 roku emisja pyłów zawieszonych w roku 2019 spadła o 1 591 kg czyli o 29%. Ograniczenie emisji pyłów zawieszonych w segmencie pojazdów MAXI wyniosło 47%.

Zakup autobusów zasilanych energią elektryczną przyczynił się do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla w grupie autobusów dwunastometrowych o 55%. W tym samym czasie emisja związana z eksploatacją pojazdów przegubowych wzrosła o 25 607 kg co bezpośrednio związane jest ze zwiększeniem ich pracy przewozowej o 12 743 km względem 2017 roku.

Według badań przeprowadzonych w latach 2018–19 przez Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Zielonej Górze przy Głównym Inspektoracie Ochrony Środowiska emisja tlenków azotu w Zielonej Górze spadła z 696 639 kg w 2018 roku do 639 360 kg rok później [4][5]. Oznacza to spadek o 57 279 kg z czego aż o 43 499 kg wynosił spadek z zielonogórskiego transportu publicznego. Na tę wielkość składa się spadek o 33 278 kg osiągnięty dzięki nowszym pojazdom klasy MAXI i 10 221 kg uzyskany przez wymianę autobusów przegubowych. Według tych samych badań spadek emisji pyłów zawieszonych wyniósł 8 560 kg. Transport publiczny w Zielonej Górze przyczynił się do spadku o 794 kg, z czego emisję o 649 kg pozwoliły ograniczyć pojazdy klasy MAXI, a o 145 kg klasy MEGA.

5. PODSUMOWANIE

Stopniowy zwrot polskich miast w kierunku pojazdów zeroemisyjnych w sytuacji, gdy zanieczyszczenie powietrza jest istotnym problemem jest dobrym rozwiązaniem.

Zakup autobusów zasilanych energią elektryczną przez Miasto Zielona Góra i przejęcie przez te pojazdy 41% pracy przewozowej całego przedsiębiorstwa (2,088 mln

z 5,041 mln wozokilometrów) okazały się zasadne w kontekście pozytywnego wpływu na jakość powietrza. Ich udział w spadku emisji spalin w 2019 roku względem roku 2017 wyniósł: 62% spadku emisji węglowodorów, 58% redukcji emisji tlenków azotu i 44% pyłów zawieszonych.

Pojazdy elektryczne nie tylko zniwelowały wpływ opisaną wcześniej większą emisji dwutlenku węgla pochodzącej z autobusów przegubowych, ale też zredukowały jego emisję o ok. 1,8 mln kilogramów.

Pożądana jest dalsza obserwacja systemu zielonogórskiego transportu publicznego. Całkowity efekt zmian widoczny będzie na koniec 2020 roku, który będzie pierwszym pełnym rokiem, w którym przewozy będą wykonywane docelową flotą pojazdów.

Należy również spojrzeć na problem w ujęciu globalnym i zbadać wpływ emisji zanieczyszczeń przy generowaniu energii elektrycznej i wytwarzaniu oleju napędowego.

LITERATURA

- [1] Dane Miejskiego Zakładu Komunikacji w Zielonej Górze.
- [2] European Investment Bank, *EIB Project Carbon Footprint Methodologies, Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations*, 2020, 36.
- [3] Fotografia własna.
- [4] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Departament Monitoringu Środowiska, Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Zielonej Górze, *Roczna ocena jakości powietrza w województwie lubuskim. Raport wojewódzki za rok 2018*, Zielona Góra 2019, 31-32.
- [5] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Departament Monitoringu Środowiska, Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Zielonej Górze, *Roczna ocena jakości powietrza w województwie lubuskim. Raport wojewódzki za rok 2019*, Zielona Góra 2020, 34-36.
- [6] Opracowanie własne.
- [7] SWECO Consulting Sp. z o.o., *Model Finansowy*, [w:] Studium wykonalności dla projektu Zintegrowany system niskoemisyjnego transportu w Zielonej Górze, 2017 [maszynopis niepublikowany].
- [8] SZCZECIŃSKA H., *Analiza przydatności zastosowań rozwiązań technicznych projektu „ECO-Mobilność” w świetle najczęściej występujących chorób, struktury społecznej społeczeństwa i korzyści ekonomicznych*, [w:] EKOMOBILNOŚĆ Tom I Innowacyjne i ekologiczne środki transportu, pod red. W. Chromańskiego, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2015, 31-32.

INFLUENCE OF EXPLOITATION OF ELECTRIC BUSES ON AIR QUALITY IN ZIELONA GÓRA

Key words: *electric bus, exhaust emission, public transport, air quality, Zielona Góra*

The aim of the article was to describe the influence of exploitation of electric buses on air quality in Zielona Góra. The emission of hydrocarbons, nitrogen oxides, carbon dioxide and particulate matter was analyzed before and after the replacement of the bus fleet to electric. For calculations author used the European emission standards for buses (EURO) and number of kilometres made by buses in Zielona Góra. The results were compared with air quality tests made by Chief Inspectorate of Environmental Protection. The article describes also the public transport system in Zielona Góra and ecological legal standards in public transport in Poland.

Corresponding author:

e-mail: danielkapica@outlook.com

Wioleta NOWAK
Weronika OWCZAREK*

HYPERLOOP – SZANSA NA ZREWOLUCJONIZOWANIE TRANSPORTU DALEKOBIEŻNEGO

Słowa kluczowe: *Hyperloop, podróże przyszłości, rura próżniowa, kapsuła, Elon Musk, Virgin Hyperloop*

W poniższej pracy przedstawiony został projekt nowego rodzaju środka transportu o nazwie Hyperloop. Autorzy opisali zasadę działania i cechy systemu, a także możliwe korzyści i zagrożenia płynące z wprowadzenia go do użytku publicznego. Ponadto podano przykładowe trasy, planowane przez zewnętrzne firmy pracujące nad projektem. Na podstawie tychże danych dokonano oceny konkurencyjności pomysłu z obecnie stosowanymi rozwiązaniami w dziedzinie transportu oraz jaki wpływ może mieć on na branżę TSL w przyszłości.

1. WSTĘP

Na przestrzeni wieków ludzie próbowali wyobrazić sobie przyszłość. Koncepcji było wiele, jednak wszyscy byli zgodni co do tego, iż będzie ona zdecydowanie bardziej zaawansowana technicznie niż wszystko co do tej pory znali. Wielu wierzyło, że czasy w jakich żyjemy będą epoką np. latających samochodów. Oczywiście, do tej pory nie udało nam się wprowadzić tego środka transportu do codziennego użytku, jednak nie znaczy to, że nie podjęto prób zrewolucjonizowania sposobu podróżowania. Odpowiedzią na nurtujące naszych przodków pytania dotyczące futurystycznych technologii transportu może być Hyperloop. Zakłada on przemieszczanie się kapsułą bez kół w niskociśnieniowej tubie, przy wykorzystaniu ruchów skompresowanego powietrza, zasad aerodynamiki oraz magnetyzmu, będącego głównym napędem maszyny.

2. HISTORIA POMYSŁU

Hyperloop pojawił się jako pomysł zrewolucjonizowania czterech do tej pory istniejących, unikalnych rodzajów transportu: drogowego, kolejowego, wodnego i powietrznego. Były one niewystarczająco szybkie, zbyt drogie lub posiadały obie te

* Koło Naukowe „Logistics”, Politechnika Wroclawska

wady. Stąd też idea nowej technologii, która stwarzałaby możliwość przemieszczenia się w krótkim czasie na duże odległości przy niewygórowanych kosztach. Dodatkowo o wyjątkowości projektu świadczy jego otwarty koncept tworzenia (open source), podobnie jak w przypadku systemu operacyjnego Linux [5]. Użytkownicy biorą czynny udział w projektowaniu ostatecznej wersji produktu i ciągle mogą udoskonalać detale, służące wprowadzeniu optymalnych parametrów.

Wszystko zaczęło się po zatwierdzeniu kalifornijskiej kolei dużych prędkości w 2012 r. Elon Musk był zawiedziony faktem, że w obszarze, gdzie mieści się Dolina Krzemowa (Silicon Valley) oraz Laboratorium Napędu Odrzutowego (Jet Propulsion Laboratory), będący dynamicznie rozwijającym się ośrodkiem, stosującym jedno z najnowocześniejszych rozwiązań technicznych, zostało zaakceptowane rozwiązanie tak wolne i zarazem tak drogie pod względem budowy w przeliczeniu na mile. To zainspirowało go do poszukiwania czegoś nowego, co eliminowałoby wady dotychczasowo istniejących sposobów przemieszczania się. Idealny środek transportu, według Muska, powinien być bezpieczniejszy, szybszy, wygodniejszy, niezależny od pogody, możliwie jak najbardziej niewymagający pobierania energii z zewnątrz (samonapędzający), odporny na trzęsienia Ziemi, wolny od kolizji, a przy tym kosztować mniej [5]. Koncepcję nowej technologii nazwał Hyperloop, a jej działanie porównał do skrzyżowania działa elektromagnetycznego, Concorde'a oraz stołu do Air Hockey [1].

Idea używania niskociśnieniowych lub próżniowych rur jako części systemu transportowego ma długą tradycję. W 1864 r. w wiktoriańskim południowym Londynie kolej pneumatyczna Crystal Palace wykorzystywała ciśnienie powietrza do wypychania wagonu w górę oraz próżni do ściągania go w dół. Pod koniec XIX w. podobne systemy, wykorzystujące pneumatyczne tuby, były używane do przesyłania paczek i poczty między budynkami. Dziś można je jeszcze zobaczyć w niektórych bankach czy supermarketach – przenosi się nimi pieniądze. Jednym z wyraźnych poprzedników Hyperloop jest koncepcja opracowana przez Roberta Goddarda na początku XX w. o nazwie „vacetrain”. Zarówno ten pomysł, jak i wiele późniejszych podobnych, nie odniosły zbyt dużego powodzenia [8]. Dopiero przedsiębiorca Elon Musk po opublikowaniu swego artykułu „Hyperloop Alpha” wzbudził na nowo zainteresowanie ludzi, przedstawiając nowoczesny i stosunkowo niezbyt drogi system.

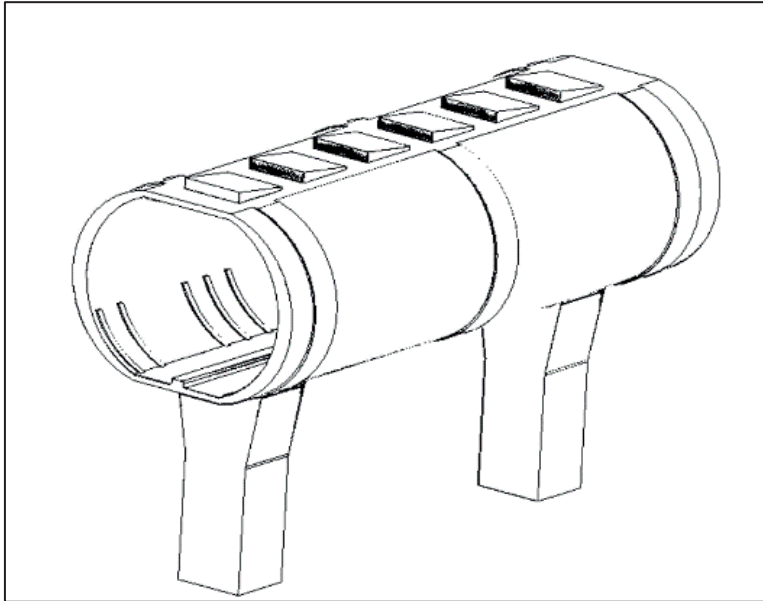
Pomysł rozszedł się po świecie i zdobył zainteresowanie różnych przedsiębiorstw. Wydawać by się mogło, iż koncept tak abstrakcyjny zostanie wyśmiany, jednak sam fakt, że za jego stworzeniem stoi tak wizjonerska postać, przemawiał za jego powodzeniem. Komercyjne loty w kosmos czy elektryczne samochody, które kiedyś wydawały się być czystą fantazją, dziś są rzeczywistością. Wszystko to za sprawą Elona Muska. Dyrektor generalny Tesla Inc. i SpaceX wielokrotnie pokazywał, że niemożliwe jest możliwe. Miliarder nie miał jednak zamiaru egzekwować idei na własną rękę. Jak sam powiedział w jednym z wywiadów, jego głównym celem w obecnym czasie było skupienie się na obu przedsiębiorstwach przez niego

zarządzanych [1]. Stąd też otwarta koncepcja Hyperloop, przejawiająca się nieco odmiennymi wersjami projektu w różnych rejonach świata.

3. ZASADA DZIAŁANIA

3.1. INFRASTRUKTURA

Do zastosowania technologii Hyperloop konieczne okazało się zaprojektowanie nowego rodzaju infrastruktury, innego niż te stosowane dotychczas. Obiektem, w którym przemieszcza się kapsuła (ang. pod) jest długa, szczelna rura umieszczona na słupach, jednak niebędąca sztywno zamocowana w żadnym miejscu. Dzięki temu jest ona w stanie poruszać się i wyginać. Materiał użyty do jej wyprodukowania charakteryzuje się odpornością na złamania i pęknięcia, po to, aby w razie wystąpienia katastrofy naturalnej rura nie została uszkodzona. Dodatkowo ma wytrzymywać ona zmiany ciśnienia oraz ewentualne przedostanie się do nich sporych ilości powietrza. Oprócz bardzo wytrzymałego materiału, obmyślono rozwiązania technologiczne, mające zwiększyć bezpieczeństwo przejazdu np. w razie przedostania się powietrza kapsuła, za pomocą dodatkowej energii, skierowana zostaje do najbliższej stacji albo następuje wydzielenie odcinka z trasy i zwiększenie ciśnienia na danym fragmencie. Ustawienie konstrukcji możliwe jest zarówno na lądzie jak i pod ziemią. Na dodatek tory ruchu mogą być budowane nawet pod 10% nachyleniem, ponieważ kapsuły są w stanie przewyciężyć takie nachylenie z prędkością do nawet 100 m/s. Dzięki temu istnieje elastyczność w ustawieniu rur, przez co nie wymaga to tak dużej ingerencji w dostosowanie otoczenia do nowej infrastruktury. Ponadto poprzez praktycznie całkowite usunięcie z tunelu powietrza za pomocą pomp próżniowych, wewnątrz obiektu powstaje środowisko bliskie próżni. Dzięki temu znacznie obniżono opór aerodynamiczny, co umożliwiło osiągnięcie dużych prędkości przy znikomym zużyciu energii. Kluczowe w tym projekcie ma być także uplasowanie stacji (ang. portal), ponieważ mają one znajdować się w okolicach centrów miast, tak by możliwe było zintegrowanie Hyperloop z istniejącymi środkami transportu [7]. Na rys. 1. przedstawiono przykładową wizualizację tuby.



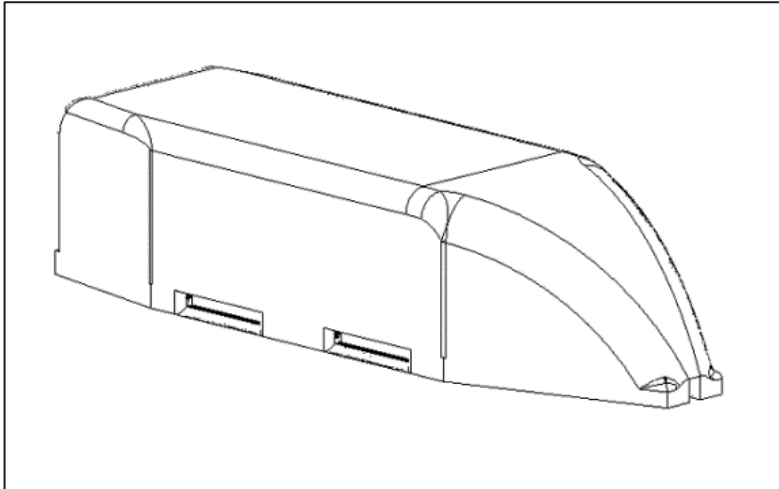
Rys. 1. Wizualizacja tunelu Hyperloop (Opracowanie własne)
Fig. 1. Visualisation of Hyperloop tube (Own study)

3.2. KAPSUŁY

Obiektem poruszającym się wewnątrz rur jest kapsuła o opływowym kształcie, przypominająca wyglądem pociąg. Pojedyncza kapsuła ma mieścić do 28 osób i osiągać prędkość do nawet 1200 km/h. Podróż w niej ma przebiegać w pozycji półleżącej. Przez to, że kapsuły poruszają się w rurach, w których środowisko jest blisko próżni, możliwe jest przemieszczanie się przy prędkościach przekraczających 1000 km/h, co nie jest jednak zbyt mocno odczuwalne dla człowieka. Poniższy opis funkcjonowania pojazdu został napisany na przykładzie modelu Hyperloop One, firmy Virgin Hyperloop¹. Silnik elektryczny, na bazie którego działa kapsuła, wyposażony jest w dwie części: obracający się wirnik oraz nieruchomy stojan, który pełni rolę elektromagnesu. Podczas przechodzenia przez stojan prądu elektrycznego, wirnik przyciągany jest magnetycznie i przez to zmuszony jest do obracania się. Silnik jest liniowy, co oznacza, że jego pole magnetyczne ułożone jest w linii prostej, dzięki czemu kapsuła przyspiesza liniowo [2]. Wirnik znajduje się na kapsule, która napędzana jest magnetycznie, gdy porusza się nad stojanem. Do prowadzenia i podnoszenia kapsuł poza torem wykorzystywana jest lewitacja magnetyczna. Elektronika mocy (technika łączenia oraz przekształcania energii elektrycznej) kontroluje przyspieszenie i prędkość kapsuły poprzez zmianę częstotliwości i napięcia

¹ amerykańska firma, która zajmuje się technologiami transportowymi i pracuje nad wdrożeniem systemu Hyperloop

dostarczanego do silnika elektrycznego [4]. Aby wzmocnić poziom bezpieczeństwa, kapsuły wyposażone zostały w wyjścia awaryjne [3]. Na Rys. 2. przedstawiono przykładową wizualizację kapsuły Hyperloop.



Rys. 2. Wizualizacja kapsuły Hyperloop (Opracowanie własne)
Fig. 2. Visualisation of Hyperloop capsule (Own study)

4. PLANOWANE TRASY

Pierwotną trasą zaproponowaną przez Elona Muska było połączenie kalifornijskich miast Los Angeles i San Francisco. Cena budowy tej trasy została wyliczona przez samego pomysłodawcę na ok. 6 mld \$. Kapsuła miałaby pokonywać ten dystans w ok. pół godziny, co jest zdecydowanie krótszym czasem niż w przypadku kolei dużych prędkości (2h 38min) oraz samolotów komercyjnych, latających między tymi miastami (1h 15min). W perspektywie użytkowania Hyperloop przez przynajmniej 20 lat cena biletu w jedną stronę została oszacowana na ok. 20\$, plus koszty operacyjne. Dla porównania ta sama trasa pokonana pociągiem kosztowała wtedy średnio 105\$, a samolotem 158\$ (stan na wrzesień 2013) [5].

Różne przedsiębiorstwa zainteresowały się koncepcją Hyperloop. Obecnie najprężniej działającą w tym kierunku firmą jest firma Virgin Hyperloop. Poniżej przedstawiono kilka zaproponowanych przez nią tras, co do których zostały podjęte realne działania:

- Midwest (Chicago-Columbus-Pittsburgh) 742 km – w ramach inicjatywy Rapid-Speed Transportation Initiative ostatnie badanie potwierdziło techniczną i handlową wykonalność Hyperloop łączącego Columbus, Chicago i Pittsburgh. Dzięki dokładnej analizie wykazano, że kapsuła przebędzie drogę z Chicago do Columbus (573 km) w mniej niż 45 minut, koszt biletu szacowany jest na 60\$ (w porównaniu do prawie 6 godzin jazdy samochodem lub biletu lotniczego

kosztującego około 100\$), a z Columbus do Pittsburgha w mniej niż 30 minut przy szacunkowym koszcie biletu 33\$ (w porównaniu do prawie 3 godzin jazdy samochodem lub biletu lotniczego kosztującego około 150\$). Według badań stworzenie tej trasy pomoże w zmniejszeniu emisji spalin o 2.4 miliony ton, a korzyści ekonomiczne z tego przedsięwzięcia szacuje się obecnie na 300 milionów dolarów.

- Missouri (Kansas City-Columbia-St.Louis) 399 km – według przeprowadzonych analiz trasa na tym odcinku ma ograniczyć wypadki na autostradzie I-70 przebiegającą przez Missouri, umożliwiając przy tym zaoszczędzenie aż 91 milionów dolarów. Koszt wybudowania infrastruktury Hyperloop jest aż o 30% tańsza niż wybudowanie na tym samym odcinku kolei dużych prędkości. Szacuje się, że kapsuła pokona trasę 399 km w 30 minut, gdzie dla porównania samolot potrzebuje na to 1h 10min, pociąg 5h 40min, a samochód 3h 45min.
- Karolina Północna (Raleigh-Durham-Chapel Hill) 46 km – podróż Hyperloop na tej trasie jest miałaby trwać ok. 9 minut. Natomiast samochód pokonuje ją obecnie w średnio 40 minut.
- Teksas (Dallas-Fort Worth-Austin-San Antonio-Laredo) 691 km – projekt ten ma połączyć cztery z piętnastu największych miast w kraju. Pokonanie 691 km miałoby zająć 54 minuty (w porównaniu samolotem – 1h 31min; samochodem – 7h). Za pomocą Hyperloop możliwe zostanie przekształcenie oddzielnych obszarów metropolitalnych w jeden ekonomiczny megaregion, który połączony jest szybkim, niedrogim, wydajnym i bezpiecznym transportem. Poprzez zastosowanie technologii nowej generacji region miałby zapewnioną przewagę nad konkurencją.
- Arabia Saudyjska (Jeddah-Mecca-Riyadh) 951 km – Kraj ten słynie z nowoczesnych i innowacyjnych rozwiązań, nic więc dziwnego, że interesuje się technologią Hyperloop. Podróż kapsułą między wspomnianymi miastami miałaby trwać 1h 13min, podczas gdy samolotem zajmuje ona 1h 35min, a samochodem 9h 20min. 100% elektryczny system zasilany z paneli słonecznych, Hyperloop Center of Excellence w Arabii Saudyjskiej stworzyłoby łącznie 124 tys. miejsc pracy w branży high-tech, związanych w rewolucją transportową. Szacuje się, że Hyperloop zwiększyłby PKB Arabii Saudyjskiej o 4 miliardy dolarów.
- Maharastra (Mumbai-Naci Mumbai Intl Airport- Pune) 148 km – Hyperloop z Pune do Bombaju, skróci czas podróży do 25 minut, obsłuży 150 milionów podróży pasażerskich rocznie i stworzy megaregion. Korzyści społeczno-gospodarcze w wysokości 36 miliardów dolarów obejmują również powstanie 180 tys. nowych miejsc pracy oraz znaczne zmniejszenie zanieczyszczeń w przeciągu roku, bo o aż 150 tys. ton [3].

5. SZANSE ORAZ ZAGROŻENIA WPROWADZENIA NOWEGO SYSTEMU

5.1. SZANSE

Jak Hyperloop wpłynie za rewolucjonizowanie transportu? Czy ma szansę konkurować z tradycyjnym transportem? Co wyróżnia projekt stworzony przez Elona Muska? Oto niektóre z cech przemawiających za innowacyjnością systemu:

- Ilość pasażerów – firmy prognozują możliwość przewiezienia nawet 50 tysięcy ludzi w ciągu godziny.
- Zapotrzebowanie – nie ma rozkładów jazdy, ponieważ ilość podróżujących kapsuł uzależniona jest od danego zapotrzebowania.
- Autonomiczność systemu – ruch kapsuł kierowany jest przez w pełni autonomiczny system. Dane o lokalizacji oraz położeniu są przesyłane w czasie rzeczywistym przez czujniki, odbywa się to z dokładnością do mikrosekundy.
- Lokalizacja – poprzez usytuowanie stacji Hyperloop blisko centrów miast możliwe jest zintegrowanie Hyperloop z istniejącymi środkami transportu.
- Redukcja hałasu – Hyperloop przypomina pojazdy elektryczne, ponieważ jest tak cichy. To w połączeniu ze szczelnym tunelem, w którym porusza się kapsuła, powoduje znaczne ograniczenie hałasu w porównaniu do tego wytwarzanego przez koła pociągu przemieszczającego się po torach.
- Cena – jest tańszy w budowie niż koleje dużych prędkości.
- Ekologiczność – system jest całkowicie elektryczny, przez co może pobierać energię ze źródeł odnawialnych na trasie np. słońca, poprzez zainstalowane panele słoneczne na rurze. Ponadto redukując ilość podróżujących samochodami, ogranicza emisję gazów cieplarnianych powodowaną przez korki w mieście.
- Brak ograniczeń – człowiek może pracować w mieście oddalonym o 700 km od jego miejsca zamieszkania. Dzięki temu może wybierać atrakcyjniejsze ceny nieruchomości.
- Nowość – pierwszy nowy środek transportu od ponad 100 lat.
- Szybkość – ma być najszybszym środkiem transportu, na co składa się prędkość poruszania oraz lokalizacja stacji Hyperloop, dzięki której usytuowaniu oszczędza się na czasie dojazdu.
- Niezależność – kapsuły są odporne na niesprzyjające warunki pogodowe: wiatr, deszcz, mgłę, śnieg czy lód, dzięki temu, że poruszają się w systemie tuneli. Ograniczona widoczność nie jest zatem problemem, a co za tym idzie, poziom bezpieczeństwa jest wyższy. Dodatkowo usytuowanie rur wpływa na zmniejszone ryzyko kolizji z innymi środkami transportu (np. samochodami), zwierzętami czy nawet ludźmi, co często zdarza się w przypadku dróg czy torów.
- Wygrana nad istniejącymi środkami transportu – technologia Hyperloop przewyższa loty samolotem (jeden z szybszych istniejących środków transportu), brakiem odprawy oraz przyspieszonymi, zaawansowanymi kontrolami bezpieczeństwa, a także uplasowaniem stacji Hyperloop w pobliżu centrum,

w odróżnieniu do lotnisk znajdujących się na obrzeżach miast. Ponadto przez cały okres eksploatacji Hyperloop będzie mieć mniejszy wpływ na środowisko niż inne środki transportu zbiorowego [3, 6, 7].

W swoich założeniach Musk uznał Hyperloop za odpowiedni środek transportu między miastami leżącymi w odległości mniejszej niż ok. 1500 km. Powyżej tego dystansu lepszym, wydajniejszym rozwiązaniem byłoby poruszanie się z ponaddźwiękową prędkością w powietrzu [5].

5.2 ZAGROŻENIA ORAZ ŚRODKI ZAPOBIEGAWCZE

Biorąc pod uwagę wiele niepodważalnych zalet, można odnieść wrażenie, że koncepcja Hyperloop jest wręcz idealna. Jednak oczywiście, rzeczywistość bywa inna. Trudności i zagrożenia mogące pojawić się podczas użytkowania, były już przewidywane na etapie tworzenia pomysłu przez Elona Muska. Udoskonalanie systemu i szczegółów technicznych na przestrzeni tych kilku lat pozwoliło jednak na częściowe wyeliminowanie problematycznych kwestii lub zredukowanie ich skutków. Do przykładowych zagrożeń należą:

- Nagłe przypadki na pokładzie: Wszystkie kapsuły są utrzymywane w bezpośrednim kontakcie radiowym z operatorami stacji w razie wystąpienia sytuacji awaryjnych i konieczności wezwania pomocy. Dodatkowo są wyposażone w sprzęt pierwszej pomocy. Ze względu na krótki czas trwania podróży kapsułą, najlepszym rozwiązaniem w nagłym przypadku byłoby wezwanie służb medycznych i dokończenie zaplanowanej trasy, na końcu której oczekiwałby zespół ratowników. Prędkość technologii zdecydowanie działa tutaj na korzyść osoby poszkodowanej.
- Przerwa w dostawie prądu: Kapsuła nie wymaga ciągłego dopływu prądu podczas podróży, gdyż jest ona zasilana panelami słonecznymi. Ponadto, systemy podtrzymywania życia kapsuły są zasilane przez nadmiarowe akumulatory, dzięki czemu Hyperloop jest niezależny od awarii zasilania. W przypadku braku dostępu do elektryczności, zapasy zgromadzonej energii byłyby wystarczające, by kapsuła mogła dojechać do miejsca destynacji, a zamontowany układ hamulcowy umożliwiłby przeprowadzenie procesu zatrzymania w bezpieczny sposób.
- Rozprężenie kapsuły: Zastosowane w technologii materiały zapewniają niezwykłą trwałość oraz bezpieczeństwo. W przypadku wystąpienia niewielkiego przecieku powietrza, pokładowy system kontroli środowiska utrzymywałby ciśnienie w kapsule, wykorzystując zapasowe powietrze przewożone na pokładzie. Jego ilość wystarczyłaby na krótki czas dotarcia do miejsca docelowego. W przypadku bardziej znaczącego obniżenia ciśnienia, podobnie jak w samolotach, na pokładzie Hyperloop pojawiłyby się maski tlenowe. Taka kapsuła, gdy bezpiecznie dotrze na miejsce, zostanie wycofana z eksploatacji. W mało prawdopodobnym przypadku rozhermetyzowania kapsuły na dużą skalę,

pozostałe kapsuły będące wtedy w rurze, automatycznie rozpoczęłyby hamowanie awaryjne, podczas gdy rura Hyperloop podlegałaby szybkiemu ponownemu zwiększaniu ciśnienia na całej jej długości.

- Utknięcie w tubie: Utknięcie kapsuły w rurze Hyperloop jest bardzo mało prawdopodobne, ponieważ kapsuła pokonuje większość dystansu z dużą prędkością, a zatem na ponad 90% podróży nie jest wymagany napęd. Gdyby jednak jakaś kapsuła utknęła, pozostałe, znajdujące się przed nią, kontynuowałyby podróż do miejsca docelowego nienaruszone, natomiast te za nią – otrzymywałyby automatyczne polecenie uruchomienia awaryjnego mechanicznego układu hamulcowego. Gdy wszystkie kapsuły, znajdujące się za tą osieroconą, bezpiecznie zatrzymają się, zostaną one przetransportowane w bezpieczne miejsce za pomocą małych silników elektrycznych i rozstawionych kół, zamontowanych awaryjnie na pokładzie. Wszystkie kapsuły byłyby wyposażone w rezerwowowy dopływ powietrza na tyle duży, aby zapewnić bezpieczeństwo wszystkim pasażerom podczas najgorszego scenariusza zdarzenia.
- Trzęsienia ziemi: Podczas budowy Hyperloop uwzględniono możliwość wystąpienia trzęsienia ziemi. Cała długość rury jest zbudowana z niezbędną elastycznością, aby wytrzymać ruchy sejsmiczne przy jednoczesnym zachowaniu właściwego położenia rury Hyperloop. Jest również prawdopodobne, że w przypadku silnego trzęsienia ziemi, kapsuły Hyperloop otrzymałyby zdalne polecenie uruchomienia mechanicznych systemów hamowania awaryjnego. Dodatkowym atutem jest fakt, iż system jest budowany na słupach, w których rura nie jest sztywno zamocowana w żadnym miejscu. Tym samym można radykalnie zmniejszyć ryzyko trzęsienia ziemi i uniknąć konieczności stosowania kompensatorów. Ponadto, w słupach są montowane amortyzatory, które neutralizują nieduże zmiany długości między słupami (przyczynę stanowią zmiany termiczne) oraz długie formy spowodowane przez subtelne zmiany wysokości [5].

6. PODSUMOWANIE

System Hyperloop, obejmujący całą infrastrukturę, komponenty mechaniczne, elektryczne i oprogramowanie, zostanie zaprojektowany tak, aby był niezawodny, trwały i odporny na uszkodzenia przez cały okres użytkowania. Wdrożenie systemu może odblokować duże korzyści ekonomiczne, ponieważ jest stosunkowo tańszy niż inne znane środki transportu. Mimo iż wydaje się być na pierwszy rzut oka skomplikowany, wcale tak nie jest. Po prostu jest to coś co działa inaczej niż dotychczas stosowane rozwiązania. Pomimo wielu obaw oraz otwartych pytań co do bezpieczeństwa Hyperloop producenci uspokajają, że ludzie codziennie latają samolotami, gdzie również podróżuje się z dużą prędkością, będąc we wnętrzu metalowej rury. Jak więc widać, podobne obawy pojawiały się już niegdyś. W dobie postępu przemysłowego, który nie zwalnia od ponad 200 lat oraz tempie wdrażania nowych

technologii w naszym społeczeństwie, innowacyjny system w branży transportowej zaprezentowany przez Elona Muska i rozwinięty przez Virgin Hyperloop ma dużą szansę stać się częścią życia codziennego ludzi w nie tak odległej przyszłości.

LITERATURA

- [1] <https://abcnews.go.com/Technology/hyperloop-designed-quick-convenient-commute/story?id=19936169> (dostęp 24.10.2020 r.)
- [2] <https://businessinsider.com.pl/technologie/nauka/hyperloop-co-to-jest-i-jak-dziala-elon-musk/svhgnfd> (dostęp 25.10.2020 r.)
- [3] <https://virginhyperloop.com/> (dostęp 17.10.2020 r.)
- [4] <https://www.stercontrol.pl/epe-elektronika-mocy-i-napedy-dydaktyczne-300w> (dostęp 25.10.2020 r.)
- [5] https://www.tesla.com/sites/default/files/blog_images/hyperloop-alpha.pdf (dostęp 14.10.2020 r.)
- [6] https://www.youtube.com/watch?v=luDqbIZGgQM&t=69s&ab_channel=TheB1Md (dostęp 17.10.2020 r.)
- [7] https://www.youtube.com/watch?v=zcikLQZI5wQ&ab_channel=TheB1M (dostęp 17.10.2020 r.)
- [8] <https://www.zdnet.com/article/what-is-hyperloop-everything-you-need-to-know-about-the-future-of-transport/> (dostęp 14.10.2020 r.)

HYPERLOOP – AN OPPORTUNITY TO REVOLUTIONIZE LONG-DISTANCE TRANSPORT

Key words: *Hyperloop, future travels, vacuum tube, capsule, Elon Musk, Virgin Hyperloop*

The following paper presents the concept of a new way of transportation, called Hyperloop. The authors described the system's mechanism and its main features, as well as the possible benefits and risks of introducing it to public use. In addition, some examples of routes planned by external companies working on the project are given. Based on these data, a subjective assessment was made about the competitiveness of the idea with currently used solutions in the field of transport and what impact it may have on the TSL industry in the future.

Corresponding author:
e-mail: wiolanowak@onet.pl

Monika TUBIS*

ANALIZA PORÓWNAWCZA KOSZTÓW ZUŻYCIA PALIWA ORAZ PARAMETRÓW TECHNICZNYCH AUTOBUSÓW MARKI MERCDENS-BENZ WYKORZYSTYWANYCH W MZK JELENIA GÓRA

Słowa kluczowe: *autobus, napęd elektryczny, CNG, Diesel, Mercedes-Benz, MZK Jelenia Góra, parametry techniczne, koszty zużycia paliwa*

Artykuł przedstawia porównanie autobusów marki Mercedes-Benz, które wykorzystują 3 różne typy jednostek napędowych, każda zasilana na inne źródło – olej napędowy, CNG oraz energię elektryczną. Wszystkie 3 pojazdy były eksploatowane w MZK w Jeleniej Górze, pokazane analizy bazują na danych uzyskanych z tej firmy. Analiza dotyczyła porównania parametrów technicznych oraz kosztów zużycia paliwa danego pojazdu.

1. WSTĘP

W obecnych czasach istnieje debata jaka wersja napędu autobusu jest najlepsza - sprawdzony olej napędowy, ekologiczne rozwiązania typu CNG czy energia elektryczna? Aby trochę przybliżyć ten temat do analizy wybrane zostały autobusy miejskie marki Mercedes-Benz, każdy z nich wykorzystuje inny typ jednostki napędowej – olej napędowy, CNG oraz energię elektryczną. Każdy z nich był eksploatowany w Miejskim Zakładzie Komunikacji w Jeleniej Górze (zwanym dalej MZK), dwa z nich były na testach organizowanych we współpracy z EvoBus [12].

2. AUTOBUSY – DANE TECHNICZNE

2.1 WYBRANE PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE OMAWIANYCH AUTOBUSÓW

Każdy z analizowanych autobusów to typ MAXI, ich długość wynosi około 12 m. Posiadają 3 pary drzwi oraz są niskopodłogowe. Dzięki czemu stają się bardziej przyjazne dla pasażerów z ograniczeniami ruchowymi, co jest istotne dla Jeleniej Góry, ponieważ jest to miasto o charakterze turystycznym (duża grupa turystów

* Koło Naukowe Transportu Szynowego, Politechnika Wroclawska

to osoby starsze). Dodatkowo na terenie jednej z dzielnic znajduje się uzdrowisko. Wybrane podstawowe parametry techniczne trzech modeli autobusów zostały zaprezentowane w tab. 1. Pozostałe dane zostaną omówione w dalszej części artykułu.

Tab. 1. Wybrane podstawowe parametry techniczne 3 modeli autobusów [2, 5, 8, 9, 12]

Tab. 1. Selected basic technical parameters of 3 bus models [2, 5, 8, 9, 12]

Model autobusu	Mercedes-Benz Conecto EURO V	Mercedes-Benz Conecto NGT	Mercedes-Benz eCitaro
Rok produkcji	2013	2017	2018
Silnik	Mercedes-Benz OM 926 LA	Mercedes-Benz M 936 G	2 x ZF AVE 130
Moc silnika [kW]	210	220	250
Zbiornik paliwa [l]	280	908	-
Zbiornik AdBlue [l]	38	-	-
Pojemność akumulatora [kWh]	-	-	243
Liczba pasażerów	88	97	82
Liczba miejsc siedzących	31	28	29
Masa własna pojazdu [kg]	11210	13000	13680

2.2. MERCEDES-BENZ CONECTO EURO V

Miejski Zakład Komunikacji w Jeleniej Górze z powodzeniem od około trzech lat wykorzystuje autobus Mercedes-Benz Conecto EURO V o numerze bocznym 825. Wygląd pojazdu przedstawia rys. 1. Autobus posiada silnik o samoczynnym zapłonie wykorzystujący olej napędowy. Tak jak wskazuje nazwa modelu spełnia on normy emisji spalin EURO 5, jednak z rozszerzeniem o EEV [12]. Powoduje to ograniczenie emisyjności węglowodorów HC o 0,21 g/km w porównaniu do EURO 5. Dane zostały zebrane w tab. 2. [1]. Silnik jest to jednostka Mercedes-Benz OM 926 LA [2]. Z danych uzyskanych od MZK wynika, że średnie zużycie paliwa w październiku tego roku wyniosło 42,54 l na 100 km [12].

Tab. 2. Normy emisji spalin EURO 5, EURO 5 – EEV, EURO 6 [1]

Tab. 2. Exhaust emission standards EURO 5, EURO 5 – EEV, EURO 6 [1]

Rodzaj normy	EURO 5	EURO 5 – EEV	EURO 6	
Rodzaj paliwa	ON	ON	ON	CNG
CO [g/km]	1,5	1,5	1,5	4
HC/THC [g/km]	0,46	0,25	0,13	0,16
No _x [g/km]	2	2	0,4	0,46
PM [g/km]	0,02	0,02	0,01	0,01



Rys. 1. Autobus Mercedes-Benz Conecto V o numerze bocznym 825 [3]

Fig. 1. Mercedes-Benz Conecto V bus with a side number 825 [3]

2.3. MERCEDES-BENZ CONECTO NGT

Autobus widoczny na rys. 2. to Mercedes-Benz Conecto NGT (Natural Gas Technology), który został użyty na testy w terminie 17.09-05.10.2019r., otrzymał on numer boczny 901. Pojazd posiada silnik M 936 G [5], ma 97 miejsc, w tym 28 miejsc siedzących. Główną cechą tego modelu jest to, że wykorzystuje on jednostkę napędową na CNG.

CNG jest to skompresowany gaz ziemny, który jest mieszaniną lekkich węglowodorów. Głównym jego składnikiem jest metan (CH_4). Jego zawartość w CNG waha się w przedziale 90-98% objętości. Pozostałe składniki to: etan, propan, butan i azot. Gaz ziemny nadaje się do użycia w silnikach spalinowych, gdy następuje sprężenie go do ciśnienia ok. 20 MPa [4].



Rys. 2. Autobus Mercedes-Benz Conecto NGT o numerze bocznym 901 [6]

Fig. 2. Mercedes-Benz Conecto NGT bus with a side number 901 [6]

2.4. MERCEDES-BENZ ECITARO

Autobus Mercedes-Benz eCitaro widoczny na rys. 3. był testowany w MZK w dniach 03.-17.06.2020r., otrzymał numer boczny 900. Wyróżniającą cechą jest zastosowanie napędu elektrycznego w pojeździe. Obok wcześniej omawianego CNG jest to kolejna alternatywa dla paliw kopalnianych. Autobus posiada 10 akumulatorów litowo-jonowych o sumarycznej pojemności 243 kWh. Ładowanie odbywa się na zasadzie plug-in, czyli za pomocą ładowarki, która wykorzystuje napięcie znamionowe 400V. Taki zestaw zapewnia ok. 150 km jazdy, chociaż podczas testu udało się uzyskać wynik 164 km. Autobus posiada 82 miejsca, w tym 29 miejsc siedzących. Jest to najnowszy model, rok produkcji to 2018, ale z kolei jest najcięższym pojazdem – waży 13680 kg.



Rys. 3. Autobus Mercedes-Benz eCitaro o numerze bocznym 900 [7]

Fig. 3. Mercedes-Benz eCitaro bus with a side number 900 [7]

3. TRZY RÓŻNE TYPY JEDNOSTEK NAPĘDOWYCH

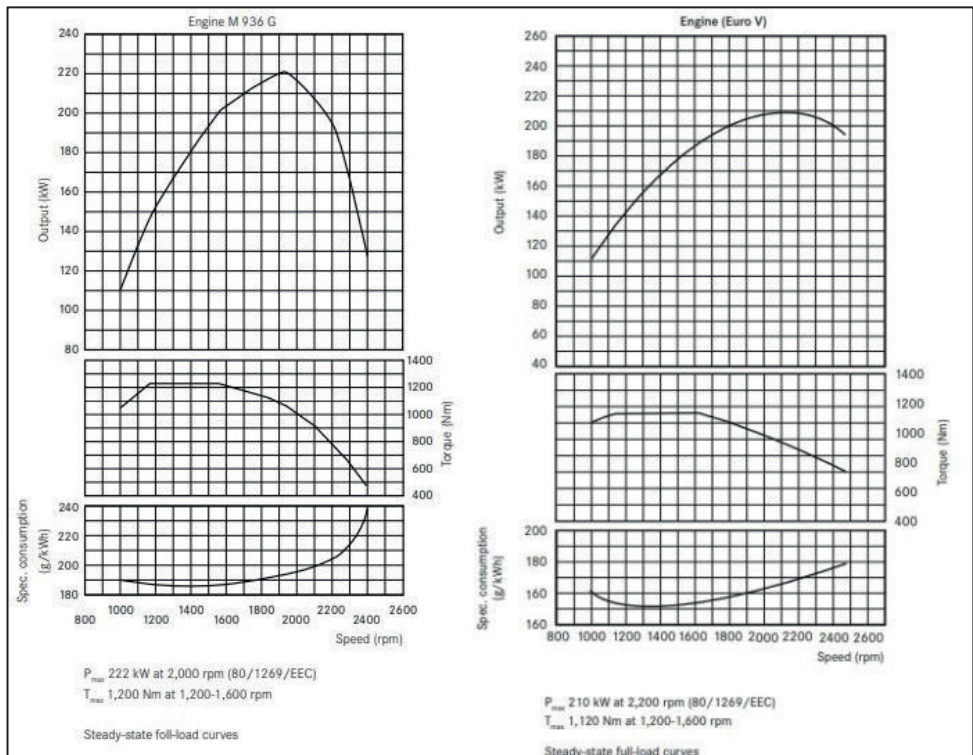
3.1. ZESTAWIENIE SILNIKÓW OM 926 ORAZ M 936 G

Ze względu na to, że zarówno olej napędowy jak i CNG ładuje się do zbiorników oraz konstrukcje silników są podobne, można je dość łatwo porównać. Producent udostępnia osiągi (rys. 4.) skupiające się na mocy wyjściowej silnika, momencie obrotowym, a także zapotrzebowaniu paliwa – każdy z nich jest odniesiony do prędkości obrotowej silnika.

Dla jednostki napędowej wykorzystującej CNG (M 936 G) wszystkie 3 krzywe posiadają duży kąt nachylenia. Tego typu charakterystyki zapewniają wysokie osiągi, ale są one tylko w wąskim zakresie, poza nimi parametry są mniej stabilne.

Najwyższą moc (220 kW) osiąga przy 2000 obr./min. Maksymalny moment obrotowy wynosi 1200 Nm, natomiast najmniejszy to ok. 500 Nm. Z kolei zapotrzebowanie silnika na paliwo jest w zakresie ok. 185-240 g/kWh.

Natomiast jednostka napędowa wykorzystująca olej napędowy (OM 926) posiada krzywe bardziej łagodne, dzięki czemu w szerszym paśmie osiągniemy zbliżone parametry, jednak ich wartość najwyższa jest mniejsza niż przy CNG. Najwyższa moc wyjściowa to 210 kW osiąga przy 2200 obr./min. Maksymalny moment obrotowy jest to 1120 Nm, gdzie najniższy to ok. 700 Nm. Zapotrzebowanie silnika na paliwo znajduje się w zakresie ok. 150-180 g/kWh.



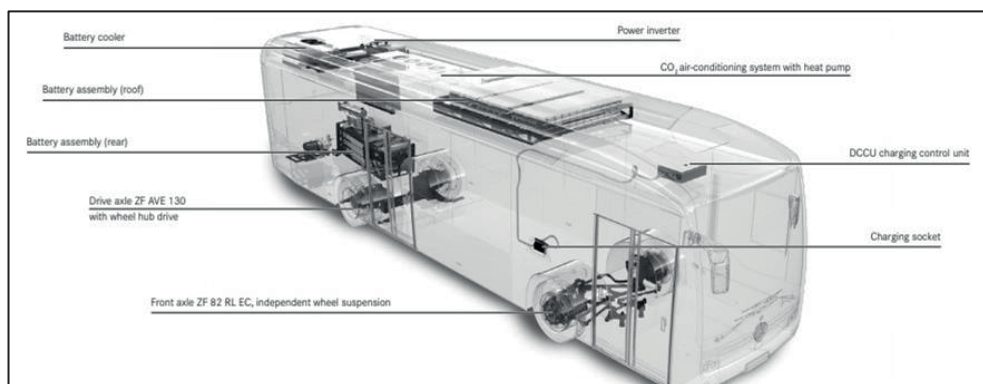
Rys. 4. Charakterystyka silników M 936 G oraz OM 926 [5, 8]

Fig. 4. Characteristics of engine M 936 G and OM 926 [5, 8]

3.2. MERCEDES-BENZ ECITARO – NAPĘD

Ostatnią omawianą jednostką napędową będzie silnik wykorzystujący energię elektryczną. Oznacza to, że nie potrzebuje klasycznego zbiornika paliwa, a jedynie specjalnych akumulatorów, gdzie jest magazynowana energia podczas ładowania. Szczególnie w ostatnich latach można zaobserwować dynamiczny rozwój pojazdów elektrycznych, gdzie głównie kładzie się nacisk na szybkość ładowania, pojemność akumulatorów, a także maksymalny zasięg. Wymaga to specjalnej konstrukcji, która

będzie spełniać wymagania klienta. W tym testowanym modelu tak jak było wcześniej wspomniane jest w sumie 10 akumulatorów rozmieszczonych w ten sposób, że 6 znajduje się na dachu, a 4 w tylnej części autobusu [12]. Aby autobus w pełni naładować potrzeba do tego celu wykorzystać specjalną szybką ładowarkę o mocy 150 kW, która wymaga napięcia o wartości 400 V. Czas ładowania wynosi około 100 minut. Natomiast, żeby zapewnić dłuższą żywotność akumulatorów zaleca się tzw. ładowanie nocne, gdzie potrzebna jest niższa moc. Przy takim wariacie ładowanie zajmie nam około 6 godzin. Co ciekawe opcjonalnie można zamocować pantograf lub szyny ładujące w systemie opportunity charging [9]. Na osi tylnej (zarazem napędowej) znajduje się serce układu napędowego – 2 silniki ZF AVE 130, po jednym na każde koło. Charakteryzują się one sumaryczną maksymalną mocą 250 kW oraz maksymalnym momentem obrotowym 11000 Nm [10].



Rys. 5. Budowa układu przeniesienia napędu dla autobusu Mercedes-Benz eCitaro [11]

Fig. 5. Construction of a drive train for Mercedes-Benz eCitaro bus [11]

4. EKONOMICZNE ASPEKTY ZUŻYCIA PALIWA

4.1. WARUNKI TANKOWANIA/ŁADOWANIA AUTOBUSÓW

Najmniej problemów związanych z tankowaniem przysporzył autobus wykorzystujący ON, ponieważ na zajezdni MZK znajduje się specjalna stacja paliw dedykowana dla tych autobusów. Firma jest stosunkowo niezależna, jeśli chodzi o tankowanie oleju napędowego.

Natomiast CNG przysporzyło największe problemy, ponieważ najbliższa stacja tankowania znajdowała się na zajezdni MPK w Wałbrzychu. Taka podróż trwała około 2,5 godziny, gdzie trzeba przejechać ok. 122km. Niestety sieć takich punktów jest słabo rozwinięta w Polsce (około 30 stacji). Niestety odbija się to na kosztach eksploatacji, dodatkowo trzeba wspomnieć o tym, że trzeba specjalnie wyznaczyć sobie godziny na taką podróż, co sprawia, że taki autobus nie jest w pełni możliwości eksploatawany.

Dla autobusu elektrycznego firma EvoBus używająca do testów pojazd, udostępniła specjalną ładowarkę umożliwiającą szybkie ładowanie, które trwa około 100 minut. Tutaj już niezależnie, gdzie mamy stację ładowania tego czasu nie skrócimy, co również trzeba uwzględnić w logistyce takiego przedsiębiorstwa. Inną przeszkodą jest to, że autobus przejedzie około 150 km, co w przypadku MZK nie jest wystarczające, bo najdłuższe dzienne kursy mają około 355 km długości [12].

4.2. PRZEDSTAWIENIE KOSZTÓW ZUŻYCIA PALIWA

Analizowane wartości pochodzą z różnych okresów. Jest to związane z tym, że 2 pojazdy były testowane. Dla autobusu na olej napędowy dane są z października tego roku. „Gazowiec” jeździł tylko pięć dni w drugiej połowie września 2019r. Natomiast „elektryk” był testowany 14 dni w pierwszej połowie czerwca tego roku. Dodatkowo warto dodać, że w tym roku eksploatowany na stałe Mercedes-Benz Connecto EURO 5 nie przechodził żadnych poważniejszych napraw, wszystkie czynności zawierały się w obsłudze codziennej, czyli tankowanie, dolewanie oleju czy też płynu chłodniczego oraz do spryskiwaczy itp. Poniżej zostały zestawione koszty zużycia paliwa dla poszczególnych autobusów w tab. 3.

Tab. 3. Koszty zużycia paliwa dla autobusów na ON, CNG oraz elektryczny [12]

Tab. 3. Operating costs for buses using Diesel, CNG and electricity [12]

	Autobus na ON	Autobus na CNG	Autobus elektryczny
Liczba przejechanych kilometrów w okresie podanym w podrozdziale 4.2. [km]	6071,25	1348,33	1412,80
Liczba zatankowanego paliwa w okresie podanym w podrozdziale 4.2. [l]	2582,65	346,97	1592,00
Wartość brutto [zł] za zatankowane paliwo	11118,31	1152,29	861,59
Koszt przejechania 1 km [zł/km]	1,83	0,85	0,61
Odniesienie procentowe do powyższego przelicznika w stosunku do autobusu na ON	-	47%	33%
Maksymalna liczba pasażerów w autobusie	88	97	82
Koszt 1 pasażerokilometra [zł]	0,021	0,009	0,007
Odniesienie procentowe do kosztu, który musi ponieść pasażer za przejechanie 100 km w stosunku do autobusu na ON	-	42%	36%

Zarówno dla przelicznika pierwszego jak i drugiego wynika, że najtańszym autobusem jest ten wykorzystujący energię elektryczną. Dla pierwszego przelicznika (koszt przejechania 1 km) jest to wartość około 3 razy mniejsza od bazującego na ON. Natomiast autobus na CNG jest dwukrotnie tańszy od klasycznego na olej napędowy. Warto dodać, że nie został odjęty przebieg oraz co za tym idzie – koszt paliwa związany z tankowaniem „gazowca” w Wałbrzychu.

Przy drugim przeliczniku (koszt 1 pasażerokilometra) warto zauważyć, że różnica punktów procentowych między CNG a „elektrykiem” jest mniejsza. Wynika to z faktu, że pojazd na CNG może zabrać największą ilość pasażerów, podczas gdy na energię elektryczną najmniejszą ilość pasażerów spośród porównywanych autobusów. Ponownie najwyższy koszt posiada autobus napędzany na olej napędowy.

5. PODSUMOWANIE

Na zakup autobusów składa się wiele czynników. Coraz większe znaczenie ma ekologia, również w aspekcie finansowym, ponieważ rozwiązania proekologiczne mogą dostać różnego rodzaju dotacje, dofinansowania czy inne formy gratyfikacji. Dodatkowo warto spojrzeć na to, że proekologiczne technologie są coraz bardziej rozwijane i popularne oraz przyszłościowe.

Jeśli spojrzeć jedynie na koszty związane z tankowaniem, a dokładniej z ładowaniem to najlepiej prezentuje się autobus elektryczny. Dodatkowo ten model posiada największą moc wyjściową silnika spośród wszystkich modeli. Analizowany autobus nie miał dużego zasięgu, ale przykładowo w tym roku, na przełomie sierpnia i września był testowany Yutong E12 (również elektryczny), który na pełnym obciążeniu mógł przejechać około 350 km, co wystarczyłoby na obsłużenie najdłuższych linii przez cały dzień [12].

Autobus na CNG również posiadał dobre wskaźniki finansowe, dlatego stanowi to również ciekawą opcję proekologiczną. Autobus ten jest podobny pod względem obsługi do autobusu na olej napędowy dzięki czemu łatwiej jest przejść na ten typ autobusu niż na elektryczny. Głównym zastrzeżeniem jest jednak to, żeby w pobliżu była stacja tankowania na CNG, albo żeby dana firma postarała się o taki punkt na terenie zajezdni, wtedy koszt eksploatacji będzie niższy i dodatkowo firma będzie mogła lepiej wykorzystać taki autobus, ponieważ nie musimy się martwić dalekimi podróżami do stacji tankowania.

Czy to oznacza, że trzeba rezygnować z autobusów napędzanych na olej napędowy? W miarę możliwości – tak. Wiadomo, że trzeba zbudować lub zorganizować inną infrastrukturę dla autobusów na CNG lub elektrycznych, jednak jak pokazują wyliczenia ten koszt może się szybko zwrócić, szczególnie gdy uda się uzyskać dofinansowanie dla tego typu inwestycji.

LITERATURA

- [1] GIS M., *Przegląd napędów i paliw stosowanych w autobusach miejskich*, Transport Samochodowy, 2017, No.1, 65-84
- [2] https://www.mercedes-benz-bus.com/en_AM/models/conecto-5/facts/technical-data.html (dostęp 30.10.2020r.)
- [3] http://phototrans.eu/14,940371,0,Mercedes_Benz_O530_A30_825.html (dostęp 30.10.2020r.)
- [4] <http://pgnig.pl/cng/o-cng> (dostęp 30.10.2020r.)
- [5] https://www.mercedes-benz-bus.com/content/dam/mbo/markets/common/buy/services-online/download-technical-brochures/images/content/regular-service-buses/conecto/conecto-08-19/TI_Conecto_2019-EN.pdf (dostęp 30.10.2020r.)
- [6] <https://www.tvdami.eu/wiadomosci/2022,w-mzk-testowano-mercedesa> (dostęp 30.10.2020r.)
- [7] http://phototrans.eu/14,1043815,0,Mercedes_Benz_O530_C2_E_Citaro_WPR_5077N.html (dostęp 30.10.2020r.)
- [8] https://ksa.buses.mercedesbenzmena.com/media/1503957/2014_08_01_techinfo_conecto_en.pdf (dostęp 30.10.2020r.)
- [9] https://www.mercedes-benz-bus.com/content/dam/mbo/markets/common/models/citaro/download-special-edition/Omnibus-Magazyn_Wydanie-specjalne_eCitaro_02-2019_pl.pdf (dostęp 30.10.2020r.)
- [10] https://www.zf.com/products/media/product_media/buses_1/product_overview_1/product_overview_axle_transmission_systems.pdf (dostęp 30.10.2020r.)
- [11] <https://daimlerbuses-printshop.com/media/assets/mb-ec-2-en-06-18.pdf> (dostęp 30.10.2020r.)
- [12] Dane uzyskane od Miejskiego Zakładu Komunikacji w Jeleniu Górze
- [13] <http://phototrans.eu/> (dostęp 30.10.2020r.)

THE COMPERATIVE ANALYSIS OF FUEL COSTS AND TECHNICAL SPECIFICATIONS OF MERCEDES-BENZ BUSES USED IN MZK IN JELENIA GÓRA

Key words: bus, electric drive, CNG, Diesel, Mercedes-Benz, MZK in Jelenia Góra, technical specifications, fuel costs

The article presents a comparison of Mercedes-Benz buses that use 3 different types of drive units, each powered by a different source – Diesel, CNG, and electricity. All 3 vehicles were operated at municipal department of transport (MZK) in Jelenia Góra, the presented analyzes are based on data obtained from this company. The analysis concerned the comparison of technical parameters and fuel costs of a given vehicle.

Corresponding author:
e-mail: tubis.monika@gmail.com

Agnieszka DAMIAN
Martyna GÓRNA*

JAKOŚĆ W LOGISTYCE - ANALIZA DETERMINANTÓW JAKOŚCI BRANŻY TSL

Słowa kluczowe: *jakość, zarządzanie, wyznaczniki jakości*

Celem artykułu jest przedstawienie wyznaczników jakości w branży TSL. Praca prezentuje cele i cechy usług logistycznych. Tekst odwołuje się do koncepcji 7 rights jako podstawowego i najważniejszego z wyznaczników jakości. Wskazane zostały także wspólne obszary działań logistycznych i zarządzania. Poruszone zostały tematy bezpieczeństwa łańcucha dostaw oraz wpływu COVID-19 na jakość usług logistycznych.

1. WSTĘP

Jakość to pojęcie, którego używano już w starożytności. Jest ono rozumiane jako stopień spełnienia konkretnych wymagań, stopień doskonałości. Jakość jest odpowiedzią na potrzeby nabywcy, co powoduje, że pojęcie to jest elastyczne, definiowane przez konkretne wymagania i różnorodne, zindywidualizowane potrzeby klienta. Jakość można również definiować z technicznego punktu widzenia. W takim przypadku ocenie podlegają takie aspekty jak: sposób wykonania, materiały użyte do wykonania towaru lub usługi, funkcjonalność, czy niezawodność. Wbrew pozorom, satysfakcjonujący stan finalnego produktu, który trafia do rąk odbiorcy, nie jest efektem kontroli jakości na końcu procesu dostarczenia, lecz wymaga on staranności i dbałości o szczegóły już od momentu produkcji i magazynowania. Jakość więc jest wypadkową odpowiedniego zarządzania cechami produktu. Dążenie do najlepszej jakości daje wiele korzyści – od wzrostu znaczenia na rynku konkurencji po zdobywanie stałych klientów, którzy oczekują usług na najwyższym poziomie.

* Koło Naukowe Innowacyjnych Systemów Transportowo-Logistycznych, Uniwersytet Morski w Gdyni

2. CELE I CECHY USŁUG LOGISTYCZNYCH

Celem usług logistycznych jest świadczenie na rzecz podmiotów gospodarczych oraz osób fizycznych czynności spełniających funkcje logistyczne. Ze względu na rodzaj działań w łańcuchu dostaw, wśród usług logistycznych można wyróżnić:

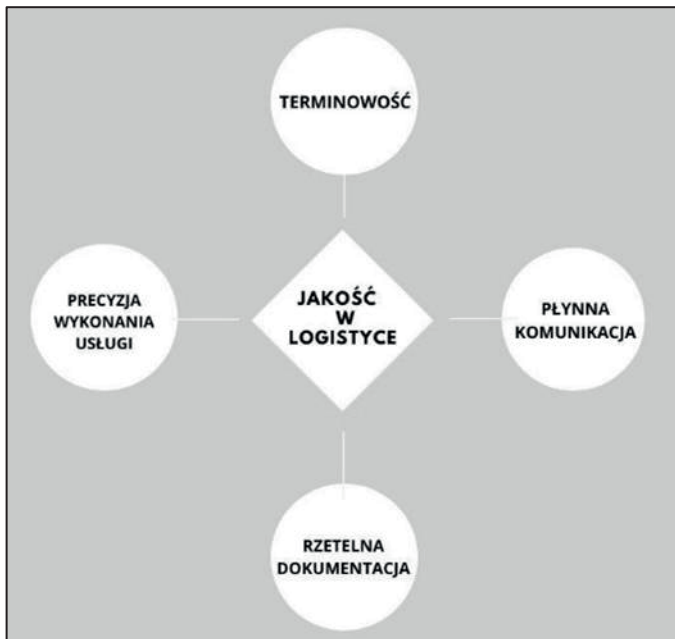
- Usługi spedycyjne – organizowanie przemieszczenia ładunków w imieniu zleceniodawcy na rachunek własny spedytora z wyjątkiem samego transportu.
- Usługi transportowe – przewożenie ładunku w warunkach odpowiednich dla jego podatności transportowej naturalnej, technicznej i ekonomicznej.
- Usługi magazynowania – usługi związane z zarządzaniem zapasami w magazynach.
- Usługi dodatkowe – m.in. dodawanie dokumentów do towarów, etykietowanie, tworzenie zestawów promocyjnych, przepakowywanie, pobieranie należności [3].

Ocena jakości usług związana jest z determinantami jakości, które są rozumiane jako najistotniejsze właściwości, jakimi cechuje się lub cechować się powinna usługa. W usługach logistycznych podstawowym źródłem determinant jakości jest koncepcja 7 right (7R), oznaczająca taką realizację procesów logistycznych, w tym dostawy i zaopatrzenia, aby spełniała następujące warunki [1]:

- właściwy produkt (right product),
- właściwa ilość (right quantity),
- właściwy czas (right time),
- właściwy stan (right condition),
- właściwe miejsce (right place),
- właściwy klient (right customer),
- właściwa cena (right price) [8].

W oparciu o *Council of Logistics Management* jakość w logistyce oznacza spełnienie przez usługodawcę wymagań i oczekiwań klienta, które zostały wcześniej przedstawione i odnoszą się do następujących cech obsługi [1]:

- łatwość uzyskania potrzebnych informacji oraz składowania i przekazywania zamówień,
- terminowych i niezawodnych dostaw zamówionych towarów oraz komunikacji,
- realizacji zamówień w sposób dokładny, pełny i bez uszkodzenia towarów oraz bezbłędnej dokumentacji,
- terminowej i wrażliwej na potrzeby klienta obsługi posprzedażowej,
- dokładnego i terminowego uzyskiwania i przekazywania informacji między działami funkcjonalnymi w firmie oraz między nią i jej zewnętrznymi partnerami w celu wspomagania planowania,
- zarządzania i wykonywania działań wymienionych wcześniej.



Rys. 1. Wyznaczniki jakości w logistyce. Opracowanie własne.
Fig. 1. Quality determinants in logistics.

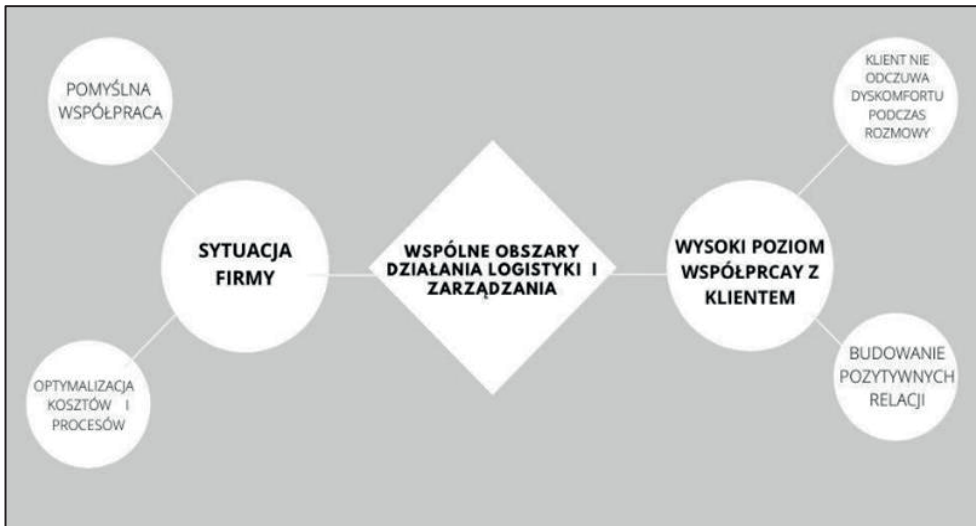
3. USŁUGI LOGISTYCZNE A ZARZĄDZANIE

Budowanie, utrzymanie odpowiedniego poziomu i ochrona jakości odgrywa istotną rolę w zarządzaniu logistycznym. Na przełomie lat można wyróżnić kilka charakterystycznych terminów określających metody dbałości o jakość [6]:

- kontrola techniczna,
- statystyczna kontrola jakości,
- sterowanie jakością,
- odpowiedzialność za wybór,
- zapewnienie jakości,
- zarządzanie jakością,
- strategia jakości,
- TQM,
- TQC.

Działania logistyczne łączą się z zarządzaniem jakością. Wspólnymi obszarami działań są [4]:

- wymagania klienta stawiane są w centrum uwagi,
- optymalizacja przebiegających procesów,
- oddziaływanie na produkt i jego dostawę,
- kreowanie pozytywnych relacji z dostawcami, klientami.

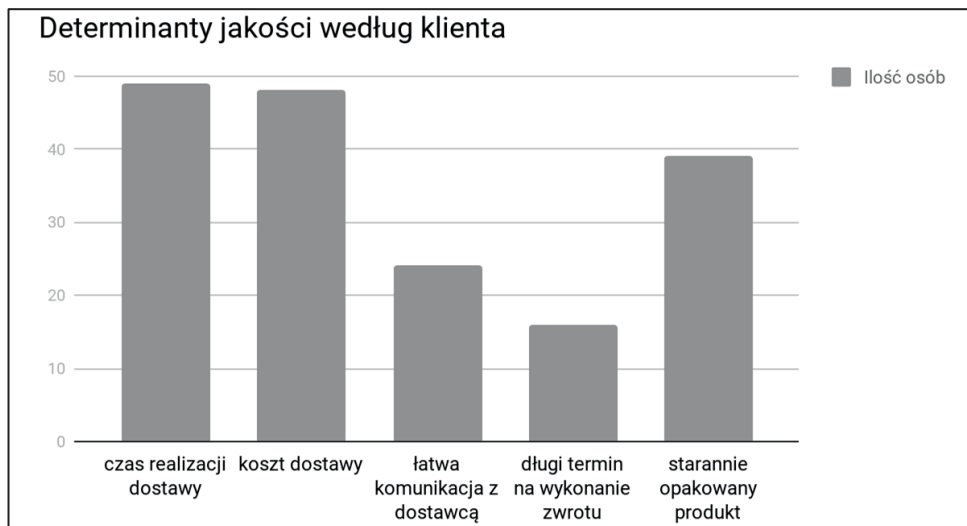


Rys. 2. Obszary wspólne dla logistyki i zarządzania. Opracowanie własne.
 Fig. 2. Common areas for the logistics and management.

Główną dewizą i celem zarządzania jakością w logistyce jest taka organizacja procesów, by spełniała ona potrzeby odbiorcy - klienta. Źródło zainteresowania stanem usług i motywacji do ciągłego ich doskonalenia leży m.in. w obniżeniu kosztów operacyjnych, chęci zdobycia przewagi konkurencyjnej, ale przede wszystkim, w reagowaniu na wymagania klienta - poprzez obsługę, osiągnięcie produktywności, odpowiadanie na jego potrzeby [3]. Takie działania pozwalają przynieść korzyści w każdej płaszczyźnie od magazynowania (zmniejszenie powierzchni magazynowej, redukcja poziomu zapasów) przez ekonomię (redukcja kosztów) po obsługę klienta (polepszenie działania) i zintegrowanie procesów logistycznych [3].

Ze względu na procesowy charakter działalności logistycznej dokonuje się jej oceny w kategoriach: skuteczności, efektywności i elastyczności. Wszystkie te cechy koncentrują się wokół jakości, kosztów i czasu.

Aby sprawdzić aktualność czynników mających największe znaczenie dla konsumentów usług logistycznych, wykonane zostało badanie w formie ankiety na grupie 65 osób (możliwość wielokrotnego wyboru). Ankietowane były osoby od 18 do 50 roku życia.



Rys. 3. Determinanty jakości według klienta. Opracowanie własne.

Fig. 3. Quality determinants according to the customer.

Na podstawie analizy prac naukowych innych autorów oraz przeprowadzonego badania, można usystematyzować wyznaczniki jakości według ich priorytetowości i aktualności [1].



Rys. 4. Główne wyznaczniki jakości. Opracowanie własne.

Fig. 4. Main quality determinants.

4. BEZPIECZEŃSTWO W ŁAĆNUCHU DOSTAW

Pod pojęciem łańcucha dostaw należy rozumieć wszelkie czynności (procesy) związane z przepływem i obróbką towarów, począwszy od etapu pozyskania surowca, aż po dostarczenie towaru odbiorcy końcowemu, jak i przepływ informacji dotyczący tego procesu [7]. Współczesny łańcuch dostaw można porównać z olbrzymią skonfigurowaną siecią, gdzie wszystkie czynniki zależne są od siebie. Usługi logistyczne cechuje kompleksowość, wiele osób czuwa nad produktem, który od producenta przez

magazyn, dzięki dostawcy trafi do klienta. Zarządzanie łańcuchem dostaw prowadzi do odpowiedniej integracji i współpracy wszystkich ogniw. Po dogłębnej analizie negatywnych wpływów, zagrożenia i ryzyka w łańcuchu dostaw, rozważa się, w jaki sposób można poprawić jego bezpieczeństwo. W tym celu działa system zarządzania bezpieczeństwem w łańcuchu dostaw. Obejmuje aspekty działania organizacji, które związane są z nadzorowaniem łańcucha dostaw i mają wpływ na jego bezpieczeństwo. Model systemu zarządzania bezpieczeństwem łańcucha dostaw opisany jest w normach ISO serii 28000. Ma on zastosowanie do każdego rodzaju organizacji na każdym etapie łańcucha dostaw [10].

5. COVID-19 JAKO ZAGROŻENIE DLA WYZNACZNIKÓW JAKOŚCI

Jakość w logistyce jest składową wielu czynników. Jej wielowymiarowość powoduje, że jest podatna na różnego rodzaju zagrożenia od zakłóceń w dostawach wywołanych pogodą, przez wątpliwą jakość surowców, co rzutuje na właściwości finalnego produktu czy usługi [5], aż do nisko standardowej obsługi klienta. Czynniki wprowadzające nieład w zarządzaniu jakością najprościej możemy podzielić na wewnętrzne i zewnętrzne. Aktualnie jednym z wielu zagrożeń dla branży TSL są czynniki zewnętrzne związane z pandemią COVID-19. Pierwszym jej objawem, którego doświadczamy do dziś, było przerwanie łańcucha dostaw z Chin [11], aby zahamować rozprzestrzenianie się wirusa w początkowej fazie. Ta decyzja sparaliżowała pracę portów powodując, że ogromna ilość kontenerów nie wypłynęła w świat. Pandemia wirusa znacząco wpłynęła na wydłużenie czasów dostaw, ze względu na ograniczone przekraczanie granic czy bardziej rygorystyczne i czasochłonne kontrole. Lockdown'y wprowadzane w krajach, miały również wpływ na ekonomię i doprowadziły do niepewności konsumentów co do ich płynności finansowej, a co za tym idzie - do załamania popytu, który w późniejszym czasie gwałtownie wzrósł i obciążył sektor e-commerce oraz firmy kurierskie. We wszystkich tych wypadkach, pandemia uderzyła w priorytetowy wyznacznik jakości, jakim jest właściwy czas.

6. PODSUMOWANIE

Jakość w logistyce jest składową wielu czynników. Głównym motorem do nieustannego jej podnoszenia jest klient. To właśnie jego wymagania są wyznacznikami jakości, a stopień ich spełnienia obrazuje poziom usługi. Zadowolony klient, który powraca do usługodawcy jest certyfikatem jakości, jaką prezentuje firma. Działania logistyczne i zarządzanie jakością mają jeden cel - zaspokojenie potrzeb swojego odbiorcy. Obydwie te dziedziny charakteryzują się podobnymi zasadami i wymaganiami, zatem pozwala to na połączenie ich w ten sposób, aby wykorzystać ich potencjał do sprostania wyzwaniom. Dzięki niebywałej dbałości o bezpieczeństwo na każdym etapie łańcucha logistycznego można mieć kontrolę nad bilansem ewentualnych strat, minimalizować koszty czy obsługiwać zdarzenia niespodziewane. Dążenie do niezawodności i

satysfakcjonowania oczekiwań klienta to profesjonalne podejście w zarządzaniu jakością, które będzie skutkowało wzrostem atrakcyjności na rynku.

LITERATURA

- [1] BIESOK G. *Zarządzanie jakością w logistyce*. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej Bielsko-Biała 2013, 115-118
- [2] CIESIELSKI M. *Logistyka we współczesnym zarządzaniu*. Poznań. Wyd. Akademii Ekonomicznej. 2003
- [3] COYLE J.J., Bardi E.J., Langley Jr. C.J. *Zarządzanie logistyczne*. Warszawa. PWE. 2010, 69-73, 678-679
- [4] DŁUGOSZ J. *Logistyka a koncepcje zarządzania jakością*, 70,74
- [5] GOŹDZIEWSKA-Nowicka A., Antoszak P., *Zarządzanie projektami logistycznymi w branży TSL – czynniki sukcesu i analiza zagrożeń*, Marketing i Rynek nr 7/2017, 232
- [6] KUBAŃSKI M., Bylinko L., B.Owsiak *Logistyka* 5/2012, 111
- [7] MURPHY, P.R. jr., Wood D. F. Nowoczesna logistyka, 119
- [8] MYDLARZ A. *Zarządzanie jakością. Jakość w logistyce. Dlaczego jest równie ważna jak w produkcji?* <https://inzynierjakosci.pl/2018/01/jakosc-w-logistyce/> (dostęp: 12.02.2020)
- [9] SZYMONIK A. *Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw*
- [10] ISO 28000:2007. Specification for security management systems for the supply chain. W: ISO — International Organization for Standardization
- [11] <https://www.logistyka.net.pl/aktualnosci/komentarz-tygodnia/item/90902-rynek-logistyczny-w-czasie-pandemii> (dostęp: 29.10.2020)

QUALITY IN LOGISTICS – ANALYSIS OF QUALITY DETERMINANTS IN THE TSL INDUSTRY

Key words: *quality, management, quality determinants*

The main purpose of the article is to present the quality determinants TSL industry. The article shows the goals and characteristics of the logistics services. It also refers to the concept of 7 rights as a basic and most important of quality determinants. Common areas of logistics and management were revealed. The topics of supply chain security and influence of COVID-19 pandemic on the quality of logistics services on were discussed.

Corresponding author:
e-mail: xx.martynagorna@gmail.com

Paulina KRĘT*

WYKORZYSTANIE BIG DATA W ZARZĄDZANIU ZIELONYM ŁAŃCUCHEM DOSTAW

Słowa kluczowe: *zarządzanie, łańcuch dostaw, nowe technologie, Big Data, ekologia*

Celem artykułu było ukazanie możliwości zastosowania koncepcji Big Data w zarządzaniu zrównoważonym, zielonym łańcuchem dostaw. Temat ten podjęto, ponieważ nowe technologie oraz ekologia są obecnie największymi wyzwaniami dla logistyki. Na początku opracowania skupiono się na krótkim zaprezentowaniu wpływu ekologii na logistykę. Następnie przybliżono znaczenie koncepcji Big Data oraz przedstawiono, jak przejawia się cyfryzacja w zakresie sieci dostaw. Na samym końcu wytypowano możliwości wykorzystania analizy dużych zbiorów danych w zarządzaniu zielonym łańcuchem dostaw.

1. WSTĘP

W ciągu ostatnich lat świadomość społeczna w kwestiach ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju zaczęła dynamicznie się rozwijać. Liczne przedsiębiorstwa w swoich dążeniach do uzyskania przewagi konkurencyjnej na rynku, oprócz zwiększania poziomu obsługi klientów coraz intensywniej koncentrują się na aspektach ekologicznych, które są niezwykle istotne. Efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw, możliwe dzięki doskonaleniu wszystkich procesów zachodzących w jego obrębie oraz sprawnym kształtowaniu jego struktury, coraz częściej dotyka pojęć odnoszących się do praktyk ochrony środowiska m.in. optymalizacji w zakresie szkodliwej emisji spalin i hałasu komunikacyjnego. Na każdym z etapów łańcucha dostaw konieczne jest dogłębne studium relacji występujących pomiędzy jego poszczególnymi ogniwami oraz podejmowanie stosownych decyzji, uwzględniających zapewnienie bezpieczeństwa ekologicznego. Aby działania zarządcze w zakresie realizowania polityki proekologicznej były skuteczne, powinno się je wspierać poprzez analizę dużych zbiorów danych (Big Data), która jest obecnie, niejednokrotnie wykorzystywana do optymalizacji i rozwiązywania procesów decyzyjnych. Połączenie technologii analitycznych oraz ekologicznych innowacji może stać się dla przedsiębiorstwa rozwiązaniem pozwalającym efektywnie zadbać o środowisko naturalne.

*Europejskie Koło Logistyczne Feniks, Politechnika Śląska.

2. EKOLOGIA W LOGISTYCE

2.2. WZROST ZNACZENIA EKOLOGISTYKI

Ekologistyka przykłada spore znaczenie nie tylko do aspektów ekonomicznych, ale także do kształtowania i ochrony środowiska oraz realizacji oczekiwań społecznych, dotyczących m.in. prozdrowotnego, ekologicznego i odpowiedzialnego wykorzystywania posiadanych zasobów oraz bezpiecznego gromadzenia i usuwania odpadów [1]. Dynamiczny rozwój przemysłu w znaczącym stopniu przyczynia się do degradacji środowiska przyrodniczego, zaburza funkcjonowanie ekosystemów i negatywnie oddziałuje na samego człowieka. Zanieczyszczenia przemysłowe, przejawiające się przykład w postaci smogu, powodują olbrzymie, niekorzystne skutki dla organizmów żywych. U ludzi mogą one obejmować bóle głowy, podrażnienie błon śluzowych, rozwój chorób przewlekłych i nowotworowych, utrudnienia w funkcjonowaniu układu oddechowego, czy również obniżenie wydajności pracy narządów. Wzrost świadomości ekologicznej powoduje, że problemy te są coraz częściej poruszane przy formułowaniu polityki i strategii ekologicznego rozwoju przedsiębiorstw, tak aby skoordynować wszystkie pola ich działalności z ochroną gospodarki naturalnej i zdrowia społeczeństwa. W zarządzaniu pojawiają się tendencje do poszukiwania nowych i bardziej proekologicznych rozwiązań, przyczyniających się do minimalizacji licznych zagrożeń środowiskowych. Podejmowane są kroki, które mają na celu kształtowanie wyższej jakości procesów realizowanych w przedsiębiorstwach, na przykład redukcja ilości odpadów i opakowań, rozwijanie systemu recyklingu i gospodarki obiegowej oraz ograniczanie wielkości emisji gazów cieplarnianych powstających np. podczas procesów produkcyjnych i transportowych.

Globalne ocieplenie oraz niebezpieczeństwo degradacji biosfery powodują, że coraz usilniej dąży do tego, by prowadzić swoją działalność w zgodzie i z poszanowaniem środowiska, jednocześnie respektując przepisy prawne obowiązujące w tym zakresie. Żeby stało się to możliwe, konieczne jest odpowiednie planowanie, a następnie realizacja i monitorowanie przepływu dóbr na każdym etapie łańcucha dostaw – od miejsca wytwarzania wyrobów, aż do ich ostatniego użytkownika. Pojawienie się licznych, ekologicznych postulatów, tj.: ochrona różnorodności biologicznej, tworzenie warunków sprzyjających wprowadzaniu systemów zarządzania środowiskowego, przystosowanie do zmian klimatu i wdrożenie zasad zrównoważonego rozwoju fundamentalnie przekształca sposób funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw i łańcuchów dostaw [2].

2.3. ZIELONY ŁAŃCUCH DOSTAW

Pojęcie zielonego łańcucha dostaw można interpretować znacznie szerzej niż jego terminy bliskoznaczne, tj.: ekologistyka, zielona logistyka, logistyka odwrotna, logistyka odzysku czy również pokrewne koncepcje, tj. ekologiczny, zrówno-

ważony lub odpowiedzialny łańcuch dostaw. Mają one węższy zakres pojęciowy i dotyczą jedynie strumienia odpadów, natomiast zielony łańcuch dostaw integruje myślenie proekologiczne z projektowaniem produktu, wyborem i pozyskiwaniem materiałów, optymalnym sterowaniem procesami w całym łańcuchu (od procesów produkcyjnych, po transportowe), kontrolowaniem tych procesów oraz zarządzaniem zwrotami i wyrobami, których cykl życia został zakończony [3]. Całkowity przepływ począwszy od źródła zielonego łańcucha, poprzez wszystkie jego formy pośrednie, aż wreszcie skończywszy na kliencie finalnym nie może powodować szkód w naturalnym środowisku, a także nie powinien przyczyniać się do zwiększenia ilości produkowanych odpadów. Jednocześnie musi on prowadzić do zminimalizowania zużycia wody oraz energii. Bardzo istotne jest również uwzględnienie wzajemnych powiązań i interakcji zachodzących pomiędzy poszczególnymi ogniwami zielonego łańcucha a środowiskiem przyrodniczym.

Najważniejsze elementy, które powinno obejmować zarządzanie zielonym łańcuchem dostaw to:

- ekoprojektowanie, czyli dążenie do zmniejszenia, a nawet całkowitego usunięcia negatywnego wpływu wytwarzanego produktu lub opakowania na przyrodę w całym cyklu jego życia, a także systematyczne poszukiwanie nowych, ekologicznych materiałów i rozwiązań w zakresie ochrony środowiska [4];
- odpowiedni dobór kontrahentów, oparty na wcześniej opracowanych standardach, czyli potwierdzenie zgodności polityki, strategii oraz działań dostawców i usługodawców z zasadami likwidacji zanieczyszczeń i racjonalnego wykorzystywaniu zasobów;
- zielona gospodarka zapasami i zasobami - redukcja, a nawet próba stałego wyeliminowania nadmiaru materiałów i odpadów powstających w procesach produkcyjnych poprzez ich optymalizację, ponowne wykorzystanie, regenerację i recykling [5];
- proekologiczne wytwarzanie – ujęcie niskiego generowania zanieczyszczeń, zredukowania wpływu na gospodarkę naturalną oraz ograniczenia zużycia surowców i energii jako priorytetów w planowaniu i sterowaniu produkcją, a także wtórne wykorzystywanie odpadów poprodukcyjnych i użytkowanie wyłącznie tych materiałów, które są bezpieczne dla środowiska;
- marketing ekologiczny – uwzględnianie w strategii marketingowej interesu społecznego poprzez zaspakajanie potrzeb klientów w kwestii rozwoju procesów dbających o środowisko i równowagę ekologiczną;
- proekologiczna dystrybucja – jest związana ze zwiększoną odpowiedzialnością producentów, ponieważ odpowiadają oni za dostarczenie produktu oraz jego oddziaływanie na środowisko naturalne również w fazie pozakonsumpcyjnej [6];

- logistyka zwrotów – ponowne wykorzystanie i regeneracja produktów oraz opakowań wcześniej wycofanych z użytkowania, a ponadto odpowiednie gospodarowanie odpadami niebezpiecznymi, które nie będzie zagrażało naturze.

Kompleksowe podejście do zarządzania zielonym łańcuchem dostaw obejmujące wszystkie z wymienionych elementów niewątpliwie jest podstawą do projektowania i wdrażania ekoinnowacji, ponieważ uwzględnia wpływ danego łańcucha na środowisko oraz występujące pomiędzy nimi a przyrodą zależności. W przyszłości, oprócz wciąż zwiększającego się poziomu świadomości w kwestii ochrony środowiska naturalnego i chęci zrównoważenia rozwoju przedsiębiorstw, będziemy mogli spodziewać się także przemian w zakresie modelu rozwoju usług logistycznych oraz coraz większego wpływu innowacyjnych i nowoczesnych technologii na zarządzanie. Ekologiczna rekonfiguracja działań i zmiana strategii logistycznej staną się wkrótce niezbędne.

3. CYFROWA TRANSFORMACJA

3.1. KONCEPCJA BIG DATA

Rozwój narzędzi informatycznych oraz technologii zajmujących się rejestrowaniem, przetwarzaniem i udostępnianiem danych spowodował, że z różnych punktów przepływu w łańcuchu dostaw jesteśmy w stanie pozyskiwać ogromne ilości danych biznesowych, na podstawie których przedsiębiorstwo może kreować swoją wiedzę i wykorzystywać ją w celach ekonomicznych. Do eksplozji napływu danych przyczynił się m.in. radykalny wzrost ich źródeł (np. social media, inteligentne systemy transportowe, mobilne aplikacje) i narzędzi ich zbierania, rozwój e-commerce i przyrost transakcji elektronicznych. Dane napływają w czasie rzeczywistym z dużym natężeniem i o dużej różnorodności, dlatego ich przetwarzanie przy użyciu powszechnie dostępnych metod staje się niewystarczające. Koncepcja Big Data oznacza duże ilości cyfrowych, różnorodnych, rozproszonych i zmiennych zbiorów danych gromadzonych oraz udostępnianych poprzez sieci telekomunikacyjne. Zbiory te wymagają innowacyjnych i zaawansowanych technologicznie metod oraz narzędzi umożliwiających przechwytywanie, przechowywanie, dystrybucję, zarządzanie oraz wizualizację i analizę pozyskanych informacji [7]. Jest to więc kompleksowe podejście nie tylko do samych danych, ale i do sposobu prowadzenia analityki biznesowej, która powinna dostarczać użytecznych informacji i przyczyniać się do podejmowania skutecznych decyzji w przedsiębiorstwie.

3.2. CYFRYZACJA ŁAŃCUCHÓW DOSTAW

Cyfryzacja jest procesem polegającym na wprowadzaniu nowoczesnych technologii do sfery technicznej, ekonomicznej, organizacyjnej oraz społecznej w danym przedsiębiorstwie. Odbywa się ona przy użyciu techniki cyfrowej oraz systemów

informatycznych, a oparta jest na danych, które są analizowane i wykorzystywane w celu podejmowania decyzji biznesowych. Celem cyfryzacji jest wprowadzenie do powszechnego użytku urządzeń i systemów cyfrowych oraz wdrażanie nowatorskich produktów i usług, które powiązane są często z nowymi formami zarządzania.

W obrębie logistyki cyfryzacja przejawia się w elementach takich jak:

- Internet Rzeczy (IoT – Internet of Things);
- wszechobecna łączność między wszystkimi działami przedsiębiorstwa i ogniwami łańcucha dostaw;
- aplikacje oraz usługi, które oparte są na chmurach obliczeniowych (cloud computing);
- analityka dużych zbiorów danych (Big Data Analytics);
- automatyzacja i robotyzacja procesów oraz pracy;
- wielokanałowe (multi-channel) oraz wszechkanałowe (omni-channel) modele dystrybucji produktów i usług [8].

Pierwszym etapem adaptacji cyfrowej jest zapewnienie łączności. Odbywa się to poprzez zbieranie, czyszczenie i porządkowanie danych z różnych punktów łańcucha dostaw przy pomocy np.: czujników i automatycznej identyfikacji, Internetu Rzeczy, chmur obliczeniowych. W kolejnym etapie następuje automatyzacja, czyli wprowadzenie do łańcucha dostaw zautomatyzowanych systemów, elementów robotyki i technologii wykonujących powtarzalne zadania. Trzecim etapem jest zaawansowana analityka przewidująca przyszłe wyniki i znajdująca optymalne rozwiązania. Ostatni etap to sztuczna inteligencja, która służy chociażby do prognozowania popytu, planowania łańcucha dostaw, zarządzania magazynem i transportem.

Integracja technologii cyfrowych z łańcuchami dostaw jest obecnie koniecznością w utrzymaniu przewagi konkurencyjnej na rynku. Pozwala ona zapewnić całodobowy i przejrzysty dostęp do informacji oraz narzędzi i mechanizmów, które poprzez połączenie ze sobą usprawniają zarządzanie terminowością dostaw i całą siecią przemieszczania dóbr. Zintegrowane systemy zwiększają przejrzystość monitorowania realizowanych procesów, usprawniają komunikację i kooperację pomiędzy poszczególnymi ogniwami łańcucha, wspomagają podejmowanie decyzji menedżerskich, a także w jednym miejscu dają dostęp do informacji z każdego punktu łańcucha.

4. BIG DATA W ZARZĄDZANIU ZIELONYM ŁAŃCUCHEM DOSTAW

Wykorzystanie Big Data w kształtowaniu zielonego łańcucha dostaw ma olbrzymi potencjał, choć nie jest jeszcze dość powszechne. Umożliwia ono uzyskanie większego wglądu we wszystkie procesy zachodzące w obszarze danego łańcucha, a w oparciu o skuteczne przetwarzanie danych ułatwia projektowanie i tworzenie zrównoważonych systemów. Poprzez integrację cyfryzacji, automaty-

zacji i analizy zwiększają się również szanse na efektywną implementację proekologicznych projektów, które, aby przyniosły zamierzone efekty, muszą być wdrażane w oparciu o raporty i badania wysokiej jakości. Wnioski wyciągnięte na podstawie posiadanych zbiorów danych są wsparciem przy podejmowaniu przez przedsiębiorstwo ważnych decyzji związanych z realizacją programów nakierowanych na ochronę środowiska naturalnego.

Jednym z najistotniejszych działań w zakresie realizacji zrównoważonej polityki danego przedsiębiorstwa jest identyfikacja i wybór odpowiednich kontrahentów, którzy kierują się kryteriami środowiskowymi i celami zrównoważonego rozwoju. Przy podejmowaniu decyzji o nawiązaniu współpracy bardzo pomocna okazuje się analiza optymalizacyjna. Dzięki niej, na podstawie zgromadzonych danych możliwe jest trafne wytypowanie potencjalnych dostawców. Elektroniczne systemy przetwarzające i przechowujące dane pozwalają na szybkie przygotowanie zestawień i obliczeń wspomagających procesy podejmowania decyzji, a ponadto mogą ukazywać nowe rozwiązania projakościowe. W omawianym przypadku Big Data ułatwia znalezienie pewnego kompromisu, przykładowo pomiędzy ceną oferowanych surowców i materiałów, wielkością śladu węglowego oraz jakością dostarczanego towaru, tak aby wskazać podmiot, który proponuje możliwie najwyższej jakości surowce, w korzystnej cenie i przy emitowaniu minimalnej ilości dwutlenku węgla.

Kolejna możliwość wykorzystania analizy Big Data odnosi się do zmniejszania zużycia zasobów i ilości zanieczyszczeń produkowanych przez przedsiębiorstwo. Dzięki wykorzystaniu inteligentnych czujników i bieżącemu monitorowaniu parametrów przez nowoczesne technologie pomiarowe możliwe jest optymalizowanie procesów produkcyjnych pod względem emisji związków gazowych. Dzięki zebranej bazie danych przedsiębiorstwo ma możliwość prześledzić, na których etapach procesu produkcyjnego wydzielane są zanieczyszczenia m.in. metalami ciężkimi, związkami organicznymi i tlenkami azotu, węgla oraz siarki. W punktach krytycznych można zastosować specjalne instalacje sorpcyjne np. adsorbery i absorbery, rozważyć poprawę konstrukcji parku maszynowego, wprowadzić paliwa niskoemisyjne zamiast paliw stałych i ciężkiego oleju opałowego lub zmodyfikować skład mas i wprowadzić do nich dodatki bogate w wapń, które neutralizują szkodliwe kwasy. Monitorowanie procesów dostarcza również informacji o nieefektywnym przetwarzaniu surowców oraz ich nadmiarze. Obecnie na rynku istnieje szereg programów ułatwiających śledzenie stanów magazynowych, które gromadzą i udostępniają dane historyczne. Na ich podstawie opracowuje się raporty i prognozy umożliwiające zrównoważone gospodarowanie posiadanymi zasobami, a także zmniejszenie ich konsumpcji.

W transporcie dane gromadzone są przede wszystkim przez inteligentne systemy transportowe, czyli sieci czujników połączone z systemami informacyjnymi i urządzeniami monitorującymi. Dane mogą być wprowadzane przez kierowcę pojazdu lub pozyskiwane w sposób bezpośredni z urządzenia telematycznego [9].

Na podstawie rejestrów uzyskanych np. z mierników jakości powietrza można wyznaczyć trasę przejazdu, która będzie nie tylko korzystna ekonomicznie, ale i zrównoważona względem środowiska - czujniki dają możliwość śledzenia natężenia ruchu na danym odcinku trasy i kontrolowania poziomu emisji szkodliwych spalin. Big Data usprawnia także projektowanie wydajnych tras w magazynach, aby zminimalizować zużycie paliwa lub energii przez wózki widłowe, drony i podobne pojazdy wykorzystywane w transporcie wewnątrzzakładowym.

Transformacja ekologiczna zachodzi również w obszarze produktów, opakowań i odpadów. Duże zbiory danych pozwalają prześledzić informacje związane z losami produktu po jego wprowadzeniu na rynek, a także mogą zaproponować najbardziej skuteczne strategie marketingowe i wyznaczyć grupę klientów, do której należy je skierować. Dzięki takim działaniom można lepiej przewidywać potrzeby łańcucha dostaw, dokładniej prognozować podaż i popyt oraz realizować zrównoważone dostawy. W ten sam sposób jak losy produktu można śledzić losy opakowań oraz odpadów, tak, aby wyeliminować ich negatywny wpływ na środowisko.

Działania te nie są jeszcze niestety wykorzystywane na wysoką skalę, a spora ilość prób ich implementacji kończy się niepowodzeniem. Niemniej jednak automatyzacja, cyfryzacja i procesy sieciowe są przyszłością gospodarki, tak samo jak eko-innowacje i energooszczędność.

5. PODSUMOWANIE

Ekologia jest niewątpliwie coraz bardziej istotnym tematem, a przeprowadzenie analizy literaturowej ukazało, że w zakresie logistyki dotyka ona praktycznie każdego z jej aspektów. Świadomość społeczeństwa wzrasta, a co za tym idzie wzrastają wymagania wobec działalności przedsiębiorstw i funkcjonowania łańcuchów dostaw. Organy zarządzające przedsiębiorstwami są świadome zmian zachodzących w społeczeństwie, a także konieczności równoważenia skutków działalności przemysłowej. W związku z tym w przyszłości możemy spodziewać się silnego rozwoju innowacyjności proekologicznej, wspieranej przez analitykę dużych zbiorów danych. Efektywne korzystanie z koncepcji Big Data może jednak nastroczać problemów organizacyjnych, gdyż wymaga implementacji licznych narzędzi, z których dane będą pozyskiwane. Jednakże nowoczesne technologie są przyszłością w zarządzaniu łańcuchem dostaw i mogą efektywnie wspierać ekologiczne cele przedsiębiorstw.

LITERATURA

- [1] BARTCZAK K., *Zielony łańcuch dostaw – przykłady zastosowania*, Przedsiębiorczość I Zarządzanie, 2016, vol., Wydawnictwo SAN, tom XVII, zeszyt 12, część 1, str. 23-39
- [2] SZPRĘGLEWSKA P., ZIĘBA M., *Ekologia jako nowy pomysł na sukces. Rozwój łańcucha dostaw z uwzględnieniem ochrony środowiska*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie, 2013, nr 60, str. 111-125
- [3] SRIVASTAVA S.K., *Green supply-chain management: A state-of-the-art. Literature review*, International Journal of Management Reviews, 2007, vol. 9, issue 1, str. 53-80
- [4] PISAREK A., *Od szczupłego do zielonego zarządzania łańcuchem dostaw na przykładzie branży motoryzacyjnej*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 2018, nr 505, str. 243-262
- [5] MARYNIAK A., *Aktywności prośrodowiskowe realizowane w łańcuchach dostaw*, Autobusy, 2018, nr 6, str. 1074-1077
- [6] BRANDYS A., *Marketing ekologiczny – założenia, perspektywy*, Zeszyt Naukowy Wyższej Szkoły Zarządzania i Bankowości w Krakowie, 2013, nr 27, str. 53-65
- [7] GANDOMI A., HAIDER M., *Beyond the hype: Big Data concepts, methods and analytics*, International Journal of Information Management, 2015, vol. 35, issue 2, str. 137-144
- [8] GREWIŃSKI M., *Cyfryzacja i innowacje społeczne – perspektywy I zagrożenia dla społeczeństwa*, Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie, 2018, nr 1, str. 19-29
- [9] WAŻNA A., *Wpływ inteligentnych systemów transportowych na oszczędność czasu w transporcie pasażerskim*, Logistyka, 2014, nr 6, str. 10963-10969

USE OF BIG DATA IN GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Key words: *management, supply chain, new technologies, Big Data, ecology*

The aim of the article was to show the possibility of applying the Big Data concept in the management of a sustainable, green supply chain. This topic was taken up because new technologies and ecology are currently the greatest challenges for logistics. At the beginning of the study, the impact of ecology on logistics was briefly presented. Then, the meaning of the Big Data concept and how the digitization of the supply network manifests itself were shown. Finally, the possibilities of using data analysis in green supply chain management were selected.

Corresponding author:
e-mail: paulinaakret@gmail.com

Paulina KEPA
Klaudia DEREN^{*}

ROZBUDOWA KORYTARZY LOGISTYCZNYCH JAKO ROZWÓJ TRANSPORTU W EUROPIE

Słowa kluczowe: *korytarze logistyczne, blue banana, transport w Europie, rozwój logistyki, transport towarowy, łańcuch dostaw*

Tematem artykułu jest rozbudowa sieci korytarzy logistycznych w Europie. Zostały w nim przedstawione obecne i prognozowane problemy dalekobieżnego transportu towarowego oraz szanse rozwoju transportu w Europie poprzez wyznaczenie nowych korytarzy logistycznych wraz z innowacyjną infrastrukturą, dającą możliwość wykorzystania pojazdów alternatywnych oraz transportu multimodalnego. Druga część artykułu skupiona jest na udziale Polski w powyższych rozwiązaniach oraz na wpływie nowych korytarzy logistycznych na gospodarkę naszego kraju.

1. WSTĘP

Branża TSL jest jedną z najdynamiczniej rozwijających się branż w dzisiejszych czasach. Coraz większa część społeczeństwa zaczyna prowadzić konsumpcyjny styl życia, a na całym świecie wzrasta globalizacja. Ludzie przestają kupować jedynie lokalne produkty. Wraz z biegiem czasu ich wymagania stały się coraz bardziej powszechne – pragną sprowadzać również produkty zagraniczne. Przekonuje ich do tego lepsza jakość oraz stosunkowo niska cena. Za przepływ towarów z fabryk do konsumentów odpowiedzialna jest branża TSL. W związku z tym, aby zaspokoić popyt ludności na towary z różnych krańców Europy, zaczęto korzystać z korytarzy logistycznych. Są to trasy, łączące najbardziej znaczące punkty w łańcuchu dostaw. Towary, które są przewożone takimi korytarzami, mogą być transportowane drogą lądową lub wodną. W skład korytarzy logistycznych wchodzi m.in. porty, centra dystrybucyjno-logistyczne, liczne autostrady.

^{*} Koło Naukowe „Logistics”, Politechnika Wroclawska

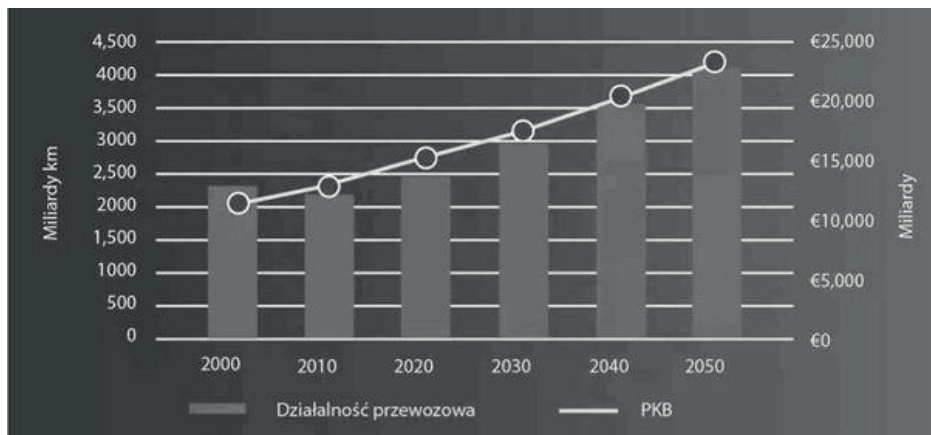
2. POWSTANIE PIERWSZEGO KORYTARZA LOGISTYCZNEGO

Pod koniec XX wieku francuski geograf Roger Brunet zauważył niesamowitą specyfikę obszaru, rozciągającego się łukiem od Anglii przez Belgię, Holandię, zachodnie Niemcy, Austrię aż do północnych Włoch. Obecnie jest to gęsto zaludniony i wysoko zurbanizowany rejon, który dzięki dobrym warunkom klimatycznym, żyznym glebom oraz licznym złożom surowców mineralnych przez wieki stanowił gospodarcze centrum rozwojowe kontynentu. Obszar ten kształtem przypomina banana, a że na ilustracjach często zaznaczany był kolorem niebieskim to na stałe przyjął nazwę „blue banana” (z ang. niebieski banan). Pomimo znacznych zmian gospodarczych w Europie obszar ten nadal pozostaje wielkim centrum usługowym i innowacyjnym [11]. Gęstość zaludnienia na tym terenie waha się pomiędzy 300 a 400 os/km², więc zapotrzebowanie na różnego rodzaju towary jest ogromne. W związku z tym w sposób naturalny powstał na tym obszarze pierwszy w Europie korytarz logistyczny o tej samej nazwie – „blue banana”. Przebiega on przez porty w krajach Beneluksu, Nadrenię w Niemczech aż do Lombardii w północnych Włoszech, a ze względu na coraz większe znaczenie portów śródziemnomorskich w przyszłości może on zostać wydłużony do Genui we Włoszech [4].

3. ROZBUDOWA SIECI KORYTARZY LOGISTYCZNYCH

3.1. OBECNE PROBLEMY TRANSPORTU

Branża TSL rozwija się bardzo dynamicznie, kształt łańcuchów dostaw bardzo szybko się zmienia, a na zachodzące zmiany mają wpływ różne czynniki - od tych ekonomicznych, poprzez ekologiczne aż do kadrowych. Wzrost kosztów transportu, przepełnione drogi, niedobory pracownicze, rozwój handlu internetowego i ciągle rosnące zapotrzebowanie na przewozy towarowe są czynnikami wymuszającymi wprowadzenie szerokopasmowych i długotrwałych rozwiązań logistycznych. Według opublikowanego przez firmę Cushman & Wakefield w 2019r. raportu pt. „The Changing Face of Distribution: The Shape of Things to Come” w ciągu najbliższej dekady wolumen przewozów towarowych wzrośnie o 22%, natomiast z prognoz Eurostatu wynika, że w latach 2010-2050 popyt na usługi transportowe w Europie wzrośnie o 182% (rys. 1).



Rys. 1. Prognozy dotyczące popytu na transport towarowy w latach 2000-2050 w UE [6]
 Fig.1 Forecast of the demand for freight transport in 2000-2050 in UE [6]

Tak dynamiczny wzrost będzie wymagał odpowiednich rozwiązań. Z racji tego, że obecny transport długodystansowy nie jest w najlepszej kondycji, generuje on bowiem wysokie koszty, dużą emisję spalin i stosunkowo długi czas przewozu towarów. Ponadto samochody mogą napotkać na swojej drodze wiele przeszkód, takich jak np. wypadki, awarie czy korki - co dodatkowo wydłuża czas przejazdu [6].

Negatywny wpływ transportu na środowisko oraz ciągle rosnące ceny paliw będą wymagały od przedsiębiorców wdrażania zmian w zakresie organizacji łańcuchów dostaw, środków transportu oraz źródeł paliw. Według wymagań Komisji Ochrony Środowiska Naturalnego, Zdrowia Publicznego i Bezpieczeństwa Żywności Parlamentu Europejskiego emisja spalin z wszystkich nowych samochodów w UE do 2030r. ma być ograniczona o 45%. Ponadto 40% sprzedawanych samochodów osobowych i dostawczych mają stanowić pojazdy bezemisyjne (elektryczne) i niskiemisyjne (np. hybrydowe) [8]. Najprostszą i najszybszą drogą do redukcji emisji CO₂ jest zwiększenie udziału biopaliw. Jest to jednak rozwiązanie dość krótkotrwałe, ponieważ według prognoz w 2050r. obecnie znane i wykorzystywane biopaliwa będą w stanie zasilić jedynie 1/5 pojazdów. Jednakże jest ogromna szansa, że do tego czasu większość pojazdów będzie zasilana elektrycznie. Co prawda takie rozwiązanie będzie wymagało ogromnych nakładów finansowych na infrastrukturę, którą będzie trzeba w pełni dostosować do tego typu pojazdów, ale w zamian za to koszty operacyjne mogą zmniejszyć się nawet o 40% w porównaniu z pojazdami ciężkiej klasy tonażowej z silnikami wysokoprężnymi [3]. Dużym ułatwieniem dla elektryfikacji transportu dalekobieżnego byłyby przystosowane do tego autostrady, co zostało ujęte przy wyznaczaniu nowych korytarzy logistycznych.

3.2. SZANSA NA ROZWÓJ TRANSPORTU W EUROPIE

Jednym z rozwiązań na problemy transportu w Europie mogą stać się nowe korytarze logistyczne. Usprawnią one przepływ towarów dzięki nowoczesnej infrastrukturze i wykorzystaniu innowacyjnych technologii. Nowe korytarze zostały wytyczone w taki sposób, żeby umożliwiały transport multimodalny oraz wykorzystanie alternatywnych paliw i pojazdów elektrycznych. Łączenie kilku gałęzi transportu w ramach transportu multimodalnego ułatwia przepływ towarów. Ponadto minimalizuje koszty, a jednocześnie podnosi jakość usług. Pozwala to na przewiezienie większej partii załadunku i zarazem obniża niebezpieczeństwo uszkodzenia towaru. Transport multimodalny daje wiele wariantów przewozu, jednak praktycznie w każdym z nich występuje transport samochodowy, dlatego tak ważne jest jego usprawnienie [12].

Obecnie jest to najlepsze rozwiązanie dla kontrahentów, chcących szybko i sprawnie, a jednocześnie niedrogo i bezpiecznie przewozić różne rodzaje ładunków na duże odległości.

3.3. WYZNACZENIE NOWYCH KORYTARZY LOGISTYCZNYCH

W najbliższych latach wyodrębnione zostaną kolejne korytarze logistyczne. Będą one miały pozytywny wpływ na rozwój logistyki w Europie. Korytarze te jednak nie będą wyznaczone na stałe. Ich obszary będą ewoluować wraz ze zmianami gospodarczymi, politycznymi oraz rozwojem technologicznym. Według analityków z firmy Cushman & Wakefield oprócz istniejącego już „blue banana” wyodrębniono aż siedem nowych korytarzy. Nazwano je wg krain geograficznych, które będą obejmować [6]. Oto one:

- Korytarz brytyjski - korytarz zaplanowany w ramach zapewnienia płynności w przepływie towarów wewnątrz Wielkiej Brytanii oraz pomiędzy nią a Europą. W skład korytarza wchodzi m.in. porty morskie Dun oraz Brighton. Obecnie porty nie służą jedynie jako punkty tranzytowe. Są one domem dla wielu innych rodzajów działalności gospodarczej. Wokół nich istnieją nowoczesne strefy logistyczne. Ważny jest również fakt, że w skutek Brexitu zaczyna rosnać znaczenie łańcuchów dostaw na terenie kraju. Brighton Marina to jedna z największych przystani w Wielkiej Brytanii i na świecie. Obejmuje 127 akrów i rozciąga się na 1100 metrów wzdłuż klifów w Black Rock i ponad 600m w głąb morza. Jest to jeden z ważniejszych punktów w korytarzu brytyjskim [10].
- Korytarz irlandzki – jedną z głównych tras wymiany towarowej jest szlak morski pomiędzy portami w Cork i Dublinie (Irlandia), a portami w Zeebrugge i Antwerpii (Belgia). Pomiędzy portami Cork oraz Zeebrugge w kwietniu 2020r. rozpoczęto usługę „Ro-Ro”, która polegała na cotygodniowym przepływie statku towarowego pomiędzy tymi portami. Rejsy te odgrywały szczególną rolę podczas pandemii Covid-19, ponieważ pozawalały podtrzymać łańcuch

dostaw w Porcie Cork, który ciągle szuka sposobów na zwiększenie swojej działalności przewozowej. Ponadto powstaje bezpośrednie połączenie towarowe z sercem Europy [1].

- Korytarz iberyjski – korytarz, rozciągający się od Portugalii po Niemcy. Hiszpania i Portugalia posiada wykwalifikowaną i stosunkowo tanią siłę roboczą, co przyciąga do siebie zagraniczne firmy. Szczególne zainteresowanie Hiszpanią widać pośród niemieckich firm motoryzacyjnych. Z kolei Francja prowadzi największą wymianę towarową z Niemcami. Powstawanie nowych firm na tych terenach przyczyni się do rozwoju transportu w Zachodniej Europie. Dobrym przykładem jest francuska firma Eiffage, która finansuje budowę dróg na trasach do swoich klientów. Najśłynniejszym wybudowanym przez nią obiektem jest wiadukt Millau na trasie autostrady A75 nad doliną rzeki Tarn [5].
- Korytarz środkowoeuropejski – jeden z najlepiej skomunikowanych dotychczas korytarzy. Efektywność dystrybucji zwiększyły inwestycje w ramach transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T). Korytarz ten może zostać połączony z „blue banana” pod warunkiem, że do korytarza środkowoeuropejskiego zostanie dołączona również Bolonia i Mediolan w północnych Włoszech. Spowoduje to intensyfikację połączeń multimodalnych [6].
- Korytarz Morza Północnego - korytarz, który ma połączyć port w Hamburgu z Kopenhagą i Malmö, który jest bramą Danii, Szwecji oraz do całego Morza Bałtyckiego. Przepustowość znacznie się zwiększy w 2021r., kiedy zostanie ukończony tunel pomiędzy Rødby (Dania) a Puttgarden (Niemcy), który będzie dostępny dla pojazdów ciężarowych i pociągów towarowych.
- Korytarz Morza Czarnego – w jego skład wchodzi jeden z głównych szlaków handlowych w Europie „Ren-Dunaj”. Duże znaczenie na rozwój dystrybucji w wyniku powstania tego korytarza może mieć dobre połączenie z Rumunią. Dostępna jest tam tania siła robocza, zatem zmniejszone zostaną koszty na wynagrodzenie pracowników. W wyniku powstania korytarza zwiększy się gęstość zaludnienia na jego obszarze. Ludzie zaczną osiedlać się w pobliżu nowopowstałych magazynów i centrów dystrybucji w celu podjęcia pracy i chęci zapewnienia sobie życia na wyższym poziomie.
- Korytarz bałtycki – rozwiązanie, pozwalające na wzrost znaczenia krajów nadbałtyckich jako lokalizacji przemysłowych. Będzie ono możliwe dzięki wybudowaniu sieci autostradowej, drogowej i kolejowej w ramach TEN-T, łączącej te kraje z Polską, Czechami, Niemcami oraz Finlandią. W skutek tego powstanie nowy korytarz dystrybucyjny. Wiadomo również, że Łotwa przykładą dużą wagę do rozwoju transeuropejskich sieci połączeń transportowych – Rail Baltica i Via Baltica, jak również dąży do wpisania połączeń Wschód-Zachód na listę priorytetów unijnych [7].

Występują również inne obszary, gdzie takie korytarze logistyczne doskonale by się sprawdziły. Oprócz wymienionych wyżej przykładów, mogłyby powstać m.in. korytarz:

- Śródziemnomorski – obejmowałyby tereny, leżące na wybrzeżach Morza Śródziemnego, Adriatyckiego, Liguryjskiego, Tyrreńskiego, Jońskiego oraz Egejskiego. Znajdują się tam państwa, które słyną z eksportu różnych towarów na całą Europę. Przykładowo, dzięki powstaniu tego korytarza i zwiększeniu wymiany handlowej z Turcją, odzież i tekstylia szybciej i taniej trafiłyby do konsumentów w różnych państwach europejskich. Z racji tego, że Turcja nie jest w Unii Europejskiej, taka forma współpracy państw w sektorze logistyczno-transportowym ułatwiłaby przepływ towarów między Turcją a Europą oraz zwiększyła wolumen transportowanych produktów.

Ponadto na wyżej wymienionych morzach znajduje się dużo wysp, które są chętnie odwiedzane przez turystów. Ważne jest zatem usprawnienie dostaw na te tereny oraz zwiększenie różnorodności towarów. Wspólnie państwa mogłyby opracować strategię transportu wodnego pomiędzy nimi. Przykładowo, mogłyby wybrać wyspę Kreta jako główne centrum logistyczno-dystrybucyjne, gdyż znajduje się na granicy archipelagu i zajmuje stosunkowo dużą powierzchnię. Stamtąd mniejszymi statkami towary zostałyby transportowane w głąb Morza Egejskiego.

Jeśli przedstawione pomysły zostaną wdrożone w życie na przestrzeni najbliższych lat, przepływ towarów w Europie stanie się dużo lepiej zorganizowany. Dostawy będą szybsze, bezpieczniejsze oraz tańsze. Wymaga to jednak wielu inwestycji, które pomogą w stworzeniu korytarzy. Prognozuje się, że wkład finansowy na rozwój transportu dalekobieżnego zwróci się z zyskiem w stosunkowo niedużym odstępie czasu. Warto zatem zainwestować, aby przez lata cieszyć się zwiększonym zadowoleniem klientów ze względu na krótszy czas oczekiwania na zamówione towary. Ponadto w wyniku ciągłego rozwoju handlu elektronicznego i coraz większej konkurencji na rynku transportowym czas dostarczenia towaru będzie znaczącą kwestią.

Rozbudowanie „blue banana” o wszystkie wyżej wymienione korytarze logistyczne pozwoli stworzyć jeden, wielki korytarz, który będzie w stanie dostarczyć produkty ze wszystkich krańców Europy w niemożliwym dotąd czasie. Jest to zatem wielki krok dla transportu towarowego w Europie i warto go wcielić w życie.

4. WPŁYW NOWYCH KORYTARZY LOGISTYCZNYCH NA GOSPODARKE POLSKI

4.1 POLSKA WAŻNĄ CZĘŚCIĄ EUROPEJSKIEJ SIECI DYSTRYBUCJI

Rozbudowa korytarzy logistycznych ma duży wpływ na gospodarkę Polski. Zarówno korytarz środkowoeuropejski, jak i korytarz bałtycki są związane z polskim rynkiem powierzchni magazynowo-przemysłowych. W ostatnich latach nastąpił dynamiczny rozwój branży magazynowej, co usprawnia procesy łańcucha dostaw firm polskich jak i zagranicznych. Wiele firm decyduje się ulokować w naszym kraju swoje centra dystrybucyjne o nawet kilkuhektarowej powierzchni ze względu na

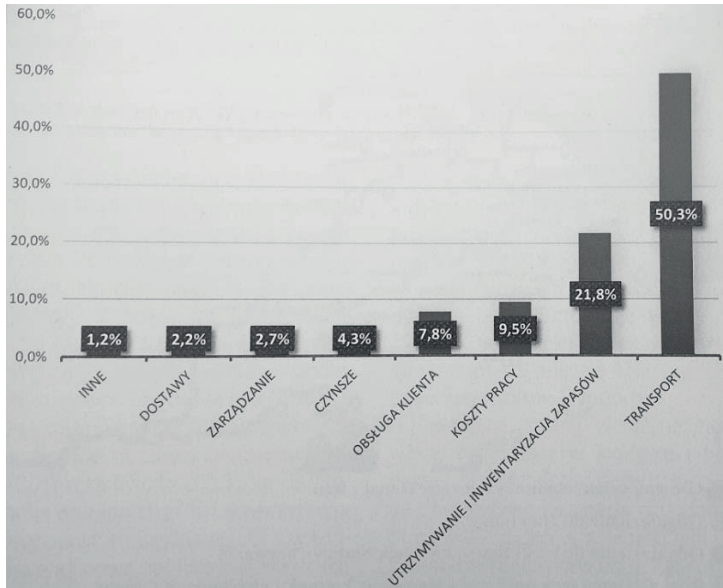
stosunkowo niskie koszty pracy oraz wysoką wydajność pracowników w porównaniu do innych państw europejskich. Lokalna infrastruktura również sprzyja inwestycjom zagranicznym. Z roku na rok wzrasta liczba autostrad i dróg ekspresowych, znacznie poprawia się jakość dróg, co znacznie zmniejsza czas dostaw towarów. Powstałe firmy nie tylko zaspokajają rynek krajowy, ale również wysyłają swoje produkty na dalsze części kontynentu.

4.2 KORYTARZ ŚRODKOWOEUROPEJSKI NA OBSZARZE POLSKI

Wybudowanie swoich centrów logistycznych opłaca się firmom, których towary docelowo mają trafić zarówno na wschód, zachód oraz na południe Europy. Firmy, w których największy popyt na ich produkty jest w Europie Wschodniej, lokując swoje magazyny w Polsce, mają szansę na skrócenie czasu dostawy produktu do klienta. Ponadto, mają szansę na pominięcie części opłat podczas transportu towaru, gdyż skracają trasę o setki, a nawet tysiące kilometrów. Natomiast Polska Zachodnia jest obszarem, gdzie swoje inwestycje lokują głównie niemieckie firmy, które chcą obniżyć koszty zatrudnienia pracowników i budowy magazynów. Tereny przygraniczne są zatem dla nich bardzo atrakcyjne i skłaniają do przeniesienia części operacji logistycznych za ich wschodnią granicę.

Budowa centrów logistycznych firm międzynarodowych sprzyja rynkowi krajowemu Polski. Wielu Polskich przedsiębiorców korzysta na tym, powiększając swoje firmy transportowe. Widać to m.in. na ilości ciągników siodłowych rejestrowanych w Polsce w ostatnich latach. W 2003 roku było ich zaledwie 121 657, natomiast w 2018r. liczba ta wzrosła aż do 420 007. Największy przyrost możemy zaobserwować w latach 2014-2018, gdyż w przeciągu tych 4 lat liczba ciągników powiększyła się aż o 100 tysięcy [9].

Inwestycje międzynarodowe sprzyjają zmniejszeniu bezrobocia w Polsce. Polacy mogą znaleźć pracę zarówno w zakładach produkcyjnych, centrach dystrybucyjnych lub jako kierowcy. Stworzenie kolejnych korytarzy logistycznych spowoduje powstanie jeszcze większej ilości oddziałów firm zagranicznych. Wg danych na 2019r. w Polsce znajduje się obecnie 15 mln m^2 powierzchni magazynowej, a w budowie są już kolejne 2 mln m^2 [2]. Jak wynika z wykresu, na którym zestawiono koszty logistyki (rys. 2.), transport pochłania aż połowę tych kosztów. Zatem budowa magazynów w różnych częściach Europy jest ważnym elementem ekonomii firmy. Jako że Polska jest krajem, graniczącym z państwami spoza Unii Europejskiej, to właśnie ona jest najlepszym miejscem na lokalizację oddziałów firm. Z Polski mają najkrótszą drogę do krajów Wschodniej Europy.



Rys. 2. Zestawienie kosztów logistyki w % (wg raportu C&W) [6]

Fig. 2. The chart of the costs in logistics in % (according to C&W report) [6]

4.3. KORYTARZ BAŁTYCKI NA OBSZARZE POLSKI

Korytarz bałtycki będzie miał olbrzymi wpływ na wzrost znaczenia Polski na arenie międzynarodowej jako lokalizacji przemysłowej. Jeśli zostanie wybudowana sieć autostradowa, drogowa i kolejowa w ramach TEN-T Polska będzie miała szansę na zwiększenie bezpośredniej wymiany handlowej z państwami nadbałtyckimi i skrócenie czasu transportu towarów. Z racji bardzo dobrze rozwiniętej branży Hi-Tech w krajach skandynawskich, Polska będzie miała lepszy dostęp do nowoczesnych technologii. Dużo zyskają również kraje nadbałtyckie, które uzyskają jeszcze lepszy dostęp do centrum Europy.

4.4. NEGATYWNE SKUTKI ROZWOJU TRANSPORTU W POLSCE

Negatywne skutki, związane z działalnością korytarzy dystrybucyjnych w Polsce, również będą odczuwalne. Najszybciej dostrzeże je społeczeństwo polskie w ich codziennym życiu. Jeśli przez Polskę będzie przechodził którykolwiek z korytarzy, zwiększy się ruch uliczny. Jeśli nie zostanie wybudowana wystarczająca ilość dróg, autostrad, a przede wszystkim obwodnic dużych miast, zaczną powstawać korki uliczne. Państwo będzie musiało zatem przekazać kapitał finansowy na rozbudowanie sieci drogowej, remont istniejących dróg oraz inne znaczne inwestycje infrastrukturalne. Większe natężenie ruchu spowoduje bowiem szybsze zużycie powierzchni drogowych. Wzrośnie również ryzyko wystąpienia wypadków drogowych.

5. PODSUMOWANIE

W odpowiedzi na stale rosnące zapotrzebowanie na usługi transportowe w całej Europie dąży się do jak największej liczby innowacyjnych rozwiązań, które chociaż częściowo usprawnią przepływ towarów. Korytarze logistyczne są dużym projektem, który może mieć bardzo pozytywny wpływ na obecną sytuację transportową, ponieważ oprócz sieci autostrad, linii kolejowych, portów morskich, lotnisk i nowoczesnych centrów logistycznych mają one posiadać wiele nowatorskich rozwiązań, sprzyjających ekologii. Ponadto prognozuje się, że takie korytarze mogą przynieść globalne korzyści, wynikające z rosnącego potencjału logistycznego i ciągle wzrastającego popytu na powierzchnie magazynowe i przemysłowe. Znaczny przyrost liczby nowych terminali i centrów logistycznych będzie się łączył ze zwiększonym popytem na pracowników nie tylko magazynowych, ale również budowlanych czy administracyjnych. Intensywny rozwój tej gałęzi gospodarki będzie również prowadził do poszukiwania innowacyjnych rozwiązań i usprawniania procesów. Na rozwoju sieci korytarzy logistycznych w dużej mierze skorzysta Polska, ponieważ ze względu na swoje położenie w centralnej Europie, stanowi ona ważny punkt dystrybucyjny. Wraz z poprawą jakości i ilości dróg ekspresowych i autostrad można zauważyć coraz większe zainteresowanie dużych firm logistycznych, które na terenie naszego kraju chcą budować swoje centra. Ma to również ogromne znaczenie dla miejscowych firm transportowych, ponieważ często międzynarodowi przedsiębiorcy decydują się na korzystanie z usług lokalnych przewoźników.

LITERATURA

- [1] https://afloat.ie/port-news/port-of-cork/item/46097-new-route-to-mainland-europe-as-port-of-cork-is-to-welcome-launch-of-ro-ro-service-by-cldn?fbclid=IwAR2H7sNoMp-sFi1iWFj4PfhHDEhEkjGdwJAEAcGuGeU1dEjbg_0pspb770BE (dostęp 30.10.2020r.)
- [2] <https://www.pb.pl/logistyka-skreca-na-wschod-952913> (dostęp 30.10.2020r.)
- [3] <https://www.auto-motor-i-sport.pl/ciezarowki-i-autobusy/Paliwa-alternatywne-i-alternatywne-zespoly-napedowe-zdaniem-Scanii,36369,1> (dostęp 30.10.2020r.)
- [4] https://pl.wikipedia.org/wiki/Europejski_banan (dostęp 30.10.2020r.)
- [5] <https://inzynieria.com/budownictwo/rankingi/49891,najwieksze-firmy-budowlane-w-europie-w-2017-r,pozycja-rankingu-amerykanska-rafineria-w-port-arthur-texas-usa> (dostęp 30.10.2020r.)
- [6] „*Kluczowe europejskie korytarze logistyczne- raport Cushman&Wakefield*”, „Logistyka” 2019/1, str.30-38
- [7] „*Lotwa - sytuacja gospodarcza i współpraca gospodarcza z Polską*”, Ministerstwo Technologii i Cyfryzacji (dostęp 30.10.2020r.)
- [8] <https://spidersweb.pl/autoblog/normy-emisji-spalin-w-2030/> (dostęp 30.10.2020r.)
- [9] <https://www.polskawliczbach.pl> (dostęp 30.10.2020r.)
- [10] <http://www.ports.org.uk/port.asp?id=111> (dostęp 30.10.2020r.)
- [11] <https://ciekawie.org/2015/06/16/slyszeliscie-moze-o-europejskim-bananie-nie-chodzi-tu-o-owoc/> (dostęp 30.10.2020r.)
- [12] <https://infocar.net.pl/transport-multimodalny-co-to-jest-i-jakie-sa-jego-zalety.html> (dostęp 30.10.2020r.)

THE EXTENSION OF LOGISTIC CORRIDORS AS A DEVELOPMENT OF TRANSPORT IN EUROPE

Key words: *logistic corridors , blue banana, transport in Europe, development of logistics, freight transport, supply chain*

The topic of the article is the expansion of the network of logistic corridors in Europe. It presents the current and projected problems of long-distance freight transport and the opportunities for the development of transport in Europe through the designation of new logistic corridors with innovative infrastructure, giving the opportunity to use alternative vehicles and multimodal transport. The further part of the article focuses on Poland's participation in the above solutions and on the impact of new logistic corridors on our country's economy.

Corresponding author:

e-mail: paulinakepa111@gmail.com

Przemysław KUJDA
Karolina PAWLAK*

EKOLOGICZNE ROZWIĄZANIA ZRÓWNOWAŻONEGO TRANSPORTU PUBLICZNEGO – NISKOEMISYJNOŚĆ I BEZEMISYJNOŚĆ ŚRODKÓW KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

Słowa kluczowe: *ekologia, zrównoważony transport publiczny, niskoemisyjność, bezemisyjność, środki transportu zbiorowego, transport miejski*

Celem opracowanego referatu jest pokazanie zalet i wad poszczególnych rozwiązań zrównoważonego transportu publicznego w kierunku szeroko pojmowanej ekologii. Wdrożenie zaproponowanych możliwości wyboru niskoemisyjnego lub bezemisyjnego środka transportu publicznego może przyczynić się do poprawienia jakości życia w mieście przez znaczne zmniejszenie emisji szkodliwych substancji oraz może mieć pozytywny wpływ na środowisko naturalne jak i zdrowie człowieka. Przedstawione zostały również aspekty ekonomiczne jakie niosą za sobą opisane możliwości wyboru środka komunikacji publicznej w mieście.

1. WSTĘP

Sprawne i efektywne funkcjonowanie transportu stanowi siłę napędową gospodarki, umożliwia wzrost gospodarczy i powstawanie nowych miejsc pracy. Jednym z najważniejszych elementów wpływających na rozwój publicznego transportu zbiorowego jest zrównoważony transport, który integruje cele ekologiczne, społeczne oraz gospodarcze. Wiąże się on również z promocją transportu efektywnego, spełniającego oczekiwania społeczeństwa. Zrównoważony transport kładzie nacisk na kontrolę emisji szkodliwych związków występujących w spalinach, a w dłuższej perspektywie czasowej na przejściu z transportu korzystającego z paliw kopalnianych do takiego, który będzie wykorzystywał energię odnawialną. Oprócz tego zakłada także zmniejszenie udziału ruchu samochodowego w przestrzeni miejskiej oraz zwiększenie konkurencyjności transportu zbiorowego [7]. Jednym z czynników prowadzących do rozwoju zrównoważonego transportu jest zrównoważona mobilność, której elementem jest proces planowania i realizacji potrzeb transportowych poprawiających dostępność infrastruktury przyczyniającej się do zmniejszenia kosztów eksploatacji [1,11].

*Koło Naukowe TRANSIT, Politechnika Krakowska

2. NISKOEMISYJNY TABOR AUTOBUSOWY

Komunikacja autobusowa pełni kluczową rolę w transporcie miejskim. Ekologiczne rozwiązania zrównoważonego transportu publicznego zakładają redukcję emisji spalin pojazdów komunikacji miejskiej. W Polsce nadal dominują autobusy wyposażone w silniki spalinowe, które emitują szkodliwe związki do atmosfery co największy wpływ na miasta o dużym natężeniu ruchu. Silniki spalinowe emitują do 70% całkowitego zanieczyszczenia tlenkami azotu i 90% pozostałych zanieczyszczeń powietrza na obszarach o wysokiej urbanizacji (dane z 2014r.). Zła jakość powietrza realnie wpływa na wiele aspektów życia m.in. zagraża życiu ludzkiemu oraz niszczy materiały bogactwa kulturowego przez oddziaływanie kwaśnych rozтворów i ozonu. Od lat 90-tych ubiegłego wieku przemysł motoryzacyjny rozwija się i wdraża nowe technologie pozwalające ograniczyć emisję szkodliwych substancji. W tym celu powstały Europejskie Normy Emisji Spalin (EURO) czyli normy dopuszczalnych emisji spalin w nowych pojazdach sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej oraz Europejskim Obszarze Gospodarczym. Od spełniania norm spalania są uzależnione opłaty od poruszania się różnych pojazdów po niektórych drogach. Dotyczy to przede wszystkim pojazdów ciężarowych i autobusów. Przykładowo w Polsce pojazd spełniający maksymalnie normę 2, zapłaci dwa razy tyle za przejechanie 1 kilometra drogi co pojazd spełniający minimum normę 5. Od 2000 roku normy EURO są sukcesywnie zaostrzane. W 2014 roku do użytku weszła norma EURO 6 która w stosunku do normy EURO 5 redukuje o 80% więcej zawartości tlenków azotu w spalinach [7]. Wszystkie te dokumenty prowadzą do ograniczenia, a nawet eliminacji związków takich jak: węglowodory (HC), tlenki azotu (NOx), tlenki węgla, cząsteczki stałe.

Normy zakładają, że im mniej przejechanych kilometrów przez dany pojazd, tym mniej spalonego paliwa czyli tlenu węgla wydalonego do atmosfery [5]. Kolejnym przykładem działań Unii Europejskiej na rzecz zwiększania udziału sektora transportowego w sprawie polepszenia jakości powietrza i większej ekologiczności pojazdów jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej 2009/33/WE z 23 kwietnia 2009 roku w sprawie transportu drogowego. Celem tego dokumentu jest wprowadzenie na rynek ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów oraz ograniczenie liczby produkowania samochodów osobowych. Według strategii niskoemisyjnej Komisji Europejskiej, emisje gazów cieplarnianych wydzielanych z transportu do 2050 roku muszą być o minimum 60% niższe niż w 1990r. Transport stanowi blisko jedną czwartą emisji gazów cieplarnianych w Europie, dlatego postanowiono zastąpić silniki spalinowe innymi, bardziej ekologicznymi [6, 7].

2.1. AUTOBUSY CNG

Dzięki programom i dofinansowaniu ze środków unijnych i krajowych udział autobusów niskoemisyjnych ciągle wzrasta [10]. Do takich autobusów zaliczamy między innymi te zasilane CNG czy LNG. Pojazdy komunikacji miejskiej wyposażone w takie napędy, wykazują znacznie niższe zużycie energii oraz ograniczają w dużym stopniu emisję szkodliwych substancji zawartych w spalinach w porównaniu z pojazdami o napędzie konwencjonalnym [7]. Compressed Natural Gas (CNG) jest jedną z najczęściej stosowanych metod zasilania pojazdów silnikowych. Gaz ziemny jest mieszaniną węglowodorów lekkich, której głównym składnikiem jest metan (CH_4). Suma zanieczyszczeń emitowanych przez autobus zasilany CNG jest prawie trzykrotnie mniejsza od sumy emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń przez porównywalnej klasy autobus zasilany benzyną. Po zastosowaniu takiej alternatywy zmniejszeniu mogą ulec do 85% tlenki azotu i tlenek węgla, a emisja cząstek stałych i związków siarki może osiągnąć wartość bliską zero. Ważnym argumentem jest również to, że składniki zawarte w gazie ziemnym nie są toksyczne i CNG spala się bez wydzielania cząstek sadzy, dymu czy zapachu. Zaletą autobusów zasilanych gazem jest to, że paliwo do ich napędu może być wytwarzane na bazie biomasy lub odpadów komunalnych i wtedy paliwo to jest nazywane biogazem jednak takie rozwiązanie nie zostało do tej pory wdrożone do Polski. Gaz jest również lżejszy od powietrza, co skutkuje tym, że nie unosi się do atmosfery w przeciwieństwie do paliwa płynnego w wypadku wycieku. Kolejnym pozytywnym aspektem jest to, że pojazdy są znacznie cichsze i pozwalają na zmniejszenie hałasu komunikacyjnego o 5-7 decybeli [5].

Autobusy zasilane CNG poruszające się po polskich drogach są w stanie przejechać nie mniej niż 450 km po pełnym tankowaniu. Dla porównania trasy autobusów kursujących w godzinach szczytowych po mieście wynoszą w Warszawie około 250 kilometrów dziennie. Wynika z tego, że ich zasięg jest wystarczający dla obsługi takiej linii. Autobusy zasilane gazem CNG są cięższe od autobusu zasilanego olejem napędowym co wynika z konieczności zamontowania stosunkowo ciężkich butli gazowych. Większa masa autobusu powoduje, że została ograniczona liczba miejsc dla przewożonych pasażerów w stosunku do autobusu zasilanego olejem napędowym. W poniższej tabeli przedstawiono różnicę pomiędzy autobusami Solaris Urbino 12 CNG oraz Solaris Urbino 12 czwartej generacji, które są produkowane kolejno od 2016 i 2014 roku.

Tab. 1. Dane techniczne porównywanych modeli autobusów [8].

Tab. 1. Technical data of the compared models of buses [8].

	Solaris Urbino 12 CNG	Solaris Urbino
Paliwo	CNG	ON
Masa własna autobusu	10400 – 13000 kg	9900 kg
Liczba miejsc siedzących	37+1	40+1
Moc silnika	239 kW przy 2200 obr/min	240 kW przy 2200 obr/min

W przypadku autobusów z silnikiem Diesla cena netto jednego pojazdu utrzymuje się na poziomie 0,9-1,1 mln zł. Model gazowy stanowi koszt ok. 1,1 mln. Cena autobusu CNG jest nieznacznie wyższa od ceny zakupu autobusu zasilanego olejem napędowym a do tego autobusy napędzane gazem ziemnym pozwalają na redukcję kosztów paliwa dochodzącą nawet do 50%. Zwrot takiej inwestycji następuje średnio po około czterech latach eksploatacji, przez co coraz więcej polskich miast decyduje się na zakup pojazdów CNG. Obecnie stanowią one jedynie około 3,5% wszystkich autobusów zarejestrowanych na terenie kraju, a przyczyną niskiej frekwencji może być koszt budowy stacji tankowania pojazdów. Wymagają one dobrze rozwiniętej sieci podziemnych rurociągów gazowych, które są przeznaczone do dostarczania sprężonego gazu ziemnego do stacji tankowania oraz dużego zagospodarowania przestrzeni. Koszt ich budowy szacuje się na 1,5-2,0 mln zł [8].

Według Dyrektywy Parlamentu Europejskiego odległość między stacjami tankowania na terenie Unii Europejskiej nie powinna przekraczać 150 km dlatego planowana jest budowa kolejnych punktów. Aby zachęcić władze miast do wprowadzenia komunikacji miejskiej zasilanej gazem ziemnym została wprowadzona zerowa akcyza na paliwa CNG, a dzięki środkom z Funduszy Niskoemisyjnego Transportu istnieje możliwość znacznego dofinansowania do rozwoju infrastruktury miejskiej. Sektor CNG przez ostatnie dwa lata w Polsce rozwijał się bardzo dynamicznie i w 2019 roku PGNiG Obrót Detaliczny podpisał listy intencyjne w celu budowy infrastruktury do tankowania gazu CNG między innymi w Łomży, Suwałkach, Kielcach czy Lublinie. Szacuje się, że po polskich drogach do końca 2023 roku będzie poruszać się ponad tysiąc autobusów gazowych zasilanych ekologicznym gazem CNG.

2.2. AUTOBUSY HYBRYDOWE

Kolejnym rodzajem niskoemisyjnych środków transportu publicznego są autobusy hybrydowe. Silniki autobusów hybrydowych najczęściej zbudowane są z silnika spalinowego oraz elektrycznego. Konstrukcja pojazdów umożliwia wbudowanie elementów hybrydowego układu napędowego, takich jak akumulatory, kondensatory czy też systemy chłodzenia na dachu pojazdu, nie zmniejszając przy tym ilości miejsca dla pasażerów. Najważniejszymi elementami napędu hybrydowego są: silnik spalinowy, silnik elektryczny, układ mikroprocesorowy, przekładnia, magazyny energii a w części rozwiązań prądnice. W transporcie wyróżniamy trzy rodzaje napędów hybrydowych: szeregowy, równoległy oraz mieszany. Każdy z napędów różni się sposobem połączenia silnika elektrycznego ze spalinowym. W napędzie szeregowym silnik spalinowy pełni rolę generatora, który napędza silnik elektryczny. W tej konstrukcji zadanie napędzania kół spoczywa na jednostce elektrycznej. W momencie, w którym rozładowuje się akumulator jednostka spalinowa włącza się i napędza generator, który doładowuje baterię. Oprócz tego, w połączeniu szeregowym energię pozyskuje się również podczas hamowania. Odmiana równoległa napędu hybrydowego wyróżnia się tym, że silnik spalinowy oraz silnik elektryczny połączone są mechanicznie z kołami. Do napędzania pojazdu może służyć sam silnik spalinowy lub elektryczny, a także oba naraz. Silniki elektryczne są zazwyczaj niewielkiej mocy i służą jako wsparcie dla motoru spalinowego. Jednostki elektryczne mają za zadanie dodawać momentu obrotowego podczas przyspieszania oraz odzyskiwać energię podczas hamowania [3].

Kolejną odmianą napędu stosowanego w pojazdach hybrydowych jest napęd szeregowo-równoległy, łączy on zalety obu powyższych rozwiązań. Jest to zaawansowane rozwiązanie, a przez to bardziej kosztowne w produkcji. W układzie mieszanym możemy korzystać z wydajności układu szeregowego przy niewielkich prędkościach oraz z oszczędności układu równoległego przy prędkościach większych. Praca obu silników zależna jest również od stylu jazdy. Stosunkowo niewielkie odległości mogą być pokonywane wyłącznie za pomocą silnika elektrycznego co eliminuje zużycie paliwa.

Najbardziej zaawansowanym napędem hybrydowym stosowanym obecnie jest układ plug-in (PHEV). Napęd PHEV jest rozwinięciem układu mieszanego i łączy ze sobą właściwości pojazdu hybrydowego z elektrycznym. Innowacją w napędzie plug-in jest gniazdo ładowania które pozwala uzupełnić prąd w akumulatorach korzystając z prądu elektrycznego. Zasięg pojazdu wyposażonego w napęd PHEV na samej jednostce elektrycznej jest znacznie większy niż w typowej hybrydzie. Kierowca takiego pojazdu ma możliwość wyboru jakim trybem chce w danym momencie jechać. Miastem w Polsce, w którym po raz pierwszy wykorzystano technologię plug-in był Inowrocław gdzie w październiku 2018 roku dostarczono pierwsze autobusy wykorzystujące tę innowacyjną technologię. Autobusy o napędzie elektryczno-hybrydowym na większości trasy zasilane są wyłącznie energią elektryczną,

a dodatkowy niewielki silnik spalinowy pełni funkcję pomocniczą. Zużywają o 60% mniej paliwa od diesli, a emisja dwutlenku węgla zostaje zmniejszona od 75% do nawet 90%. Tradycyjne hybrydy mają te osiągi sporo niższe – zużywają ok. 40% mniej paliwa i emitują 40-50% mniej szkodliwych substancji [14, 15].

3. BEZEMISYJNE ŚRODKI KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

Według Ustawy o Elektromobilności i Paliwach Alternatywnych do taboru zero-emisyjnego można zaliczyć pojazdy, które napędzane są energią elektryczną wytworzoną z wodoru w ogniach paliwowych lub zasilane przez silnik, którego spaliny nie powodują lokalnej emisji gazów cieplarnianych. Autobusy zaliczane do grupy niskoemisyjnych to między innymi autobusy elektryczne oraz wodorowe [6].

W czerwcu 2016 r. zaprezentowany został plan rozwoju sektora elektromobilności w Polsce, który jest jednym z kluczowych projektów zapisanych w uchwalonej przez Radę Ministrów Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju. Zakłada on stworzenie warunków do rozwoju produkcji oraz upowszechniania pojazdów o napędzie elektrycznym. Przewiduje się, że do 2025 roku na polskich drogach pojawi się 1 mln pojazdów elektrycznych [4].

Polskie miasta borykają się z wieloma problemami, a jednym z nich jest pył zawieszony. Pochodzenie tego typu zanieczyszczeń może być naturalne bądź związane z działalnością człowieka. Duży wkład w produkcję szkodliwych pyłów ma transport drogowy. Poniższa tabela przedstawia średnie narażenia na pył PM_{2,5} (aerozole atmosferyczne, których średnica nie jest większa niż 2.5 mikrometra) w latach 2012 do 2018 dla wybranych miast w Polsce.

Tab. 2. Wartość wskaźnika średniego narażenia na pył PM_{2,5} w latach 2012 – 2018

Tab. 2. The value of the average exposure to PM_{2.5} in years 2012 - 2018

Województwo	Miasto	Wartość wskaźnika średniego narażenia na pył PM _{2,5} dla roku:						
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
dolnośląskie	Wrocław	22	22	23	25	26	28	29
podkarpackie	Rzeszów	23	23	23	24	26	28	28,8
małopolskie	Kraków	31	32	32	33	36	37	38,1
wielkopolskie	Poznań	23	24	25	25	25	25	25,5
pomorskie	Trójmiasto	14	14	15	15	16	16	17,8

Optymistyczne w zestawieniu jest to, że w większości miast poziom emisji pyłu PM_{2,5} obniżył się, ale w dalszym ciągu przekracza normy ustalone przez WHO. Norma średniego dobowego stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} to 25 mikrogramów na metr sześcienny, a roczna norma to 10 mikrogramów na metr sześcienny.

3.1. AUTOBUSY ELEKTRYCZNE

Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat obserwujemy zwiększenie zainteresowania problemem emisji zanieczyszczeń środowiskowych. Miejscami, w których można zaobserwować największą emisję szkodliwych substancji są duże aglomeracje miejskie o wysokiej gęstości zaludnienia. Wykorzystywanie autobusów napędzanych spalinowym silnikiem wysokoprężnym powoduje produkcję szkodliwych zanieczyszczeń środowiskowych. Emisji substancji obniżających jakość powietrza sprzyja niska średnia prędkość pojazdu, częste postoje oraz hamowania. Jednym z możliwych rozwiązań prowadzących do zwiększania jakości powietrza w miastach jest wprowadzenie autobusów napędzanych silnikami elektrycznymi. Zaletą tego typu technologii jest uniezależnienie transportu publicznego od paliw konwencjonalnych takich jak olej napędowy czy też gaz ziemny. Autobusy elektryczne cechują się znacznie niższymi kosztami eksploatacyjnymi co bezpośrednio wynika z cen energii elektrycznej, akumulowanej w bateriach pojazdu. Dużą zaletą jest również to, że w trakcie hamowania odzysk energii w typowym ruchu miejskim dochodzi do 30%. Elektrobusy nie emitują szkodliwych zanieczyszczeń w miejscu ich funkcjonowania, a ponadto ich eksploatację cechuje ochrona środowiska akustycznego, ponieważ pojazdy napędzane silnikiem elektrycznym wyróżniają się niższą emisją hałasu w odniesieniu do autobusów z silnikiem wysokoprężnym. Z ergonomicznego punktu widzenia autobusy elektryczne wytwarzają 70% drgań mniej niż autobusy spalinowe. Zmniejsza to ryzyko wystąpienia zespołu wibracyjnego u kierowcy a także wpływa pozytywnie na komfort jazdy pasażerów [12].

Silnik elektryczny jest najważniejszym elementem funkcjonalnym elektrobusu. Zazwyczaj stosowane są centralne silniki synchroniczne z magnesem stałym. Istnieją także rozwiązania z trakcyjnymi silnikami asynchronicznymi oraz z silnikami elektrycznymi zainstalowanymi bezpośrednio w osi pojazdu zintegrowanymi w piastach kół, bądź zintegrowanymi z osią elektryczną. Kolejnym fundamentalnym elementem baterijnego autobusu elektrycznego są jego akumulatory energii. Typ wykorzystanej w pojeździe baterii zasadniczo determinuje jego dzienny dystans wymagany do przejechania na pojedynczym ładowaniu oraz rodzaj i ilości punktów ładowania na trasie. W elektrobusach stosuje się baterie litowo-jonowe takie jak np. LTO (Lithium-titanite), która charakteryzuje się mniejszą pojemnością i niższą gęstością energetyczną. Wykorzystuje się je na trasach, w których istnieje możliwość częstego podładowania, co wiąże się z koniecznością wybudowania dodatkowej infrastruktury na trasie pojazdu takiej jak pętle indukcyjne czy pantografy. Sto-

suje się również baterie LFP (Lithium-iron-phosphate), które posiadają wyższą gęstość energetyczną oraz znacznie wyższą pojemność. Powszechnie stosowane w autobusach, w których nie ma możliwości dodatkowego ładowania i rozbudowy infrastruktury na trasie. Ładowanie tego typu pojazdów odbywa się zazwyczaj w zajezdniach i trwa kilka godzin.

Wprowadzenie autobusów elektrycznych niesie za sobą wiele korzyści lecz wiąże się to również z pewnymi problemami. Na zapotrzebowanie elektryczne elektrobusesów wpływa bardzo dużo czynników. Między innymi klimat powodujący zwiększenie zużycia energii przez układy ogrzewające i chłodzące oraz dbające o jakość powietrza wewnątrz autobusu. Istotna jest również topografia terenu, gdzie częste podjazdy mogą powodować większe zapotrzebowanie na energię, co wiąże się z odpowiednim doбором pojemności baterii oraz optymalnym rozplanowaniem tras. Kolejnym problemem jest cena autobusów, ponieważ czasami jest to aż 150% do 250% ceny pojazdu zasilanego silnikiem spalinowym, spełniającym normę Euro 6. W tej sytuacji wprowadzeniu elektrobusesów do eksploatacji może pomóc członkostwo w Unii Europejskiej. Na podstawie „Ram polityki klimatyczno-energetycznej do 2030r.”, co najmniej 80% pracy przewozowej w publicznym transporcie zbiorowym ma być wykonywane z wykorzystaniem środków transportu, które nie są napędzane paliwami konwencjonalnymi [3].

W krajach takich jak Polska gdzie około 90% energii elektrycznej pochodzi z węgla, z czego aż 30% z węgla brunatnego, wykorzystanie autobusu elektrycznego wiąże się z pośrednią emisją zanieczyszczeń środowiskowych w miejscu generacji energii elektrycznej. Inwestowanie w energię pochodzącą z paneli fotowoltaicznych, czy też elektrowni wiatrowych poprawia efektywność. Warto zauważyć, że autobusowe akumulatory energii, które na skutek spadku ich pojemności po określonym cyklu ładowań i rozładowań nie nadają się do dalszego wykorzystania w pojazdach mogą również służyć jako magazyn energii w stacjach ładowania autobusów elektrycznych. Dużą przeszkodą w opłacalności autobusów elektrycznych jest recykling baterii. Z przeprowadzonych badań wynika, że w przypadku akumulatorów LFP, które wykorzystywane są w większości autobusów, bardziej korzystne dla środowiska jest wyprodukowanie nowych akumulatorów niż recykling. Produkcja gazów cieplarnianych oraz zużycie energii są większe niezależnie od zastosowanej metody odzyskiwania [9, 13].

3.2. AUTOBUSY WODOROWE

Z biegiem czasu konwencjonalne paliwa kopalne się skończą, dlatego w dobie dzisiejszych czasów należy częściej spoglądać w stronę paliw alternatywnych. Wodór jest najczęściej występującym pierwiastkiem we Wszechświecie, dlatego naukowcy i inżynierowie znaleźli jego zastosowanie w transporcie mianowicie stworzyli pojazdy napędzane tym właśnie pierwiastkiem.

Wodór w reakcji z tlenem tworzy wodę i prąd niezbędny do zasilania środków komunikacji. Aby technologia napędzania pojazdów wodorem działała na pokładzie autobusu musi się znaleźć ogniwo paliwowe, które wodór w połączeniu z tlenem przetworzy w prąd. Jednym z plusów wdrożenia autobusów wodorowych jest ich bardzo krótki czas tankowania, ponieważ nie przekracza on 10 minut. Zasięg tych autobusów to możliwość pokonania 400 kilometrów po pełnym tankowaniu w czasie 20 godzin. Autobus 12 metrowy do przejechania trasy wynoszącej 100 metrów potrzebuje około 8 kilogramów wodoru, a dla porównania diesel na tym samym dystansie potrzebuje około 40 litrów ropy. Aktualnie cena kilograma wodoru to ok. 9,5 euro. Kilogram wodoru zawiera tyle samo energii co około 4 litry benzyny. Cena autobusu napędzanego wodorem dochodzi nawet do 8 milionów złotych. Dla porównania cena autobusu hybrydowego to koszt 2 milionów złotych, natomiast zwykłego diesla można zakupić za około 1,5 miliona złotych. Z czasem ta cena może ulec zmniejszeniu, ponieważ jest spowodowana wdrożeniem nowych technologii co wiąże się z wysokimi cenami zakupu egzemplarzy. Do pozytywnych aspektów zakupu stosunkowo drogiego autobusu wodorowego możemy zaliczyć to, że z rur wydechowych pojazdów jest wydalana jedynie para wodna, która nie ma negatywnych skutków dla powietrza w obszarach aglomeracyjnych, gdzie ta technologia jest stosowana. W krajach europejskich takich jak Norwegia czy Francja dzięki wprowadzeniu do komunikacji miejskiej autobusów wodorowych wskaźnik emisji zanieczyszczeń zmniejszył się 15 razy. Istotny problem, który występuje w gospodarce krajów to dostępność wodoru. Wodór można wytwarzać z pomocą reformingu parowego metanu czyli reakcji katalitycznej z parą wodną odbywającą się w bardzo wysokiej temperaturze. Możliwe jest także jego pozyskiwanie z ropy naftowej, węgla czy dzięki elektrolizie lub technologii plazmowej. Celem wszystkich wyżej wymienionych metod pozyskiwania wodoru potrzebnego do zasilania pojazdów jest całkowite wyeliminowanie z niego wszelkiej ilości tlenu węgla [2].

Według prognoz na kolejne lata w Polsce przewiduje się powstanie dwóch stacji tankowania wodoru. W 2021 roku firma Lotos planuje rozwijanie infrastruktury potrzebnej do poruszania się w miastach pojazdów wodorowych. W celu sprawdzenia inwestycji elementu programu "Bezemisijny transport publiczny" do Gdańska w 2021 roku mają trafić pojazdy wodorowe. Dzięki dotacjom z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej polskie miasta będą miały szansę zakupu pojazdów zasilanych wodorem, elektrycznych czy też hybrydowych [3].

3.3. TROLEJBUSY

Zrównoważony rozwój transportu nie zawsze równa się z opracowaniem nowych technologii. Czasem lepiej sprawdzają się stare rozwiązania, takie jak trolejbusy. Systemy trolejbusowe powstawały równolegle z pozostałymi systemami komunikacji miejskiej: tramwajami, autobusami i systemami miejskiej kolei nadziemnej lub podziemnej. Z uwagi na koszty trolejbusy stanowiły etap przejściowy do budowy

linii tramwajowych lub ich rozbudowy. Z czasem, w okresie międzywojennym, sytuacja odwróciła się i linie trolejbusowe zaczęły zastępować linie tramwajowe tam, gdzie wielkość przewozów na linii nie była wystarczająco duża, aby pokryć jej koszty eksploatacji. Obecnie trolejbusy nie są najpopularniejszym środkiem transportu. Najbardziej rozpowszechnione systemy trolejbusowe są w krajach byłego Związku Radzieckiego, zwłaszcza w Rosji i na Ukrainie. W 15 byłych republikach radzieckich trolejbusy są eksploatowane w 191 miastach, co stanowi więcej niż połowę wszystkich systemów na całym świecie. W Polsce wiele sieci trolejbusowych zostało zlikwidowanych i obecnie eksploatowane są tylko w trzech miastach czyli w Lublinie, Gdyni i Tychach. Trolejbusy tak samo jak autobusy elektryczne wyposażone są w napęd elektryczny. To co różni je od elektrobusów to sposób zasilania ponieważ ciągle podłączone są do sieci trakcyjnej w której wykorzystuje się prąd stały o napięciu 600 voltów. Najczęściej występującym rodzajem napędu jest silnik centralny, który za pośrednictwem wału napędowego przekazuje siłę napędową na oś napędową. Współczesne trolejbusy mają wiele zalet. Charakteryzują się większym przyspieszeniem niż autobusy, które są ograniczone tylko ze względu na bezpieczeństwo pasażerów stojących. Koszty eksploatacji pojazdów trolejbusowych są znacznie niższe, niż koszty eksploatacji autobusów o tej samej pojemności ze względu na wyeliminowanie szeregu skomplikowanych podzespołów (silnik spalinowy, skrzynia biegów, układ chłodzenia, układ olejowy), dzięki czemu poziom gotowości eksploatacyjnej, niezawodność i żywotność trolejbusów są znacząco wyższe. Nowoczesne trolejbusy wyposażone są w układy rekuperacji energii podczas hamowania przez co wytworzona przez silniki energia elektryczna jest zwracana do sieci zasilającej i może być wykorzystana przez inne pojazdy, znajdujące się na tym samym odcinku zasilania [3].

Zalet trolejbusów jest znacznie więcej, lecz powodem, przez który systemy trolejbusowe nie są najlepszym rozwiązaniem w dużych miastach jest nieopłacalność budowy specjalnej sieci trakcyjnej. Trolejbusy korzystają z tej samej drogi, co inni użytkownicy i nie posiadają szczególnych uprawnień. W związku z tym, podobnie jak autobusy, mogą utknąć w korkach. Nie ma możliwości wyprzedzania się trolejbusów, o ile nie posiadają one zasobników energii elektrycznej lub pomocniczych napędów spalinowych.

4. PODSUMOWANIE

Intensywny rozwój miast w Polsce i na świecie niesie ze sobą większe zapotrzebowanie na transport publiczny. Wprowadzenie niskoemisyjnych i bezemisyjnych środków komunikacji miejskiej ma na celu ochronę życia i zdrowia osób mieszkających w miastach. W poniższych tabelach przedstawiono zalety i wady oraz koszty każdego z opisywanych pojazdów komunikacji publicznej (koszty eksploatacji w porównaniu z autobusami napędzanymi silnikami spalinowymi).

Tab. 3. Zalety i wady opisywanych środków komunikacji miejskiej [3, 6].

Tab. 3. Advantages and disadvantages of described means of public transport [3, 6].

Rodzaj autobusu	CNG	Elektryczne	Wodorowe	Trolejbusy	Hybrydowe
Zalety	redukcja hałasu, zmniejszenie emisji toksycznych spalin: ok. 1,1 mln ton	redukcja hałasu, lepsze przyspieszenie, niskie koszty prądu, wysokie koszty zakupu	brak emisji szkodliwych substancji, większy zasięg niż autobusu elektrycznego	niskie koszty eksploatacji, duże przyspieszenie	znaczne ograniczenie emisji spalin
Wady	mniej miejsca dla pasażerów, konieczny dostęp do sieci gazowej	mały zasięg, wysoka cena autobusu, wysokie koszty wymiany baterii	mała dostępność wodoru, brak infrastruktury w Polsce	nieopłacalność budowy sieci trakcyjnej, poruszanie się po tych samych drogach co inne pojazdy	konieczność budowy stacji ładowania, skomplikowanych technicznie

Tab. 4. Porównanie kosztów zakupu oraz eksploatacji opisywanych środków komunikacji miejskiej [3, 6].

Tab. 4. Comparison of the costs of purchase and operation of described means of public transport [3, 6].

Rodzaj autobusu	CNG	Elektryczne	Wodorowe	Trolejbusy	Hybrydowe
Koszt zakupu	ok. 1,1 mln zł	ok. 2 - 2,5 mln zł	ok. 4 - 8 mln zł	2 - 2,5 mln zł	ok. 1,5 - 2 mln zł
Koszty eksploatacji	do 50% mniejsze koszty	ok. 75% mniejsze koszty	ok. 20% większe koszty	ok. 75% mniejsze koszty	40 % - 60 % mniejsze

Z przeprowadzonej analizy ciężko jednoznacznie stwierdzić, która z opisanych technologii jest najlepsza. Patrząc na całościowe koszty oraz wszystkie zalety, aktualnie najbardziej rozsądne wydaje się zastosowanie autobusów hybrydowych oraz elektrycznych.

LITERATURA

- [1] BRZEZIŃSKI A., REZWOW M., *Zrównoważony transport – ekologiczne rozwiązania transportowe*, Ekorozwój i Agenda 21, Szczecin 2014
- [2] BUBULA M., PIETRUSZCZAK D., *Wybrane aspekty ekologicznych pojazdów samochodowych*, Bezpieczeństwo i ekologia, Autobusy 6/2017, (50-54)
- [3] Eko - Efekt Sp. z o.o., *Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Gnieźnie*, 2019
- [4] FAJZAK-KOWALSKA A., NOWAK I., KOWALSKA M., *Bezemisyjny transport publiczny*, 12/2017 Autobusy
- [5] FILIPOWICZ J., FILIPOWICZ P., ZAPRAWA K., *Emisja Zanieczyszczeń Spalinowych Przez Autobusy Komunikacji Miejskiej*, 9/2017, (52-55)
- [6] GIS.M., *Analiza porównawcza emisji spalin autobusów miejskich z silnikami zasilanymi olejem napędowym oraz paliwami alternatywnymi*, Politechnika Poznańska, Rozprawa Doktorska, Poznań, 10/2018
- [7] GRZYWA A., GLINIAK M., *Wpływ rozwoju norm emisji spalin EURO na emisję zanieczyszczeń powietrza z pojazdów komunikacji miejskiej na przykładzie miasta Krakowa*, Logistyka, 4/2014, (4310-4314)
- [8] IGNACIUK P., GIL L., WÓJCIK A., *Porównanie kosztów eksploatacji autobusów komunikacji miejskiej zasilanych gazem CNG i olejem napędowym*, Autobusy 11/2016, (67-69)
- [9] KRAWIEC K., *Proces wprowadzenia autobusów elektrycznych do eksploatacji w przedsiębiorstwach komunikacji miejskiej*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2016
- [10] ORZEL A., STEPANIUK R., *Zrównoważony transport miejski w ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia 2014–2020*, Autobusy 1-2/2017 (37-39)
- [11] PARADOWSKA M., *Polityka zrównoważonego rozwoju transportu UE w kontekście wybranych aspektów ekonomiki polskich miast*, Ekonomia i Środowisko 3 (46), 2013, (91-99)
- [12] REFUNDA sp. z o.o., *Analiza kosztów i korzyści wykorzystania autobusów zeroemisyjnych*, Bydgoszcz, 2018
- [13] TRELA M., *Emisja zanieczyszczeń i koszty zewnętrzne wynikające z eksploatacji elektrycznego autobusu miejskiego w Polsce w porównaniu do autobusu spalinowego*, Logistyka, 2/2014 (5289-5296)
- [14] SZUMSKA E., PAWEŁCZYK M., *Politechnika Świętokrzyska, Porównanie TCO autobusów miejskich z hybrydowym i konwencjonalnym układem napędowym*, Prace Politechniki Warszawskiej z.118, 2017
- [15] ZIENKIEWICZ K., *Rodzaje Napędów Hybrydowych*, LEFTLANE, 12/2017

ECOLOGICAL SOLUTIONS OF SUSTAINABLE PUBLIC TRANSPORT - LOW-EMISSION AND ZERO-EMISSION MEANS OF PUBLIC TRANSPORT

Key words: *ecology, sustainable public transport, low carbon, zero emissions, public transport, urban transport*

In this paper the authors present the advantages and disadvantages of individual solutions of sustainable public transport towards broadly understood ecology. The implementation of the selected options to choose a low-emission or zero-emission means of public transport may contribute to improving the quality of life in the city by significantly reducing the emission of harmful substances and may have a positive impact on the natural environment and also human health. There were also presented the economic aspects of the described possibilities of choosing the means of public transport in the city.

Corresponding author: e-mail: przemekkuja@gmail.com

Ewelina TARKOWSKA
Paweł BOLISEGA*

DRONY – NOWA ERA USŁUG KURIERSKICH

Słowa kluczowe: *drony, usługi kurierskie, bezzałogowe statki powietrzne*

Artykuł przedstawia możliwość wykorzystania dronów w usługach kurierskich. Na wstępie została przedstawiona problematyka transportu lotniczego oraz przełom zastosowania bezzałogowych statków powietrznych. Opisano możliwości wspomagania dostaw w przedsiębiorstwach, w których drony zastępują tradycyjnych kurierów. Zbadano wykorzystanie BSP pod względem optymalizacji czasu i kosztów dostaw przesyłek na podstawie firm Amazon i UPS. Przeprowadzone analizy wykazały, że drony nie tylko obniżają czynnik czasowo-kosztowy, ale również przyczyniają się do poprawy jakości i bezpieczeństwa oferowanych usług.

1. WSTĘP

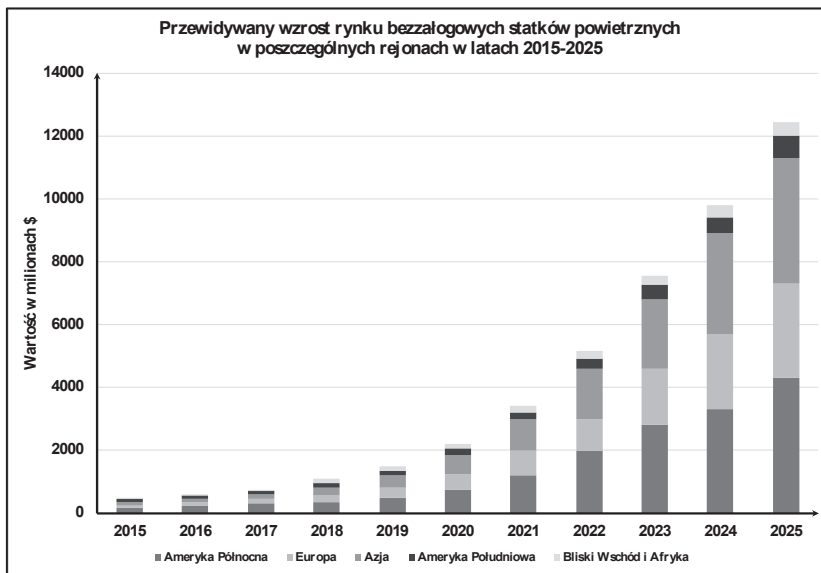
Transport lotniczy jest obecnie najnowocześniejszą i najdynamiczniej rozwijającą się gałęzią transportu. W porównaniu z transportem drogowym czy szynowym stanowi najszybszą formę przemieszczania i dostarczania towarów. Uważany jest za najbezpieczniejszy sposób komunikacji i przewozu. Niestety, w obecnej sytuacji wymaga dużych nakładów finansowych związanych z infrastrukturą lotniskową i centrami logistycznymi, a także konieczności podnoszenia kwalifikacji kadry pracującej w tym sektorze. Wypadkowość w lotnictwie stanowi bardzo mały odsetek, natomiast ryzyko ich wystąpienia niesie za sobą katastrofalne skutki. Z tego powodu coraz częściej stosuje się bezzałogowe statki powietrzne, kontrolowane zdalnie z baz logistycznych.

2. PRZEŁOM ZASTOSOWANIA DRONÓW

Dron to popularna nazwa bezzałogowego statku powietrznego, czyli maszyny, która jest pilotowana zdalnie lub wykonuje lot autonomicznie, przykładowo z wyznaczoną i zaprogramowaną za pomocą systemu GPS trasą lotu. Do niedawna urządzenia te były znane jako gadzety nowoczesnej technologii, głównie używane do wykonywania zdjęć, bądź filmów z lotu ptaka. Aktualnie stają się w bardzo szybkim

* Koło Naukowe „Logistics”, Politechnika Wroclawska

tempie elementem codzienności technicznej, która nas otacza. Prognozuje się, że rynek BSP do roku 2025 wzrośnie aż 40-krotnie w Ameryce Północnej w stosunku do 2015 roku i 30-krotnie w Europie [Rysunek 1]. W ciągu najbliższych kilku lat drony dzięki swojej lekkiej konstrukcji i możliwości rejestrowania pewnych informacji, mogą mieć zastosowanie w wielu sektorach gospodarki, np. w geodezji, rolnictwie, fotografii bądź ratownictwie. W chwili obecnej tworzy się dzięki nim modele 3D czy mapy geodezyjne. Ponadto wykorzystuje się je do ochrony obiektów i do poszukiwań, wykorzystując do tego zamontowany aparat bądź kamerę. Jednym z pomysłów wykorzystania bezzałogowców do celów cywilnych jest również transport przesyłek, a więc mówi się o zastąpieniu tradycyjnych kurierów przez drony. Bezałogowe statki powietrzne konstruowane są jako płatownice - przypominające kształtem samoloty lub jako wirnikowce – helikoptery. Coraz powszechniejsze staje się wykorzystanie platform powietrznych do różnych celów, a przede wszystkim do zdobywania informacji na podstawie materiałów uzyskanych z zamontowanych w nich sensorów [1].



Rys. 1. Rynek BSP w latach 2015-2025 [8]

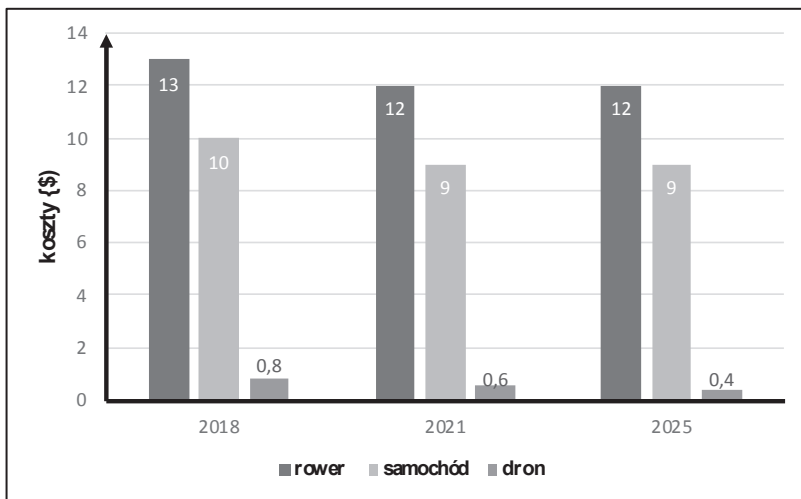
Fig. 1. BSP market in 2015-2025 [8]

3. SPOSOBY WDROŻENIA DRONÓW W USŁUGI KURIERSKIE

Zastosowanie technologii w postaci dronów ma szansę zrewolucjonizować rynek usług transportowych i kurierskich oraz znacząco wpłynąć na realizację dostaw. Pracownicy firmy Amazon planują wyposażyć samochody kurierskie w inteligentne drony, które ułatwiłyby dostarczanie przesyłek. Dzięki nim kurier nie musiałby nadkładać wielu kilometrów, aby dostarczyć jedną paczkę do odległego miejsca.

Nieopłacalne kursy wykonałby za niego dron, który po przekazaniu przesyłki automatycznie wróciłby do samochodu [4]. Jako pierwszy o planach zastosowania bezzałogowców poinformował Amazon, ale w kwestii wprowadzenia ich do oferty usług kurierskich został wyprzedzony przez firmę DHL. Firma uruchomiła projekt pilotażowy, polegający na transporcie leków i innych pilnie potrzebnych towarów w określonych godzinach dnia i w weekendy na wyspę Juist na Morzu Północnym [11].

Autonomiczność dronów w dużym stopniu rzutuje na opłacalność ich użytkowania. Rzeczywisty koszt drona jest znacznie wyższy niż koszt roweru, który również stanowi środek transportu w dostawach towarów (średnio 6000 USD vs. 600 USD). Natomiast, oprócz ceny sprzętu należy wziąć pod uwagę koszt pracownika poruszającego się rowerem, co gwałtownie wpływa na wzrost ogólnej ceny. Podobnie jak w przypadku pojazdów drogowych, gdzie oprócz kosztów utrzymania kierowców należy dodatkowo uwzględnić ceny paliw. Mimo, że rower nie zużywa paliwa, jest on o wiele wolniejszy, niż drony lub samochody. W efekcie obie formy dostawy są nadal znacznie droższe niż drony ze względu na koszty wynajmu kierowców, co przedstawia Rys. 2.

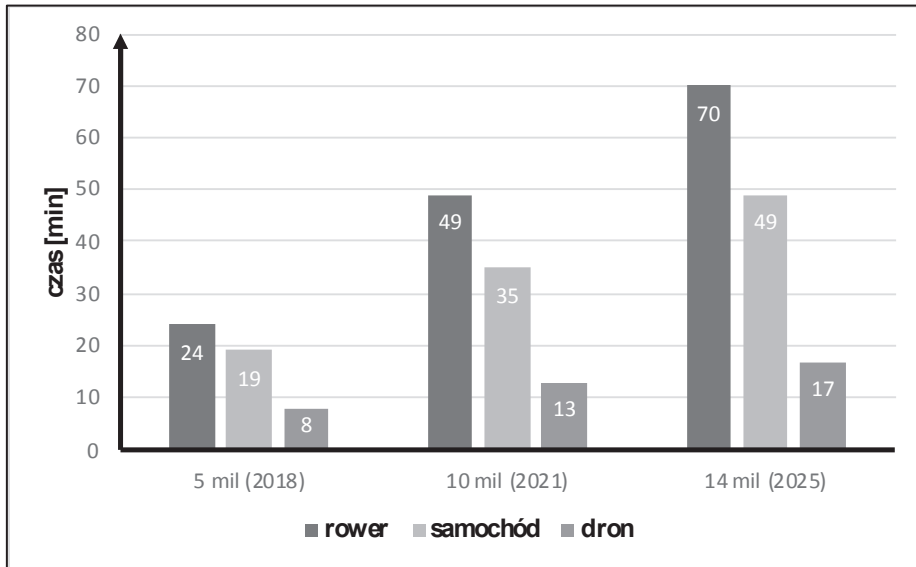


Rys. 2. Koszt dostawy w mieście na dystansie 5 mil [12]

Fig. 2. City delivery cost for 5 miles [12]

Drony mogą latać z prędkością do 100 mil/h. Rzeczywista prędkość jest jednak mniej ważna niż fakt, że drony nie muszą stawiać czoła zatłoczeniu i przepływowi ruchu: nie ma znaków stopu, przejść dla pieszych, konstrukcji ani innych barier w trakcie lotu. Dane ekspertów NewtonX pokazują, że drony powinny przyspieszyć w ciągu najbliższych siedmiu lat, zmniejszając czas dostawy o jedną minutę na 5 mil do 2021 r. i dwie minuty na 5 mil do 2025 r. W przeciągu najbliższych lat drony

staną się 4-krotnie szybsze niż rower i prawie 3-krotnie szybsze niż samochód. Dane te zostały przedstawione na rysunku nr 3 [12].



Rys. 3. Koszt dostawy w mieście na różnych dystansach [12]
Fig. 3. The cost of delivery in the city at different distances [12]

3.1. AMAZON PRIME TIME

Od 2013 roku firma Amazon pracuje nad wdrożeniem do swoich oferowanych usług lot bezzałogowych aparatów, czyli dronów, nazywając je Amazon Prime Air. Z badań przeprowadzonych i opublikowanych przez to przedsiębiorstwo wynika, że 86% przesyłek zamawianych na ich platformie waży poniżej 5 lbs, co wynosi w przybliżeniu 2,25 kg, a 70% Amerykanów mieszka w odległości nie większej niż 8 km od supermarketu, który mógłby być potencjalnym miejscem odbioru przesyłki [2]. Zadaniem bezzałogowych statków powietrznych byłoby dostarczenie przesyłki ekspresowej, zakupionej przez klienta w ich sklepie internetowym. Przesyłki ważące do 2,3 kg byłyby transportowane z magazynu do miejsca wybranego przez klienta w ciągu 30 minut od zakupu przedmiotu, w promieniu do około 17 km od miejsca wysyłki, bowiem przewidywany czas pracy drona na jednym akumulatorze przewidyuje przebycie trasy do 25 km [10].

Drony dostawcze muszą jednak pokonać wiele barier. Jedną z nich jest samo dostarczenie paczki. Teoretycznie dron powinien móc wylądować, by ktoś mógł odebrać swoją przesyłkę. Jednakże jak wiadomo, nie wszędzie będzie możliwość posadzenia bezzałogowca na ziemi. Amazon wychodzi więc naprzeciw temu wyzwaniu ze swoim najnowszym pomysłem patentowym. Jak dotąd drony dostawcze dostarczały przesyłki w odległe od cywilizacji miejsca i najczęściej takie, w których

możliwe było lądowanie drona. Teraz Amazon wysłał patent, wedle którego drony miałyby wypuszczać przesyłkę już w powietrzu. Dron miałby obserwować z góry cały proces i kontrolować miejsce lądowania paczki przy pomocy spadochronu lub odpowiedniej siły [4].

Zastosowanie ich niesie za sobą także pewne trudności, bowiem będą także klienci, którzy chętnie korzystaliby z ich innowacyjnej usługi, jednak mieszkają w odległości większej niż mogą przebyć octocoptery (drony wykorzystujące w Amazon). Firma jednak znalazła rozwiązanie i opatentowała wielki sterowiec (Rys. 4.), który miałby wypuszczać nad miastem drony z paczkami. [3] Problem z miejscem przeznaczonym do lądowania drona byłby rozwiązany poprzez wypuszczenie przesyłki, obserwowanej i ewentualnie korygowanej z góry przez drony znajdujące się w powietrzu [4].



Rys. 3. Koszt dostawy w mieście na różnych dystansach [12]
Fig. 3. The cost of delivery in the city at different distances [12]

Firma Amazon ujawniła, że wykorzystanie BSP bezpośrednio wpłynie na koszty związane dostarczeniem przesyłki. Prognozują, iż 86% produktów sprzedanych na ich platformie będzie realizowana w niedalekiej przyszłości za pomocą dronów, co pozwoli na zredukowanie nawet o 80% kosztów związanych z końcowym etapem dostarczenia przesyłki. Średni czas dostarczenia oraz serwisu jednego drona wynosi w przybliżeniu godzinę i trzydzieści minut, zatem zakładając, że jeden dron ma do dostarczenia 8 ładunków w ciągu dnia, będzie w stanie wykonać tę pracę w czasie 12 godzin, co w pojedynkę nie jest rewelacyjnym wynikiem, jednak patrząc z perspektywy wykorzystania większej liczby tych urządzeń może być bardzo satysfakcjonującym wynikiem. W tabeli 1 przedstawiono koszty dostaw zrealizowanych i przewidywanych w latach 2013-2021 [6].

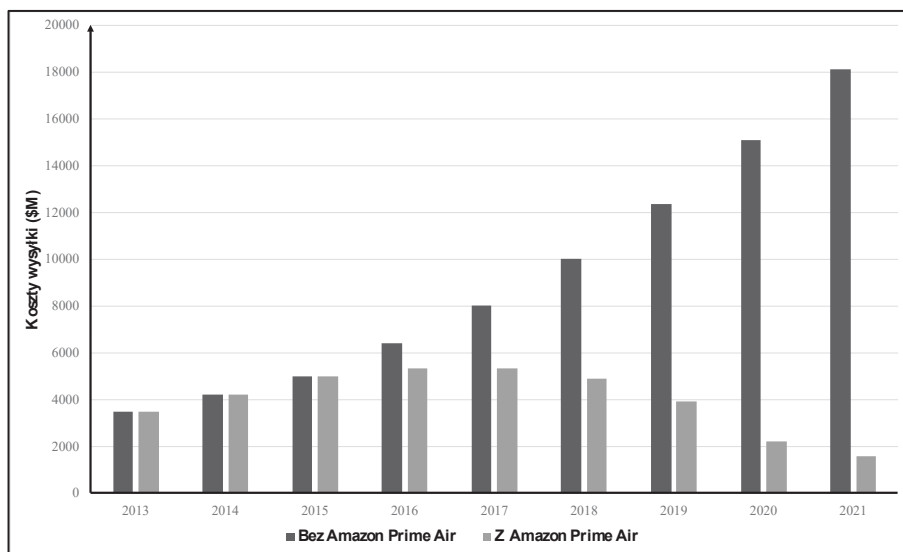
Tab. 1. Finansowe korzyści wynikające z wprowadzenia usługi Amazon Prime Air.
(opracowanie własne)

Tab. 1. Financial benefits of introducing the Amazon Prime Air service (own study)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bez Amazon Prime Air	Koszty wysyłki (netto) w stosunku do całkowitych kosztów sprzedanych przedmiotów (%)								
	6,5	6,7	7,0	7,8	8,8	10,1	11,7	13,7	15,9
	Cena netto kosztów wysyłki (\$M)								
	3 500	4 200	5 000	6 400	8 025	10 025	12 375	15 075	18 125
	Koszty operacyjne Amazon Prime Air (\$M)								
	-	-	-	44,3	51,2	65,6	79,5	100,4	110,4
	Przebiegi zrealizowane przez B SP w stosunku do wszystkich zrealizowanych przesyłek (%)								
	-	-	-	1,7	3,4	5,2	6,9	8,6	9,2
Z Amazon Prime Air	Koszty wysyłki (netto) w stosunku do całkowitych kosztów sprzedanych przedmiotów (%)								
	6,5	6,7	7,0	6,5	5,9	4,9	3,7	2,0	1,4
	Cena netto kosztów wysyłki (\$M)								
	3 500	4 200	5 000	53 56	53 48	48 78	39 16	22 11	15 60
	Koszt netto ładunku na jednostkę (\$/ładunek)								
	-	-	-	3,7	3,6	3,3	2,6	1,4	1,0
	Zaoszczędzone koszty (\$M)								
	-	-	-	10 44	26 77	51 4 7	84 59	12 86 4	16 56 5

Możemy zaobserwować, że z kolejnych lat, w których zaczęto korzystać z usługi Amazon Prime Air koszty wysyłki netto znacznie się zmniejszyły w porównaniu do całkowitych kosztów związanych ze sprzedażą przedmiotów na stronie internetowej firmy Amazon. Wynik jest zaskakująco dobry, bowiem koszty te spadły

z 7% odnotowanych w 2015 roku do poniżej 4% w 2019 roku, a wyniki te prognozowane są na jeszcze korzystniejsze, ponieważ do końca 2021 roku mają one wynosić mniej niż 2%. Pozwala to na zaoszczędzeniu nawet 16 miliardów dolarów przez tę firmę do 2021 roku (Rys.5.).



Rys. 4. Cena netto kosztów wysyłki. (opracowanie własne)

Fig. 4. Net price of shipping costs. (own study)

3.2 WSPOMAGANIE DOSTAW DRONAMI W FIRMIE UPS

Bezzałogowe statki powietrzne znalazły swoje zastosowanie także w firmie UPS, w której pełnią między innymi funkcję pomocnika kuriera w terenie. Drony lokowane są w hybrydowej ciężarówce (Rys.6.) kierowanej przez dostawcę UPS. Do startu i lądowania wykorzystuje się dach ciężarówki, na którym umieszczono również stację lądowania. Pod dronem podwiesza się klatkę, w której przewoźnik umieszcza przesyłkę o masie sięgającej nawet do 4,5 kg. Proces realizacji zlecenia polega na wysłaniu BSP na jeden konkretny adres, po czym sam kierowca zmierza do innego miejsca. Lot jest w pełni autonomiczny, podobnie jak powrót do macierzystej ciężarówki. Prędkość z jaką może się poruszać osiąga nawet 70 km/h, a czas pracy na jednym naładowaniu umożliwia lot do 30 minut. Dzięki takiemu rozwiązaniu w jednakowym czasie zostaną dostarczone dwie paczki zamiast jednej. Trasa przejazdu może być na bieżąco optymalizowana przez kuriera co pozwoli dwukrotnie zwiększyć ilość dostarczonych towarów. Zastosowanie takiej metody dostarczania przesyłek w szczególności przydaje się w miejscach trudno dostępnych np. w centrum miasta, gdzie często jest bardzo duża kongestia i kurierzy tracą sporo czasu na postój w korkach. Dodatkowo takie miejsca, jak wąskie ulice, zamknięte bramy,

czy agresywne zwierzęta przestaną być przeszkodą w dostarczeniu przesyłki. Oferowane drony są ponadto zabezpieczone, ponieważ utrata jednego ze śmigieł nie przeszkodzi w kontynuowaniu pracy, a w wyniku uszkodzenia dwóch z nich nadal bezpieczne lądowanie będzie możliwe do wykonania. Sukces tej technologii oznacza korzyści nie tylko dla nadawców, lecz i odbiorców przesyłek. Niższe koszty działania przewoźnika przełożą się bowiem na atrakcyjniejsze ceny usług [7].

UPS we współpracy z przedsiębiorstwami takimi jak Matternet czy WakeMed zaczęli wykorzystywać także te urządzenia w logistyce służby zdrowia, wprowadzając na wyższy poziom sposób realizacji transportu paczek między np. szpitalami lub klinikami. Dzięki wykorzystaniu BSP usługi transportowe są znacznie szybsze i efektywniejsze niż przewiezienie tego samego ładunku standardowym kurierem. Trasa w centrum miasta, która może zająć przewoźnikowi 30 minut, w przypadku drona może zostać przebyta w czasie 3 minut i 15 sekund [9].



Rys. 5. Hybrydowa ciężarówka firmy UPS będąca bazą dronów [8]

Fig. 5. UPS hybrid truck as the base of drones [8]

4. REGULACJE PRAWNE LOTÓW BEZZAŁOGOWYCH

Przedsiębiorstwa, które wykorzystują lub planują wykorzystywać drony w swoich usługach muszą dostosować się do zasad prawa lotniczego w UE. Z początkiem 2021 r w życie wejdą nowe zasady korzystania z dronów ważących ponad 250 gram oraz każdego posiadającym kamerę. Posiadacze takiego sprzętu będą musieli zarejestrować się jako operatorzy bezprzewodowych statków powietrznych oraz przejść

proste szkolenie online, które będzie zakończone testem. Nowe przepisy określają kategorię lotów ze względu na ryzyko wykonywanych operacji lotniczych, wyróżniamy kategorię otwartą, szczególną oraz certyfikowaną. Kategoria otwarta, przeznaczona będzie dla lotów o najniższym stopniu ryzyka. Niskie ryzyko mają zapewnić jasno określone zasady, definiujące między innymi dopuszczalne masy startowe eksploatowanych BSP, ich wyposażenie, prędkości lotu, czy odległość od osób. W przypadku BSP poniżej 250 gram dopuszcza się przelot nad zgromadzeniami, natomiast drony do 4kg będą musiały zachować 30 m odstępu, a te do 25 kg nie będą mogły latać nad zgromadzonymi ludźmi (min. 150 m). Loty w kategorii szczególnej będą odbywać się na podstawie: zgody Prezesa ULC bądź Certyfikatu Operatora Lekkiego Bezzałogowego Systemu Powietrznego. W kategorii certyfikowanej operator jest zobligowany do uzyskania zezwolenia na lot tak, jak w kategorii szczególnej. Dodatkowo, musi mieć aktualny certyfikat operatora. [13]

5. PODSUMOWANIE

Rynek transportu lotniczego cechuje się dużym potencjałem rozwojowym. Przeprowadzona analiza rynku pokazuje, że w latach 2015-2025 zainteresowanie rynkiem bezzałogowych statków powietrznych będzie miało tendencje wzrostową. W dobie cywilizacji i nowych technologii drony pozwalają na innowacyjne rozwiązania wpływające na jakość usług kurierskich. Obniżając czas dostawy, który bezpośrednio wpływa na koszty transportu, stają się ciekawą alternatywą tradycyjnych kurierów. Drony pozwalają na zaangażowanie znacznie mniejszej grupy pracowników, a dzięki zdalnemu sterowaniu ułatwiają pracę w trudnych warunkach. Ze względu na rozwój rynku dronów, z roku na rok wykonują one coraz bardziej skomplikowane zadania, ciesząc się jeszcze większym zainteresowaniem firm kurierskich. BSP generują olbrzymie ilości danych o swojej lokalizacji, prędkości czy torze lotu, które w przyszłości umożliwią planowanie tras i ich optymalizację. Automatyzacja dronów poprawia także dokładność i wydajność, dzięki czemu wykorzystać je można do wykonania prac, w których niezbędna jest wysoka precyzja, trudna do osiągnięcia przez człowieka. Niewątpliwie rozwijanie tej technologii może w dużym stopniu wpłynąć na polepszenie jakości przemysłu, a odpowiednio zaprogramowane i chronione systemy mogą zapewnić bezpieczeństwo podczas ich eksploatowania.

LITERATURA

- [1] BRDULAK H., *Logistyka przyszłości*, PWE, Warszawa, 2011
- [2] <https://www.flexport.com/blog/drone-delivery-economics/> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [3] <https://www.spidersweb.pl/2019/04/amazon-drony-sterowiec.html> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [4] <https://www.komputerswiat.pl/aktualnosci/sprzet/drony-amazonu-beda-mogly-zrzucac-paczki-na-spadochronach/ly3p0p2> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [5] https://ocspl.oktawave.com/v1/AUTH_2887234e384a48738bc5405211db13a2/spidersweb/2019/04/amazon-sterowiec-1.jpg (dostęp: 14.11.2020 r.)

- [6] https://www.researchgate.net/publication/317389269_Analysis_of_Amazon_Prime_Air_UAV_Delivery_Service (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [7] <https://balcerzak.gadzetomania.pl/59311,pomyslony-test-zaawansowanego-drona-jako-pomocnika-kuriera-ups> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [8] <https://i.wpimg.pl/730x0/m.gadzetomania.pl/ups-drone-launching-af1ae71f4b40.jpg> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [9] <https://www.fleetowner.com/technology/article/21704187/ups-seeks-to-expand-nascent-drone-delivery-service> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [10] https://pl.wikipedia.org/wiki/Prime_Air (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [11] <https://log4.pl/drony-kurierskie-%E2%80%93-jeszcze-science-fiction--czy-juz-rzeczywistosc,202,13105.htm> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [12] <https://www.newtonx.com/insights/2018/03/26/drone-delivery/> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [13] <https://megadron.pl/pl/blog/nowe-przepisy-dronowe-2021-1601909309.html>

DRONES – NEW ERA OF COURIER SERVICES

Key words: *drones, courier services, unmanned aerial vehicles.*

The article presents the possibility of using drones in courier services. At the beginning we presented the issue of air transport breakthrough in the field of using unmanned aerial vehicle. We described enterprises where drones have started to replace traditional couriers and introduced the possibilities of supporting deliveries in companies. The use of drones was examined in terms of optimizing the time and costs of shipment delivery based on Amazon and UPS. The conducted analyzes showed that drones not only reduce the time and costs but also contribute to improving the quality and safety of offered services.

Corresponding author:
e-mail: e.tarkowska30@gmail.com

Ewa PASIUT
Alicja PIENKOWSKA¹

ZMNIĘSIENIE PRZEPUSTOWOŚCI GRANIC JAKO KONSEKWENCJA WZMOŻONYCH KONTROLI GRANICZNYCH – ANALIZA SYTUACJI MIĘDZYNARODOWEJ W CZASIE PANDEMII

Słowa kluczowe: *przejście graniczne, pandemia, sektor transportu*

W artykule przedstawiono analizę zmiany przepustowości granic w czasie pandemii w Polsce i Europie. Artykuł ukazuje podstawową charakterystykę przejść granicznych oraz odprawy celnej. Co więcej, została przeprowadzona analiza obsługi na przejściach granicznych podczas kontroli, jak i zbadanie wpływu zmniejszenia przepustowości granic na branżę TSL. Dokonano porównania sytuacji przed i po rozpoczęciu pandemii w Polsce i innych krajach Europy.

1. WSTĘP

Funkcjonariusze Straży Granicznej odprawili w ubiegłym roku prawie 54,5 mln podróżnych. Około 100 tys. cudzoziemcom nie zezwolono na wjazd na terytorium Polski. Dwukrotnie wzrosła liczba kontroli legalności pobytu cudzoziemców na terytorium RP. Funkcjonariusze Straży Granicznej odprawili w sumie 54 391 942 podróżnych (na kierunku z/do Polski), co oznacza wzrost o 2 mln w stosunku do roku ubiegłego w tym:

- 8 814 753 na granicy z Białorusią,
- 3 466 814 na granicy z Rosją
- 20 372 709 w portach lotniczych i morskich [1].

12-procentowy wzrost ruchu odnotowano na lotniczych przejściach granicznych. O 15% spadł mały ruch graniczny na granicy z Ukrainą. Przy wejściu Polski do Unii Europejskiej towarzyszył wzrost ruchu na przejściach granicznych. Na przykład liczba osób przekraczających granicę polsko-ukraińską między rokiem 2004 i 2005 wzrosła z 12 milionów do ponad 17 milionów. Obecnie każdego roku tę granicę przekraczają ok. 22 mln osób. W artykule przedstawimy jak pandemia koronawirusa wpłynęła na przepustowość polskich granic.

¹ Koło Naukowe Innowacyjnych Systemów Transportowo- Logistycznych, Uniwersytet Morski w Gdyni.

2. INFRASTRUKTURA PRZEJŚĆ GRANICZNYCH

Oprócz ruchu osobowego na przejściach granicznych odbywa się ruch środków transportu (autobusy, samochody osobowe, samochody ciężarowe). Na wszystkich badanych przejściach granicznych podróżni przekraczający granicę samochodami osobowymi odprawiani są na pasach ruchu. Przy pasach po stronie wjazdowej do Polski i po stronie wyjazdowej znajdują się pawilony kontroli paszportowej i odprawy celnej. Podróżni odprawiani są przed budynkiem, przez okienko przekazują dokumenty do kontroli, składają deklaracje celne i udzielają innych wymaganych informacji [2]. Należy wyróżnić kilka problemów związanych z infrastrukturą miejsc odprawy paszportowej i celnej – pomieszczenia kontroli osobistej nie budzą zastrzeżeń, jednakże elementami, które należy w przyszłości wziąć pod uwagę, są:

- odpowiednia wielkość pokoi,
- porządne oznaczenie pokoi,
- położenie pokoi w niedalekiej odległości od pasa ruchu.

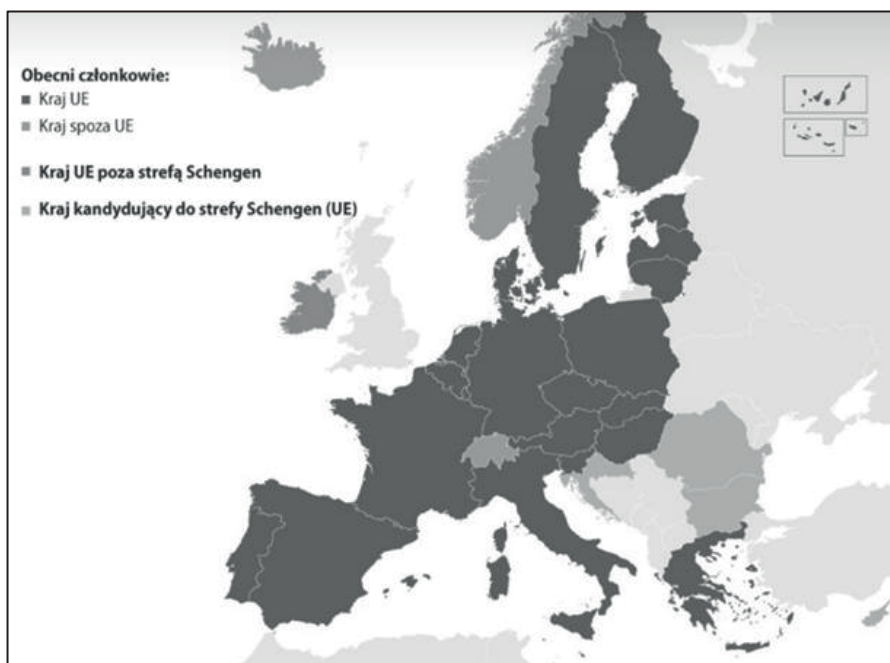
Zastrzeżenia budzi wykorzystywanie przez służby celne na placówkach w Zosiźnie i Bezledach pomieszczeń administracyjnych lub pasa ruchu do kontroli osobistej. Należy zwrócić uwagę na pomieszczenia oczekiwania na odprawę, w których nie ma miejsc siedzących i które nie są odpowiednio ogrzewane ani wyposażone w podstawowe udogodnienia. Jedną z konsekwencji problemów infrastrukturalnych są kolejki na przejściach granicznych. Długi czas oczekiwania na odprawę to jeden z największych problemów występujących na zewnętrznej granicy UE w Polsce. W marcu z powodu wybuchu pandemii wprowadzono zmiany w organizacji ruchu na głównych przejściach granicznych z Niemcami i Czechami [3]. Zwężenia jezdni do jednego pasa ruchu i ograniczenie prędkości nawet do 20 km/h – taką czasową organizację ruchu wprowadzono na pięciu drogowych przejściach na granicy z Niemcami i Czechami. Zmiany związane są z wprowadzeniem kontroli sanitarnej w celu przeciwdziałania rozprzestrzenianiu się koronawirusa. Czasowa organizacja ruchu, na jezdniach wjazdowych do Polski, została wprowadzona w Kołbaskowie na autostradzie A6, w Świecku na A2, Olszynie na DK18, Jędrzychowicach na A4 oraz w Gorzyczkach na A1. Na miejsce były delegowane niezbędne służby publiczne. Kontrole obejmowały przede wszystkim transport autobusowy, autokarowy, transport busami powyżej 8 osób, żeby w maksymalny możliwy sposób nie zakłócać płynności na granicy. Podróżni z samochodów osobowych skarżyli się na podróżnych jeżdżących motorami lub skuterami. Na przejściu obowiązuje zasada, że motory i skutery nie stoją w kolejce, tylko od razu podejżdżają do odprawy.

3. PRZEPUSTOWOŚĆ PRZEJŚĆ GRANICZNYCH PRZED PANDEMIĄ

3.1. SYTUACJA POLSKI W UNII EUROPEJSKIEJ

Polska z dniem 21 grudnia 2007 r. weszła do układu Schengen – europejskiej strefy bez granic wewnętrznych, do której przynależy łącznie 26 państw. W praktyce oznacza to możliwość przekraczania granic wewnętrznych Unii Europejskiej bez konieczności okazania paszportu i kontroli granicznych. Członkostwo w układzie przynosi istotne ułatwienia i korzyści gospodarcze. Zniesienie kontroli granicznych skutkuje obniżeniem cen usług transportowych oraz usprawnienie łańcucha dostaw, przez stosowanie systemu just-in-time. Dzięki czemu przedsiębiorstwa mogą przewozić więcej towarów – może to wpłynąć na obniżenie kosztów produkcji. Państwa czerpią bezpośrednie korzyści, ponieważ nie mają potrzeby finansowania pracowników straży granicznej i infrastruktury granicznej. Istnieją jednak wyrywkowe kontrole polskiej i niemieckiej Służby Celnej lub Policji.

Według szacunków – permanentne przywrócenie kontroli na granicach wewnętrznych UE mogłoby wygenerować koszty od 100 miliardów do 230 miliardów euro na przestrzeni 10 lat, a 1,7 miliona osób miałoby utrudniony transgraniczny dojazd do pracy [4].



Rys. 1. Państwa członkowskie strefy Schengen [1]

Fig. 1. Member state of Schengen area [1]

3.2. POLSKA I KRAJE SPOZA UNII EUROPEJSKIEJ

3.2.1. POLSKA – ROSJA

Na polsko-rosyjskiej granicy znajduje się 7 przejść granicznych – 4 drogowe i 3 kolejowe. Aby kierowca przekroczył granicę musi najpierw przejść kontrolę paszportową po polskiej stronie. Następnie dojeżdża do kontroli dokumentów po stronie rosyjskiej – paszportu (paszport powinien być ważny minimum 6 miesięcy) i wizy lub wizy tranzytowej. Obywatele polscy podróżujący tranzytem przez terytorium Federacji Rosyjskiej są obowiązani posiadać ważną rosyjską wizę tranzytową. Wiza tranzytowa wystawiana jest na okres 10 dni. Na znak celnika wjeżdża na miejsce odprawy i pokazuje pojazd. Następuje kolejna kontrola paszportowa oraz podanie celu podróży. Przy zbyt dużym stężeniu ruchu pojawiają się zatory drogowe. Kontrole w obu kierunkach mają taką samą formę i procedury.

3.2.2. POLSKA – BIAŁORUŚ/UKRAINA

Po dojechaniu do terminala kierowca ciężarówki kieruje się do pierwszego punktu kontrolnego, gdzie następuje odprawa wywozowa. Funkcjonariusz sprawdza dokumenty kierowcy oraz stan plomb. Po tej procedurze następuje przejechanie przez punkt kontrolny gdzie pobierana jest karta obiegowa. Po dojechaniu na kolejne stanowisko kierowca zajmuje miejsce na płycie postojowej. Następnie czeka na wywołanie do dalszej części odprawy po sprawdzeniu przez funkcjonariusza dokumentów oraz uiszczenia należytej opłaty może przekroczyć granicę.

4. PRZEPUSTOWOŚĆ GRANIC PODCZAS PANDEMII

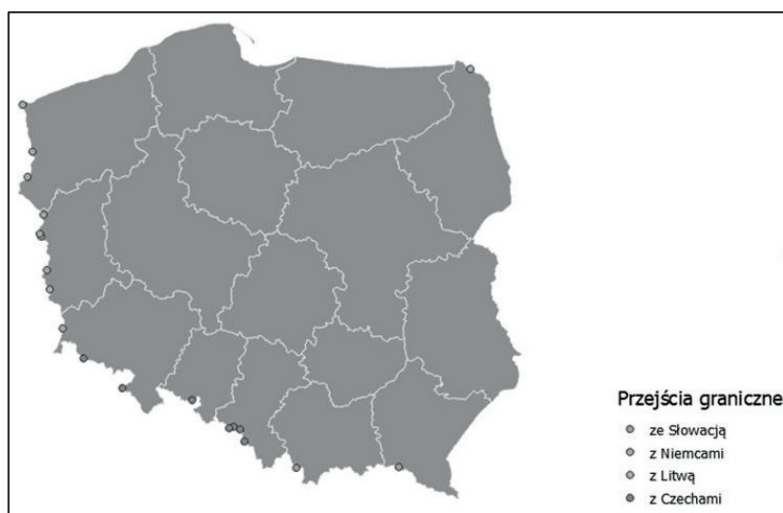
4.1. SYTUACJA POLSKI W UNII EUROPEJSKIEJ

Po ogłoszeniu światowej pandemii kontrole paszportowe podczas przekraczania granic w strefie Schengen zmieniły się. Każdy podróżny musiał się wylegitymować, aby w razie ewentualnej kwarantanny służby miały dane personalne oraz istniała możliwość przekroczenia granic tylko w wyznaczonych miejscach. Wprowadzono również dodatkowe kontrole sanitarne [5].

Pierwszym etapem było sprawdzenie przez ratownika medycznego lub strażaka OSP temperatury wszystkich podróżnych. Osoby, które miały podwyższoną temperaturę kierowane były do specjalnie wyznaczonych miejsc, gdzie dalej zajmowało się z nimi pogotowie ratunkowe. Podróżni o normalnej temperaturze ciała byli kierowani do drugiego punktu kontroli, gdzie sprawdzano dokumenty. Jeżeli podróżny był pracownikiem tranzytowym powinien podczas sprawdzania dokumentów okazać również „Zaświadczenie dla pracowników transportu międzynarodowego”. Zaświadczenie to upoważniało do przekroczenia granicy bez konieczności odbycia kwarantanny.

Według Rozporządzenia Ministra Spraw wewnętrznych i Administracji z dnia 13 marca 2020r. lista przejść granicznych (przejścia drogowe, kolejowe i dla pieszych) zawiera 37 pozycji. 15 przejść na granicy z Czechami, 5 ze Słowacją, 15 z Niemcami oraz 2 z Litwą [6].

Na poniższej ilustracji przedstawione zostały aktywne drogowe przejścia graniczne podczas pandemii.



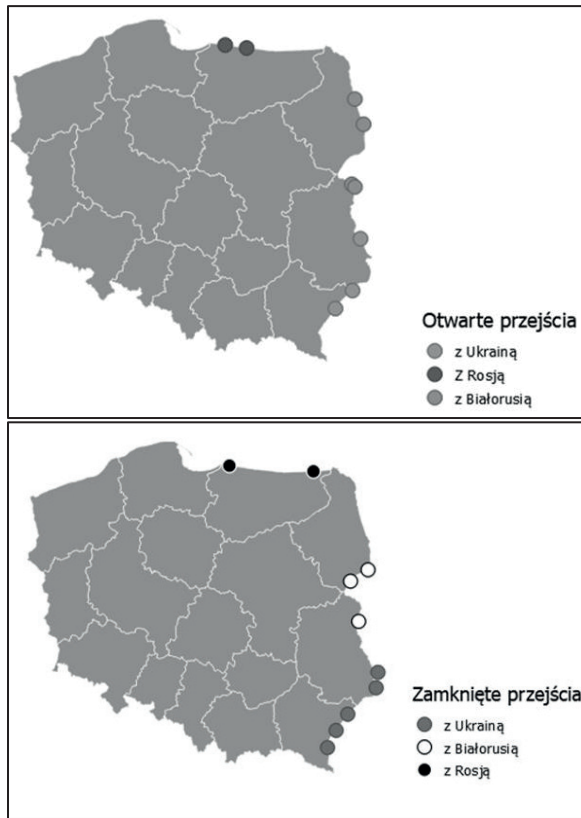
Rys. 2. Aktywne przejścia graniczne podczas pandemii
Fig. 2. Active border crossings during a pandemic

Na podstawie wywiadu przeprowadzonego z pracownikiem mikroprzedsiębiorstwa Utumno Sanit rfachhandel, ktorego praca polega na codziennym przewozeniu towarow przez polsko-niemiecką granic , dowiadujemy się o utrudnieniach, ktore występowały na przejściu granicznym Kołbaskowo-Pomellen. Pracownik wymienia między innymi długi czas oczekiwania na przekroczenie granicy, aby dostać się do Polski. Przy wjeździe do Niemiec nie trzeba było przechodzić kontroli. Oznakowanie informujące podróżnych o przeznaczeniu pasow (dwa pasy podczas przekraczania granicy, lewy pas jezdni dla samochodow osobowych, prawy pas jezdni dla ci żarowek) postawione zostało w nieodpowiednim miejscu – za blisko przejścia granicznego. Wedle oceny pytanego kierowcy, informacja o przeznaczeniu pasow powinna zostac pokazana duzo wcześniejsz. Pracownicy Straży Granicznej odpowiedzialni za przeprowadzanie kontroli nie byli przygotowani na obsluzenie takiej ilosci kierowcow. Pytany przez nas pracownik mowi, iz w pi tke ruch był wzmożony, ze wzgledu na powracajacych pracownikow transgranicznych. Z tego powodu Straż Graniczna przy przekraczaniu granicy w czwartek ostrzegala go o moźliwych korkach w dniu jutrzejszym. Pokazuje to brak przystosowania się słuźby do nowej sytuacji i brak pomyslu na usprawnienie swojej pracy. Zatory drogo-

we występowały na granicach aż do momentu zniesienia kontroli sanitarnych. Najdłuższy zator przed przejściem Kołbaskowo-Pomellen miał długość 54km. Kierowcy ciężarówek mogą jechać maksymalnie 9h dziennie (wyjątek – mogą dwa razy w tygodniu spędzić 10h prowadząc pojazd), korki spowodowane przez dodatkowe kontrole utrudniły im pracę. Dodatkowo pytany pracownik transgraniczny pytany o to ile czasu więcej spędzał w pracy odpowiedział, że średnio pracował 2h dziennie więcej, co daje średni dzień pracy dłuższy o 20%.

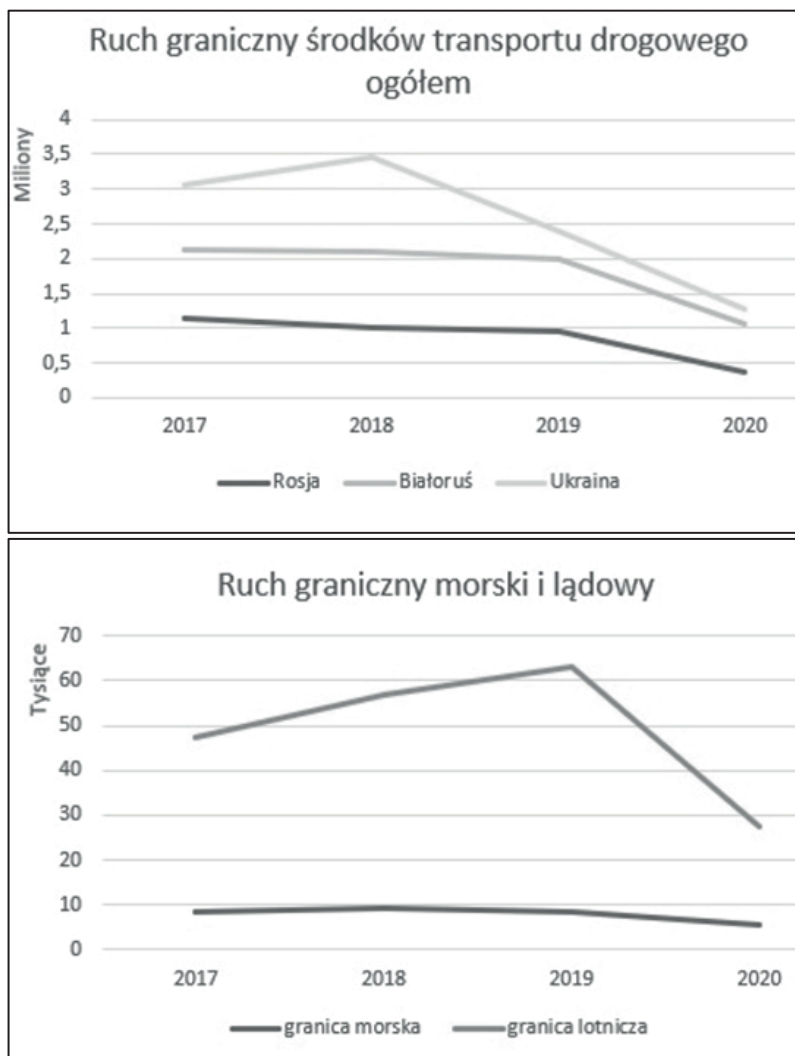
4.2. POLSKA I KRAJE SPOZA UNII EUROPEJSKIEJ

13 marca 2020 r. zostało ogłoszone przez Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji rozporządzenie mówiące o zamknięciu części przejść granicznych z Rosją, Białorusią i Ukrainą. Wprowadzono na terminalach dodatkowe kontrole sanitarne polegające na mierzeniu temperatury. Na rys. 2., według opracowania własnego na podstawie wyżej wymienionego rozporządzenia, przedstawiono zamknięte i otwarte terminale drogowe.



Rys. 2. Przejścia graniczne podczas pandemii z Rosją, Białorusią i Ukrainą
 Fig. 2. Border crossings during a pandemic with Russia, Belarus and Ukraine

Na podstawie danych udostępnionych przez Straż Graniczną wykonano wykresy obrazujące wpływ pandemii na liczbę pojazdów przekraczających granice Polski z krajami sąsiadującymi [7]. Użyto danych dotyczących pierwszej połowy lat 2017-2020. Wykresy wykonane przez autorki pokazują ewidentny spadek ruchu granicznego. Zmniejszenie ilości osób wjeżdżających do Polski na wykresie „Ruch graniczny morski i lądowy” była spowodowana między innymi obostrzeniami sanitarnymi wprowadzanymi przez Polskę oraz inne kraje, przez które odbywali podróż pasażerowie [8].



Rys. 3. Wykresy ilustrujące liczbę pojazdów i pasażerów
 Fig. 3. Graphs showing the number of vehicles and passengers

5. JAK ZMNIĘSZENIE PRZEPUSTOWOŚCI GRANIC SPOWODOWANE WYBUCEM PANDEMII COVID-19 WPLYNĘŁO NA BRANŻĘ TRANSPORTOWĄ?

Z powodu epidemii ucierpiał transport w każdej formie. Europejskie stowarzyszenie spedycji, transportu, logistyki i usług celnych CLECAT oraz polska izba spedycji i logistyki wydały ostrzeżenia o ograniczeniu ładunków eksportowych i dodatkowych opóźnieniach w portach spowodowanych brakiem operatorów terminali i pracowników magazynów. Kraje wschodnie również zaczynają dostrzegać intensyfikację ograniczeń w transporcie z powodu koronawirusa, które powiększają i pogłębiają gospodarczą czarną dziurę w Europie [9]. Opóźnione dostawy i wyższe ceny z powodu koronawirusa. Starając się zachować spokój władze europejskie bardzo poważnie traktują zagrożenia jakie niesie ze sobą koronawirus. Od początku kryzysu podejmowane są radykalne środki mające na celu zatrzymanie rozprzestrzeniania się wirusa COVID-19 na terenie Europy. Środki te już teraz bezpośrednio wpływają na drogowy transport towarów szczególnie w miejscach, w których zarejestrowano więcej przypadków zachorowań. Doskonałym przykładem mogą być północne Włochy lub granice z państwami azjatyckimi. Jak wskazują uczestnicy rynku logistycznego, który jako jeden z pierwszych odczuwa wszelkie wahania koniunktury związane z produkcją i handlem, od początku 2020 r. mamy do czynienia ze spowolnieniem wymiany towarowej. Analizując sytuację w sektorze przewozów intermodalnych najbardziej wrażliwych na globalne zmiany widoczne jest spowolnienie gospodarki. Największe spadki notuje się w transporcie ładunków z takich branż jak: produkcja mebli, ubrania, tekstylia, automotive czy AGD. Na dość stabilnym poziomie pozostają rynki spożywcze, nawozy, zboża i pasze. Firmy z branży logistycznej wskazują, oprócz wspomnianych spadków wolumenu spowodowanych epidemią COVID-19 także inne skutki będące pochodną globalnej pandemii i ograniczenia w handlu oraz produkcji [10]. Należą do nich:

- zmniejszenie zaufania w branży, skutkujące odejściem od kredytu kupieckiego i zmiana terminów płatności na przedpłatę,
- brak powierzchni magazynowych w związku ze spadkiem sprzedaży,
- spadek płynności finansowej importerów poprzez konieczność przedpłacania agencjom celnym należności związanych z obsługą ładunków,
- wysokie stany magazynowe klientów, powodujące wzrost kosztów oraz konieczność magazynowania towarów, np. w kontenerach w portach,
- wzmożone kontrole celne w portach, dotyczące w szczególności towarów z segmentu tekstylnych.

Dotychczas skutki pandemii COVID-19 najmniej odczuły przewozy towarowe. Znaczący spadek zanotowany został jedynie w sektorze przewozów intermodalnych. Jest on związany z tym, że znaczna część towarów transportowanych w kontenerach produkowana jest w krajach dalekiej Azji, czyli tam, gdzie rozpoczęła się

epidemia. Skutkiem przeniesienia wirusa do Europy jest znaczny spadek sprzedaży takich towarów jak ubrania, tekstylia czy AGD produkowanych w Azji.

6. PODSUMOWANIE

Po analizie powyższych sytuacji można stwierdzić, iż zwiększenie kontroli granicznych oraz sanitarnej najbardziej odbiło się na kierowcach [11]. Branża TSL w porównaniu z innymi branżami np. branża gastronomiczna, nie odniosła katastrofalnych w skutkach strat finansowych. Możliwość przekroczenia granicy nadal istniała, było to jednak utrudnione. Kilkudziesięciokilometrowe zatory drogowe oraz wielogodzinne stanie w korkach utrudniło kierowcom pracę. Konsekwencje nowych rozporządzeń w Polsce odczuły wszystkie kraje sąsiadujące. Zamknięcie części przejść granicznych spowodowało zablokowanie transportu z zachodniej Europy na wschód i odwrotnie. Widząc jak wielkim utrudnieniem stały się nowe rozporządzenia władze kraju otworzyły kilka dodatkowych terminali. Jednak osoby pracujące na przejściach granicznych nadal nie były w stanie rozwiązać problemu sprawniejszego obsługiwanie podróżnych, czego mogliśmy się dowiedzieć z relacji pytanego pracownika tranzytowego. W przyszłości Polska i inne kraje chcące wprowadzać restrykcje sanitarne. Powinny wyciągnąć wnioski z doświadczeń pandemii koronawirusa i opracować skuteczniejsze sposoby na sprawniejsze przekraczanie granic.

LITERATURA

- [1] <https://www.strazgraniczna.pl/pl/aktualnosci/8196,Rok-2019-w-liczbach.html>, (data dostępu: 21.10.2020 r.)
- [2] https://www.batory.org.pl/doc/polskie_przejscia_graniczne.pdf, (data dostępu: 21.10.2020 r.)
- [3] <https://www.gddkia.gov.pl/pl/a/36909/Zmiany-w-organizacji-ruchu-na-glownych-przejsciachgranicznych-z-Niemcami-i-Czechami>, (data dostępu: 22.10.2020 r.)
- [4] <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/security/20190612STO54307/strefa-schengen-wszystko-co-musisz-wiedziec-o-europejskiej-strefie-bez-granic>, (data dostępu: 25.10.2020 r.)
- [5] <https://www.gov.pl/web/mswia/uwaga-polska-wprowadza-ograniczenia-przy-przekraczaniu-granicy>, (data dostępu: 26.10.2020 r.)
- [6] <https://www.dziennikustaw.gov.pl/D2020.r.000043401.pdf>, (data dostępu: 28.10.2020 r.)
- [7] <https://www.strazgraniczna.pl/pl/aktualnosci/8196,Rok-2019-w-liczbach.html>, (data dostępu: 28.10.2020 r.)
- [8] <https://trans.info/pl/od-jutra-polska-zamyka-czesc-przejsc-granicznych-sprawdz-przez-ktore-bedzie-mozna-wjechac-a-przez-ktore-nie-176937>, (data dostępu: 28.10.2020 r.)
- [9] <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/15972,Sytuacja-na-rynku-kolejowym-w-czasach-epidemii-COVID-19.html>, (data dostępu: 29.10.2020 r.)
- [10] <https://teleroute.com/pl-pl/blog/article/wplyw-koronawirusa-COVID-19-na-sektor-transportu/>, (data dostępu: 29.10.2020 r.)
- [11] <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/15972,Sytuacja-na-rynku-kolejowym-w-czasach-epidemii-COVID19.html>, (data dostępu: 29.10.2020 r.)

**BORDER CAPACITY DECREASE AS A CONSEQUENCE OF
ENHANCED BORDER CONTROLS - ANALYSIS OF THE
INTERNATIONAL SITUATION**

Key words: *border crossing, pandemic, transport sector*

The article presents an analysis of border capacity changes during a pandemic in Poland and Europe. The article shows the basic characteristics of border crossings and customs clearance. The authors presented an analysis of the handling at border crossings during the inspection and the impact of the reduction of border capacity on the TSL industry.

Corresponding author:

e-mail: odpalamy@gmail.com

Sebastian LISIK
Paweł BOLISEGA*

OCENA FUNKCJONALNOŚCI NOWEGO SZLAKU JEDWABNEGO, PROPOZYCJE UDOSKONALENIA TRASY I OPRACOWANIE NOWEGO PODEJŚCIA

Słowa kluczowe: *Szlak Jedwabny, transport kolejowy, transport intermodalny, globalizacja*

Tematem artykułu jest nowy Jedwabny Szlak, który może połączyć Europę z Chinami poprzez wybudowanie autostrady. Ma ona na celu umożliwienie transportu towarów przez samochody ciężarowe w jak najkrótszym czasie, a także wybudowanie nowych terminali przeładunkowych. Projekt ten pozwoli na rozwój i otwarcie się nowych rynków w przemyśle oraz zwiększenie globalizacji pomiędzy krajami, przez które zostanie poprowadzona wspomniana wcześniej autostrada.

1. WSTĘP

Od III aż do XVII wieku Jedwabny Szlak pełnił funkcję drogi handlowej łączącej Chiny z Bliskim Wschodem i Europą. W dzisiejszych czasach Chiny bardzo dużo inwestują i często są pionierami wśród wytwarzania nowych technologii, które są niezbędne w rozwoju innych państw. Nic więc dziwnego, iż wyrażają coraz większe zainteresowanie oraz chęć odtworzenia dawnego szlaku, którego zadaniem byłoby zwiększenie ilości towarów transportowanych na tej trasie. Współcześnie przewóz towarów z Chin realizuje się głównie za pomocą transportu morskiego, który oferuje m. in. możliwość przetransportowania dużej ilości kontenerów (nawet do 20000 TEU). Taki transport ma jednak jedną bardzo istotną wadę, która jest uciążliwa, bądź nie do zaakceptowania przez liczne przedsiębiorstwa - czas realizacji transportu. Przetranportowanie kontenerów z Chin trwa bowiem średnio od 32 do 40 dni. Oczywiście realizuje się także przesyłki za pomocą samolotów, gdzie czas realizacji takiego transportu jest najszybszy, jednak bardzo kosztowny i jak powszechnie wiadomo niezbyt ekologiczny. Dlatego uważamy, że przewóz realizowany na zrekonstruowanym Jedwabnym Szlaku powinien być dokonywany przez transport szynowy.

* Koło Naukowe „Logistics”, Politechnika Wrocławska

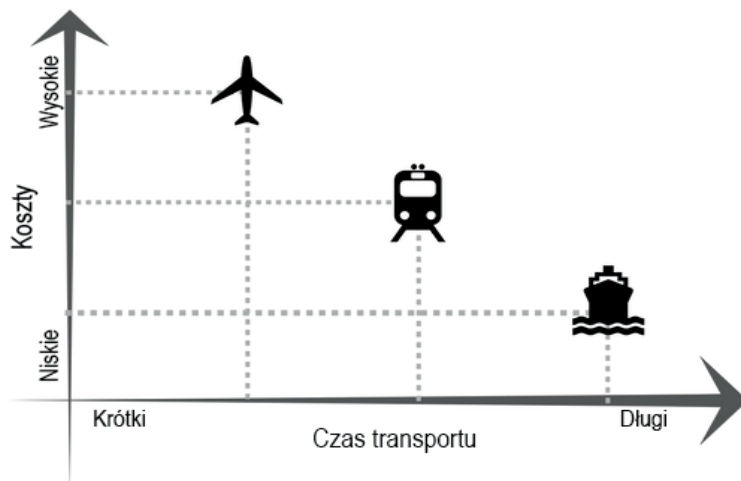


Rys. 1. Trasa Szlaku Jedwanego [1].

Fig. 1. Silk Road [1].

2. TRANSPORT KOLEJOWY W EUROPIE

Transport kolejowy w Europie przeżywa odrodzenie. Głównie za sprawą Białej Księgi, na mocy której państwa członkowskie zobowiązują się do modernizacji oraz większego wykorzystania między innymi tej gałęzi transportu. Może być ciekawą alternatywą dla transportu morskiego, bowiem oferuje dobry stosunek ceny do szybkości dostawy (jest ok. 20 - 30% droższy, natomiast czas dostawy jest zredukowany do ok. 50%). Trasę 11000 km jest w stanie przebyć 16-18 dni (przykładowo transport z Chengdu – Łódź liczący ok. 10000 km można zrealizować w 12 – 14 dni), jest również znacznie tańszy i bardziej ekologiczny w porównaniu z transportem powietrznym (emisja dwutlenku siarki jest 5 razy mniejsza). Dodatkowo kolej jest stosunkowo bezpieczna, punktualna i oferuje stabilne ceny (stawki są na stałym poziomie). Do jej wad zaliczamy natomiast uzależnienie od atmosfery (w przypadku silnych wiatrów załadunek jest często niemożliwy), mała liczba zabieranych kontenerów (40 – 43) czy rozstaw kół (na świecie rozstaw szyn nie jest unormowany) [2].



Rys. 2. Wykres zależności kosztów i czasu transportu dla poszczególnych gałęzi transportu [3].

Fig. 2. A graph of the cost and time relationships for each mode of transport [3].

2.1. SZLAK JEDWABNY SZANSĄ DLA POLSKI

Polska, dzięki dobremu położeniu geograficznemu i obecności skrzyżowania szlaków kolejowych północ – południe oraz wschód – zachód może mieć kluczową rolę podczas tworzenia omawianej trasy. Stworzenie takiego połączenia nie jest jednak tak proste, jak się wydaje. Głównymi barierami z jakimi trzeba się zmierzyć to różna szerokość torów, systemy sterowania ruchem kolejowym oraz system zasilania.



Rys. 3. Mapa korytarzy transportowych w Polsce [4].

Fig. 3. Map of transport corridors in Poland [4].

Jak wiadomo, kraje należące kiedyś do ZSRR posiadają inną szerokość torów - 1520 mm, podczas gdy w Chinach i w Polsce wynosi ona 1435 mm. Problem ten mógłby być rozwiązany dzięki zastosowaniu nowatorskiego systemu Polsw, czyli rozwinięcie systemu SUW2000. Dzięki wykorzystaniu tego nowego systemu nie byłoby potrzeby zatrzymywania się i wymiany wózków na podnośnikach, tylko w sposób automatyczny, w ruchu przy prędkości 30 – 40 km/h. Pozwoliłoby to zaoszczędzić kilka godzin w zależności od wielkości składu [5].

W państwach europejskich, ale także w Chinach i Rosji istnieją różne systemy sterowania ruchem kolejowym, co byłoby dodatkowym utrudnieniem podczas tworzenia Jedwabnego Szlaku. Wyposażenie pojazdu w urządzenia umożliwiające współpracę z każdym systemem funkcjonującym w danym państwie byłoby trudne ze względów finansowych, jak i pod względem ilości miejsca. Co więcej, istniejące czujniki wykorzystywane do różnych systemów mogą się wzajemnie zakłócać. Rozwiązaniem tego problemu mogłoby być wprowadzenie uniwersalnego i zmodernizowanego systemu, jakim przykładowo byłby ETCS, badany skrupulatnie głównie w Europie. Umożliwiłby on swobodę poruszania się pociągów w różnych sieciach kolejowych (państw posiadających tę infrastrukturę) bez konieczności zatrzymywania się na granicach oraz wymian lokomotyw lub maszynistów.

Kolejną istotną barierą mógłby być system zasilania pociągów, gdyż w państwach, przez które potencjalnie przebiegałby szlak jest on inny. Jednak wydaje się, że nie jest to aż tak znaczące utrudnienie, gdyż pojazdy takie są już coraz częściej stosowane np. w Belgii (3 kV) i w Niderlandach (dawniejszej Holandii)(1,5 kV) stosuje się systemy „dwunapięciowe” [6].

2.2. WYMIANA TOWARÓW POMIĘDZY POLSKĄ, A KRAJAMI WSCHODNYMI

W 2019 roku wartość eksportu wyniosła 235,8 mld euro i była wyższa o 1,8 mld euro od importu z krajów zagranicznych. Największym eksporterem z Polski za wschodnią granicą jest Rosja. Wartość eksportu towarów wyniosła 7,4 mld euro, co daje 7 miejsce w zestawieniu wszystkich Państw do których docierają polskie produkty. Natomiast największym importerem za granicy wschodniej są Chiny, które zajmują drugie miejsce w całym zestawieniu. Wartość całego importu towarów pomiędzy Polską, a Chinami wyniosła 29,1 mld euro. Warto dodać, że po Chinach na trzecim miejscu w tym zestawieniu znajduje się Rosja z wartością importu 14,4 mld euro. Z powyższych wartości wynika jednoznacznie, że Polska utrzymuje bliskie kontakty handlowe z krajami dalekiego wschodu. Zestawienie tych danych jednoznacznie pokazuje nam, że Nowy Jedwabny Szlak jest przyszłością i może okazać się pomocny w zwiększeniu wymian towarów z krajami bliskiego wschodu. Zapotrzebowanie wynikające importu towarów do Polski z roku na rok jest co raz większe, a przybywające towary z Chin zasypują rynek naszego Państwa, co sprawia, że zwiększy się częstotliwość transportów na linii Polska-Bliski Wschód [7].

3. BUDOWA NOWEGO SZLAKU JEDWABNEGO

W 2013 roku z inicjatywy przewodniczącego Chińskiej Republiki Ludowej XI Jinpinga został przedstawiony projekt budowy autostrady łączącej Chiny z Europą. Autostrada ma składać się z długości 8 tys. km i zostać oddana do użytku w 2024 roku. Do dziś wiadomo, że brakuje tylko odcinka autostrady pomiędzy Moskwą, a Kazaniem. Według najnowszych informacji rosyjska władza złożyła już wszystkie potrzebne dokumenty związane z tym odcinkiem drogi, z których jednoznacznie wynika, że odcinek ten będzie kosztował 600 mld rubli, czyli 36 mld złotych. Wszystkie pozostałe odcinki dróg zostały już wybudowane lub są w realizacji. Wybudowana autostrada pozwoli na przejazd samochodem z Hamburga do Pekinu w około 10 dni, co jest najkrótszym czasem przejazdu i sprawia, że droga będzie najkrótszym możliwym przejazdem dla wszystkich samochodów. Projekt ten ma na celu zwiększenia globalizacji, która dociera do Europy z Chin poprzez zakupów internetowych, które z roku na rok powiększają swój udział na rynku komercyjnym. Nowy Jedwabny Szlak ma nie tylko łączyć Chiny z Europą, ale też pozwolić takim państwom jak Kazachstan, czy Mongolia na możliwość zwiększenia swojego eksportu i otwarcia się na Europę, a co za tym idzie, rozwoju swojej gospodarki. Dzięki wybudowaniu tej autostrady zostaną zrealizowane projekty odbudowy dworców kolejowych czy możliwość wybudowania terminali przeładunkowych, które umożliwiły wykorzystania transportu intermodalnego np. połączenie transportu ciężarowego z transportem kolejowym. W tym projekcie uwzględnia się także Polskę przez którą będzie przebiegał ten szlak. Pozwoli to na możliwość wymiany towarów pomiędzy krajami przez które będzie przechodziła autostrada, a także na możliwość otwarcia nowych szlaków turystycznych i poznania nowych kultur. Całkowity koszt projektu ma wynosić około 90 mld dolarów w tym 50 mld dolarów zainwestuje Azjatycki Bank Inwestycji Infrastrukturalnych do którego od 15 czerwca 2016 roku należy Polska [8].

3.1. NOWA WIZJA SZLAKU JEDWABNEGO

Jednak ciekawym rozwiązaniem mogłoby okazać się wykorzystanie transportu intermodalnego i zalet, jakie oferuje. Transport drogowy jest najpopularniejszym środkiem przewozu towarów, dlatego niemożliwe byłoby zrezygnowanie z niego całkowicie. Połączenie funkcji kolei z transportem drogowym mogłoby przynieść pewne usprawnienia na badanej trasie, zmniejszając między innymi ilość samochodów ciężarowych na pewnych odcinkach. Ciekawym rozwiązaniem byłoby wdrożenie systemu Modalohr lub Flexiwaggon. Są to systemy poziomej obsługi towarów wymagające specjalnych wagonów z obrotową platformą, na które wjeżdża i jest transportowany pojazd z naczepą (Flexiwaggon) lub sama naczepa (Modalohr). Systemy te do funkcjonowania potrzebują wyspecjalizowanych terminali wyposażonych w niezbędne urządzenia, jednak oferują szereg zalet takich jak: szybki czas załadunku i rozładunku, zrezygnowanie z wykorzystania dźwigów, czy obsługa wielu wagonów w tym samym

czasie. Innym ciekawym systemem, który mógłby być połączony z wcześniejszymi jest CargoBeamer. W znaczący sposób usprawniłby on proces załadunku naczip na specjalnie przystosowane do tego wagony (czas przeładunku może być skrócony nawet o 1/10 obecnego czasu). Do prawidłowej pracy niezbędny jest jednak zabudowany terminal z modułami przeładunkowymi oraz wagony z mobilnymi platformami. Połączenie tych wszystkich systemów mogłoby jeszcze bardziej poprawić bezpieczeństwo przetransportowywanych towarów oraz czasy jakie pociąg traci na terminalach w celu ewentualnego przeładunku, a właściwe rozmieszczenie na całej trasie kilku odpowiednio przystosowanych terminali mogłoby w rezultacie doprowadzić do krótszego oczekiwania na towaru przez klienta.

3.2. ANALIZA SWOT

Tab. 1. Analiza SWOT dla nowego Szlaku Jedwabnego [9].

Tab. 1. The SWOT analysis for new Silk Road [9].

Mocne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> - Najkrótsze połączenie samochodowe. - Zwiększenie globalizacji. - Odnowienie kontaktów handlowych pomiędzy Europą, a Chinami. - Stworzenie nowych miejsc prac. - Możliwość poznania azjatyckich kultur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zwiększenie emisji CO₂. - Zagrożenie dla ekosystemu otaczającego autostradę.
Szanse	Zagrożenia
<ul style="list-style-type: none"> - Rozwój transportu intermodalnego. - Zwiększenie przychodów państwa polskiego związanych z exportem. - Rozwój branży e-commerce. - Otwarcie się nowych rynków dla Polski. - Rozwój polskiej branży transportowej. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zwiększenie występowania korupcji w takich państwach jak Rosja czy Kazachstan. - Zagrożenie dla transportu morskiego. - Zasypanie rynku europejskiego przez produkty niskiej jakości pochodzących z Chin.

4. PODSUMOWANIE

Podsumowując, koncepcja stworzenia na nowo Jedwabnego Szlaku, jest ciekawym rozwiązaniem, pozwalającym na napływ inwestycji zagranicznych i wymianę gospodarczą Chin z UE. Stworzenie takiej alternatywnej drogi transportu towarów jest bardzo realnym projektem, gdyż wraz z zastosowaniem nowych technologii państwa mogą zmierzyć się z wszelkimi istniejącymi barierami. Zwiększenie możliwości transportu towarów w relacjach z Chinami może być jednocześnie zagrożeniem całkowitego przejścia rynku poprzez jeszcze większe spopularyzowanie przedmiotów z tamtego regionu, a inwestycje chińskie mogą doprowadzić do uzależnienia się od nich państw znajdujących się w Europie.

LITERATURA

- [1] <https://poranny.pl/czy-podlaska-karawana-wyruszy-na-nowy-jedwabny-szlak/ar/c3-10212026> (dostęp 29.10.2020)
- [2] Urząd Transportu Kolejowego, Analiza kolejowych przewozów intermodalnych w Polsce, Warszawa 2016.
- [3] GRZYWNA M., SZKODA M. „Analiza Towarowych przewozów kolejowych w wybranych euroazjatyckich korytarzach transportowych” Kraków 2018
- [4] http://www.zits.pwr.wroc.pl/zwolski/source/ILB_TransportKolejowy.pdf (dostęp 26.10.2020)
- [5] SZKODA M., Metoda oceny kolejowych systemów transportowych ze zmianą szerokości torów, Monografie AGH, Problemy Inżynierii Mechanicznej nr 36, Zastosowania teorii systemów, Kraków 2007.
- [6] WITKOWSKI P., „Dostosowanie wschodnich przejść granicznych do ruchu tranzytowego” Tranzyt europejski wyzwaniem dla polski, Wydawnictwo Wyższej szkoły cła i logistyki, Warszawa 2007.
- [7] NAZARKO J., KUŹMICH K.A., CZEREWACZ-FILIPOWICZ K., polska na nowym jedwabnym szlaku, Transport Manager, 2016.
- [8] KACZMARSKI M., Nowy Jedwabny Szlak: uniwersalne narzędzie chińskiej polityki” komentarze, nr 161, 2015.
- [9] Opracowanie własne

**FUNCTIONALITY ASSESMENT OF THE NEW SILK ROAD,
PROPOSALS OF IMPROVEMENT EXISTING ROUTES AND
DEVELOPING A NEW APPROACH**

Key words: *Silk Road, rail transport, intermodal transport, globalisation*

The subject of the article is the new Silk Road, which can connect Europe with China by building a highway. Main aims of that project are to enable transporting goods by lorries in the shortest possible time and building new transshipment terminals. The concept of building new Silk Road will open new opportunities for already existed and new markets industry but also increase globalization between countries which through the motorway will run.

Corresponding author:
e-mail: pawelbolisega97@gmail.com

Antoni MEŻYŃSKI,
Paweł WIERZBICKI*

OPTYMALNE ZARZĄDZANIE JAKO CZYNNIK GWARANTUJĄCY OPLACALNOŚĆ TRANSPORTU INTERMODALNEGO

Słowa kluczowe: *transport intermodalny, zarządzanie transportem, optymalizacja transportu*

Obecnie w Polsce rok do roku widoczna jest zauważalna tendencja do wzrostu udziału transportu intermodalnego w całej strukturze przewozowej, co niesie za sobą konieczność jego optymalizacji. W artykule przedstawiono i szczegółowo opisano wybrane zagadnienia transportu intermodalnego, które warunkują jego opłacalność.

1. WSTĘP

Definicja transportu intermodalnego została opublikowana w 2001 roku przez Europejską Komisję Gospodarczą ONZ w publikacji pod tytułem „*Terminology on Combined Transport*”. Definicja przetłumaczona na język polski brzmi następująco – „Przemieszczanie towarów w jednej i tej samej jednostce ładunkowej, lub pojeździe drogowym, który wykorzystuje co najmniej dwa lub więcej środki transportu bez wykonywania przeładunków w różnych środkach transportu” [1].

Obecnie w Polsce transport intermodalny zyskuje na znaczeniu. Rok do roku widoczna jest zauważalna tendencja do wzrostu udziału tego rodzaju transportu w całej strukturze przewozowej. Wpływ na to ma wiele czynników, zarówno geograficznych jak i polityczno-gospodarczych. Geograficzne położenie Polski w centrum Europy daje możliwość stwarzania tranzytowych korytarzy między Unią Europejską, a państwami Europy Wschodniej. Natomiast dostęp do Morza Bałtyckiego umożliwia wykorzystywanie w transporcie intermodalnym większości dostępnych środków transportu.

Celem artykułu jest przedstawienie następujących elementów mogących wpływać na jakość transportu intermodalnego: procesów efektywnego zarządzania oraz stosowanych systemów bezpieczeństwa w dwóch, najbardziej związanych ze sobą gałęziach transportu intermodalnego: transportu kolejowego i transportu morskiego.

*Koło Naukowe Innowacyjnych Systemów Transportowo-Logistycznych, Uniwersytet Morski w Gdyni

2. TECHNOLOGIE PRZEWOZU, PRZEŁADUNKU I SKŁADOWANIA TOWARÓW W TRANSPORCIE INTERMODALNYM

2.1. PRZEWÓZ ŁADUNKÓW W KONTENERACH

W transporcie intermodalnym ładunki transportowane są w zdecydowanej większości za pomocą różnego rodzaju kontenerów. Kontener zbudowany jest ze stalowej konstrukcji, w której skład wchodzi: stalowe słupki narożne, podstawa, ściany kontenera, drzwi oraz dach, na którym nie powinno się nic składować. Podłoga kontenera musi wytrzymać ciężar przewożonego towaru, jak również środka transportu (na przykład wózka widłowego), który zajmuje się towarem w czasie procesu ładowania i rozładowywania. Wewnątrz kontenera znajdują się umiejscowione na podłodze i na ścianach uchwyty służące do montowania odpowiednich zabezpieczeń ładunku. Najbardziej wytrzymałą jego częścią są stalowe słupki, posiadające górne i dolne naroża zaczepowe, dlatego służą one do podnoszenia oraz mocowania kontenera. Podwójne drzwi kontenera (znajdujące się tylko po jednej stronie) są przyspawane do słupków narożnych na zawiasach. Są zamykane na 2-4 zamków, mają otwory na plomby oraz na odpowiednie kłódki, a także są odporne na wodę. Wszystkie te elementy służą zniwelowaniu niebezpieczeństw, na jakie może natknąć się towar w czasie transportu.

Ze względu na konstrukcję oraz zadanie, jakie są przed nimi stawiane, możemy wyróżnić wiele rodzajów kontenerów:

- Kontener uniwersalny ogólnego przeznaczenia – do przewozu ładunków drobnicowych. Niejednokrotnie po odpowiednim przebudowaniu kontenera może on być również wykorzystywany do przewozu ładunków luzem, zarówno sypkich jak i ciekłych. W takim przypadku fracht luźny umieszczony musi być w tak zwanych „Big Bagach”. Neutralne ciecze przewozi się przy użyciu flexitanków, co niejednokrotnie jest tańszym sposobem niż transport w kontenerach cysternach. Najczęściej używane rodzaje kontenerów uniwersalnych: kontener 20' standard (TEU), kontener 40' standard (FEU) (długi kontener), kontener 40' high cube (długi i wysoki kontener).
- Kontener z otwartym dachem (open top) – używane są głównie przy przewozie towarów przekraczających wysokość kontenera standardowego, ładowanych od góry lub takich, których załadunek do kontenera standardowego jest niemożliwe ze względów manipulacyjnych. Konstrukcja daje możliwość ładowania z wykorzystaniem całego światła otworu dachowego oraz drzwi. Od góry kontener przykryty jest zazwyczaj wodoszczelną plandeką wyposażoną w linkę z zamknięciem celnym. Na czas przemieszczania towary przewyższające wysokość dopuszczalną mogą być umieszczone pionowo, jednakże zmniejsza się przez to szerokość ładowna. Kontenery open top są coraz częściej wykorzystywane do przewozu towarów sypkich. Fracht ładowany jest od góry, zaś do rozładunku służą najczęściej naczepy kontenerowe – wywrotki. Najczęściej używane rodzaje kontenerów z otwartym dachem: kontener 20' open top, kontener 40' open top (długi kontener).

- Kontener z otwartym dachem i bokami (flatrackcontainer) – przystosowane są do przewozu towarów, których wymiary przekraczają dopuszczalne wymiary open top container oraz general purpose container. Sztywne ściany oraz wytrzymała podłoga pozwala na zabezpieczanie, mocowanie oraz piętrowanie towarów. Najczęściej używane rodzaje kontenerów z otwartym dachem i bokami: kontener 20' flatrack, kontener 40' flatrack (długi kontener).
- Kontener cysterna (tank container/tank) – są to kontenery zbiornikowe przeznaczone do transportu cieczy lub chemikaliów w stanie płynnym. Ich konstrukcja musi ściśle odpowiadać wymogom konwencji IMDG (międzynarodowy kodeks ładunków niebezpiecznych). Kontenery cysterny napełnia się zazwyczaj tylko do 80% zawartości (maksymalnie do 95% zawartości), żeby uniknąć falowania mieszaniny podczas transportu.
- Kontener chłodniczy (refrigerated container) – służy do przewożenia towarów, które posiadają określoną stałą temperaturę (w przedziale od -25 do +25 stopni Celsjusza). Najczęściej używane rodzaje kontenerów chłodniczych: kontener 20' insulated reefer (chłodnia z izolacją), kontener 20' non-insulated reefer (chłodnia bez izolacji).
- Kontener o bokach otwartych (open sided container).
- Kontener do ładunków masowych (bulk container).
- Kontener do ładunków stałych luzem (dry bulk container).

Wszystkie kontenery wykorzystywane w transporcie intermodalnym są standaryzowane do przyjętych wymiarów i objęte normami. Ułatwia to proces zarządzania składowaniem, sztautowaniem, oraz ładowaniem kontenerów. W jednym kontenerze mogą być przewożone ładunki różnego typu z wyjątkiem towarów niebezpiecznych, które ściśle definiuje Międzynarodowy Kodeks Ładunków Niebezpiecznych (IMDG).

2.2. TERMINALE KONTENEROWE

W transporcie intermodalnym czynnikiem warunkującym jego opłacalność jest przede wszystkim odpowiednio rozwinięta infrastruktura transportu oraz zaplecze techniczne. Jednym z głównych takich elementów są terminale kontenerowe umożliwiające przeladunek kontenerów między środkami transportu.



Rys. 1. Lokalizacja terminali kontenerowych wykorzystywanych w realizacji przewozów intermodalnych

Fig. 1. Location of payable container terminals in the implementation of intermodal transport

Na 1 tys. km linii kolejowych w Polsce w 2015 roku działało 1,98 terminali kontenerowych, a na 10 tys. km² przypadało 1,22 terminalu. Przy czym w dziewięciu miejscowościach funkcjonował więcej niż jeden taki obiekt. W siedmiu miejscowościach (Gdynia, Gdańsk, Poznań, Łódź, Radomsko, Gliwice, Sławków) były po dwa terminale, a w dwóch (Warszawa i Małaszewicze) po trzy. Biorąc zatem pod uwagę liczbę miejscowości gdzie działały terminale ich gęstość wynosiła 1,4 terminala na 1000 km linii. Należy pamiętać, że rozmieszczenie to było nierównomierne i widoczne było znaczne zróżnicowanie regionalne. W pięciu województwach (opolskie, świętokrzyskie, podlaskie, warmińsko-mazurskie i kujawsko-pomorskie) nie było ani jednego terminalu [2].

Można zaobserwować prawidłowość, iż terminale są zlokalizowane przy głównych szlakach komunikacyjnych co optymalizuje czas przeładunku kontenerów między środkami transportu. Terminale umiejscowione w centralno-południowej Polsce obsługują przeładunki między transportem kolejowym a transportem drogowym, natomiast terminale znajdujące się w pobliżu miast portowych umożliwiają szybki przeładunek z wagonów kolejowych na statki. Terminal w Małaszewiczach należący do PKP Cargo oraz „Euroterminal Sławków” w Sławkowie świadczą również usługi przeładunku kontenerów pomiędzy wagonami kolejowymi o różnej szerokości podwozia. Jest to możliwe

dzięki położeniu tych terminali na splocie linii kolejowych : normalnotorowej i szeroko-torowej.

Zdaniem autora, aby poprawić dostęp do terminali, których funkcjonowanie warunkuje rozwój transportu intermodalnego, należałoby wesprzeć budowę terminali na obszarach o słabej dostępności do tego typu infrastruktury. Charakteryzują się one mniejszym potencjałem gospodarczym niż największe aglomeracje, toteż inwestycje takie mogą się wiązać z większym ryzykiem. Jednocześnie powstanie terminalu może pobudzić rozwój gospodarczy danego miasta i regionu [3].

3. TRANSPORT MORSKI

W dzisiejszych czasach transport morski odgrywa znaczną rolę w międzynarodowym procesie przemieszczania dóbr. Spowodowane to jest dużą ładownością oraz optymalną ceną jednostkową, dlatego jest to najbardziej uzasadniony rodzaj przesyłania frachtu na znaczne odległości. Obecnie w Polsce wyróżnić możemy duże porty towarowe: Port w Gdyni, Port w Gdańsku, Port w Szczecinie, Port w Świnoujściu oraz szereg mniejszych portów, jak na przykład Darłowo. Większość portów w Polsce dąży do ciągłego rozwoju, co zaobserwować możemy na przykład w rosnącej co roku liczbie obsługiwanych statków oraz kontenerów. Z danych, jakie możemy odczytać na stronie Zarządu Portu Gdynia wynika, że w latach 2014-2018 przeładowano ogółem ponad

4000 ton towarów więcej.

W trakcie transportu ładunki przewożone drogą morską są narażone na niepożądane działanie zewnętrznych czynników. Z tego powodu każdy kontener, który znajduje się na pokładzie statku musi być zabezpieczony i zamocowany zgodnie z poniższymi zasadami:

- do mocowania kontenerów mogą być stosowane łączniki skrętne i mostkowe, odciąg, uchwyty, specjalne kliny, rozpory itp.,
- dopuszcza się stosowanie specjalnych konstrukcji takich jak ramy kratownicowe lub wolnostojące prowadnice,
- kontenery rozmieszczone na pokładzie i narażone na zalewanie wodą powinny być mocowane do stałych elementów statku za pomocą łączników skrętnych lub odciągów o takiej wytrzymałości, aby była dodatkowo uwzględniona siła wyporu kontenera,
- kontenery zamocowane przy pionie dziobowym powinny być zabezpieczone przed działaniem fal specjalną osłoną (falochronem),
- kontenery przewożone na pokładzie w jednej warstwie należy mocować do gniazd pokładowych za dolne naroża zaczepowe,
- kontenery rozmieszczone w ilości 6 lub więcej warstw powinny być umieszczone w prowadnicach tworzących komory kontenerowe [4].

Dodatkowo przy bezpiecznym stosowaniu kontenerów stosuje się odpowiedni osprzęt służący do tego: prowadnice, zaczepy, gniazda do mocowania, śruby oczkowe, łańcuchy, odciąg linowe, prętowe, ściągacze oraz napinacze.

Spedytorzy oraz przewoźnicy podejmujący się transportu kontenerów drogą morską muszą przestrzegać szeregu przepisów oraz konwencji. Oto kilka z nich:

- Konwencja Helsińska – konwencja dotycząca ochrony środowiska naturalnego Morza Bałtyckiego,
- Międzynarodowy Kodeks Ładunków Niebezpiecznych IMDG,
- Konwencja narodów zjednoczonych o przewozie towarów drogą morską,
- Konwencja narodów zjednoczonych o umowach międzynarodowego przewozu towarów w całości lub częściowo drogą morską,
- Umowa europejska o głównych śródlądowych drogach wodnych,
- Kodeks Morski.

Fracht morski zazwyczaj kojarzy się z przemieszczaniem dóbr na skalę międzynarodową, a co za tym idzie należy przestrzegać zasad i reguł odpraw celnych. Towarzyszy temu szereg dokumentów:

- faktura handlowa z zapisanymi na niej warunkami dostawy – wystawiana przez sprzedającego na towary wysłane kupującemu,
- lista ładunkowa – potwierdza jakie przesyłki zostały załadowane,
- świadectwo pochodzenia – dokument ukazujący z jakiego kraju pochodzi zakupiony i sprowadzany towar,
- morski list przewozowy (konosament) – list przewozowy stosowany w transporcie morskim,
- przy przewozie zwierząt dodatkowo wymagane jest jeszcze świadectwo weterynaryjne, atesty.

4. TRANSPORT KOLEJOWY

Znaczącą rolę na rynku przewozów kolejowych w Polsce stanowi transport intermodalny. Rok do roku zauważa się wzrost udziału przewozów intermodalnych w ogólnej strukturze przewozów kolejowych. Zarówno przewoźnicy kolejowi jak i operatorzy logistyczni zauważają korzyści ze świadczenia usług w tej dziedzinie transportu. Istotną rolę w opłacalności kolejowego transportu intermodalnego stanowi zarządzanie jakością oparte na bezpieczeństwie przewozów. W dalszej części rozdziału zostaną przedstawione podstawowe zasady bezpieczeństwa warunkujące jakość przewozu, które muszą spełniać przewoźnicy kolejowi świadczący usługi przewozowe.

Niezbędnym elementem do wykonywania kolejowych usług przewozowych jest tabor kolejowy. Zarówno lokomotywy jak i wagony muszą spełniać wymagania ściśle określone przez Urząd Transportu Kolejowego. Każda lokomotywa i wagon, aby poruszać się po sieci PKP Polskich Linii Kolejowych musi uzyskać Świadectwo dopuszczenia do eksploatacji. Ponadto Urząd Transportu Kolejowego nakłada na przewoźników

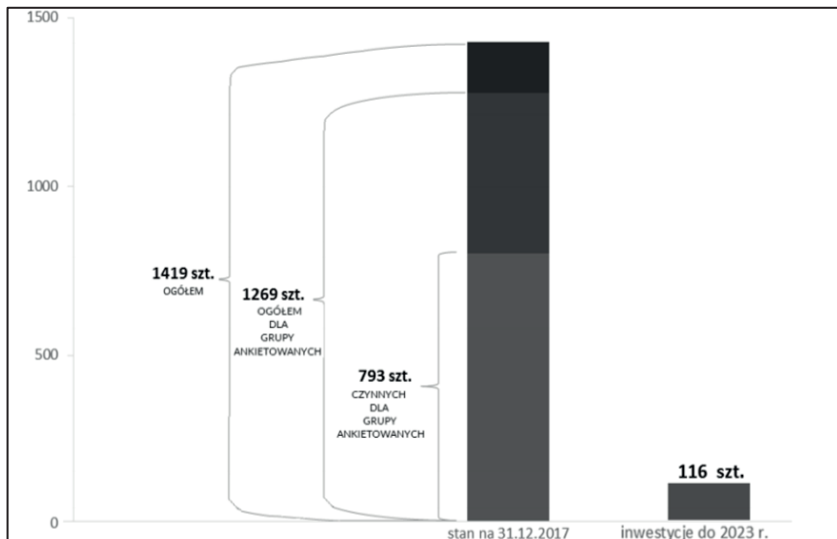
obowiązek cyklicznego serwisowania i kontrolowania pojazdów nazywanych dalej jako Poziom Utrzymania Pojazdu Kolejowego.

Wyróżnia się następujące poziomy utrzymania:

- P1 – planowe czynności sprawdzające wykonywane przed wyjazdem pojazdu na linię, w czasie jazdy lub po zakończeniu kursu, zaopatrzenie w materiały eksploatacyjne, ocena głównych podzespołów i układów pojazdu,
- P2 – planowe czynności sprawdzające wykonywane bez demontażu podzespołów w przerwach w eksploatacji pojazdu,
- P3 – czynności utrzymaniowe, wykonywane na specjalistycznych stanowiskach kontrolnych, z wyłączeniem pojazdu z ruchu, z częściowym demontażem podzespołów,
- P4 – czynności utrzymaniowe w zakładach posiadających zaplecze techniczne i stanowiska pomiarowe, obejmujące planową wymianę lub naprawy podzespołów - naprawa rewizyjna,
- P5 – odnowienie pojazdu, obejmujące demontaż podzespołów oraz ich wymianę na nowe lub zregenerowane - naprawa główna [5].

Dla każdego typu lokomotyw przypisane są inne interwały między naprawcze. Regularne wykonywanie przeglądów taboru kolejowego minimalizuje ryzyko wystąpienia usterek, a co za tym idzie może poniekąd zapobiegać występowania katastrof w ruchu kolejowym.

Rosnące zapotrzebowanie na przewozy kolejowe determinuje powstawanie wielu nowych przedsiębiorstw, które muszą zainwestować w zakup nowych lokomotyw bądź dokonać modernizacji już istniejących.



Rys. 2. Prognozy inwestycji kolejowych przewoźników towarowych w zakup nowych lokomotyw elektrycznych [6]

Fig. 2. Forecasts of investments by rail freight carriers in the purchase of new electric locomotives [6]

Niewielka ilość planowanych inwestycji wynika z faktu, że w krajowym transporcie towarowym nie wykorzystuje się dużych prędkości, a co za tym idzie nie ma potrzeby zakupu przez przewoźników nowych, wielosystemowych lokomotyw. Inwestycje skierowane są głównie na modernizację, mające na celu poprawę współczynnika dostępności i niezawodności lokomotyw. W związku z tym w Polsce popularny stał się wtórny rynek zakupu pojazdów szynowych. Prywatni przewoźnicy odkupują nieeksploatowane już lokomotywy od państwowych przewoźnika PKP Intercity, następnie wykonują im naprawy piątego poziomu utrzymania często połączoną z modernizacją. Lokomotywa zostaje wówczas przystosowana do pracy według zasad określonych przez Urząd Transportu Kolejowego i wyposażona w obowiązujące systemy bezpieczeństwa. Przykładem takiego mechanizmu są lokomotywy typu EU07. To najpopularniejsza seria normalnotorowych, elektrycznych, uniwersalnych lokomotyw wyprodukowanych w zakładach Pafawag we Wrocławiu oraz w późniejszym okresie w HCP w Poznaniu na podstawie dokumentacji angielskiej lokomotywy EU06. Łącznie w latach 1965-1993 wyprodukowano 483 sztuk. Pierwszą lokomotywą tego typu odkupioną od PKP i wcieloną do pracy w nowej firmie była EU07-125. Pojazd ten w 1999r. od PKP odkupiło Przedsiębiorstwo Materiałów Podsadzkowych Przemysłu Węglowego z siedzibą w Zabrze, jednak gwałtowny wzrost takich operacji nastąpił dopiero w 2011r. Wówczas spółka PHU Lokomotiv odkupiła od PKP Intercity pierwsze 5 lokomotyw tego typu i używała je wyłącznie do ruchu towarowego, a w szczególności do obsługi pociągów intermodalnych. W późniejszych latach wiele spółek zdecydowało się na podobne kroki, które były podyktowane między innymi rosnącym zapotrzebowaniem na obsługę pociągów intermodalnych do których obsługi idealnie nadawały się lokomotywy typu EU07. W 2011r. państwowy przewoźnik towarowy PKP Cargo zleciło dla ówczesnego ZNLE Gliwice wykonanie modernizacji 24 sztuk lokomotyw EU07. Naprawa miała za zadanie podniesienie poziomu bezpieczeństwa pracy oraz zwiększenie funkcjonalności lokomotywy co wtórnie wpływa na jakość oferowanych przewozów intermodalnych między innymi przez wzrost współczynnika dostępności czynnej lokomotywy. Zakres modernizacji obejmował :

- podniesienie ergonomii pracy maszynisty,
- zapewnienie izolacji termicznej i akustycznej kabiny,
- modernizacja silników trakcyjnych,
- zamontowanie dodatkowej przetwornicy do zasilania elektrycznych urządzeń pokładowych,
- nowoczesny prędkościomierz zgodny z ETCS - Europejskim Systemem Sterowania Pociągiem.

Jednym z warunków konkurencyjności w jakości świadczenia przewozów intermodalnych przez kolej jest bezpieczeństwo.

Bezpieczeństwo systemowe transportu kolejowego jest gwarantowane przez różne akty normatywne, do których można zaliczyć dyrektywy i decyzje Unii Europejskiej, dokumenty UIC (Union Internationale des Chemins de fer), normy europejskie

i krajowe, wymagania opracowane przez branżowe spółki kolejowe, jak i stosowne instrukcje dotyczące zasad eksploatacji poszczególnych składników transportu kolejowego [7].

Przewoźnicy kolejowi są zobligowani do instalowania w pojazdach szynowych między innymi urządzeń radiołączności kolejowej, systemów automatyki bezpieczeństwa kolejowego: system czuwaka aktywnego, system samoczynnego hamowania pociągu. Działanie tych podstawowych systemów warunkuje bezpieczne poruszanie się pojazdów szynowych, dlatego zgodnie z wydawanymi przez przewoźników kolejowych instrukcjami bezpieczeństwa, drużyna pociągowa przed rozpoczęciem jazdy ma obowiązek oględzin i sprawdzenia prawidłowego działania systemów bezpieczeństwa zainstalowanych w pojeździe.

Jedną z barier, która blokuje jeszcze szybszy rozwój kolejowego transportu intermodalnego jest tak zwane „wąskie gardło”. Chodzi o brak dostępności wolnych torów na stacjach przeznaczonych do postoju pociągów. W prawdzie na stacjach portowych ten problem zostaje wyeliminowany po przez modernizację układów stacyjnych, to pozostaje on jednak na stacjach po drodze. Zacończony stan infrastruktury kolejowej widoczny jest również w dopuszczalnym nacisku osi na szynę. W Polsce w większości wynosi on 20 t, a w krajach sąsiednich 22,5 t. Pociągi poruszające się na sieci PKP PLK nie mogą przekraczać 600 m. Jest to spowodowane brakiem wystarczająco długich torów dodatkowych, stacyjnych które umożliwiłyby przyjmowanie dłuższych pociągów. Zarówno zwiększenie długości pociągu jak i zwiększenie dopuszczalnego nacisku na oś pozwoliłoby na zmniejszenie jednostkowego kosztu transportu.

5. PODSUMOWANIE

Transport intermodalny umożliwia szybki i bezpieczny przewóz towarów zwłaszcza na duże odległości. Cały ten złożony proces składa się z wielu skomplikowanych etapów i na każdym z nich do prawidłowego funkcjonowania wymagane jest efektywne zarządzanie jego jakością. Zarówno transport kolejowy, morski oraz sam przeładunek wymaga zachowania wszelkich norm bezpieczeństwa. Firmy przewozowe trudniące się transportem intermodalnym dbają o to, żeby jakość świadczonych przez nich usług była na jak najwyższym poziomie, a co za tym idzie przykładają dużą wagę do zarządzania jakością i bezpieczeństwem w swoich przedsiębiorstwach.

Zwiększające się znaczenie transportu intermodalnego jest niewątpliwie szansą na rozwój nie tylko dziedziny transportu, ale również innych, powiązanych dziedzin gospodarki państwa. Aby jednak tak się stało, cały proces musi być zarządzany w sposób efektywny, bezpieczny, oraz zgodny z zasadami zrównoważonego rozwoju.

LITERATURA

- [1] Europejska Komisja Gospodarcza ONZ : „*Terminology on Combined Transport*”, New York, Geneva 2001
- [2] BOCHEŃSKI T. *Rozmieszczenie i charakterystyka terminali kontenerowych w Polsce oraz propozycje lokalizacji nowych obiektów*, Zeszyty naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 1/ (48) 2018, Szczecin 2018, s. 18
- [3] BOCHEŃSKI T. *Rozmieszczenie i charakterystyka terminali kontenerowych w Polsce oraz propozycje lokalizacji nowych obiektów*, Zeszyty naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 1/ (48) 2018, Szczecin 2018, s. 26
- [4] <https://notatek.pl/zasady-bezpiecznego-mocowania-kontenerow-na-statkach-specjalistycznych-i-na-statkach-nieprzystosowanych> [dostęp 25.02.2020] *Zasady mocowania kontenerów na statkach*, Zeszyty naukowe Akademii Morskiej w Gdyni
- [5] PKP Polskie Linie Kolejowe *Instrukcja utrzymania pojazdów kolejowych Itw-4*, Warszawa 2016
- [6] Opracowanie własne, dane z Urzędu Transportu Kolejowego
- [7] GAGO S. *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa w transporcie kolejowym*, Prace instytutu kolejnictwa – Zeszyt 159, 2018, s.10

OPTIMAL MANAGEMENT AS A FACTOR GUARANTEEING THE PROFITABILITY OF INTERMODAL TRANSPORT

Key words: *intermodal transport, transport management, transport optimization*

Presently in Poland there is a noticeable tendency to increase the share of intermodal transport in the entire transport structure, which entails the need to optimize it. The article presents and describes in details selected issues of intermodal transport, that determine if profitability.

Corresponding author:
e-mail: a.mezynski@o2.pl

Patrycja ZBROJA
Sebastian LISIK*

BEZPIECZEŃSTWO PRZEWOZU ŁADUNKU NIENORMATYWNEGO I JEGO WPŁYW NA JAKOŚĆ WYKONANIA USŁUGI

Słowa kluczowe: *transport nienormatywny, bezpieczeństwo przewozu, Jakość transportu*

Transport ładunków nienormatywnych nie należy do najłatwiejszych, jeśli chodzi o jego przygotowanie, organizację oraz wykonanie. Wykonawca takiego transportu jest zobligowany do przestrzegania szeregu regulacji prawnych, a także musi spełnić warunki przewozu zgodnie z ustaleniami zleceniodawcy. Najważniejszym czynnikiem organizacji przewozu ładunku nienormatywnego jest zadbanie o bezpieczeństwo ładunku, kierowcy oraz innych uczestników ruchu drogowego. Bezpieczeństwo wykonania takiego transportu będzie świadczyło o jakości wykonanej usługi. Obowiązkiem wykonawcy transportu jest zapewnienia bezpieczeństwa już na etapie planowania przewozu transportu nienormatywnego.

1. WSTĘP

Transport jest dziedziną prężnie się rozwijającą oraz zatrudniającą coraz większą liczbę osób. Obejmuje ona przewóz oraz dystrybucję towarów drogą lądową, wodną, lotniczą oraz kolejową. Ze względu na szeroki wybór drogi transportu, zwiększa się również zakres taboru dostarczającego ładunki. Rozwój transportu jest odpowiedzią na sprostanie potrzeb klientów. Ważną rolę w transporcie odgrywa przewóz ładunków specjalistycznych, w którym popularną grupą jest transport ładunków nienormatywnych, opisany w poniższej pracy. Do tego rodzaju transportu można zaliczyć również przewóz materiałów niebezpiecznych, odpadów, zwierząt, ale także żywności. Transporty specjalistyczne wymagają od przewoźników spełnienia bardzo rygorystycznych wymagań prawnych powoduje sprowadzanie i instalowanie w Polskich elektrowniach wiatrowych, co wiąże się z przewozem elementów do budowy farm wiatrych o długości dochodzącej do 50-70 m, a masa całkowita do 150 ton.

Celem niniejszego referatu jest przedstawienie i charakterystyka uwarunkowania związanego przewozu drogowego nienormatywnego na terenie Polski. W pracy zosta-

* Koło Naukowe „Logistics”, Politechnika Wroclawska

nie przedstawiona charakterystyka zadania transportowego oraz zostaną omówione zagadnienia formalne związane z procedowaniem dokumentacji procesowej, a także charakterystykę techniczną pojazdów do takiego rodzaju przewozów.

2. UREGULOWANIA PRAWNE PRZEWOZU ŁADUNKU NIENORMATYWNEGO

Transport ładunków nienormatywnych jako transport specjalistyczny musi spełnić określone przez prawo warunki. Przedsiębiorca realizując transport ładunku ponadnormatywnego musi działać zgodnie z takimi aktami prawnymi, jak:

- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. - Prawo o ruchu drogowym [Dz. U. 1997 Nr 98 poz. 602]
- Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych [Dz. U. 1985 Nr 14 poz. 60]
- Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym [Dz. U. 2001 Nr 125 poz. 1371]
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia [Dz. U. 2003 nr 32 poz. 262]
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 22 czerwca 2012 r. w sprawie zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych [Dz. U. 2012 poz. 764]
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 23 maja 2012 r. w sprawie pilotowania pojazdów nienormatywnych [Dz. U. 2012 poz. 629]
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych oraz Ministra Sprawiedliwości z dnia 17 października 2012 r. w sprawie warunków poruszania się po drogach pojazdów nienormatywnych Policji, Inspekcji Transportu Drogowego, Biura Ochrony Rządu, Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, Agencji Wywiadu, Centralnego Biura Antykorupcyjnego, Straży Granicznej, Służby Więziennej, Służby Celnej oraz jednostek ochrony przeciwpożarowej [Dz. U. 2012 poz. 1142] [2].

2.1. WYMIARY POJAZDU NIENORMATYWNEGO

Pojazd nienormatywny, to taki, którego wymiary przekraczają następujące wartości:

- szerokość – 2,6 m,
- wysokość – 4 m,
- długość – 16,5 m,

- dopuszczalna masa całkowita w przypadku:
 - a) pojazdy trzyosiowego – 24 t,
 - b) zespołu pojazdów o liczbie osi nie przekraczającej cztery – 32t,
 - c) zespołu pojazdów o liczbie osi ponad cztery – 42 t,
- nacisku:
 - a) na jedną oś – 80 kN,
 - b) na oś składową przy odległości od sąsiedniej bliższej osi składowej:
 - do 1,20 m – 57,5 kN,
 - od 1,20 m do 1,30 m – 65,0 kN,
 - ponad 1,30 m – 72,5 kN [1].

2.2. DOPUSZCZALNE NACISKI NA OSIE W RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Zgodnie z obowiązującym w Polsce Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 31 grudnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia [Dz. U. 2003 nr 32 poz. 262] zostały wprowadzone wymagania dotyczące maksymalnych wymiarów poszczególnych pojazdów kołowych w ruchu krajowym. Według tego rozporządzenia masa pojedynczego pojazdu dwuosiowego powinna wynosić 18 ton, pojazdu z trzema osiami 25 ton, pojazdu czterosiowego z dwoma osiami kierowanymi 32 ton. W zależności od rodzaju drogi obowiązują w Polsce szczegółowe przepisy, które określają warunki jazdy i przewozu towarów pojazdami w zależności od warunków technicznych drogi oraz dopuszczalnych nacisków na oś napędową, nie napędową i oś składową [1].

Tab. 1. Dopuszczalne naciski na oś w zależności od rodzaju drogi w Polsce [2].

Tab. 1. Permissible axle loads according to the type of road in Poland self-study on [2].

Rodzaj drogi	Dopuszczalny nacisk na oś [kN]
Powiatowe i wojewódzkie	80
Krajowe	100
Autostrady	115

2.3. POJAZDY DO PRZEWOZU ŁADUNKÓW

- ciągniki balastowe – są to ciągniki drogowe, które są dociążone odpowiednim balastem, które są przeznaczone do ciągnięcia przyczep wieloosiowych o dużej ładowności lub innych pojazdów posiadających dużą masę własną. Balast zwiększa przyczepność kół pojazdu do powierzchni drogi, co jest bardzo ważne w przypadku ciągnięcia przyczep lub pojazdów nieposiadających lub z uszkodzonym własnym układem hamulcowym.
- ciągniki siodłowe – są to ciągniki drogowe, przeznaczone głównie do ciągnięcia innych pojazdów drogowych, które nie mają własnego napędu. Połączenie

ciągnika z np. naczepą umożliwia siodło, które umożliwia skręt naczepy względem silnika, co oznacza, że nie jest to połączenie sztywne. Dzięki takiemu połączeniu, mimo znacznej długości zespoły posiadają relatywnie mały promień skrętu. Umieszczenie siodła nad tylną, napędzaną osią ciągnika umożliwia przeniesienie części ciężaru naczepy na siodło.

- ciągniki siodłowo-balastowe - są zespoleniem zalet obydwóch rodzajów ciągników. Otrzymujemy połączenie uniwersalnego mocowania naczep siodłem z ciągników siodłowych z mocą i siłą pociągową ciągników balastowych. Takie powiązanie umożliwia wykorzystanie siły i możliwości skrętu w jednym pojeździe [3].

3. JAKOŚĆ W TRANSPORCIE ŁADUNKÓW NIENORMATYWNYCH

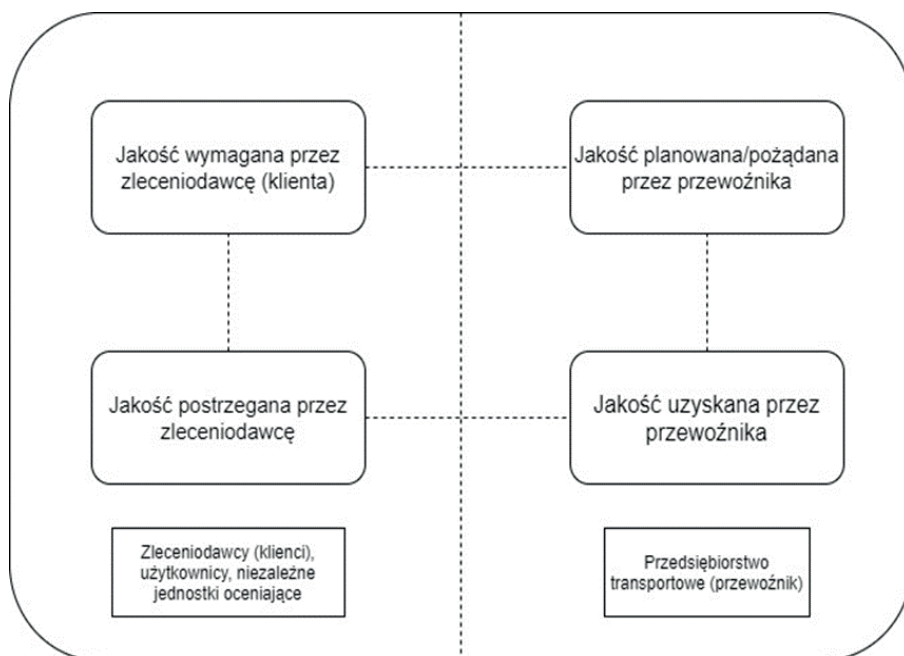
Jakość usług transportowych to wychodzenie przez przedsiębiorców naprzeciw potrzeb klienta. Można powiedzieć, że jest to stopień, w jakim ogół nieodłącznych właściwości usługi realizujących potrzeby klienta. Z tego wynika, że to klient decyduje o tym, czy i w jakim zakresie wykonanie usługi spełniło jego oczekiwania oraz, czy zaspokaja jego potrzeby.

Niestety dostrzega się wiele czynników zagrażających zarówno bezpieczeństwo, jak i jakości usług transportowych.

Do nich należą m.in.:

- akty terrorystyczne i kradzieże, często połączone ze zniszczeniem mienia,
- niedoskonałość rozwiązań technicznych ze względu na niewłaściwie dobrany środek transportu lub urządzenie przeładunkowe
- niewłaściwe opakowania lub niewłaściwie użyte pojemniki transportowe, niedostatecznie chroniące ładunki podczas transportu,
- przeciążenia systemu drogowego oraz zły stan infrastruktury drogowej,
- wypadki (drogowe, kolejowe, lotnicze, morskie),
- strajki,
- nieodpowiednie kwalifikacje personelu,
- brak znajomości przepisów i ich nieprzestrzeganie,
- brak lub nieprawidłowy system kontroli,
- brak rozeznania co do warunków infrastrukturalnych, geograficznych, a nawet kulturowych regionów i krajów, do których przesyłka ma być dostarczona,
- nieprawidłowości w dokumentacji przewozowej, powodujące wydłużanie postojów lub nieprawidłowe skierowanie przesyłek,
- brak lub nieodpowiedni monitoring miejsc lokalizacji towarów,
- nieprzestrzeganie warunków środowiskowych przy przewozach kontenerowych,
- nadmierne przeciążenie środków transportu.

- masowość, związana ze zdolnością załadowniczą, przepustowością dróg i punktów węzłowych,
- szybkość, rozumiana jako czas przewozu pasażera i/lub ładunku, czas dojazdów pomocniczych do głównego środka transportu oraz oczekiwania w punktach komunikacyjnych (np. dworcach, przystankach),
- częstotliwość przewozów,
- punktualność,
- regularność przewozów,
- rytmiczność przewozów,
- niezawodność,
- bezpieczeństwo,
- koszt przewozu [3, 4].



Rys. 1. Pętla jakości usług transportowych [3].

Fig. 1. Transport service quality loop [3].

3.1. PLANOWANIE PRZEBIEGU PROCESU TRANSPORTOWEGO

Planowanie to sposób regulacji przebiegu i koordynowania działań w czasie oraz środki i procedura, umożliwiające przeprowadzenie działań, a także wykonanie ich w sposób optymalny, który umożliwi maksymalnie skuteczne osiągnięcie celów planowania. Planowanie procesu transportowego polega na dostarczeniu ładunków z punktu nadania do miejsca odbioru. Samo planowanie transportu składa się z wielu etapów związanych nie tylko z samym przewozem,

a także z elementów towarzyszących. Jednym z głównych zadań podczas planowania jest dotarcie ładunku na czas oraz odpowiednie zabezpieczenie podczas transportu, aby go nie uszkodzić. Na szczególną uwagę podczas planowania zasługują dwa aspekty:

- zaplanowanie trasy przejazdu w optymalny sposób, osiągając jak najkrótszy czas przewozu,
- wybór najkorzystniejszego środka transportu oraz trasy, aby dostosować transport do wymagań klienta, równocześnie uwzględniając minimalizację kosztów przejazdu.

Przebieg organizacji transportu wymaga dwóch stron: zleceniodawcy oraz zleceniobiorcy. Zleceniodawca spodziewa się wykonania danego przewozu w konkretny sposób, który może nie być zgodny z tym zaproponowanym przez zleceniobiorcę. Realizator zamówienia współpracując ze specjalistami np. ds. obsługi klienta, logistykami, spedytorami itp. dostosowuje ofertę przewozu do potrzeb klienta.

W czasie planowania przebiegu procesu transportowego można wyróżnić sześć zachodzących faz uzależnionych od uczestników przewozu oraz od rodzaju przewożonego ładunku, są to:

- poglądowe przygotowanie procesu przemieszczenia – po otrzymaniu zlecenia od klienta zleceniobiorca opracowuje wstępny projekt przebiegu procesu transportowego oraz następuje negocjacja stawek przewozowych,
- przygotowanie towaru do przewozu – kompletowanie zamówienia w miejscu nadania, załadunek towaru oraz przygotowanie do transportu uwzględniając odpowiednie zabezpieczenia ładunku,
- organizacja procesu przewozu przesyłki – przygotowanie transportu w szczególności sposób – zaplanowanie trasy przejazdu oraz środka transportu,
- translokacja ładunku pod względem fizycznym – przetransportowanie towaru z punktu nadania do punktu odbioru, gdzie następuje rozładunek towaru,
- obsługa procesu od strony prawno-finansowej – przygotowanie oraz kontrola dokumentacji przewozu, koniecznej do właściwego wykonania zlecenia,
- ocena i analiza kosztów oraz jakości wykonania procesu transportowego, ocena rentowności procesu, efektywności planowanych kolejnych procesów transportowych.

Aby przewóz odbył się bez komplikacji, należy wykonać szereg zadań jeszcze przed rozpoczęciem transportu. Pozwoli to na eliminację lub minimalizację negatywnych skutków w czasie przejazdu. Czynności, które należy wykonać przed przewozem, to:

- doradztwo – kalkulacje,
- wybór środka transportu lub trasy przewozu,
- zamówienie środka transportu,
- ubezpieczenie ładunku,
- organizacja prac ładunkowych,
- sporządzenie dokumentów przewozowych,

- udzielanie zleceń na wykonanie kontroli ilości, jakości oraz innych usług,
- negocjacja wysokości stawek przewozowych – kontakt z uczestnikami procesu transportowego i handlowego,
- zgłoszenie towaru do odprawy.
- składowanie,
- monitoring przebiegu procesu transportowego,
- przeładunek,
- przepakowywanie.

4. ANALIZA SWOT

Analiza SWOT służy do porządkowania i analizowania informacji. W poniższej tabeli zostały przedstawione zalety i wady przewozu drogowego ładunków nienormatywnych względem innych gałęzi transportu (m.in. transport kolejowy, lotniczy, morski) [4, 5].

Tab. 2. Naprawy eksploatacyjne pojazdów w skali roku [2].

Tab. 2. Vehicle service repairs per year [2].

SILNE STRONY	SŁABE STRONY
<ul style="list-style-type: none"> • Duża dowolność wymiarowa, kształtowa i wagowa • Znaczenie mniejsze koszty przewozu • Możliwość transportu door to door • Duża konkurencyjność firm, co za tym idzie również cen • Transport w godzinach nocnych nie utrudnia swobodnego ruchu samochodowego 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisja spalin • Długi czas przygotowania transportu • Duża odpowiedzialność za ładunek i infrastrukturę drogową podczas przewozu • Ograniczony czas przejazdu (tylko godziny nocne lub określone w zezwoleniu) • Wysokie wymagania prawne
SZANSE	ZAGROŻENIA
<ul style="list-style-type: none"> • Wzrost zainteresowania usługami transportu drogowego nienormatywnego • Rozwój współpracy przewoźników z innych państw • Intensywny rozwój przedsiębiorczości • Dostosowanie infrastruktury drogowej do przewozów ładunków nienormatywnych • Rozwój odnawialnych źródeł energii 	<ul style="list-style-type: none"> • Ograniczenia wynikające z infrastruktury drogowej • Wzrost ilości firm oferujących transport nienormatywny • Ewentualne pogorszenie się ogólnej sytuacji gospodarczej • Możliwość usterki samochodu lub ładunku, stanowiącego jedno z podstawowych narzędzi pracy

5. PODSUMOWANIE

Poruszony temat w referacie dotyczący bezpieczeństwa oraz jakości w transporcie nienormatywnym jednoznacznie sugeruje wpływ obu czynników na siebie. Możemy zauważyć, że dobrze wykonany transport nie odbędzie się bez dokładnego przygotowania, a co za tym idzie, bez odpowiedniego zabezpieczenia ładunku do transportu. Wszystkie aspekty związane z bezpieczeństwem mają ogromny wpływ na jakość, który nie odbędzie się bez odpowiednich osób na stanowiskach przygotowujących proces transportu. Zauważamy, że bez bezpieczeństwa nie ma odpowiedniej jakości, której by oczekiwał klient od przedsiębiorstwa zajmującego się transportem ładunków nienormatywnych.

LITERATURA

- [1] STARKOWSKI D., BIEŃCZAK K., ZWIERZYCKI W. Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy Kompendium wiedzy praktycznej Tom I – Zabezpieczenia ładunków oraz zagadnienia techniczno-eksploatacyjne w transporcie drogo-wym – wydanie III, Poznań
- [2] STARKOWSKI D., BIEŃCZAK K., ZWIERZYCKI W. Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy Kompendium wiedzy praktycznej Tom II – Przepisy prawne
- [3] STARKOWSKI D., BIEŃCZAK K., ZWIERZYCKI W. Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy Kompendium wiedzy praktycznej Tom III – Środowisko pracy kierowcy. Logistyka., Poznań 2011
- [4] STARKOWSKI D., BIEŃCZAK K., ZWIERZYCKI W. Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy Kompendium wiedzy praktycznej Tom V – Transport kołowo-drogowy, Poznań 2012
- [5] PROCHOWSKI L., ŻUCHOWSKI A. Technika transportu ładunków, Warszawa 2009

SAFETY OF NON-NORMATIVE CARGO TRANSPORT AND ITS INFLUENCE ON THE QUALITY OF SERVICE PERFORMANCE

Key words: *Non-normative transport, Transport safety, Transport quality*

The transport of oversized cargo is not the easiest in terms of its preparation, organization and execution. The contractor of such transport is obliged to comply with a number of legal regulations, and must also meet the conditions of transport in accordance with the client's arrangements. The most important factor in organizing the transport of oversized cargo is to ensure the safety of cargo, the driver and other road users. The safety of such transport will prove the quality of the service provided. It is the duty of the transport contractor to ensure safety already at the stage of planning the transport of abnormal transport.

Corresponding author:
e-mail: patrycja_zbroja@wp.pl

Angelina MURAWIŃSKA*

PERSPEKTYWY ROZWOJU NAPĘDÓW W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

Słowa kluczowe: *samochód przyszłości, napędy samochodowe, paliwa alternatywne, samochód hybrydowy, samochód elektryczny, samochód wodorowy*

Tematem artykułu jest przedstawienie perspektyw rozwoju napędów w pojazdach samochodowych. Na początku tekstu omówiono znaczenie ekologii oraz zrównoważonego rozwoju w sektorze transportu. Przedstawiono działania Komisji Europejskiej mające na celu ograniczyć emisję szkodliwych związków do atmosfery. Następnie omówiono rodzaje napędów samochodowych. Wskazano sprawność każdego napędu oraz wady i zalety zarówno dla środowiska jak i użytkownika oraz perspektywy rozwoju każdego z rozwiązań, ich szanse i zagrożenia.

1. WSTĘP

Pojazdy samochodowe są obecnie najważniejszym środkiem transportu, zarówno dla transportu osobowego jak i pasażerskiego. W perspektywie najbliższych lat ta tendencja pozostanie niezmienna. W 2015 roku liczba samochodów na świecie przekroczyła 1,1 miliarda i wciąż dynamicznie się zwiększa. Szacuje się, że w 2040 roku suma pojazdów samochodowych przekroczy 2 miliardy [1].

Według ECEA, 54,1% europejskich pojazdów napędzanych jest benzyną, 40,97% olejem napędowym, a 4,94% paliwami alternatywnymi [5]. Wysoki procent samochodów spalinowych w dużym stopniu przyczynia się do produkcji zanieczyszczeń. Oczywiście nie można zapominać o wkładzie fabryk i hut opalanych węglem lub prywatnych domów opalanych nawet odpadami. Jednak w miastach najbardziej szkodliwe są samochody – szacuje się, że w Warszawie pojazdy samochodowe mają aż 70-procentowy udział w zjawisku smogu.

Ekolodzy już od dawna próbują walczyć o czystość naszej planety. W roku 1987 w raporcie „Nasza wspólna przyszłość” Światowej Komisji do spraw Środowiska i Rozwoju został wprowadzony i zdefiniowany termin „rozwój zrównoważony”. Oznacza on sposób gospodarowania, w którym zaspokojenie potrzeb obecnego pokolenia nie zmniejszy szans zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń. Odnosząc to do

* Koło Naukowe „Logistyka”, Politechnika Poznańska

środków transportu, zrównoważony transport wprowadza się poprzez ograniczenie zużycia zasobów nieodnawialnych (ropa naftowa, z której wytwarza się benzynę i olej napędowy to zasób nieodnawialny) oraz utrzymywanie emisji zanieczyszczeń w granicach wyznaczonych przez pojemność asymilacyjną środowiska [7,8].

W roku 1993 Komisja Europejska po raz pierwszy wprowadziła normę Euro 1, mającą na celu zmniejszenie emisji szkodliwych spalin do środowiska. Od tego czasu nastąpił ogromny postęp. Obecnie wprowadzono już normę Euro 6, opracowaną w celu większej ochrony środowiska i zmniejszenia emisji m.in. tlenków węgla. Norma ta ustanawia dopuszczalną emisję szkodliwych gazów wydalanych przez pojazdy spalinowe [2].

Wdrażanie zaostrożonych norm emisji spalania zmusza producentów pojazdów samochodowych do wprowadzenia poważnych zmian i produkcję pojazdów bardziej ekologicznych. Realizowane jest to na dwa sposoby. Pierwszy to doskonalenie istniejących technik napędu pojazdów poprzez: doskonalenie silników spalinowych i metod oczyszczania spalin, zmniejszenie oporów aerodynamicznych i oporów toczenia pojazdów, zmniejszenie masy pojazdów. Drugi sposób to rozwój nowych technik napędu pojazdów samochodowych za pomocą energii elektrycznej, wodoru, czy nawet odnawialnych nośników energii.

2. SAMOCHODY NAPĘDZANE PALIWAMI KONWENCJONALNYMI

2.1. SAMOCHODY NAPĘDZANE BENZYNĄ

Silniki o zapłonie iskrowym (ZI) są obecnie najpopularniejszym środkiem transportu drogowego, aż 54,1 % europejskich pojazdów napędzanych jest benzyną. Silnik ZI jest silnikiem cieplnym spalinowym o spalaniu wewnętrznym, w którym spalanie ładunku zainicjonowane jest iskrą, powstającą pomiędzy elektrodami świecy zapłonowej. Aby możliwe było spalanie w silniku ZI, paliwo musi zostać prawidłowo rozpylone i odparowane w powietrzu. Dla silników zasilanych benzyną do spalania 1 kg paliwa potrzebne jest 14,8 kg powietrza.

Sprawność silników zasilanych benzyną wynosi 0,30-0,36. Oznacza to, że wlewając do zbiornika 50 litrów paliwa tylko 15-18 litrów benzyny jest wykorzystywana do napędzania samochodu. Pozostała część jest bezpowrotnie tracona. Proces spalania jest niepełny, a skutkiem tego jest emisja spalin. Gdyby spalanie było całkowite, silnik emitowałby tylko dwutlenek węgla (CO_2) i parę wodną (H_2O). Należy pamiętać, że paliwa zawierają również dodatki i zanieczyszczenia, które nie ulegają procesowi spalania. W rezultacie gazy wydechowe oprócz pary wodnej, dwutlenku węgla i azotu zawierają ok. 1% substancji szkodliwych. W celu ograniczenia emisji spalin w samochodach spalinowych montuje się reaktory katalityczne, które mają zredukować i ograniczyć szkodliwe składniki spalin.

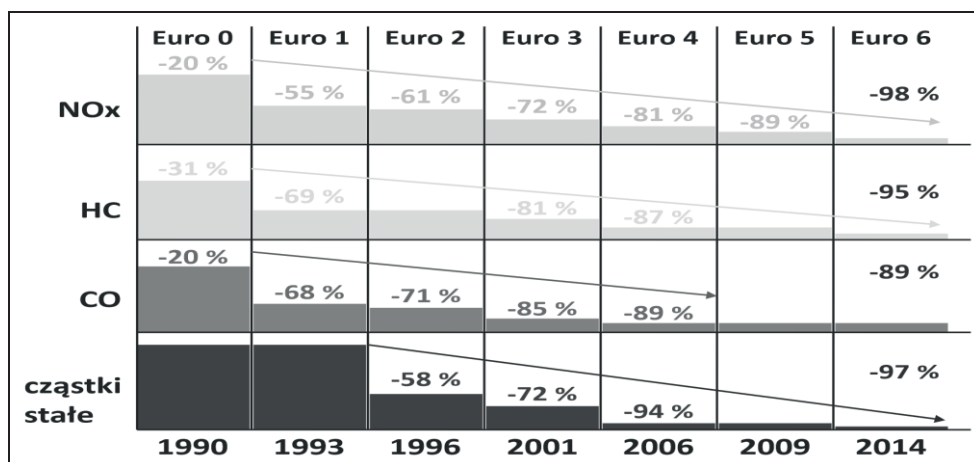
Pomimo ciągłego doskonalenia pojazdów benzynowych, prawdopodobnie samochody te nie będą w stanie mieścić się w limitach dopuszczalnego poziomu emisji gazów szkodliwych, które wciąż są zmieniane na bardziej restrykcyjne.

2.1. SAMOCHODY NAPĘDZANE OLEJEM NAPĘDOWYM

Silniki o zapłonie samoczynnym (ZS) są trochę mniej popularne - 40,97 % europejskich samochodów jest napędzanych olejem napędowym. Główna zasada ich działania jest taka sama jak w silnikach benzynowych, jednak ze względu na inne paliwo ich budowa jest trochę inna. Zasadniczą różnicą jest brak świecy zapłonowej – czynnikiem wywołującym zapłon jest wysoka temperatura, będąca następstwem wysokiego ciśnienia w komorze spalania.

Silniki Diesla charakteryzują się wyższą sprawnością (0,40-0,45) niż silniki benzynowe. Oznacza to, że więcej dostarczonego do silnika paliwa wykorzystywane jest do napędzania pojazdu, a mniejsza część paliwa jest tracona. Następstwem tego jest mniejsza emisja CO₂ do atmosfery. Czy dzięki temu są bardziej ekologiczne? 15 lat temu uważano, że im mniejsza emisja CO₂ – tym lepiej. Miliony kierowców zachęconych niższymi opłatami stałymi i niższą ceną paliwa, zmienili swoje samochody na te z silnikiem Diesla. Późniejsze badania wykazały, że silniki ZS faktycznie emitują o 15% mniej CO₂, ale za to 4 razy więcej NO₂ i 20 razy więcej cząstek stałych.

Na rysunku 1 przedstawiono procentową redukcję emisji zanieczyszczeń w poszczególnych normach EURO, w stosunku do regulacji R49. Regulacja E49 została wprowadzona w latach '80 XX w, określała maksymalne wartości emisji z pojazdów następujących zanieczyszczeń: tlenku węgla, węglowodorów oraz tlenków azotu.



Rys. 1. Procentowa redukcja emisji zanieczyszczeń w poszczególnych normach EURO, w stosunku do regulacji R49 [11].

Fig. 1. Percentage reduction of pollutant emissions in individual EURO standards in relation to the R49 regulation [11].

Producenci, aby spełnić normy czystości spalin, montują w samochodach filtry DPF. Są one bardzo problematyczne, ponieważ często ulegają zapchaniu. Nazywa się je „piętą achillesową diesli” – wymagają częstego czyszczenia lub wymiany. Koszt nowego filtra to 10 tys. zł, dlatego wielu kierowców w tej sytuacji usuwa filtr DPF, a wtedy wszystkie zanieczyszczenia trafiają do atmosfery [4].

3. SAMOCHODY NAPĘDZANE PALIWAMI ALTERNATYWNYMI

3.1. SAMOCHODY NAPĘDZANE PALIWEM GAZOWYM

Zwolenników napędzania samochodów gazem LPG w Polsce jest wielu. Według danych z bazy CEPiK, pod koniec 2019 roku w Polsce zarejestrowanych było ponad 2,6 mln aut z instalacją gazową, co stanowi 14,5% wszystkich samochodów osobowych w Polsce. Względem 2018 roku zanotowano 3-procentowy wzrost liczby rejestracji pojazdów napędzanych LPG. To pozytywna tendencja, ponieważ samochody z instalacją LPG wydzielają znacznie mniej zanieczyszczeń niż inne pojazdy spalinywe. Szacuje się, że redukcja zanieczyszczeń w transporcie dzięki LPG może sięgnąć ok. 10-15 % w przypadku CO₂, 20 % w przypadku CO oraz ok. 60 % w przypadku węglowodorów [6].

Dla przeciętnego kierowcy największą korzyścią napędzania samochodu LPG jest niski koszt podróżowania. Średnie ceny paliwa w Polsce na dzień 26.10.2020 roku przedstawia tabela 1.

Tab. 1. Średnia cena za 1 litr paliwa w Polsce na dzień 26.10.2020 r [3].

Tab. 1. Average price for 1 liter of fuel in Poland as of October 26, 2020 [3].

Rodzaj paliwa	Średnia cena za 1 litr
Benzyna Pb 95	4,42 zł
Benzyna Pb 98	4,63 zł
Olej Napędowy ON	4,25 zł
Olej Napędowy ON+	4,50 zł
Gaz LPG	2,07 zł

Niewątpliwą zaletą tego rozwiązania jest fakt, że instalacje LPG można montować w używanych pojazdach napędzanych benzyną. Ma to pozytywny wpływ na środowisko oraz z ekonomicznego punktu widzenia jest to dobrą inwestycją.

Minusem stosowania gazu LPG jest konieczność bardzo regularnego serwisowania oraz zakaz wjazdu w niektóre miejsca, np. do garaży podziemnych. Pomimo tego, dla kierowców, którzy dużo podróżują, koszty podróży są zdecydowanie niższe.

Mniej znanym w Polsce, a bardzo popularnym w krajach Europy Zachodniej, rozwiązaniem jest zasilanie samochodu sprężonym gazem ziemnym CNG. W Polsce jest tylko 30 stacji umożliwiających zatankowanie gazu ziemnego. Rysunek 2 przedstawia stacje tankowania sprężonego gazu ziemnego CNG w Polsce.

albo zmniejszyć zużycie paliwa – w zależności od sytuacji. Główna cecha rozwiązania to system odzyskiwania energii z hamowania – hybrydy nie potrzebują ładowania energii z zewnętrznego źródła, zatem każdy przejechany kilometr w trybie elektrycznym kosztuje niewiele. Znacząco przyczynia się to do obniżenia średniego zużycia paliwa, a w konsekwencji emisji spalin. Na rynku dostępne są również samochody hybrydowe typu Plug-in. Można je ładować z gniazdka 230 V w przydomowym garażu lub w stacjach szybkiego ładowania.

W Polsce w 2019 roku samochody hybrydowe stanowiły 6,2% wszystkich zarejestrowanych samochodów. Jest to najliczniejsza grupa z segmentu aut z alternatywnym napędem. Według 23. dorocznego zestawienia ACEEE z 2020 roku, przedstawiającego najbardziej przyjazne środowisku samochody, 9 na 12 aut to właśnie hybrydy. Przez kilka poprzednich lat na czele rankingu najbardziej „zielonych” samochodów królowały pojazdy elektryczne. W tym roku na podium stanęły samochody hybrydowe. Powodem tak gwałtownej detronizacji elektryków jest zastosowanie nowej metodologii badawczej uwzględniającej koszty produkcji aut oraz cały łańcuch dostaw energii, która je napędza [10].

Samochody hybrydowe są najbardziej popularne z segmentu pojazdów z napędem alternatywnym. Wpływa na to głównie cena, która jest zbliżona do cen aut spalinowych, jak również fakt, że nie potrzeba budowy nowej infrastruktury jak w przypadku pojazdów elektrycznych czy wodorowych.

3.3. SAMOCHODY ELEKTRYCZNE

Samochody elektryczne nie są nowym wynalazkiem. Pierwsze pojazdy elektryczne powstawały w latach 1888-1896 i rozwijały się bardzo dynamicznie. Na przełomie XIX i XX wieku zajmowały 38% amerykańskiego rynku. Około 1910 roku samochody elektryczne na prawie sto lat zniknęły z ulic na rzecz pojazdów spalinowych, które osiągały znacznie większe zasięgi. Można powiedzieć, że obecnie samochody elektryczne przeżywają swoją drugą młodość.

Napęd elektryczny wykorzystuje przemiany elektrodynamiczne oraz magnetodynamiczne, które aktywują przepływ energii elektrycznej z akumulatora. Sprawność silnika elektrycznego wynosi około 90%. Należy uwzględnić jeszcze operację zamiany prądu stałego na zmienny i odwrotnie oraz opór wewnętrzny akumulatorów. Uwzględniając to wszystko, wynika, że sprawność napędu elektrycznego wynosi około 75%. W porównaniu z silnikami spalinowymi, których sprawność wynosi 30-40% napęd elektryczny wypada korzystnie. Jest to ogromna zaleta z ekonomicznego punktu widzenia. Dla ekologów największymi zaletami jest zeroemisyjność i cicha praca pojazdu.

W Polsce obserwuje się bardzo dynamiczny wzrost rejestrowanych samochodów elektrycznych. Pod koniec czerwca 2020 w Polsce zarejestrowanych było prawie 7 tys. samochodów elektrycznych BEV (pojazdy korzystające wyłącznie z baterii). W porównaniu z poprzednim miesiącem park tych samochodów wzrósł o 4%. Liczba punk-

tów ładowania stale się zwiększa, w czerwcu obecnego roku było ich ponad 2,2 tys. Samochody elektryczne można ładować z domowego kontaktu elektrycznego, ale ten czas jest znacznie dłuższy niż przy wykorzystaniu ze stacji szybkiego ładowania. Na rysunku nr 3 przedstawiono przykład ładowania samochodu elektrycznego metodą plug-in. Jest to metoda najłatwiej dostępna, co wynika ze stosunkowo dużej dostępności oraz małych nakładów kosztów.



Rys. 3. Ładowanie samochodu osobowego metodą plug-in [15].

Fig. 3. Plug-in charging of a passenger car [15].

Napęd elektryczny wydaje się być bardzo dobrym rozwiązaniem – jest cichy i nie emituje żadnych spalin. Niestety, należy pamiętać, że nie tylko w trakcie eksploatacji samochodu wydzielane są zanieczyszczenia. Pomijając emisję CO₂ w trakcie produkcji i recyklingu baterii, musimy pamiętać, że w Polsce większość energii elektrycznej produkowana jest w elektrowniach opalanych węglem, które emitują duże ilości zanieczyszczeń. Udział źródeł odnawialnych w produkcji prądu jest mniejszy niż 15%. Sama idea pojazdów elektrycznych jest jak najbardziej właściwa, niestety, aby rzeczywiście ograniczały one emisję spalin, należy zmienić źródło pozyskiwania energii [9].

3.4. SAMOCHODY WODOROWE

Pojazdy napędzane wodorem to rozwiązanie zeroemisyjne, mające szansę na rozwój. Podczas procesu otrzymywania wodoru ma miejsce niewielka emisja spalin, jednak same wykorzystywanie wodoru jako paliwa nie powoduje wytwarzania szkodliwych związków chemicznych. Wodór jest stosowany jako alternatywne źródło energii w pojazdach elektrycznych, które nie wymagają specjalnie rozbudowanej infrastruktury. Wodór w reakcji z tlenem zamienia się w wodę i energię elektryczną niezbędną do zasilania środków transportu.

Wodór ma swoje zastosowanie jako paliwo w tradycyjnym silniku spalinowym lub jako ogniwo paliwowe w przypadku silnika elektrycznego. Elastyczność pojazdów wykorzystujących wodór polega na możliwości ich tankowania w sposób identyczny jak pojazdów z silnikiem spalinowym. Czynność ta trwa średnio od 5 do 10 minut, co nie stanowi większych utrudnień w codziennym życiu.

Najpopularniejszym samochodem zasilanym wodorem jest Toyota Mirai. Producent oferuje zasięg 550 km, możliwość zatankowania do pełna w czasie 4 minut oraz zerową emisję spalin. Należy pamiętać, że samochody napędzane wodorem emitują mniej hałasu nawet od samochodów elektrycznych [12]. Ciekawostką jest, że producenci planują wyposażać je w głośniki, z których będzie nadawany odgłos jadącego auta. Trzeba przyznać, że to rozwiązanie ma wiele zalet. Niestety, największym problemem w tym rozwiązaniu jest wysoki koszt budowy stacji umożliwiającej tankowanie wodoru. O ile w krajach europejskich regularnie przybywa takich stacji, to Polska wciąż jest na szarym końcu państw, które rozwijają technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru. Polska już teraz produkuje rocznie około 1 mln ton wodoru jako produkt uboczny m.in. w przemyśle spożywczym i chemicznym. I choć wodór nie wykorzystuje wodoru, to prawdopodobnie przyjdzie czas, kiedy zaczniemy go używać jako źródło napędu. Umożliwią to pierwsze punkty tankowania wodoru, które powstaną w Polsce do końca 2021 roku. Na początek, będą to punkty – w Gdańsku i Warszawie. Rysunek nr 4 przedstawia plany wykorzystania wodoru w transporcie w Polsce.



Rys. 4. Mapa stacji tankowania wodoru w Polsce [13].
Fig. 4. Map of hydrogen refueling stations in Poland [13].

4. PODSUMOWANIE

Najbliższe lata mogą przynieść bardzo duże zmiany w motoryzacji. Wdrażanie coraz bardziej restrykcyjnych norm emisji spalin znacząco utrudni producentom sprzedaż samochodów napędzanych benzyną i olejem napędowym. A za każdy przekroczony gram CO₂ producent będzie musiał zapłacić 95 Euro kary. To oczywiście spowoduje wzrost cen samochodów, za co zapłacą klienci. Należy pamiętać, że oba te paliwa są produkowane z ropy naftowej, która jest źródłem nieodnawialnym. Szacuje się, że złoża ropy wystarczą na 30-50 lat. To oczywiście zależy od racjonalnego gospodarowania tym surowcem. Można przewidzieć, że już niedługo, z każdym kolejnym rokiem benzyna i olej napędowy zaczną drożeć.

Pojazdy LPG, CNG oraz hybrydy zyskują na popularności, ponieważ przez niższą emisję spalin przez dłuższy czas będą w stanie spełnić normy emisji spalin. LPG i hybrydy nie wymagają większego rozbudowywania infrastruktury, jeśli chodzi o CNG rozbudowa stacji tankowania gazu ziemnego jest konieczna. Tutaj nasuwa się pytanie: czy rozbudowywać sieć stacji, skoro jest to rozwiązanie tymczasowe? Wszystkie trzy rozwiązania sprawdzą się przez kolejne kilkadziesiąt lat, znacznie dłużej niż silniki benzynowe i Diesla. Jednak długofalowym celem producentów są pojazdy zeroemisyjne.

Tutaj docieramy do pytania, które zadają sobie producenci: samochód napędzany energią elektryczną czy napędzany wodorem? Oba rozwiązania są niskoemisyjne, jeśli chodzi o ich eksploatację. W obu przypadkach potrzebna jest rozbudowa stacji ładowania, jednak koszt budowy stacji tankowania wodoru jest znacznie wyższy. Również koszt zakupu samochodu na wodór jest znacznie wyższy. Z tego powodu w najbliższych latach większym zainteresowaniem będą się cieszyć samochody elektryczne. Pojazdy wodorowe są bardziej ekologiczne, dlatego to, czy samochody napędzane wodorem pojawią się na rynku motoryzacyjnym w głównej mierze zależy od regulacji klimatycznych. Im bardziej rygorystyczne, tym większa szansa, że wodór zaistnieje.

LITERATURA

- [1] <https://www.akumulator.pl/artykuly/liczba-samochodow-na-swiecie/> (dostęp 25.10.2020r)
- [2] <https://www.autobaza.pl/blog/normy-emisji-spalin-euro-6/> (dostęp 25.10.2020r)
- [3] <https://www.autocentrum.pl/paliwa/ceny-paliw/> (dostęp 26.10.2020 r)
- [4] <https://www.auto-motor-i-sport.pl/wydarzenia/Diesle-bardziej-trujace-niz-nam-sie-wydaje,22196,4> (dostęp 25.10.2020 r)
- [5] „*Branża motoryzacyjna. Raport 2020/2021*” red. R. Przybylski, Polskie Związki Przemysłu Motoryzacyjnego, 28-35
- [6] <https://biznes.autokult.pl/38108,blisko-15-proc-aut-w-polsce-napedzanych-jest-gazem-lpg-wsrod-nich-nie-brakuje-porsche-czy-rolls-royce-ow> (dostęp 23.10.2020 r)
- [7] <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/rozwoj-zrownowazony;3969442.html> (dostęp 26.10.2020 r)

- [8] <https://www.ekologia.pl/wiedza/slowniki/leksykon-ekologii-i-ochrony-srodowiska/zrownowazony-rozwoj> (dostęp 26.10.2020 r)
- [9] <https://globenergia.pl/jak-wygladala-produkcja-energii-elektrycznej-z-oze-na-przestrzeni-lat/> (dostęp 27.10.2020 r)
- [10] <https://www.money.pl/gospodarka/triumfalny-powrot-hybrydy-sa-bardziej-ekologiczne-od-elektrykow-6483551157986945a.html> (dostęp 28.10.2020r.)
- [11] <https://mappingair.meteo.uni.wroc.pl/2020/05/normy-czystosci-spalin/> (dostęp 12.11.2020 r)
- [12] <https://www.toyota.pl/new-cars/mirai/#> (dostęp 28.10.2020 r).
- [13] <https://wysokienapiecie.pl/17436-samochody-wodorowe-w-polsce-ceny-tankowanie/> (dostęp: 12.11.2020 r).
- [14] <https://www.google.com/maps/search/Stacje+CNG+w+Polsce+2020+mapa/@51.7830365,19.1339818,6z/data=!3m1!4b1?hl=pl> (dostęp 12.11.2020 r).
- [15] <https://www.wyborcierowcow.pl/ile-naprawde-kosztuje-ladowanie-samochodu-elektrycznego-4-fakty/> (dostęp: 12.11.2020 r).

DRIVE OF THE FUTURE – PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DRIVES IN MOTOR VEHICLES

Key words: *car of the future, car drives, alternative fuels, hybrid car, electric car, hydrogen car*

The subject of the article presents the prospects for the development of drives in motor vehicles. At the beginning of the text, the importance of ecology and sustainable development in the transport sector was discussed. The activities of the European Commission aimed at reducing the emission of harmful compounds into the atmosphere were presented. Then the types of car drives are discussed. The efficiency of each drive as well as advantages and disadvantages for both the environment and the user are well as the development prospects for each of the solutions, their opportunities and threats are indicated.

Corresponding author:

e-mail: angelina.murawinska@student.put.poznan.pl

Małgorzata MAREL

Patrycja ZBROJA*

WPLYW PANDEMII NA GLOBALNY ŁAŃCUCH DOSTAW NA PRZYKŁADZIE PRZEDSIĘBIORSTWA Z BRANŻY AGD

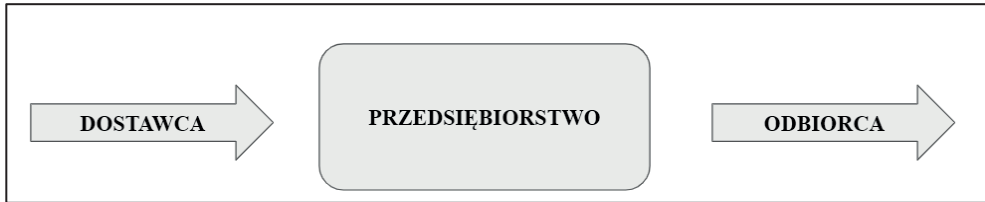
Słowa kluczowe: : *pandemia, łańcuch dostaw, produkcja, dostawca.*

Globalny łańcuch dostaw to sekwencja zdarzeń, proces przemieszczania się dóbr, który ma na celu zaspokojenie popytu na określone produkty. Najprostszym łańcuchem możemy określić trzy składniki: dostawca, przedsiębiorstwo, odbiorca. Poprzez pandemię koronawirusa łańcuch dostaw został zaburzony, co przedstawimy na przykładzie przedsiębiorstwa z branży AGD. Komponenty pozyskiwane są od dostawców z całego świata, a co za tym idzie, aby przedsiębiorstwo i jego cykl produkcyjny nie został zaburzony należy zaplanować terminowe dostawy. Niestety poprzez wybuch pandemii koronawirusa terminowość została zaburzona, przez co przedsiębiorstwa opierające się na jednym dostawcy, musiały pozyskiwać nowych, aby móc realizować plany produkcyjne oraz wywiązywać się terminowo z zamówień. Na przykładzie przedsiębiorstwa z branży AGD możemy stwierdzić, że poprzez pandemię w łańcuchu logistycznym najbardziej ucierpiały: płynność dostaw, zgodność awizacji, zaburzenia planowania produkcji, realizacja zamówień zgodnie z harmonogramem oraz płynność finansowa.

1. ŁAŃCUCH DOSTAW W POJĘCIU OGÓLNYM

Globalny łańcuch dostaw w pojęciu ogólnym to sekwencja zdarzeń, proces przemieszczania się dóbr, który ma na celu zaspokojenie popytu na określone produkty. W zależności od liczby i rodzajów podmiotów łańcucha dostaw każdego przedsiębiorstwa można wyróżnić łańcuch dostaw: wewnętrzny, prosty, rozszerzony oraz kompleksowy. Wewnętrzny łańcuch obejmuje funkcje i procesy wewnątrz przedsiębiorstwa niezbędne do realizacji zamówień. Prosty – obejmuje 3 składniki: dostawcę, przedsiębiorstwo i odbiorcę. Rozszerzony rozbudowany jest o dodatkowych dostawców i odbiorców (dalszych rzędów), a kompleksowy jest uzupełniony o dodatkowych uczestników w postaci usługodawców logistycznych i innych [1, 4].

* Koło Naukowe „Logistics”, Politechnika Wroclawska



Rys. 1. Uproszczony schemat łańcucha dostaw [1]

Fig. 1. Simplified diagram of the supply chain [1]

Wszystkie literaturowe definicje wskazują na trzy podstawowe cechy charakteryzujące łańcuch dostaw [1]:

- struktura podmiotowa, czyli jasno wyodrębnione podmioty uczestniczące w łańcuchu dostaw,
- przedmiot przepływu rozumiany jako produkty, materiały i inne dobra przetwarzane i przenoszone przez kolejne ogniwa łańcucha dostaw,
- cele, zakres czynnościowy i obszary współdziałania uczestniczących podmiotów.

2. ZABURZENIA ŁAŃCUCHA DOSTAW W OBLICZU PANDEMII

Koronawirus spowodował ogromne zakłócenia w globalnym łańcuchu dostaw. Aktualnie sytuacja została już w miarę opanowana, a firmy dostosowały się do panujących warunków. Na początku jednak pandemia wywołała chaos i przestoje w funkcjonowaniu firm. Dla przedsiębiorstw produkcyjnych, każdy element wiąże się z wieloma procesami, począwszy od pozyskania komponentów, poprzez produkcję, pakowanie, transport oraz dystrybucję. Niedobory produktów na rynku, to tylko widoczne dla konsumentów skutki globalnego zakłócenia łańcucha dostaw spowodowanego pandemią, ale wszystko zaczyna się już na początku, czyli od dostawcy.

Większość przedsiębiorstw współpracuje z zagranicznymi dostawcami. W związku z tym logistyka łańcucha dostaw mierzy się z licznymi wyzwaniem. Rządy wszystkich państw na świecie dostosowując się do zmieniającej się sytuacji, modyfikują przepisy i ograniczenia dotyczące spedycji. W każdym kraju sytuacja przedstawia się inaczej. Niektóre z nich funkcjonują bez większych zakłóceń, a w innych sytuacja nie przedstawia się najlepiej, więc ciężko zachować jednolitość przepływu. W początkowej fazie pandemii w transporcie drogowym pojawiły się utrudnienia wynikające z obowiązkowych kontroli wszystkich kierowców na przejściach granicznych. Wydłużało to czas oczekiwania na granicach, a co za tym idzie, czas rzeczywisty przybycia różnił się od czasu awizacji. Transport lotniczy został mocno ograniczony, głównie w sektorze pasażerskim (zawieszono ruch lotniczy). Jednak sektor ten wpływa na ruch towarowy (część przewozów cargo jest realizowana za pomocą samolotów pasażerskich). Na przykład urząd lotnictwa cywilnego w Chinach nałożył restrykcje na linie lotnicze, narzucając możliwość obsługi tylko

jednej trasy do dowolnego kraju. Priorytetem w czasie zarazy stały się ładunki sprzętu medycznego, co widoczne jest również w sektorze transportu morskiego. Porty, mimo rozległej infrastruktury, zatłoczone były przesyłkami innymi niż pierwszej potrzeby. Niemożliwe były ich dostawy ze względu na przestoje czy zamknięcia fabryk, które wynikały z braku siły roboczej do fizycznego przenoszenia towarów, ale także stanowiły konsekwencje działań rządów o ograniczeniach w miejscach pracy. W ujęciu globalnym występuje pojęcie kongestii, czyli zjawisko większego natężenia ruchu środków transportu od przepustowości wykorzystywanych przez nie infrastruktur [2, 3].

Popyt na poszczególne towary znacznie się zmniejszył w tym czasie, co doprowadziło do zmiany strategii przedsiębiorstw i weryfikacji ich łańcucha dostaw. Firmy chcąc dalej funkcjonować musiały dostosować się do panującej sytuacji. W zależności od typu umowy zawartej między firmą a dostawcą „plan awaryjny” mógł przybierać różną formę. Jedną z możliwości było ograniczenie ilości dostaw, drugą była dywersyfikacja, a jeszcze inną konieczność zbywania się towarów po niższej cenie. Przykładem tej ostatniej są magazyny paliw, które muszą (zgodnie z kontraktami zawartymi na dłuższy czas) systematycznie pobierać określone ich stałe ilości. Z powodu zmniejszonego ruchu, zapotrzebowanie na paliwa znacznie zmalało, a magazyny były przepełnione. Koncerny zostały zmuszone do obniżenia cen paliw w celu uzyskania przestrzeni magazynowej. Jeśli chodzi o dywersyfikacje (czyli przebranżowienie lub rozszerzenie asortymentu produkcji) to przykładem mogą być firmy odzieżowe, które rozpoczęły tworzenie maseczek i kostiumów ochronnych, zachowując przy tym ciągłość dostaw.

Przedsiębiorcy i ich partnerzy w obliczu pandemii mają również problemy z terminową realizacją umów i spotykają się z problemem niedostarczania komponentów przez dostawców na czas. Należy przeanalizować, które umowy z klientem podlegają karom za opóźnienie w dostawie, a jak wyglądają zapisy w przypadku wystąpienia siły wyższej. Z racji tego, że pandemia jest siłą wyższą i sytuacją, na którą nikt nie ma wpływu, dostawcy nie ponoszą oni odpowiedzialności finansowej za opóźnienia (tak jakby to było w normalnych warunkach, gdzie za każde nieterminowe dostarczenie towaru z ich winy płacą karę). Niedostarczenie elementów powoduje opóźnienie lub wstrzymanie produkcji i generuje koszty. W gestii przedsiębiorstwa jest pokrycie kosztów alternatywnego i szybszego sposobu dostarczenia potrzebnych elementów, aby utrzymać płynność produkcji. Kolejną zmianą, która została wymuszona przez pandemię jest uświadomienie właścicieli oraz szefów działów logistyki wielu przedsiębiorstw, że opieranie swojej bazy dostawców wyłącznie na jednym kraju lub regionie może być zbyt ryzykowne. Można zatem spodziewać się, że w niedalekiej przyszłości wiele firm rozpocznie gruntowny przegląd swoich globalnych łańcuchów dostaw, analizując korzyści i koszty związane z ich przemodelowaniem. Chociaż dodawanie alternatywnych źródeł dostaw i zwiększanie zapasów generuje duże koszty, na dłuższą metę korzyścią takiego rozwiązania jest na pewno większa odporność łańcucha dostaw na takie sytuacje [3].

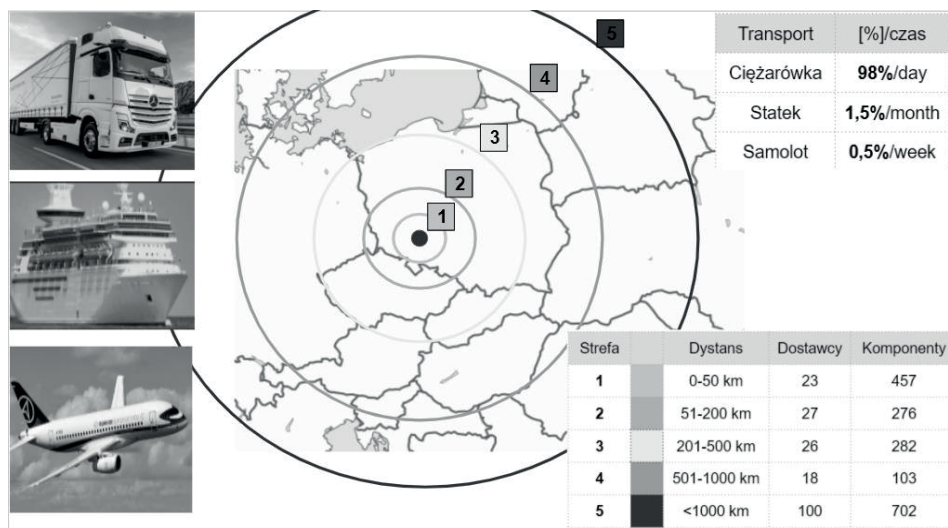
3. PRZYKŁAD ŁAŃCUCHA DOSTAW NA PODSTAWIE PRZEDSIĘBIORSTWA

W części analitycznej naszego referatu przedstawimy na podstawie jednego z przedsiębiorstw zaburzenia funkcjonowania łańcucha dostaw spowodowanych pandemią panującą na świecie od grudnia 2019 roku. Zakład zajmuje się produkcją sprzętu AGD i zlokalizowany jest w kilkunastu krajach na całym świecie. W pracy przeanalizujemy dane dotyczące przyjęć dostaw w jednym z polskich oddziałów firmy. Wrocławski oddział dysponuje 3 magazynami, a w komponenty niezbędne do produkcji zaopatruje go aż 194 różnych dostawców z całego świata. Spośród firm dostawczych: 75 zlokalizowanych jest w Polsce, 3 w Azji, 1 w Ameryce Południowej, a ponad 100 pozostałych na terenie Europy. Europejscy dostawcy stacjonują w takich krajach jak: Czechy, Niemcy, Turcja, Słowacja, Bułgaria, Włochy – posiadające największy udział wśród europejskich dostawców. Towary przywożone z Polski i Europy transportowane są przy pomocy samochodów ciężarowych – transport lądowy stanowi 98%. Transport morski, to jedynie 1,5%, stanowią go azjatyccy dostawcy. Transport powietrzny, stanowi 0,5% - są to drobne komponenty dostarczane z Brazylii. Dostawy realizowane są na podstawie wcześniej złożonych zamówień, dostosowanych do ściśle określonego planu produkcyjnego. W magazynach koncernu utrzymywany jest zapas bezpieczeństwa. Największy zapas stanowią komponenty, których okres dostawy jest najdłuższy, czyli te których dostawcy zlokalizowani są najdalej oraz komponenty których okres produkcji trwa najdłużej. Komponenty niezbędne w procesie produkcyjnym podzielone są na 5 klas oraz 9 podklas. Zależnie od ich ceny, wielkości, zużycia podczas produkcji oraz wariantowości (komponent duży - jeden z wymiarów przekracza 50 cm, komponent wielowariantowy - gdy ma 3 lub więcej wariantów). Poniżej przedstawiliśmy w formie graficznej rodzaj dostarczanych do firmy komponentów oraz lokalizacje dostawców.

	Klasa	Kryterium	Podklasa	
najbardziej krytyczne, dostarczanie dokładnie na czas lub w sekwencjach	A	komponenty drogie	AA1	Duże i wielowariantowe
			AA2	Tylko duże
			AA3	Tylko wielowariantowe
			AA4	Pozostałe drogie
		komponenty duże	AB1	Wielowariantowe
			AB2	Pozostałe duże
		komponenty wielowariantowe	AC	
średniokrytyczne, dostarczanie na kanbanach, wielokrotność pitchu, dokładne ilości	B	komponenty normalne	B	Takie komponenty, których nie można zakwalifikować ani do A, ani do C
niekrytyczne, dostarczanie 2-bin, duże ilości w pojemnikach	C	komponenty małe i tanie	C	Drobne komponenty, takie jak śrubki, zaślepki, których można wiele zmieścić w garści

Rys. 2. Klasyfikacja logistyczna komponentów (Opracowanie własne)

Fig. 2. Logistic classification of component (Own study)



Rys. 3. Rozmieszczenie dostawców pod względem odległości (Opracowanie własne)

Fig. 3. Distribution of suppliers in terms of distance (Own study)

3.1. ŁAŃCUCH DOSTAW W ROKU 2019 I 2020.

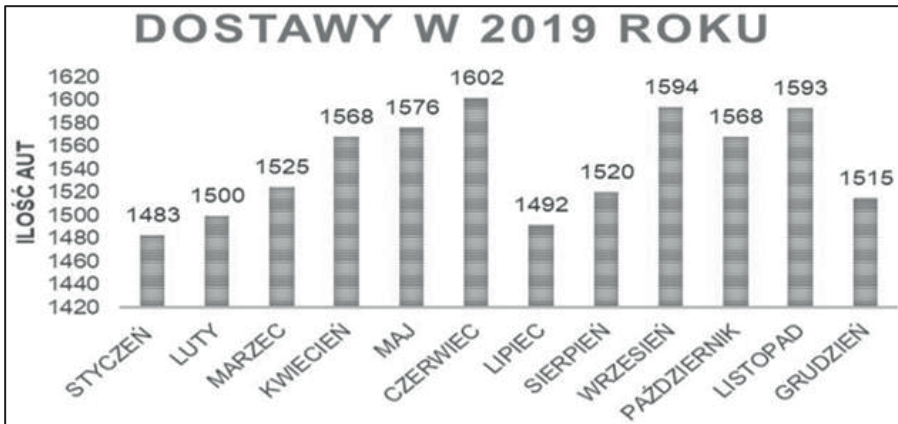
W tym rozdziale zostanie przedstawione porównanie ilości dostaw w 2019 roku oraz pierwszej połowie 2020 roku. Wszystkie dostawy przyjeżdżające na teren zakładu są awizowane. Oznacza to, że wszystkie towary dostarczane są do magazynu w sposób planowy, co ułatwia nie tylko rozładunek, ale pracę wszystkich działów firmy. Poniżej przedstawimy różnice w zgodności faktycznego przyjazdu auta dostawczego na teren zakładu z godziną awizacji, na podstawie ubiegłego roku 2019 oraz roku 2020, w którym struktura pracy została zaburzona z powodu panującej pandemii.

3.2. LICZBA DOSTAW PRZYJEŹDŻAJĄCYCH NA TEREN ZAKŁADU W LATACH 2019 I 2020, Z PODZIAŁEM NA MIESIĄCE.

Tab. 1 Dostawy 2019

Tab. 1 Deliveries 2019

2019	
MIESIĄC	LICZBA AUT
STYCZEŃ	1483
LUTY	1500
MARZEC	1525
KWIECIEŃ	1568
MAJ	1576
CZERWIEC	1602
LIPIEC	1492
SIERPIEŃ	1520
WRZESIEŃ	1594
PAŹDZIERNIK	1568
LISTOPAD	1593
GRUDZIEŃ	1515



Rys. 4.

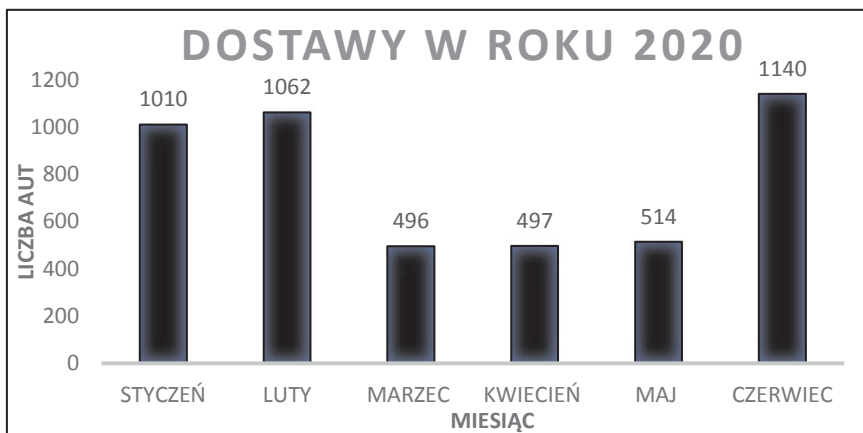
Dostawy 2019 (Opracowanie własne)

Fig. 4.. Deliveries 2019 (Own study)

Tab. 2 Dostawy 2020

Tab. 2. Deliveries 2020

2020	
MIESIĄC	LICZBA AUT
STYCZEŃ	1010
LUTY	1062
MARZEC	496
KWIECIEŃ	497
MAJ	514
CZERWIEC	1140



Rys. 5. Dostawy 2020 (Opracowanie własne)

Fig. 5. Deliveries 2020. (Own study)

Analizując ilość dostaw przyjmowanych w 2019 i 2020 roku możemy zaobserwować diametralny spadek liczby aut przyjeżdżających na teren zakładu. W 2019 roku przyjmowano średnio ok. 1545 dostaw miesięcznie, z wyjątkiem dwóch miesięcy w których liczba dni pracujących była mniejsza. Jednak nawet w miesiącach postojowych liczba ta nie była aż tak niska jak w roku 2020, gdzie od pierwszego miesiąca możemy zaobserwować spadek przyjmowanych dostaw. Od marca dostawy były na poziomie ok. 500 w miesiącu, co stanowi 32 % dostaw w tych samych miesiącach ubiegłego roku. Są to najniższe wartości odnotowane w historii przedsiębiorstwa. Najgorszy okres przypada na marzec, kwiecień oraz maj, czyli miesiące w których sytuacja gospodarcza była najmocniej zaburzona. Skutkowało to postojami linii produkcyjnych, spowodowanymi brakiem komponentów lub opóźnieniami w ich dostawie. Konieczne było zmniejszenie dziennej liczby produkcji wyrobów gotowych z 2800 sztuk na 1500 sztuk. W maju zrezygnowano z systemu dwuzmianowego, czego powodem był brak najbardziej kluczowych zasobów. Sytuacja zaczęła wracać do normy w czerwcu 2020 roku.

3.3. ZGODNOŚĆ PRZYJAZDU AUTA NA TEREN ZAKŁADU Z GODZINĄ ICH AWIZACJI W LATACH 2019/2020.

Tab. 3. Zgodność dostawy z godziną awizacji 2019 rok.

Tab. 3. Compliance of the delivery with the notification time 2019.

MIESIĄC	ZGODNOŚĆ Z AWIZACJĄ	OPÓŹNIENIE
STYCZEŃ	93%	7%
LUTY	95%	4%
MARZEC	100%	0%
KWIECIEŃ	100%	0%
MAJ	97%	3%
CZERWIEC	96%	4%
LIPIEC	96%	4%
SIERPIEŃ	94%	6%
WRZESIEŃ	96%	4%
PAŹDZIERNIK	97%	3%
LISTOPAD	94%	6%
GRUDZIEŃ	92%	8%



Rys. 6. Zgodność dostawy z godziną awizacji 2019 rok (Opracowanie własne)
 Fig. 6. Compliance of the delivery with the notification time 2019. (Own study)

Tab. 4. Zgodność dostawy z godziną awizacji 2020 rok.
 Tab. 4. Compliance of the delivery with the notification time 2020.

MIESIĄC	ZGODNOŚĆ Z AWIZACJĄ	OPÓŹNIENIE
STYCZEŃ	94%	6%
LUTY	88%	12%
MARZEC	51%	49%
KWIECIEŃ	62%	38%
MAJ	63%	37%
CZERWIEC	84%	16%



Rys. 7. Zgodność dostaw z godziną awizacji 2020 rok. (Opracowanie własne)
 Fig. 7. Compliance of the delivery with the notification time 2020. (Own study)

Proces awizacji dostawy polega na uzgodnieniu i wyznaczeniu dogodnego terminu przyjazdu kierowcy na teren zakładu. Awizacja ma na celu usprawnienie procesów przyjęcia dostawy, co przekłada się na lepsze funkcjonowanie całej organizacji. Nowoczesne sposoby awizacji pozwalają na uniknięcie wielu problemów, przede wszystkim przestojów, które powodują przecież poważne straty. Proces jest niezwykle ważny w przedsiębiorstwach produkcyjnych, dzięki niemu można zadbać o zachowanie płynności działania przedsiębiorstwa, co pozwala generować większe zyski. Analiza procesu awizacji wypada gorzej na przestrzeni 2020 roku, gdzie możemy zaobserwować duże rozbieżności w stosunku do wartości z poprzedniego roku. Największe zaburzenia funkcjonowania procesu możemy zaobserwować w marcu – gdy wirus rozprzestrzenił się w krajach Europy, jak widać na wykresie nr 4. W ostatnich 3 miesiącach wartości opóźnień sięgają średnio ok. 40%. Niezgodności między rzeczywistym przyjazdem dostawy na teren zakładu, a godziną awizacji skutkują tworzeniem się kolejek czekających na proces rozładunku. W konsekwencji powoduje to zaburzenia pracy zarówno pracowników magazynowych wykonujących rozładunki, jak również zaburzeniem pracy całego zakładu.

4. PODSUMOWANIE

Jak widać na zaprezentowanym przykładzie, pandemia może w wielu płaszczyznach wpływać na działanie przedsiębiorstwa, w tym na łańcuch logistyczny. Największe obszary negatywnego wpływu pandemii to:

- Płynność dostaw - w roku 2020 ilość przyjętych dostaw obniżyła się o ok. 60%, w porównaniu z tym samym okresem roku poprzedniego. Ma to bezpośredni związek z przymusowym zatrzymaniem produkcji u dostawców i niezrealizowanie dostaw zgodnie z harmonogramem.

- Zgodność awizacji - możemy zaobserwować duże rozbieżności w procesie awizacji, spowodowane jest to wcześniej wspomnianymi wzmożonymi kontrolami na granicach i występującym tam dużym reżimem sanitarnym. Przekłada się to na opóźnienie planowanego przyjazdu dostawy, a to z kolei skutkuje wydłużonym okresem oczekiwania na rozładunek.
- Zaburzenie planowania produkcji - nieterminowe dostawy skutkują brakiem komponentu na stanie, co przekłada się na brak możliwości zrealizowania konkretnego planu produkcyjnego. Dział planowania produkcji jest zmuszony do korygowania planów na podstawie aktualnej dostępności materiałów na magazynach. Wiąże się to wzmożonymi inwentaryzacjami stanu magazynowego
- Realizacja zamówień zgodnie z planem - nagłe zmiany planu produkcyjnego doprowadziły do niezrealizowania części zamówień.
- Płynność finansowa – pandemia jako czynnik losowy, nie jest podstawą do roszczeń przeciwko dostawcy w związku z nieterminowymi dostawami. Ma to kolosalny wpływ na płynność finansową firmy i generowanie dodatkowych kosztów, które musi ponieść zakład np. dodatkowy transport, zmiana środka transportu w celu przyspieszenia dostawy (lotniczy zamiast morskiego) czy ekspresowe zamówienia komponentów u innych dostawców (wyższa cena zlecenia).

Można stwierdzić, że w skutek występującej pandemii globalne łańcuchy dostaw zostały mocno nadwyrężone. Widać to na wymienionych wyżej przykładach, mimo wszystko przedsiębiorstwa w miarę możliwości stosują alternatywne rozwiązania radzenia sobie z kryzysem gospodarczym.

LITERATURA:

- [1] <https://blogtransportowy.pl/lancuch-dostaw/?fbclid=IwAR0Gpambc2dN7ZgtI5QYULJJ4xYxLHnt4PZIM1vkdQInz5amDcEVopV8HRQ> (dostęp; 24.10.2020 r.)
- [2] <http://wsl.com.pl/aktualnosci-24/items/logistyka-w-czasach-zarazy-epidemia-wymusila-wprowadzenie-wielu-nowych-uslug> (dostęp; 27.10.2020 r.)
- [3] https://www.hub.fi/pl/2020/05/21/chiny-1-czyli-jak-pandemia-moze-przemodelowac-lancuchy-dostaw/?fbclid=IwAR3DBgAraUKI5zE0-_2y2JfSgGybmTSz6%20%20iuBCeZDJyNxGgHTu-SUpDMS_TPg (dostęp; 28.10.2020 r.)
- [4] https://mfiles.pl/pl/index.php/%C5%81a%C5%84cuch_dostaw?fbclid=IwAR0LD7-Z7_Zb86iCM6yeWeaa4TywwjoamazMvEsKbFKWdv-AyoIEkJ2XW-c (dostęp; 24.10.2020 r.)

IMPACT OF THE PANDEMIC ON THE GLOBAL SUPPLY CHAIN BASE ON THE EXAMPLE OF THE HOUSEHOLD COMPANY

The global supply chain is a sequence of events and the movement of goods to meet the demand for specific products. The simplest chain consists of three components - supplier, enterprise, recipient. Due to the coronavirus pandemic, the supply chain has been disrupted. We will present an example of a household appliance company and the impact of the pandemic on this business. The components are obtained from suppliers from all over the world, so that the company and its production cycle are not disturbed, timely deliveries should be planned. Unfortunately, due to the outbreak of the coronavirus pandemic, timeliness was disturbed, which meant that companies relying on one supplier had to acquire new ones in order to be able to implement production plans and fulfill orders on time. Taking the example of a household appliance company, we can say that the pandemic in the supply chain has affected the most: organization of deliveries, compliance with notifications, disturbances in production planning, execution of orders in according to the schedule and financial organization.

Corresponding author:

e-mail: malgorzatomarel@gmail.com

Oliwia MODRZIK
Sonia NIEDOŚPIAŁ*

ANALIZA TRANSPORTU DROGOWEGO POD WZGLĘDEM AUTONOMICZNOŚCI

Słowa kluczowe: *transport, autonomiczność, pojazd*

Transport oraz autonomiczność, czyli połączenie świadczące o prężnym rozwoju, które przyniesie wiele korzyści. W artykule zobrazujemy obecną sytuację autonomiczności w najczęściej wykorzystywanej gałęzi transportu – transporcie drogowym. Przedstawiona zostanie perspektywa autonomiczności, jej wady i zalety, jak i warunki prawne, infrastrukturalne czy też technologiczne, które stanowią barierę w realizacji projektu. Wprowadzenie pełnej autonomiczności w życie od długiego czasu jest tematem intrygującym, który w czasie obecnej pandemii zyskuje coraz większy rozgłos.

1. WSTĘP

W ostatnich latach rozwój technologiczny zrobił postęp, pozwalając na usprawnienie wielu procesów branży TSL. Zmiany w transporcie można określić jako cyfrową metamorfozę. Nie od dziś wiadomo, że transport należy do najważniejszych sektorów gospodarki, a dla społeczeństwa pełni on nieodłączny element życia codziennego. Pojęcia wiążące się z kształtowaniem go, to mobilność, multimodalność, ekologia, współdzielenie oraz autonomiczność. Ostatni z wymienionych aspektów wzbudza zainteresowanie, nadzieję, a zarazem wiele obaw. Autonomiczność to odpowiedź na problemy związane ze starzeniem się społeczeństwa, jak i czynnik dający mnóstwo możliwości. Dlatego celem naukowym tego artykułu jest analiza potencjału wprowadzania autonomiczności w procesach transportu drogowego z uwzględnieniem jej wad, zalet oraz warunków prawnych i infrastrukturalnych.

Według raportu Polskiego Instytutu Ekonomicznego, kluczowe liczby związane z automatyzacją transportu, dotyczą między innymi zmniejszenia kosztów uzależnionych od wypadków i kolizji drogowych, określenia szacowanych rocznych oszczędności dla branży logistycznej czy też średnioroczny wzrost patentów w wielu obszarach [1].

* Studenckie Koło Naukowe Logistyki LogistiCAD, Politechnika Śląska.

Bez wątpienia zautomatyzowanie transportu niesie ze sobą liczne korzyści, da szansę rozwoju na wielu płaszczyznach, jak i stawia masę wyzwań i zagrożeń. Na ten moment mamy do czynienia z pojazdami elektrycznymi, które stanowią dobrą podstawę dla rozwoju autonomiczności. Autonomia to przyszłość, o czym świadczą inwestycje w nią - największych firm skali światowej [1].

2. POJAZD AUTONOMICZNY

Nowym kierunkiem rozwoju motoryzacji są pojazdy autonomiczne. Według Metody Europejskiej definiuje się dwa rodzaje pojazdów, które już są lub mogą pojawić się w niedalekiej przyszłości:

- pojazd zautomatyzowany, który wyposażony jest w technologię dzielącą obowiązki podczas jazdy pomiędzy kierowcę i systemy pokładowe;
- pojazd autonomiczny, czyli pojazd, którego systemy wykonują wszystkie funkcje, bez konieczności interwencji kierowcy.

Metoda ta przedstawia 6 poziomów klasyfikacji pojazdów autonomicznych, które zostały określone przez organizację SEA (ang. Society of Automotive Engineers) [2]:

- poziom 0 – brak autonomiczności, wszystkie czynności związane z prowadzeniem pojazdu wykonuje kierowca
- poziom 1 – asysta podczas jazdy, człowiek nadal wykonuje czynności związane z prowadzeniem pojazdu, przy czym zdolność systemu opiera się na kilku czynnościach podczas jazdy
- poziom 2 – częściowa autonomiczność, wszystkie czynności związane z prowadzeniem pojazdu wykonywane są przez kierowcę z asystą systemów
- poziom 3 – autonomiczność warunkowa, sterowanie oraz monitorowanie otoczenia wykonuje system, system wykonuje czynności podczas prowadzenia pojazdu, jednak kierowca jest gotowy do interwencji
- poziom 4 – wysoka autonomiczność, wszystkie czynności podczas jazdy wykonywane są przez system, człowiek może interweniować
- poziom 5 – pełna autonomiczność, zdolność systemu to wszystkie czynności podczas jazdy, system przejmuje kontrole w każdej sytuacji oraz we wszystkich warunkach.

Świadczące o rozwoju technologii pojazdy elektryczne są dobrą platformą dla pojazdów samojezdnych. Na ulicach miast coraz częściej można zauważyć ewolucje technologii i motoryzacji w postaci pojazdów napędzanych silnikiem elektrycznym, jak i stacji służących do ich ładowania, których przykład pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Stacja ładowania pojazdów elektrycznych w Tychach

Fig. 1. Electric vehicle charging station in Tychy

Inwestycje w autonomię rozpoczęły największe koncerny motoryzacyjne takie jak Daimler, BMW, Audi, a także Ford oraz Volkswagen [1]. Pomimo, że automatyzacja dotyczy wszystkich środków transportu, najszybszy rozwój można zaobserwować w transporcie drogowym.

2.1. POJAZDY AUTONOMICZNE W TRANSPORCIE DROGOWYM

16 mln km jazd testowych, a dodatkowo 16 mld km podczas symulacji komputerowych, czyli testy firmy Waymo, której spółka finansowana jest przez firmy Alphabet oraz Google [1]. Aktualnie firma Waymo testuje swoje pojazdy w miastach takich jak: Mountain View, Austin, Kirkland oraz Metro Phoenix. Testowane pojazdy przejechały już 3 miliony mil, gdzie pierwszy milion zajął 6 lat, a trzeci, w porównaniu do pierwszego tylko 7 miesięcy [3].

Będąc w temacie testów, wspomniana firma Waymo (rys. 2) przeprowadziła eksperyment dotyczący pojazdu na poziomie 2-3. Głównie chodziło o sprawdzenie koncentracji kierowcy, w momencie przejścia kontroli nad czynnościami przez samochód. Obawy okazały się słuszne, jednak funkcja autopilota wciąż ewoluuje. W listopadzie 2019 roku wprowadzona została „robotaksówka”, czyli autonomiczna taksówka z poziomu 5. Testy pojazdów autonomicznych na poziomie 4 oraz 5 są już przeprowadzane w niektórych państwach [1].



Rys. 2. Auto używane do testów – Firefly [4]

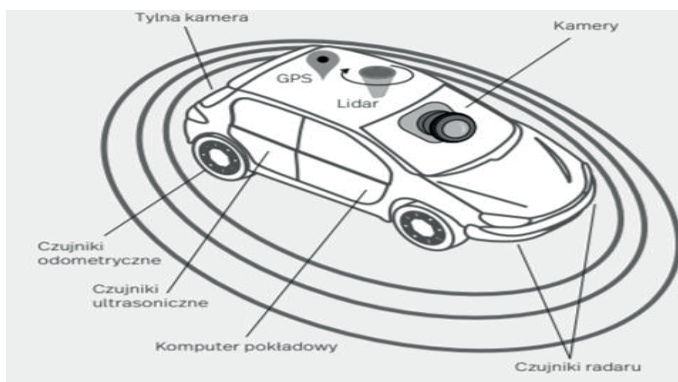
Fig. 2. The car used for testing – Firefly [4]

Pojazdy kołowe posiadają trzy główne urządzenia jakimi są: kamery, radary oraz system Lidar. Są one konieczne do poprawnego poruszania się autonomicznego środka transportu (rys. 3).

Kamery posiadają pełen zakres 360°i służą do obserwacji. Wykrywają światła oraz znaki drogowe, jednak ich działanie jest wątpliwe w momencie złych warunków pogodowych.

Radary wykrywają obiekty oraz mierzą odległość za pomocą wysyłanych fal radiowych. Ich zadanie to między innymi utrzymanie pasa ruchu, ułatwienie parkowania, automatyczne sterowanie odległością czy wspomaganie hamowania. Na ten moment problem stanowią czujniki 2D, które nie rozpoznają wysokości obiektów, a także algorytm wykrywania pieszych, którego skuteczność wynosi 95%.

System Lidar używa laserów w celu rozpoznania przestrzeni wokół, dzięki czemu tworzy się obraz 3D i mapowanie otoczenia. Niestety wiele do życzenia pozostawia cena czujnika laserowego, na który decydują się firmy tworzące pojazd autonomiczny poziomu 5.



Rys. 3. Komponenty samochodu autonomicznego [1]

Fig. 3. Autonomous car component [1]

Transport drogowy, to nie tylko samochody osobowe, a również samochody ciężarowe oraz autobusy. Pojazdy ciężkie, jak i usługi świadczone przy ich użyciu stanowią podstawę naszej gospodarki. Na ten moment ich autonomiczność polega na wyposażeniu pojazdów ciężarowych w systemy automatycznego hamowania, monitoring martwej strefy czy kontrole zmęczenia kierowcy. Nowe technologie ciągników siodłowych pozwalają rozwiązać dotychczasowe problemy, jednym z nich jest brak rąk do pracy. To główny powód, dla którego wprowadzenie autonomiczności do owego sektora w pierwszej kolejności, będzie dobrym krokiem. Działania w stronę rozwoju technologii są prowadzone przez firmy takie jak Daimler, Volvo czy złączone siły Toyoty i Volkswagena. Według wstępnych prognoz, w 2025 roku część produkowanych pojazdów ciężarowych będzie wyposażona w autonomiczny system [4].

Jeżeli chodzi o autobusy, to nie może być inaczej. Pod względem elektryczności i autonomiczności, Volvo rewolucjonizuje ruch miejski. Autobus Volvo 7900 Electric będący w pełni elektryczny został przetestowany w Singapurze. Pojazd wychodzi naprzeciw wymaganiom dotyczącym emisji spalin i hałasu, a sama firma Volvo promuje stworzenie Miast Zero, w których dzięki nowym technologiom można zwiększyć bezpieczeństwo [5]. Pojawienie się na ulicach w pełni elektrycznego autobusu, świadczy o sporym postępie, który idzie w parze z rozwojem autonomiczności. Mamy tego przykład między innymi w Oslo, gdzie kursują autonomiczne autobusy Navya Arma, a także w Polsce. Pojazdy EZ10 jeżdżące bez kierowcy, to testowane busy autonomiczne, które transportują ludzi do ZOO w Gdańsku, co jest wynikiem udziału miasta w projekcie Sohjoa Baltic.

2.2. POJAZDY AUTONOMICZNE W POZOSTAŁYCH RODZAJACH TRANSPORTU

Zautomatyzowanie w transporcie lotniczym pojawiło się już lata temu w postaci autopilota, który z początku za pomocą żyroskopów pozycjonujących i kierunkowych, wspomagał tor lotu. Obecnie funkcjonują cyfrowe autopiloty, które wykorzystują różne czujniki np. żyroskopy MEMS czy akcelerometry półprzewodnikowe lub magnetyczne. Wielokierunkowy czujnik głębokości o skończonym maksymalnym zasięgu używany jest w autonomicznych bezzałogowych statkach powietrznych. Aby określić położenie względem innych pojazdów w ruchu lotniczym, używane są systemy ADS-B, które odpowiadają za kierunek i wysokość lotu, a także przesyłają informacje o numerze statku. Autonomiczne działanie maszyn wykorzystuje dobrze rozwiniętą technologię sensorów, które pozwalają na lepsze postrzeganie otoczenia statku, niezależnie od warunków. Rok 2035 jest przewidywanym rokiem wprowadzenia w pełni autonomicznych jednostek [1].

Opierająca się na komunikacji radiowej i sieci Wi-Fi technologia CBTC (Communication Based Train Control) odpowiada za system komunikacyjny będący podstawą rozwoju autonomii w transporcie szynowym. Ze względu na wydzielone drogi i stałe trasy, którymi poruszają się pociągi, w tej gałęzi transportu

główne skrzypce będzie grać system autonomiczny, który kontrolować będzie zagrożenia na torach oraz dopasowywać prędkość do warunków. Pojazdy szynowe poruszające się w mieście posiadają aparaturę wspomagającą zamykanie przejazdów, potwierdza to tezę o tym jak istotna jest komunikacja. Jeżeli chodzi o klasyfikację SEA, definiowane są 4 poziomy autonomicznej jazdy pociągów. Linia nazwana Jing-Zhang to trasa między Pekinem a miastem Zhanijakou, obsługująca 10 przystanków. Na owej trasie będą kursować pociągi określone jako inteligentne. Miano to zostało nadane, ze względu na obsługę sieci 5G, inteligentne oświetlenie, liczne czujniki oraz jazdę bez maszynisty, który mimo to będzie obecny w pojeździe [6].

W ruchu morskim wyróżnia się różne typy rozwiązań autonomicznych, które będą stosowane na statkach. Autonomiczna żegluga wyróżnia jednostki z załogą oraz te bezzałogowe. Pierwsze określane są mianem smart ships, które cechuje oprogramowanie gromadzące dane z czujników. Jednostki bezzałogowe na ten moment są w fazie testów, a ich sterowanie będzie odbywać się zdalnie. Innym typem bezzałogowej jednostki jest ten całkowicie autonomiczny, który sterowany jest przez system komputerowy, bez integracji człowieka. Obowiązki systemu to przepłynięcie trasy, załadunek i wyładunek w porcie. Testy małych promów prowadzone w Norwegii oraz Finlandii wykazują spore możliwości rozwoju w przyszłości. Przeprowadzone projekty w ubiegłych latach to między innymi zdalne manewrowanie holownikiem Svitzer Hormod w 2017 roku, test autonomicznego promu Falco na trasie 1,5 mil morskich w 2018 roku czy też próbne wykorzystanie autonomicznego systemu nawigacyjnego SSR na samochodowcu, na trasie z Chin do Japonii w 2019 roku, W lutym 2020 roku zwodowano statek Yara Birkeland w Rumunii, a we wrześniu zwodowano bezzałogowy Mayflower Autonomous Ship, którego rzeczywisty rejs planowany jest na 2021 rok [7].

3. TECHNOLOGIE I SYSTEMY TRANSPORTU AUTONOMICZNEGO

Inteligentne maszyny, które zastępują człowieka są jednym z wariantów zapewniania niezawodności systemów technicznych. Dla krajów wysoko uprzemysłowionych – zastępowanie ludzi tańszymi i wydajniejszymi inteligentnymi maszynami stało się szansą na przeciwdziałanie powszechnemu zjawisku offsharingu czyli przeniesieniu części działalności firmy (np. produkcji czy usług) za granicę [8].

Pojazdy autonomiczne są podatne na technologię zdalnego zarządzania. W dzisiejszych czasach coraz więcej firm wprowadza funkcje w swoich samochodach pozwalające na zdalne sterowanie urządzeniami. Od dłuższego czasu są nam znane już takie opcje jak: zdalny rozruch, podgrzewanie wnętrza auta w zimę czy rozgrzanie silnika. Do takiego działania potrzebna nam jest tylko aplikacja w telefonie, która ułatwi tok zadań. Na obecną chwilę jesteśmy w stanie otworzyć i zamknąć samochód, uruchomić bądź nawet zaparkować. Od pewnego czasu na rynku

funkcjonują również innowacyjne wypożyczalnie aut, w których za pomocą odpowiedniej aplikacji możemy wypożyczyć samochód. Dzięki temu, możemy się dowiedzieć gdzie jest wolne auto w okolicy, a następnie za pomocą otrzymanych wskazówek i kodów otworzyć i uruchomić pojazd [9].

4. WPŁYW SZTUCZNEJ INTELIGENCJI NA RYNEK PRACY

Polski sektor logistyczny ma duże trudności ze znalezieniem pracowników – automatyzacja może to ułatwić lecz istnieją też tego minusy, mianowicie na drodze do tej zmiany pojawi się rozdrobniony charakter branży. Niestety, nie dla każdego zakładu pracy jest to wyjście z sytuacji, ponieważ małe firmy nie mogą pozwolić sobie na tak kosztowne rozwiązania. Z tego względu znajdują się w dużo gorszej pozycji w stosunku do ich dużych konkurentów. Jeśli chodzi o kwestię oszczędności związanych z pensjami dla branży, pod kątem autonomizacji transportu ciężarowego może ona wynieść nawet 2 mld PLN.

Dzięki globalnemu badaniu „Evolution of Work”, które zostało przeprowadzone przez ADP Research Institute (objęło ponad 2 tys. pracowników i 13 pracodawców), można wywnioskować, że na całym świecie zmiana charakteru środowiska jest napędzana pewnymi trendami. Trendy te to dążenie pracowników do elastyczności miejsca pracy, pozyskiwanie wiedzy w czasie rzeczywistym, większej autonomii, możliwości pracy nad projektami (istotnymi z ich punktu widzenia) oraz poczucia stabilności. Stwierdzono, iż mimo ogólnego zadowolenia z trendów, badani zgłaszali również obawy wobec sytuacji. Obawy dotyczyły zagrożenia w kwestii bezpieczeństwa zatrudnienia. Ludzie stwierdzili, iż automatyzacja oraz sztuczna inteligencja może z łatwością zastąpić człowieka przy wykonywaniu powtarzalnych czynności. Kiedyś bezpieczeństwo zatrudnienia było równoznaczne ze stałym etatem, teraz kadra pracownicza traktuje to jako rozbudowaną sieć zawodową, która jest w stanie pomóc w znalezieniu pracy będącej kolejnym etapem rozwoju kariery [1, 10].

Na ten moment naprzeciw tym obawom wychodzi trend co-botów. Są to roboty, które współpracują z człowiekiem w określonej przestrzeni roboczej, ich funkcjonowanie określają normy ISO 10218-1 „Wymagania bezpieczeństwa dla robotów przemysłowych – Część 1: Roboty”, ISO 10218-2, która mówi o trybach współpracy robota z człowiekiem, a także specyfikacja techniczna ISO/TS 15066 „Roboty i urządzenia robotyczne – Roboty współpracujące”. Co-bot w porównaniu do klasycznego robota nie tylko monitoruje prędkość i pozycje oraz zatrzymywanie bezpieczeństwa, ale również realizuje prowadzenie ręczne i ograniczenia mocy i siły. Wdrożenie robota współpracującego wymaga zaprojektowania jego ramienia pod kątem bezpieczeństwa (brak ostrych krawędzi, stref ściskających ograniczenia prędkości itp), odpowiednie zaprojektowanie i dobór narzędzi oraz detalu, który jest elementem przenoszonym przez robota. Najważniejszym aspektem jest bezpieczeństwo operatorów (brak toksyn, brak poruszających się elementów czy brak

ostrzych krawędzi). Takowy trend jest dobrym rozwiązaniem ze względu na kwestie bezpieczeństwa, łatwość programowania i utrzymanie ludzi przy pracy, jednak nie wiadomo czy akurat ta forma co-botów utrzyma się w przyszłości [11].

Warto również wspomnieć o koncepcji azjatyckiej 3Ds, zwanej również jako *dirty, dangerous and difficult*. Koncepcja ta odnosi się do pewnych rodzajów pracy wykonywanych przez uzwiązkowionych pracowników fizycznych, w szczególności odniesieniu do pracy wykonywanej przez pracowników migrujących. Ludzie pracujący w zawodach 3D mogą liczyć na wyższe wynagrodzenie w porównaniu z dostępnym zatrudnieniem ze względu na to, aby przyciągnąć pracowników do wykonywania tych prac. Jest to spowodowane tym, iż są to zawody zagrażające życiu, o dużym ryzyku. Jak sama nazwa wskazuje praca ta może wiązać się z dużymi kontuzjami, problemami psychicznymi, wyczerpaniem stawów itp. Przykładem takiej pracy jest praca z wiertnicami na platformie wiertniczej. Wiertnice te mogą być pokryte olejem i błotem oraz są w otoczeniu niebezpiecznych maszyn i pracują w trudnych warunkach. Biorąc pod uwagę tak trudne i wyczerpujące zawody wpływ sztucznej inteligencji na rynek pracy jest bardzo przydatnym aspektem. Ludzie nie musieliby narażać własnego życia aby otrzymać godny zarobek. Wprowadzenie robota współpracującego z człowiekiem ograniczyłoby tak duże ryzyko pracy ludzi w niebezpiecznych warunkach, a jednocześnie nie wyeliminowałoby pracowników z rynku pracy [12].

5. ZALETY I WADY AUTONOMICZNOŚCI

Pojazdy autonomiczne kojarzą się ze światem przyszłości natomiast dzięki firmie Tesla pojazdy te nie tylko istnieją, ale również poruszają się po drogach. Według ich opinii pojazdy potrafią się same prowadzić oraz zachować bezpieczeństwo na zdecydowanie wyższym poziomie niż kierowca. Potrafią również same hamować, parkować, omijać przeszkody oraz skręcają tam, gdzie uznają za słuszne. Jedną z najbardziej istotnych zalet pojazdu autonomicznego jest umiejętność unikania wypadków. Do wypadków samochodowych zazwyczaj dochodzi na skutek błędu człowieka natomiast oprogramowanie autopilota umożliwi pełną autonomiczność pojazdu. Mimo powyższych korzyści, istnieje także kilka minusów danego środka transportu. Niekorzystne warunki pogodowe takie jak mocne opady śniegu lub deszczu zaburzają pracę czujników samochodowych i tym samym przeszkadzają w odczytywaniu oznaczeń drogowych. Kolejno, pojazdy autonomiczne bezapelacyjnie polegają na nawigacjach GPS, które do tej pory są niedopracowane na tyle, żeby samochody te mogły poruszać się same bez zastrzeżeń. Nadal zdarzają się sytuacje, kiedy systemy nawigacyjne prowadzą kierowców na drogi, po których nie można się poruszać. Dość istotną wadą, którą należy wziąć pod uwagę to ataki hackerskie. Ze względu na to, że są to auta podłączone do Internetu, potencjalni złodzieje mogą dokonać kradzieży nie będąc nawet w pobliżu danego pojazdu. Nowoczesna technologia, która wbrew pozorom jest bardzo dobrze

usprawniona, nie jest w stanie nam wszystkiego zaoferować. Pojazd autonomiczny nawet jeśli potrafi przewidzieć kolizje, nie zawsze jest w stanie jej uniknąć. W takiej sytuacji pojawia się dylemat czyje życie powinno być ratowane. Decyzje moralne będą zatem podejmowane przez sztuczną inteligencję, która nie powinna decydować czyje życie jest bardziej wartościowe. Ze względu na dylemat moralny, naukowcy z Massachusetts Institute of Technology stworzyli stronę internetową „Moral Machine”, gdzie ludzie wybierają kogo należy chronić w danej sytuacji. Poglądy dominujące to między innymi życie ludzi ponad zwierząt czy życie młodszych ponad starszych. [13]. System nie jest dopracowany na tyle aby mógł dostosować się do konkretnej sytuacji na drodze. Zamontowane czujniki w pojeździe nie są w stanie wykryć ludzkich zachowań, które mogą być bardzo istotne i wskazywać na pewne, zamierzone reakcje drugiego kierowcy. Osoba prowadząca samochód ma możliwość zorientowania się, iż druga osoba prowadząca go nie zauważyła, natomiast wciąż stoi pod znakiem zapytania fakt czy pojazd bezzałogowy również to potrafi. Kierowca widząc nieskoordynowaną jazdę innego kierowcy odpowiednio reaguje, np. zwiększa odległość, aby tym samym zwiększyć swoje bezpieczeństwo na drodze [14].

6. WARUNKI WPROWADZENIA AUTONOMICZNOŚCI W TRANSPORCIE

Rozwój autonomiczności w funkcjonowaniu transportu umożliwi postępowe zmiany, lecz wymaga również wprowadzenia pewnych warunków. Najważniejsze warunki wdrażania technologii będą dotyczyć testowania, standaryzacji, regulacji prawnych oraz społecznej akceptacji.

6.1. REGULACJE PRAWNE

W Polsce konieczne są duże zmiany jeśli chodzi o regulacje prawne, aby pojazdy autonomiczne mogły poruszać się po naszych drogach. Przepisy w naszym kraju nie przewidują poruszania się samochodów samosterujących. Jest to wynikiem definicji kierującego pojazdem, którym musi być osoba co jest jednoznaczne z faktem, iż musi być to człowiek. Ustawy były modyfikowane i została dozwolona jazda z zastosowaniem systemów wspomagających, lecz tylko pod warunkiem, że kierowca samochodu w każdej chwili będzie w stanie przejąć całkowitą kontrolę nad pojazdem, jeśli będzie zmuszony wyłączyć system wspomagania. Zmiana ta daje duże możliwości jednak odnosi się tylko i wyłącznie do pojazdów o trzecim stopniu autonomiczności, ponieważ czwarty i piąty stopień nie wymaga od kierowcy ciągłej gotowości do kontroli nad pojazdem. Jeśli za jakiś czas będzie istniała możliwość wprowadzenia aut samosterujących to będzie również konieczność wprowadzenia zmian w zakresie prawa cywilnego, które odnosi się do odpowiedzialności za wyrządzone szkody na mieniu i osobie. Na ten moment, jeśli chodzi o uregulowania w trakcie wypadku pojazdem autonomicznym, kierowca musiałby

wziąć całą winę oraz odpowiedzialność na swoją osobę, niezależnie od tego na ile mogłyby wpłynąć na system sterujący. Zmianom również musiałyby być poddane regulacje karne (wykroczenia drogowe), ponieważ na obecną chwilę odpowiedzialność karną może ponieść jedynie człowiek [2]. Publiczne testowanie pojazdów samojezdnych jest legalne w 23 stanach, Dystrykcie Kolumbii oraz w Michigan [3].

6.2. INFRASTRUKTURA

Aby auta mogły odszyfrować prawdziwą treść znaków należy opracować specjalny algorytm, ponieważ wystarczy nakleić na znak kilka kawałków papieru i skutkiem tego będzie dramatycznie obniżona skuteczność identyfikacji znaków. Pierwsze znaki drogowe postawiono na autostradach w Niemczech. Są to czarno-białe znaki o charakterystycznym wzorze. Zostały zaprojektowane specjalnie dla pojazdów autonomicznych, aby ułatwić komputerom pokładowym w orientacji. Do wdrożenia aut samosterujących należy przeprowadzić symulacje, testy na zamkniętych torach oraz testy na drogach publicznych. Ze względu na fakt, iż pojazdy te muszą przejść testy na drogach publicznych – obszarem testowym może być dowolna droga publiczna. Firma Aptiv planowała testy na autostradzie A4 jednak trzeba było je przełożyć z braku odpowiedniej dokumentacji [1, 15, 16]. Żeby można było wprowadzić w życie pojazdy autonomiczne należy odzwierciedlić rzeczywistą infrastrukturę na mapach Polski. Kamery (czujniki pomiarowe) odczytują wszystkie dane z otoczenia, lecz dodatkowo potrzebują również szczegółowych danych z całości obszaru po którym się poruszają. Jest to niezbędne do porównania danych rzeczywistych z danymi zapisanymi w mapie. Kolejnym dość sporym problemem, jeśli chodzi o infrastrukturę jest fakt wspólnego korzystania z dróg przez auta tradycyjne oraz samosterujące. Taka sytuacja może rodzić pewne konflikty, ponieważ kierowca i pojazd autonomiczny zwracają uwagę na inne aspekty drogowe. Kierowca skupia się na nawierzchni drogi oraz warunkach pogodowych, co poniekąd wyklucza skupianie się na znakach drogowych. Natomiast samochód autonomiczny bazuje na informacjach zebranych z danego otoczenia i analizuje je zgodnie z wytycznymi [2].

6.3. OBECNY KRYZYS - COVID-19

Pandemia panującego wirusa spowodowała wiele strat. Pomimo, że branża motoryzacyjna również została dotknięta, trend robotyzacji i automatyzacji pracy przyspieszył. Wprowadzenie obostrzeń dotyczących zachowania dystansu oraz apelacja o pozostanie w domu, nakreśliły rozwój pojazdów autonomicznych. Serwis VentureBeat na bieżąco informuje jak wygląda sytuacja transportu i usług autonomicznych. Parę miesięcy temu, serwis informował o wstrzymaniu testów autonomicznych przez firmy Uber, Optimus Ride czy też wcześniej wspomnianą firmę Waymo. Wstrzymanie startu projektów ogłoszono również

w przypadku robotaxi z Lyft w Las Vegas, która obecnie wznawia samodzielną usługę. Przed skorzystaniem z usługi, klient musi potwierdzić, że nie jest chory na COVID-19, a w czasie przejazdu zobowiązany jest do noszenia maseczki. Jest to wspólne przedsięwzięcie firm Aptiv i Hyundai, którzy uruchomili również usługę dostaw żywności pojazdami autonomicznymi w czasie kryzysu. W San Francisco w tym celu działa firma Cruise, która niedawno otrzymała zezwolenie na testy pojazdów jeżdżących bez kierowcy, z kolei bank żywności w Teksasie jest obsługiwany przez firmę TuSimple działającą przy użyciu 40 samojezdnych ciężarówek. Ta technologia świetnie się sprawdza pod względem ograniczenia kontaktów międzyludzkich. Dobrym tego przykładem jest przewóz próbek od potencjalnie zakażonych osób autami samojezdnymi na Florydzie oraz rozwój środków medycznych w Pekinie i Wuhan. Również w Polsce podjęto kroki w stronę automatyzacji. W fabrykach i szpitalach (m.in. w Centralnym Szpitalu Klinicznym UCK WUM w Warszawie) funkcjonować będzie samojezdne urządzenie dezynfekujące, które zadba o czystość. Warto również wspomnieć o dronach, które będą miały za zadanie transport próbek między szpitalem a Stadionem Narodowym, a ich lot sterowany będzie przez komputer. Obecny kryzys sprawił, że nowe modele biznesowe w dużej mierze opierają się o samojezdne środki transportu [17, 18].

7. PODSUMOWANIE

Doskonalenie się nowoczesnej technologii w transporcie ma pozytywne, jak i negatywne aspekty. Z jednej strony to liczne szanse, z drugiej strony to wiele zagrożeń i niewiadomych dla branży transportu. Ogrom szans zaczynają dostrzegać firmy, przedsiębiorcy i społeczeństwo, tym bardziej podczas pandemii wirusa, w wyniku czego następuje dynamizacja autonomiczności.

Pozytywem głównie dla społeczeństwa, któremu najczęściej zaakceptować zmiany i zaufać sztucznej inteligencji jest bardziej komfortowy przejazd z przedmieść do centrum miast, w trakcie którego można zająć się innymi czynnościami. Ten problem jest związany również z obecnym modelem większości miast, gdzie najgęstszą zabudowę stanowi centrum miasta, którego struktura zostałaby rozproszona w wyniku wprowadzenia pojazdów autonomicznych.

Inteligentne samochody będące w stanie samodzielnie przyjechać w wyznaczone miejsce, mogłyby być przechowywane w centralnych lokalizacjach, a co za tym idzie, przestrzeń miejska byłaby efektywniej wykorzystana. Problem parkowania w miastach jest wszechobecny, a owe rozwiązania pozwolą na zamianę rozległych parkingów na niewielkie place do wysadzania i odbioru pasażerów oraz na zwiększenie przestrzeni użytkowej. Ze względu na przechowywanie danych przez autonomiczne pojazdy w chmurze, oznakowanie miast (sygnalizatory i znaki) byłoby niepotrzebne, ponieważ samochody same dostosowałyby prędkość, nakazy oraz zakazy do wymogów danego odcinka drogi.

Jedną z najbardziej znaczących korzyści są kwestie finansowe. Przy zastosowaniu rozwiązań automatycznych, potencjalne oszczędności związane z eliminacją kolizji i wypadków wyniosą ponad 50 mld PLN rocznie. Prócz kosztów związanych z poprawą bezpieczeństwa, można również wyróżnić oszczędności związane z optymalizacją pracy oraz z poprawą efektywności i zmniejszenia emisji CO₂. Te pierwsze szacowane są na 2 mln zł w branży transportu drogowego, z kolei drugie szacowane są na poziomie 400 mln zł na koszty paliwa dla przedsiębiorców oraz 1,6 mld zł korzyści rocznie dla społeczeństwa na redukcji spalin.

Głównym problemem pojazdów autonomicznych stanowiącym zagrożenie jest ich programowanie. Mianowicie póki pojazdy te będą współuczestniczyły w ruchu drogowym z pojazdami konwencjonalnymi, reakcja w niektórych sytuacjach będzie utrudniona, ponieważ decyzje podejmowane przez człowieka będą stanowiły trudność i wielką nieznaną. Owa kwestia etyczna jest więc głównym zmartwieniem społeczności co do sztucznej inteligencji. Nie ułatwia tego fakt, że wyeliminowanie pojazdów konwencjonalnych będzie trudny do osiągnięcia w krótkim czasie.

Pomimo obecnego trendu współpracy człowieka z robotami, istnieje wiele obaw ze strony pracowników. Wprowadzenie pojazdów autonomicznych na poziomie 4 i 5 wiąże się ze strukturą zatrudnienia. Aktywność kierowcy w takich pojazdach jest zbędna, więc wiele zawodów nie miałoby racji bytu. Może wiązać się to z utratą pracy i przebranżowieniem części społeczności.

Cyfrowa metamorfoza to proces, który nie jest już odległą przyszłością. Jeszcze wiele wyzwań i przeszkód do pokonania, jednak to już się dzieje. W momencie realizacji wprowadzenia pojazdów autonomicznych, transport, gospodarka oraz życie społeczeństwa ulegną sporym zmianom. Ma to swoje plusy i minusy, możliwe, że niebawem przekonamy się o nich sami.

LITERATURA

- [1] Raport „Autonomiczny transport przyszłości” - Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa, kwiecień 2020 r.
- [2] NEUMANN T. Perspektywy wykorzystania pojazdów autonomicznych w transporcie drogowym w Polsce. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, nr 19/2018 s. 787-794.
- [3] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Waymo> z dnia 15.10.2020 r.
- [4] <https://moto.pl/MotoPL/7,88389,25038588,trwaja-prace-nad-autonomicznymi-ciezarowkami-na-jakim-sa-etapie.html> (dostęp: 20.10.2020 r.).
- [5] <https://www.volvobuses.pl/pl-pl/our-offering/buses/volvo-7900-electric.html> (dostęp: 20.10.2020 r.).
- [6] <https://www.national-geographic.pl/artikul/chiny-pierwszy-inteligentny-pociag-juz-kursuje-jest-w-pelni-autonomiczny> (dostęp: 21.10.2020 r.).
- [7] <https://www.portalmorski.pl/zegluga/46283-autonomiczne-statki-bezsalogowe-coraz-blizej> (dostęp: 20.10.2020 r.).
- [8] MICHALSKI K.: Autonomizacja techniki i niepożądane skutki eliminowania człowieka jako źródła błędów. *Filo-Sofija*, 17(39/1)/2017, s. 79-95.

- [9] <https://www.swiadomykonsument.info/nowoczesne-technologie/autonomizacja-samochodow-stale-postepuje/#> (dostęp: 20.20.2020 r.)
- [10] <https://www.pulshr.pl/zarzadzanie/oto-5-trendow-zmieniajacych-srodowisko-pracy> (dostęp 22.20.2020 r.).
- [11] <https://iautomatyka.pl/cobot-co-to-wlasciwie-jest/> (dostęp: 09.11.2020 r.).
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Dirty,_dangerous_and_demeaning (dostęp: 22.10.2020 r.).
- [13] <https://www.obserwatorfinansowy.pl/bez-kategorii/rotator/moralnosc-autonomiczna-czyli-sztuczna-inteligencja-zamiast-sumienia/> (dostęp: 07.11.2020 r.).
- [14] <https://blog.polplan.co.uk/wady-i-zalety-pojazdow-autonomicznych/> (dostęp: 21.10.2020 r.).
- [15] <https://www.auto-fascynacje.pl/ciekawostki/znaki-drogowe-dla-autonomicznych-samochodow/> (dostęp: 21.10.2020 r.).
- [16] <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/autonomiczne-samochody-moga-miec-problem-z-rozpoznaniem-znakow/4wv2zrr> (dostęp: 21.10.2020 r.).
- [17] <https://venturebeat.com/category/transportation/> (dostęp: 22.10.2020 r.).
- [18] <https://cyfrowa.rp.pl/technologie/47546-wirus-przyspieszyl-autonomiczne-pojazdy> (dostęp: 22.10.2020 r.).

ROAD TRANSPORT ANALYSIS IN TERMS OF AUTONOMOUSNESS

Key words: *transport, autonomy, vehicle.*

Transport and autonomy, that is a combination of dynamic development that will bring many benefits. The article will illustrate the current situation of autonomy in the most frequently used mode of transport - road transport. The perspective of autonomy, its advantages and disadvantages, as well as legal, infrastructural or technological conditions, which constitute a barrier to the implementation of the project, were presented. The implementation of full autonomy has been an intriguing topic for a long time, which is gaining more and more attention during the current pandemic.

Corresponding author:

e-mail: sknl.logisticad@gmail.com

Nadia NAWROCKA
Zuzanna KUNECKA*

ROZWIĄZANIE INITIAL 4D TRAJECTORY MANAGEMENT JAKO SZANSA NA ROZWÓJ TECHNOLOGICZNY W LOTNICTWIE

Słowa kluczowe: *4D, i4D, SESAR, technologia, lotnictwo, trajektoria, zarządzanie ruchem lotniczym*

Tematem artykułu jest perspektywa wprowadzania nowoczesnej technologii 4D. Na początku zostanie przedstawiona idea programu SESAR ze szczególnym uwzględnieniem rozwiązania i4D. W dalszej części zostaną rozważone wyzwania stawiane tej technologii, potrzeby, na które jest ona odpowiedzią. Następnie przeanalizowane zostaną testy badające funkcjonalność operacyjną w każdej dziedzinie i pod każdym względem, a także przybliżony pierwszy lot z zastosowaniem czterowymiarowego zarządzania trajektorią lotu. Artykuł zawiera wnioski dotyczące strategii wprowadzania technologii i4D oraz subiektywną ocenę autorki artykułu na szansę wprowadzenia tego rozwiązania.

1. WSTĘP

Technologia 4D jest częścią programu SESAR. SESAR (Single European Sky ATM Research) jest projektem unowocześnienia systemu zarządzania przestrzenią lotniczą realizowanym przez państwa członkowskie Unii Europejskiej przy współpracy z Eurocontrol. Jego celem jest stworzenie jednolitej, europejskiej przestrzeni powietrznej. Założenia inicjatywy SESAR obejmują wzrost przepustowości lotnisk, a co za tym idzie, redukcję opóźnień w ruchu lotniczym, ograniczenie kosztów lotów i – co w obecnych czasach jest jednym z ważniejszych aspektów – redukcję negatywnego wpływu lotnictwa na środowisko. Realizacja programu została podzielona na trzy części: faza planowania, faza opracowywania i faza wdrożenia. W celu realizacji działań w ramach dwóch pierwszych faz zostało założone partnerstwo „SESAR Joint Undertaking - SJU”, które łączy 19 członków, reprezentantów przemysłu, instytucje zapewniające służby żeglugi powietrznej (w Polsce jest to PAŻP), jednostki zarządzające portami lotniczymi itd. SJU jest czynnikiem łączącym środowisko badawczo-rozwojowe w lotnictwie z doświadczeniem podmiotów lotniczych oraz dostępnymi środkami. Wdrażanie w ramach fazy trzeciej jest realizowane poprzez indywidualne podmioty, których dotyczą konkretne rozwiązania. Rozwój tego przedsięwzięcia wymaga dużego zaangażowania wszystkich partnerów programu SESAR.

* Koło Naukowe „Logistics”, Politechnika Wroclawska

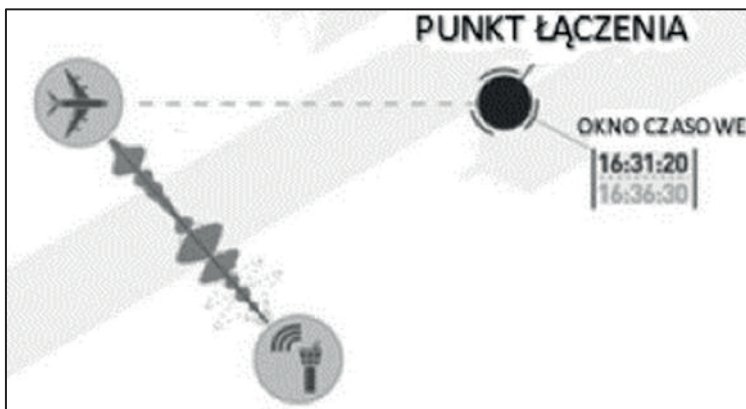
2. TRAJEKTORIA LOTU I4D

2.1. DEFINICJA I4D

Jednym z kluczowych przedsięwzięć SESAR jest właśnie zarządzanie trajektorią lotu 4D. Wprowadzenie zarządzania trajektorią 4D zaplanowano na dwa etapy. Pierwszy nazywa się Initial 4D (i4D), o którym mowa, a drugi to Full 4D. Co to takiego i dlaczego 4D? Trzy wymiary przestrzenne: szerokość i długość geograficzna, wysokość oraz wprowadzony do zarządzania trajektorią lotu czwarty wymiar, czyli czas. Pozwala to na określenie z większą precyzją – w porównaniu z obecnie wykorzystywanymi systemami – informacji o przewidywalnej trajektorii lotu samolotu, które można przekazać ośrodkom kontroli, aby zagwarantować optymalne i bezpieczne operacje lotnicze. I4D zapewnia lepszą synchronizację między samolotem a naziemną kontrolą ruchu lotniczego. Tym sposobem można powiązać obecną pozycję statku powietrznego z jego intencjami i optymalizować profil lotu w zależności od zmieniających się intencji statku powietrznego i zapewnić mu praktycznie nieograniczoną, optymalną trajektorię tak długo, jak to możliwe, w zamian za to, że samolot bardzo dokładnie dotrzyma czas przylotu do wyznaczonego punktu. Początkowe operacje 4D polegają na nałożeniu ograniczenia czasowego w punkcie połączenia na każdy statek powietrzny zbliżający się do tego punktu, w celu sekwencjonowania ruchu przed przylotem.

2.2. ALGORYTM OPERACJI WYKONYWANEJ Z WYKORZYSTANIEM I4D

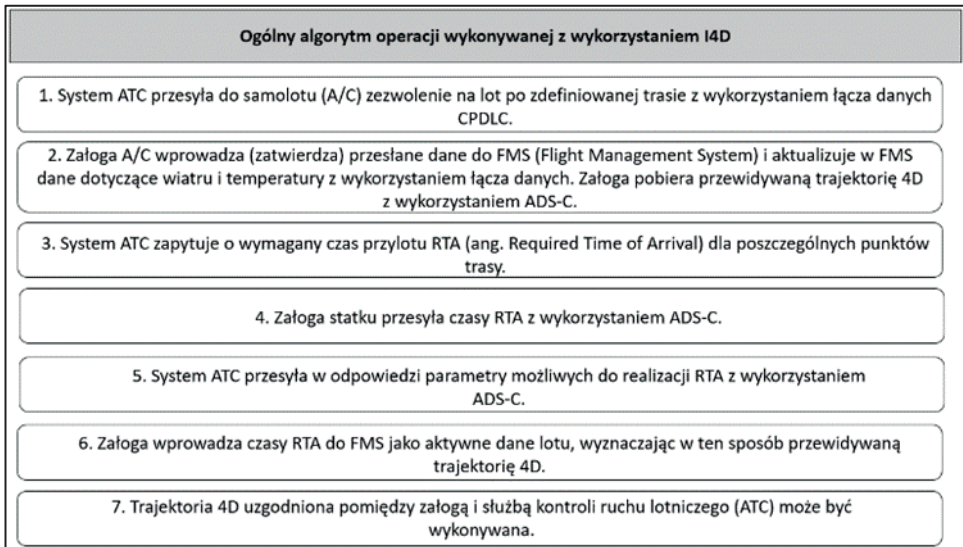
W tej koncepcji samolot i kontrola ruchu lotniczego ustalają z dużym wyprzedzeniem docelowy czas, w którym statek powietrzny osiągnie punkt połączenia. Umożliwia to nałożenie ograniczenia czasowego w punkcie połączenia (MP) na każdy statek powietrzny zbliżający się do tego punktu, w celu sekwencjonowania ruchu przed przylotem. Typowym punktem połączenia może być punkt początkowego podejścia (IAF), w pobliżu zatłoczonego lotniska.



Rys. 1. Wizualizacja nakładania punktu połączenia MP [2]

Fig. 1. Visualization of MP connection point overlap [2]

Usługi oferowane w ramach rozwiązania komunikacyjnego 4DTRAD (4D Trajectory Data Link) bazują na przesłaniu z pokładowego systemu FMS (ang. Flight Management System) do systemu ATM (Air Traffic Management) trajektorii 4D, która znajduje się w systemie pokładowym i powstała w oparciu o złożony plan lotu (FPL) i dane pochodzące z informacji meteorologicznych dla planowanej trasy i ładunku statku powietrznego. W następnych krokach następuje koordynacja trajektorii 3D (bez czasu) pomiędzy systemami naziemnymi oraz pomiędzy systemem naziemnym i systemem pokładowym, a także zatwierdzenie trajektorii przez załogę. Pozwala to przesyłać do systemu naziemnego wyliczone, przewidywane czasy osiągnięcia poszczególnych punktów trasy. Spodziewane czasy są następnie podstawą do negocjacji warunków kontroli w systemie ATM i wskazania dodatkowych ograniczeń czasowych wynikających z różnych systemów, takich jak np. systemu zarządzania pojemnością przestrzeni oraz systemu ETFMS (ang. Enhanced Tactical Flow Management System) [1].

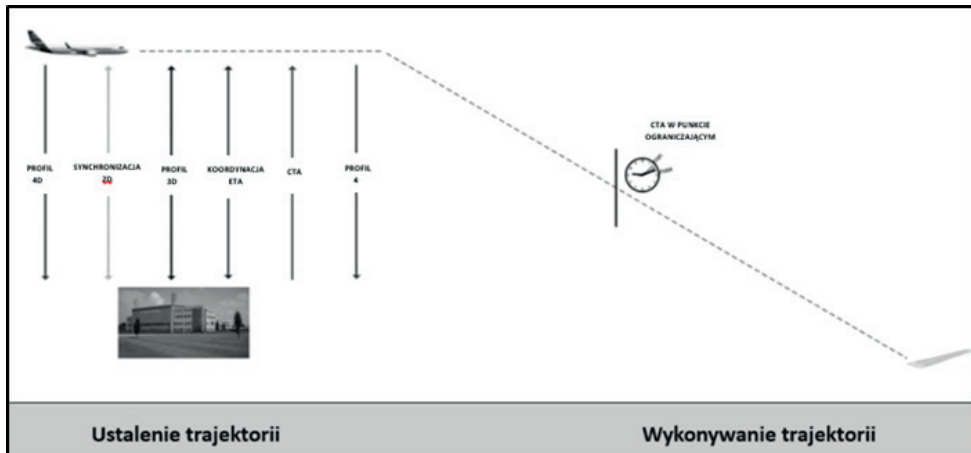


Rys. 2. Ogólny algorytm operacji wykonywanej z wykorzystaniem I4D [1]

Fig. 2. General algorithm of operation performed using I4D [1]

Po tym wszystkim samolot może już przelecieć swoim optymalnym profilem zniżania aż do tego punktu. Wymaga to bardzo zaawansowanej interakcji pomiędzy kontrolerami a statkiem powietrznym, która nie jest sterowana głosowo przez kontrolera, a przebiega za pośrednictwem wymiany komunikatów łącza danych CPDLC- jest to łączność kontrolera z pilotem za pomocą łącza danych [1]. Zasada działania systemu jest prosta i można ją porównać do dobrze nam znanego wysyłania wiadomości SMS : do każdego samolotu jest przypisany unikalny adres (tak jak numery w telefonach), a instrukcje są wyświetlane w formie tekstowej. Za pomocą

CPDLC kontroler może np. narzucić kurs, wymusić zmianę prędkości, nakazać zmianę poziomu lotu, zezwolić na lot po skrócie itp. Działa to w dwie strony - zarówno kontroler może wysyłać informacje do pilotów i na odwrót [3]. Po koordynacji między systemem naziemnym, a statkiem powietrznym i ustaleniu trajektorii samolot może latać do wyznaczonego punktu i realizować trajektorię bez instrukcji głosowych od kontrolerów. Liczy się to, aby statek powietrzny dotarł do punktu w określonym wcześniej oknie czasowym. Tym sposobem możliwe jest przejście z lotów z ograniczeniami w obecnym systemie ATM na loty zoptymalizowane.



Rys. 3. Schemat przelotu z użyciem trajektorii 4D [4]

Fig. 3. 4D trajectory flight diagram [4]

3. 4D JAKO ODPOWIEDŹ NA POTRZEBY I WYZWANIA

3.1 I4D ODPOWIEDZIĄ NA POTRZEBY RUCHU LOTNICZEGO

Technologia 4D jest odpowiedzią na wiele problemów. Po pierwsze - odejście od błędnych praktyk w lotnictwie. Ta technologia pozwala na kompleksowe i daleko- siężne poprawienie przepływu ruchu lotniczego. Mimo tego, że przeloty samolotów planuje się w oparciu o dostępne sloty i tak zdarzają się sytuacje ze skomplikowanym przepływem ruchu, a w niektórych, wyjątkowych sytuacjach stosuje się tzw. holding – manewr zapewniający utrzymywanie się statku powietrznego w określonej przestrzeni powietrznej podczas oczekiwania na dalsze zezwolenie. Ma to miejsce zwłaszcza na terenie dużych lotnisk, w obszarach o wzmożonym ruchu lotniczym, który może prowadzić do opóźnień. Kiedy tak się dzieje samoloty zużywają swój potencjał eksploatacyjny, a dodatkowo niski poziom wysokości potęguje uciążliwy hałas – czyni to cały proces bardzo kosztownym i szkodliwym dla środowiska. Dlatego ważne jest kompleksowe planowanie i przewidywanie w celu uniknięcia takich sytuacji – to umożliwi 4D. Po drugie jest to szansa na odejście od podejścia

bazującego na kluczowej roli kontrolera ruchu lotniczego. Taka klasyczna koncepcja wiąże się z wieloma ograniczeniami wpływającymi w szczególności na pojemność systemu zarządzania ruchem lotniczym ATM/CNS (ang. Air Traffic Management/Communication, Navigation, Surveillance). Ograniczenia te występują w obszarze:

- radiowej łączności głosowej, która jest podstawą wymiany informacji pomiędzy kontrolerem i pilotem i wymaga potwierdzenia prawie każdego działania, a wraz ze wzrostem ruchu lotniczego wykorzystanie wpływa na dostępność częstotliwości radiowych w paśmie lotniczym,
- podatności łączności głosowej na zakłócenia transmisji i przekłamania, co powoduje obowiązek stosowania potwierdzeń i przy tym zwiększa zajętość pasma radiowego,
- pojemności sektora kontroli ruchu lotniczego, która jest rozumiana jako największa ilość statków powietrznych, jaka może być bezpiecznie w nim kontrolowane,
- dzielenia sektorów ruchu lotniczego na mniejsze elementy przestrzeni, co prowadzi do zwiększonego nakładu pracy kontrolera; wynika to z konieczności przekazywania kontroli ruchu lotniczego pomiędzy sektorami [1].

Wszystko to oraz przewidywania, że ruch lotniczy znacząco wzrośnie w ciągu najbliższych lat skłoniło do zajęcia się kwestią przepustowości, udziałem kontrolera oraz środowiskiem i emisją hałasu. I to właśnie na te potrzeby technologia zarządzania trajektorią 4D jest odpowiedzią.

3.2 TESTY SYSTEMU I ICH WYNIKI

W ramach przedsięwzięcia przeprowadzono już z dobrym skutkiem, w środowisku operacyjnym opartym na satelitarnej technologii wspomagającej, pierwsze loty z zastosowaniem czterowymiarowego zarządzania trajektorią lotu. Pierwszym z takich lotów i premierą był lot Airbusa A320 w lutym 2012 z Tuluzy we Francji do Kopenhagi w Danii poprzez przestrzeń powietrzną centrum kontroli w Maastricht. Podczas lotu informacje o trajektorii statku powietrznego zawierające aktualne i przewidywane pozycje były wymieniane z zainteresowanymi instytucjami zapewniającymi służby żeglugi powietrznej i lotniskami.

Od technologii 4D od początku wymagano prawidłowego działania, odpowiedniej dopuszczalności operacyjnej, szeregu korzyści wynikającej z systemu oraz ujednoczenia w zakresie danych i nawigacji. Opracowano metodę testowania bezpieczeństwa i zestaw narzędzi pomocniczych w celu oceny odporności protokołów komunikacyjnych, sprawności aplikacji i innych elementów systemu. Przeprowadzono niezliczoną ilość testów na różnych płaszczyznach. Wszystkie prace powietrzne i naziemne były ściśle kontrolowane przez specjalistów. Symulacje i testy lotnicze zajęły ponad 400 godzin i obejmowały testowanie systemu w kabinie lotniczej, testy techniczne, symulacje łączące różne systemy oraz testy lotnicze SESAR.

Testy sprawdzania poprawności w locie kwalifikują się do 3 wersji programu SESAR, co wskazuje na znajdowanie się prototypów w ostatnim etapie walidacji przed rozpoczęciem produkcji przemysłowej. Przed samym testem w locie prototypy zostały zintegrowane ze stanowiskiem symulacyjnym. Symulatory kokpitu połączone z symulatorami ATC wykorzystane zostały do oceny użyteczności funkcji zarówno przez pilotów, jak i kontrolerów. Przygotowania do lotu obejmowały 9 sesji próbnych ze sprzężonymi symulatorami. Sesje te miały na celu rozwiązanie pewnych ograniczeń systemu, dopracowywanie scenariuszy testów i niektórych aspektów interoperacyjności, a także zapoznanie się lotniczej załogi testowej i kontrolerów z planem lotów. Należy zaznaczyć, że załoga pilotów nie przeszła żadnych specjalnych szkoleń czy ćwiczeń przed testami, aby sprawdzić, czy system jest na tyle dostępny w obsłudze, żeby każdy pilot mógł się nim swobodnie posługiwać. Jednak próby w locie to tylko jedna część spośród kilku składających się na koncepcję operacyjną 4D. Próba lotnicza była demonstracją techniczną wykonalności manewrów w prawdziwych warunkach.

Celem prób było skonfrontowanie systemu z rzeczywistymi warunkami i środowiskiem. Wskaźniki wybrane do oceny zostały zdefiniowane poprzez uwagi zgłoszone przez pilotów i kontrolerów podczas lotu oraz analizę inżynierską działań i reakcji osób oraz systemu, które były obserwowane i nagrywane. Możliwa była ocena pracy technologii i wpływu trudnych warunków pogodowych, czy innych sytuacji takich jak turbulencje oraz błędów załogi wywołanych stresem i presją. Rezultaty testów prezentowały się następująco:

- Po testach i symulacjach stwierdzono, że system działa prawidłowo, awionika jest na wysokim poziomie oraz osiągnięto dokładność CTA +/- 10 sekund przy 95% niezawodności.
- Poziom automatyzacji został uznany przez pilotów za zadowalający, z wyjątkiem wymaganego ręcznego wprowadzania aktualnych danych dotyczących temperatury dla profilu zniżania, co uznali za niepotrzebne utrudnienie.
- Stwierdzono, że system jest dobrze zintegrowany z kokpitem, a dopuszczalność operacyjna została potwierdzona przez pilotów i inżynierów testujących system, a także pilotów linii lotniczych.

Ogólne wnioski świadczą o dobrym prosperowaniu projektu. Uznano, że system oferuje w pełni ustandaryzowane rozwiązania, a wszystkie ustalenia dotyczące walidacji zostały przekazane do EUROCAE i RTCA. Interoperacyjność zdaje się być gwarantowana, a technologia ta z pewnością niesie ze sobą dużo korzyści.

4. KORZYŚCI PŁYNĄCE Z TECHNOLOGII I4D

Za jedną z najważniejszych zalet wdrożenia systemu niewątpliwie można uznać poprawę bezpieczeństwa ruchu lotniczego kontrolowanego. Dzięki 4D można z łatwością zweryfikować bezkolizyjność tras lotu samolotów ze sobą oraz z innymi elementami przestrzeni powietrznej. Możliwe jest udostępnianie w czasie

rzeczywistym informacji o aktywacji/dezaktywacji przestrzeni powietrznej wśród wszystkich uczestników procesu ATM. System pozwala na współpracę w podejmowaniu decyzji o rezerwacji przestrzeni powietrznej za pomocą środków automatyzacji łączących systemy planowania misji z siecią. Z pewnością technologia 4D ma również wpływ na zmniejszenie kosztów operatorów lotniczych. Dzięki niej możliwe jest zwiększenie przepustowości rejonów lotnisk oraz sektora planowania operacyjnego.

Według zebranych przez nas informacji, w bliskiej przyszłości zostanie wprowadzony końcowy etap technologii 4D. Odwołując się do całości opracowanego tematu, można stwierdzić, że większość założeń zostanie spełniona. System został opracowany na najwyższym poziomie, testy zbadały funkcjonalność operacyjną w każdej dziedzinie i pod każdym względem. Omawiana technologia ma szanse na duże powodzenie i zmodernizowanie przestrzeni lotniczej.

Bardzo ważnym aspektem w dzisiejszych czasach jest to, że wprowadzenie 4D pozwoli ograniczyć negatywny wpływ lotnictwa na środowisko naturalne- zmniejszyć się może poziom hałasu oraz zanieczyszczenia. Dzięki optymalizacji czasu samolot krócej przebywa na niskiej wysokości, a tym samym krócej imituje uciążliwy hałas oraz może lepiej dopasować swoją prędkość co prowadzi do oszczędności paliwa i mniejszej emisji szkodliwych. Nowa technologia odciąży kontrolerów i przeniesie ich rolę do sfery komputerowej, czyniąc ten proces bardziej zautomatyzowanym i dokładnym zwiększając przy tym przepustowość i bezpieczeństwo. 4D pozwala na minimalizację błędów ludzkiego i na rozwój technologiczny branży lotniczej. Zmniejszą się również koszty na wszystkich płaszczyznach ruchu powietrznego.

Czas pandemii może przyczynić się pozytywnie do dalszych etapów wdrożenia tej technologii. Na mniej obciążonym w skutek ograniczonego ruchu lotniczego niebie, ułatwiony może być proces implementacji tego rozwiązania – wdrożenie technologii, przeprowadzanie testów i oswojenie się z nią nie będzie tak uciążliwe i zakłócające codzienny porządek ruchu lotniczego.

LITERATURA

- [1] SKORUPSKI J., *Współczesne problemy inżynierii ruchu lotniczego*, wydawnictwo: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2014
- [2] https://www.youtube.com/watch?v=PNJxX-a8rcc&ab_channel=SESAAR (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [3] <https://dlapilota.pl/wiadomosci/polska/w-pazp-trwaja-testy-uslugi-cpdlc?fbclid=IwAR0a97C3pebRt6UuGol-cGXCD0EliQkYQO8axOMgk5uBe0EUIsr7kBg6dGE> (dostęp: 14.11.2020 r.)
- [4] <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/events/atcglobal2014/ATC-2014-i4D.pdf?fbclid=IwAR0Kv4orv5AW5QFHDuKZCs8zoXOYkZZZcmEkcciKgJIUQpjD1IE6pQrltWI> (dostęp: 29.10.2020 r.)

INITIAL 4D TRAJECTORY MANAGEMENT SOLUTION AS AN OPPORTUNITY FOR TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN AVIATION

Key words: *4D, i4D, SESAR, technology, aviation, trajectory, air traffic management.*

The topic of the article is the perspective of introducing modern 4D technology. At the beginning, the idea of SESAR will be presented with particular emphasis on i4D solution. In the next part of the article we will consider the challenges posed by this technology, the needs to which it is an answer. Next, the tests will be analyzed to examine the operational functionality in every field and in every aspect, and first flight using the four-dimensional flight trajectory management will be taken into consideration. The article contains conclusions on the strategy of introducing i4D technology and subjective evaluation of the authors of the article on the chance of introducing this solution.

Corresponding author:

e-mail: nadia171720@wp.pl

Kamila KUBAS*

WPŁYW PANDEMII NA RYNEK TRANSPORTU LOTNICZEGO

Słowa kluczowe: *rynek lotniczy, pandemia, COVID-19*

Rynek lotniczy z każdym rokiem umacniał swoją pozycję na rynku transportowym tworząc synergię z globalną gospodarką. Jeśli zaistniał czynnik, przez który ruch powietrzny musiał zostać zawieszony (na przykład unoszenie się chmury pyłu wulkanicznego) to miało to bezpośredni i natychmiastowy wpływ na okresowe wskaźniki gospodarcze. Z kolei w przypadku wahań gospodarczych (na przykład kryzys z 2008 roku) rynek lotniczy charakteryzował się podobnymi tendencjami. Kryzys spowodowany wybuchem pandemii COVID-19 jako pierwszy w historii współczesnego lotnictwa cywilnego wstrząsnął tym monolitem u pasażerów i spowodował straty, które odbudowywane będą przez lata. W artykule przedstawiono najważniejsze statystyki i wskaźniki obrazujące sytuację światowego i krajowego rynku lotniczego w pierwszych miesiącach epidemii.

1. WSTĘP

Pandemia COVID-19 niespodziewanie wstrząsnęła światową gospodarką powodując w niej długotrwałą destabilizację. Kryzys nią spowodowany szczególnie uderzył w sektor usług, do którego należy transport i turystyka, czyli w fundament rynku lotniczego. Tej dynamicznie rozwijającej się branży przyszło zmierzyć się z największym regresem w historii, przy którym kryzys z 2008 roku, czy też spadek po zamachach z 2001 rok to jedynie wahnięcia.

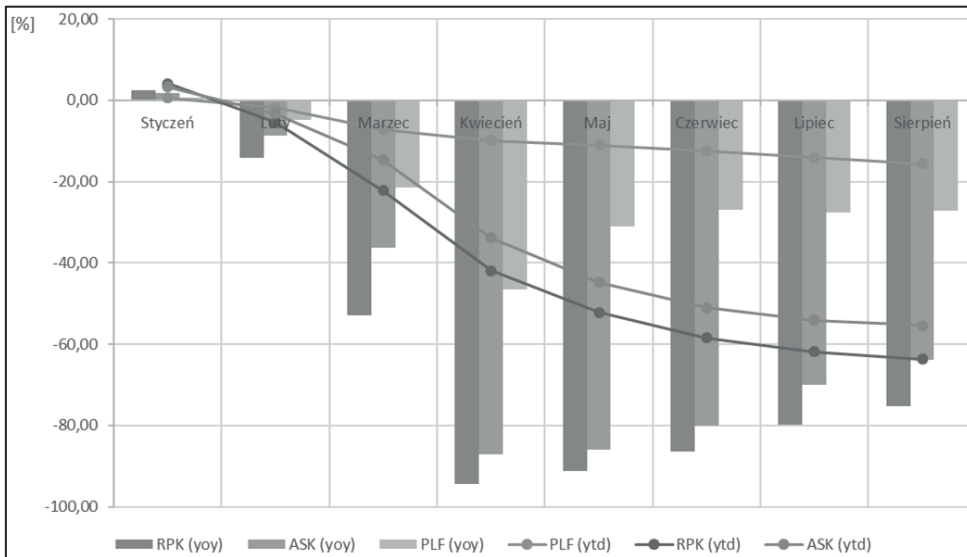
Najważniejszymi czynnikami mającymi wpływ na kondycję transportu lotniczego są obostrzenia wprowadzane przez większość państw, mające na celu ograniczenie rozprzestrzeniania się wirusa w innych lokacjach, a także obawa pasażerów przed zarażeniem i brakiem możliwości powrotu do kraju macierzystego. Obostrzenia najczęściej wiążą się z odmową przyjmowania rejsów z państw i regionów o wysokim współczynniku zachorowań, obowiązkowym testem na obecność SARS-CoV-2 lub odbyciu przymusowej kwarantanny przez pasażerów, a w okresach gwałtownych wzrostów zakażeń z całkowitym zawieszeniem regularnych lotów pasażerskich.

*Koło Naukowe Transportu TRANSIT, Politechnika Krakowska.

2. TRANSPORT PASAŻERSKI

2.1. WPLYW NA RUCH PASAŻERSKI

Według IATA pierwsze spadki na rynku pasażerskim spowodowane pandemią odnotowano pod koniec stycznia na rynku azjatyckim, w szczególności w miejscu wybuchu epidemii, czyli w Chinach, gdzie praca przewozowa (w tekście oznaczana też jako RPK od ang. Revenue Passenger Kilometers) spadła o prawie 7% względem stycznia 2019 r. [1].



Rys. 1. Dynamika światowego rynku pasażerskiego w okresie styczeń - sierpień 2020 w odniesieniu do 2019 roku i do roku bieżącego (ytd)

Fig. 1. Dynamics of the global passenger market in January - August 2020 in relation to 2019 and to the current year (ytd)

Z danych zawartych na Rys. 1. wynika, że największy spadek RPK yoy (z ang. Year-on-year, czyli względem tego samego okresu roku poprzedzającego) odnotowano w kwietniu, czyli w okresie kiedy odnotowywano rekordy zakażeń na wszystkich kontynentach, a większość państw zdecydowało się na ograniczenie lub zawieszenie rejsów pasażerskich, co wiąże się ze spadkiem ASK (z ang. Available Seat Kilometers, oznaczające maksymalną zdolność przewozową) o 87% względem kwietnia poprzedniego roku. Pomimo, że zdolność przewozowa się zmniejszyła, wciąż wskaźnik PLF (z ang. Passenger Load Factors oznaczający wypełnienie samolotu) był ujemny, zarówno w odniesieniu do roku poprzedniego jak i bieżącego (year-to-date). Działo się tak, ponieważ praca przewozowa była w dalszym ciągu mniejsza od zdolności przewozowej. W najlepszej sytuacji

znajdowali się przewoźnicy realizujący loty w Ameryce Łacińskiej i Azji, a szczególnie w ruchu krajowym Brazylii i Chin [3].

Lipiec i sierpień przyniósł poprawę w wynikach, ale nie wystarczającą aby odbudować straty lub przygotować się na ostatni kwartał roku, który cechuje się (nie tylko w czasach pandemii) gorszymi rezultatami w statystykach. Nadal RPK (yoy i ytd) plasuje się na ujemnym poziomie (odpowiednio 75,3% i 63,7%), ale wzrosło zapelnienie samolotów. W sierpniu wyniosło ono ponad 50% dla całego rynku pasażerskiego, przy czym ruch krajowy wypadł lepiej o prawie 16 pkt. procentowych [2].

W Europie kryzys związany z pandemią rozpoczął się na przełomie lutego i marca. Warto podkreślić, że zarówno styczeń jak i luty przyniosły wzrost względem poprzedniego roku.

W Polsce w styczniu odnotowano wzrost w ruchu regularnym o 13%, a w lutym o 10% (względem analogicznych miesięcy poprzedniego roku). W ruchu czarterowym w styczniu odnotowano wzrost o 14%, a w lutym o 11%. Marzec przyniósł spadek na poziomie 65% w ruchu regularnym oraz 11% w czarterowym. Główną przyczyną takiej dynamiki była decyzja rządu o zawieszeniu regularnego ruchu pasażerskiego. Ruch czarterowy obronił się przed powieleniem losu ruchu regularnego głównie akcją „Lot do domu”, przy czym nie oznacza to, że przewoźnicy czarterowi uniknęli kryzysu, co zostanie przybliżone w podrozdziale 2.3. [4].

Dynamika ruchu lotniczego w Polsce w pierwszym kwartale roku 2020 odnotowała się na poziomie -15,2% w odniesieniu do pierwszego kwartału 2019 r. Ruch krajowy w odniesieniu do ruchu międzynarodowego zaliczył spadek większy o ponad 3 punkty procentowe.

2.2. WPLYW NA PRZEWOŹNIKÓW LOTNICZYCH

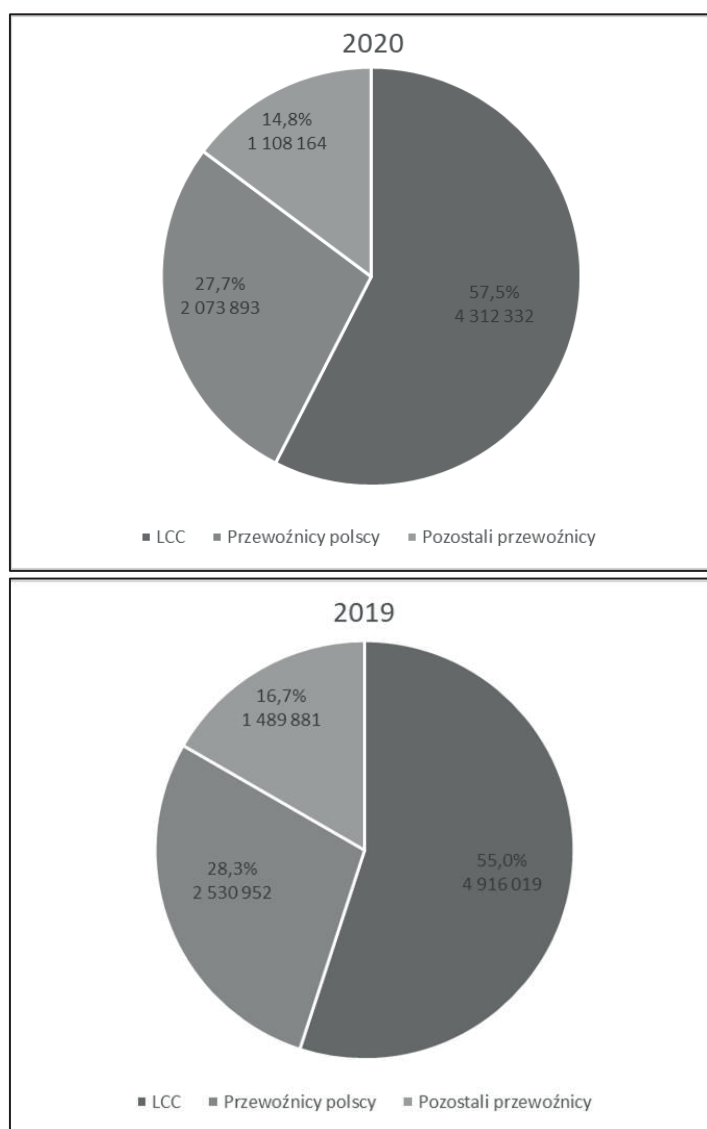
Zarówno przewoźnicy regularni jak i czarterowi muszą mierzyć się nie tylko z trudną sytuacją rynkową, ale także z obostrzeniami nałożonymi na nich przez państwa. Według firmy analitycznej „Cirium” w okresie od stycznia do października 2020 r. – 43 linie lotnicze ogłosiły zakończenie lub zawieszenie działalności, między innymi „Latam”, „Germanwings” czy „Flybe”. Najwięcej upadłości ogłaszanych jest zazwyczaj w ostatnim kwartale roku lub w pierwszym kwartale roku następnego. Zważywszy na to, że jeszcze przed rozpoczęciem czwartego kwartału liczba ta jest nieznacznie mniejsza niż liczba takich linii w całych, poprzednich latach można się spodziewać rekordowego opuszczenia rynku przez przewoźników [5].

Na podstawie danych zebranych wśród 84 linii lotniczych, w drugim kwartale 2020 r. straty wyniosły prawie 31 milionów dolarów. Dla porównania w analogicznym okresie 2019 roku zysk wyniósł ponad 9 milionów dolarów [6].

Top 15 linii lotniczych odpowiadających za ponad 47% RPK na świecie w marcu 2020 r. zaliczyło spadek na poziomie średnio 51,7%, względem roku

poprzedzającego. Największym spadkiem wyróżniła się Delta (58%), a popularne w Europie linie lotnicze odpowiednio: Emirates -48,0%, Qatar Airways -37,0%, Lufthansa -50,1%, Ryanair -48,8% [7].

W polskich portach lotniczych w pierwszym kwartale roku najwięcej obsłużonych pasażerów korzystało z oferty Ryanaira. Na drugim miejscu uplasował się LOT, a na trzecim Wizz Ai r.



Rys. 2. Liczba pasażerów obsłużonych w polskich portach pierwszym kwartale 2019 i 2020 roku
Fig. 2. The number of passengers handled in Polish airports in the first quarter of 2019 and 2020

Do dobrego wyniku LOTu po części przyczyniła się akcja „Lot do domu”, którą zorganizowano dla obywateli wracających do kraju po zawieszeniu regularnych rejsów pasażerskich. W związku z tym, że były to rejsy czarterowe wzrosła dynamika ruchu czarterowego w tym okresie, ale biorąc pod uwagę typ przewoźnika okazuje się, że przewoźnicy czarterowi odnotowali względem poprzedniego roku spadki: w styczniu 14%, lutym 10%, a w marcu aż 63%, co plasuje ich w podobnym położeniu jak regularnych przewoźników pasażerskich.

Porównując wykresy z Rys. 2. należy zwrócić uwagę na wzrost udziału procentowego przewoźników niskokosztowych (z ang. Low-Cost-Carrier), do których należą między innymi Ryanair, Wizz Air, Easy Jet, Flydubai, a także na wzrost udziału przewoźników polskich: LOT oraz Enter Ai r.

2.3. WPLYW NA LOTNISKA ŚWIATOWE I KRAJOWE

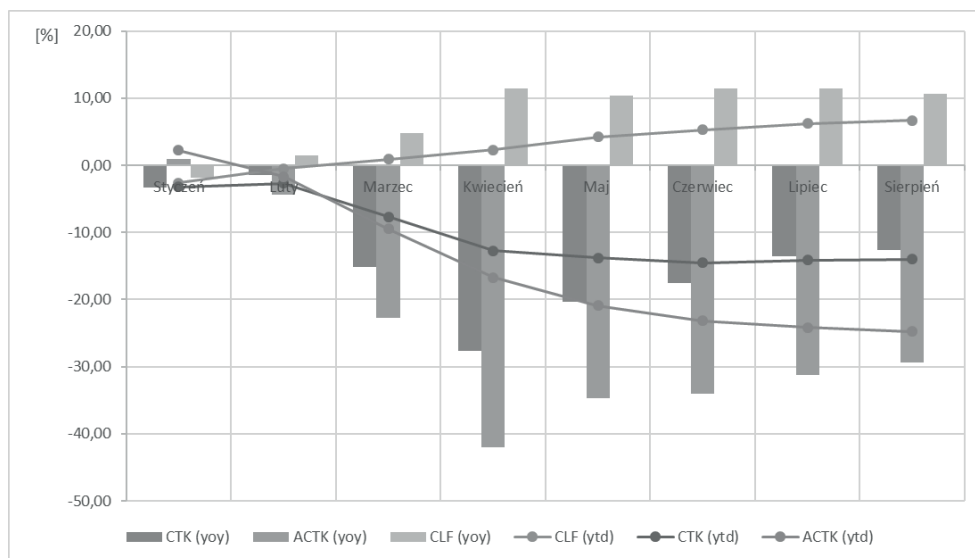
Największe porty międzynarodowe (pod względem ilości obsługi pasażerów) w marcu 2020 odnotowały spadek ruchu pasażerskiego rzędu 30-60% względem marca 2019. W Tokyo (HND) wyniósł on -64,6% (1 384 220 pasażerów), w Paryżu (CDG) -58,5% (1 250 508 pasażerów), w Londynie (LHR) -52,4% (1 553 534), w Dubaju (DXB) -54,5% (1 711 303), a w Atlancie (ATL) -52,1% (2 306 339) [7].

Porty lotnicze w Polsce również odnotowały spadki w pierwszym kwartale 2020. 14 z 15 portów zaliczyły spadek liczby pasażerów na poziomie od 1% do prawie 32% względem analogicznego okresu roku poprzedzającego. Jedynie port lotniczy w Zielonej Górze odnotował wzrost o 53,4% obsługując w tym okresie 6 612 pasażerów. Liczba operacji pax dla tego lotniska wzrosła o 41,5%. Wśród pozostałych portów liczba operacji z pasażerami wzrosła także dla Katowic (1,9%), Bydgoszczy (11,8%), oraz Olsztyna (18,8%). Oznacza to, że porty pozyskały nowe połączenia, ale średnie napełnienie samolotu przy obecności pandemii zmalało [8].

3. TRANSPORT TOWAROWY

3.1. WPLYW NA RUCH TOWAROWY

Przewozy cargo nie spotkały się z takimi obostrzeniami jak przewozy pasażerskie, a co za tym idzie przewoźnicy nie zostali zmuszeni do uziemienia floty i zawieszenia działalności. Dodatkowo wzrosło zapotrzebowanie na transport materiałów niezbędnych do walki z pandemią, takich jak sprzęt medyczny, medykamenty i środki ochrony. Nasuwa się pytanie, skąd w takim razie spadki w statystykach? Odpowiedź nie jest oczywista, ponieważ składa się na to kilka czynników.



Rys. 3. Dynamika światowego rynku cargo w okresie styczeń - sierpień 2020 w odniesieniu do 2019 roku i do roku bieżącego (ytd)

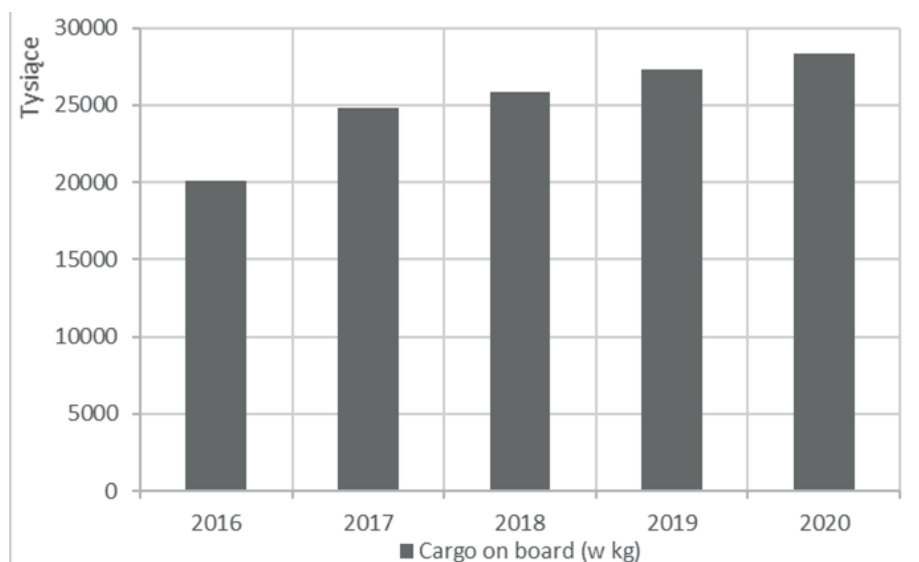
Fig. 3. World cargo market dynamics in January - August 2020 in relation to 2019 and to the current year (ytd)

Pierwszym, najważniejszym czynnikiem jest spowolnienie przemysłu, co spowodowało mniejsze zapotrzebowanie na transport. Bardzo przyczynił się do tego przestój na rynku azjatyckim, który ma duży udział w światowych przewozach cargo.

Przyczyną spadku ACTK (z ang. Available Cargo Tonnes Kilometres, określającą zdolność przewozową) było ograniczenie lotów pasażerskich, co zablokowało możliwość przesyłania towarów jako tzw. *belly cargo*. Ograniczyło to tym samym możliwości przewozowe towarów, ponieważ frachtowce nie były przygotowane na przejęcie całego rynku transportu cargo. Efektem tego były decyzje linii lotniczych o przeinstalowaniu części floty pasażerskiej na frachtową, co miało także ograniczyć straty. Rezultatem jest wzrost współczynnika CLF (z ang. Cargo Load Factors, oznaczający wykorzystanie możliwości przewozowych) zarówno w stosunku do analogicznych miesięcy roku poprzedzającego jak i dla bieżącego roku.

W przeciwieństwie do transportu pasażerskiego w transporcie cargo współczynnik CTK (z ang. Cargo Tonnes Kilometres, oznaczające pracę przewozową) nie wynosił mniej niż ACTK dzięki czemu udało się uzyskać dodatni CLF na poziomie nawet powyżej 10% względem roku poprzedzającego.

W pierwszym kwartale roku gdy na zarówno światowym jak i europejskim rynku odnotowywano spadki w ilości przewożonego towaru względem poprzedniego i obecnego roku – w Polsce odnotowano wzrost.



Rys. 4. Ilość obsłużonego cargo on board (w kg) w polskich portach lotniczych w ruchu krajowym i międzynarodowym w pierwszym kwartale lat 2016-2020

Fig. 4. Amount of cargo on board handled (in kg) at Polish airports in domestic and international traffic in the first quarter of 2016-2020

W pierwszym kwartale 2020 roku w Polsce przewieziono o 3,8% więcej ton cargo niż w analogicznym okresie 2019 roku. Dobry wynik jest efektem wzrostu odnotowanego w styczniu (+16,8%) i w lutym (+19,9%), ponieważ w marcu miał miejsce spadek o 20,6%, wszystko w odniesieniu do danych miesiący roku poprzedniego [4].

3.2. WPLYW NA PRZEWOŹNIKÓW LOTNICZYCH

Rynek przewozów cargo obsługiwany jest przez frachtowce i samoloty pasażerskie z ładownią przystosowaną do przewozu towarów, tzw. *belly cargo*. Oznacza to, że gromadzi zarówno przewoźników specjalizujących się tylko w transporcie towarowym jak i przewoźników zajmujących się głównie przewozem pasażerskim.

Przewoźnicy zajmujący się *belly cargo* odnotowali straty także na płaszczyźnie cargo, natomiast przewoźnicy zajmujący się tylko przewozem towarowym uchronili się przed krachem. Jednak wciąż wyniki są gorsze niż w roku poprzedzającym [9].

3.3. WPLYW NA LOTNISKA ŚWIATOWE I KRAJOWE

Dynamika obsługi frachtu przez porty lotnicze różni się od dynamiki obsługi pasażerów, podobnie jak ruch towarowy różni się od ruchu pasażerskiego.

Wśród 15 największych lotnisk na świecie, biorąc pod uwagę wielkość obsłużonego frachtu, aż 3 odnotowały w marcu 2020 r. wzrost (względem marca 2019 r.). Te porty to: Anchorage (ANC) wzrost o 5%, Louisville (SDF) wzrost o 1% oraz Tokyo (NRT) wzrost o 2,6%. Największy spadek, bo aż 32,2% zaliczył port w Dubaju (DXB) [7].

Polskie porty lotnicze w pierwszym kwartale 2020 r. mogły pochwalić się wzrostem przewiezionego cargo w odniesieniu do analogicznego okresu w 2019 r. Największy miał miejsce na południu kraju, w regionalnych portach Kraków Balice i Rzeszów-Jesionka, przy czym udział tych portów w sumarycznym przewozie cargo w Polsce w danym okresie był mniejszy niż 1%.

Tab. 1. Ilość obsłużonego cargo on board (w kg) w polskich portach lotniczych w ruchu krajowym i międzynarodowym w pierwszym kwartale lat 2019-2020

Tab. 1. The amount of cargo on board handled (in kg) at Polish airports in domestic and international traffic in the first quarter of 2019-2020

Port lotniczy	2020	2019	Wzrost 2020/2019	Udział w całości obsłużonego cargo w 2020 roku [%]
Chopina w Warszawie	22 251 233	21 448 655	3,70%	78,46
Katowice Pyrzowice	4 231 988	4 012 928	5,50%	14,92
Gdańsk im.L. Wałęsy	1 641 073	1 690 404	-2,90%	5,79
Rzeszów-Jesionka	174 315	99 990	74,30%	0,61
Poznań-Ławica	17 288	18 088	-4,40%	0,06
Wrocław-Strachowice	35 886	54 291	-33,90%	0,13
Szczecin-Goleniów	3 360	2 756	21,90%	0,01
Kraków-Balice	6 130	1 175	421,70%	0,02

Największy udział w polskim przewozie cargo ma niezmiennie lotnisko Chopina w Warszawie. W danym okresie było ono na poziomie ponad 78%.

Najgorszy wynik odnotował port we Wrocławiu ze spadkiem ponad 33% względem analogicznego okresu poprzedniego roku.

4. PODSUMOWANIE

Analiza przedstawiona w artykule potwierdza tezę Williego Walsh'a, prezesa AIG, który określił kryzys wywołany pandemią COVID-19 jako największy kryzys w historii współczesnego lotnictwa.

Eksperci oceniają, że rynek lotniczy nie wróci do stanu sprzed pandemii przynajmniej do 2024 r., jednak prognozy te mogą się nie ziścić ze względu na nieprzewidywalność kierunku rozwoju COVID-19. Tym bardziej, że właśnie stajemy w obliczu drugiej fali zachorowań, która może nie być ostatnią.

LITERATURA

- [1] <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-market-analysis---jan-2020/> (dostęp: 30.10.2020 r.)
- [2] <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-monthly-analysis---august-2020/> (dostęp: 30.10.2020 r.)
- [3] <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-monthly-analysis---apr-2020/> (dostęp: 30.10.2020 r.)
- [4] https://www.ulc.gov.pl/_download/regulacja_ryнку/statystyki/1kw2020/analiza_1_kwartał_2020_final.pdf (dostęp: 30.10.2020 r.)
- [5] <https://businessinsider.com.pl/firmy/zarzadzanie/linie-lotnicze-ktore-upadly-w-czasie-epidemii-koronawirusa-w-2020-roku/chevcrv> (dostęp: 30.10.2020 r.)
- [6] <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airlines-financial-monitor-september-2020/> (dostęp: 30.10.2020 r.)
- [7] <https://unitingaviation.com/news/economic-development/the-air-transport-monthly-monitor-for-may-2020/> (dostęp: 30.10.2020 r.)
- [8] https://www.ulc.gov.pl/_download/regulacja_ryнку/statystyki/1kw2020/wg_portow_lotniczych_1_kw2020.pdf (dostęp: 30.10.2020 r.)
- [9] <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis---august-2020/> (dostęp: 30.10.2020 r.)

IMPACT OF THE PANDEMIC ON THE AIR TRANSPORT MARKET

Key words: *air market, pandemic, COVID-19*

The aviation market has been strengthening its position on the transport market each year, creating synergy with the global economy. If there was a factor that caused air traffic to be suspended (for example, the floating of a volcanic ash cloud), it had a direct and immediate effect on periodic economic indicators. On the other hand, in the case of economic fluctuations (for example the crisis of 2008), the aviation market was characterized by similar trends. The crisis caused by the outbreak of the COVID-19 pandemic was the first in the history of modern civil aviation to shake this monolith at the foundation and caused losses that will be rebuilt over the years. The article presents the most important statistics and indicators illustrating the situation of the global and domestic aviation market in the first months of the epidemic.

Corresponding author:
e-mail: kamka.kubas@gmail.com

Adrian KRZEMIŃSKI
Mariusz KOSOBUDZKI *

WSTĘPNA ANALIZA WYMAGAŃ STAWIANYCH KOŁOM JEZDNYM DO POJAZDU WYSOKIEJ MOBILNOŚCI

Słowa kluczowe: *Scorpio, Rover Challenge, druk 3D, łożek, URC, off-road*

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie podstawowych wymagań, jakie powinny spełniać koła jezdne do pojazdów wysokiej mobilności. Zakres wymagań i analiz został ograniczony do łożek kontaktów koła z podłożem, w tym łożek Scorpio X, tworzonych przez Koło Naukowe OFF-ROAD działające na Wydziale Mechanicznym PWi. Autorzy scharakteryzowali aktualne rozwiązania stosowane w pojazdach najlepszych, wybranych kół studenckich z całego świata. Punktem wyjścia była analiza sił działających na koła jezdne analizowanego pojazdu w wybranych warunkach ruchu. Oceniono również istniejące rozwiązanie wykonania kół materiałowych wykonanych z materiału Cordura.

1. WSTĘP

Od lat ludzkość myśli poważnie o możliwości przeprowadzenia misji załogowych na Marsa. Ograniczeniem są ciągle wysokie koszty przedsięwzięcia oraz istniejące bariery techniczne i technologiczne. W przełamywaniu istniejących ograniczeń największe światowe agencje kosmiczne (w tym NASA) inspirują koła studenckie uczelni technicznych z całego świata do rozwijania pojazdów autonomicznych, przystosowanych do ruchu w warunkach terenowych, nazywanych łożkami marsjańskimi.

Areną zmagania do powstających w ramach działalności studenckich kół naukowych rozwiązań technicznych takich pojazdów są międzynarodowe zawody z serii Rover Challenge. Jednym z najtrudniejszych i jednocześnie najbardziej znanych konkursów jest University Rover Challenge (URC). Założeniem tego konkursu jest przeprowadzenie zawodów na pustyni w stanie Utah, Stany Zjednoczone, w warunkach wiernie odtwarzających te panujące na Marsie. Co roku 36 łożek walczy o miano najlepszego w 4 różnych konkurencjach. Jedną z nich jest test „Traversal Task”, który sprawdza

* Adrian Krzemiński – Koło Naukowe Pojazdów Niekonwencjonalnych OFF-ROAD,
Politechnika Wroclawska
Mariusz Kosobudzki - Katedra Inżynierii Maszyn Roboczych i Pojazdów Przemysłowych,
Politechnika Wroclawska.

możliwości opracowanych zawieszzeń konkurujących łązików. Duża konkurencja w zawodach powoduje, że zespoły co roku sięgają po nowe rozwiązania technologiczne mające zapewnić przewagę nad rozwiązaniami konkurencyjnymi.

Koło Pojazdów Niekonwencjonalnych Off-Road bierze z sukcesami udział w zawodach URC od 2011 roku. Łazik Scorpio III, który zajął II miejsce na URC 2013, po raz pierwszy zastosował unikatowe w skali świata opony materiałowe, wykonane z materiału trudnościeralnego – Cordura. Powodem zastosowania tak niekonwencjonalnego rozwiązania była potrzeba redukcji masy oraz problem ze znalezieniem komercyjnych rozwiązań, które mogłyby zastąpić klasyczne koła gumowe.

2. ZAŁOŻENIA OGÓLNE DO ŁAZIKÓW MARSJAŃSKICH

Podstawowym założeniem jest zbudowanie pojazdu przystosowanego do jazdy poza drogami. Jednym z ważniejszych układów takich pojazdów jest ich zawieszenie i układ jezdny, a kluczowym komponentem układu jezdny są koła, w tym opony, które mają być w stanie zapewnić dostatecznie dużą przyczepność do podłoża podczas jazdy w trudnym terenie. Zasadniczym wymaganiem jest możliwość rozwinięcia wymaganej siły napędowej na powierzchni kontaktu koła z podłożem, uzyskania małych oporów ruchu oraz minimalizację oporów ruchu wynikających ze skrętu pojazdu.

Wstępne wymagania do kół pojazdu są wynikiem analiz warunków ruchu pojazdu w terenie, w jakim odbywają się poszczególne zawody.

Poniżej przedstawiono listę trzech największych zawodów z serii Rover Challenge:

- URC – Hanksville, USA
- ERC (European Rover Challenge) – Kielce, Polska
- CIRC (Canadian International Rover Challenge) – Drumheller, Kanada

Każdy organizator konkursu indywidualnie podchodzi do zagadnienia symulacji warunków marsjańskich. Ze względu na istniejące lokalne ograniczenia, w tym teren do przeprowadzenia zawodów, nie ma możliwości całkowitego ujednoczenia występujących przeszkód terenowych. Zawody URC wykorzystują naturalną pustynię jako symulację terenu, na ERC wykorzystuje się specjalnie zbudowany „Mars Yard”, pokazany na rys. 1. CIRC wykorzystuje naturalny teren polodowcowy, który został także zmieniony przez działalność archeologiczną. Jednolitym założeniem każdego zawodów jest nawierzchnia piaskowo-żwirowa z możliwymi przeszkodami w postaci kamieni. Każde z zawodów posiada także unikalne cechy, które narzucają dodatkowe ograniczenia podczas definiowania założeń systemów zawieszenia. Jedną z takich cech jest dopuszczenie roślinności na terenie zawodów CIRC [1], czy bardziej ekstremalny teren w postaci pionowych spadków i zboczy do 45° w przypadku zawodów URC [2].



Rys. 1. „Mars Yard” zlokalizowany na terenie Politechniki Świętokrzyskiej [9].
Fig. 1. „Mars Yard” located on the premises of Kielce University of Technology [9].

Kolejnymi założeniami, które wynikają z regulaminów zawodów jest ograniczenie masy maksymalnej całego łoża do 50 kg. Ponadto zespoły dostają punkty dodatkowe za każdy zaoszczędzony kilogram poniżej limitu, co zachęca do daleko idącej optymalizacji pojazdu i znaczącej redukcji masy. Innymi ograniczaniem są dopuszczalne wymiary zewnętrzne podwozia pojazdu 1,2 m x 1,2 m. Należy także zwrócić uwagę, że te wymiary dotyczą łoża przed rozłożeniem. Zespoły budują wyposażenie specjalistyczne pojazdów w taki sposób, żeby po kontroli wymiarów podwozia bazowego osprzęt łoża mógł się rozłożyć i przyjąć położenie robocze. Takie rozwiązania mają na celu symulowanie ograniczonej przestrzeni ładunkowej w rakiecie transportowej. Organizatorzy zawodów nie wprowadzają póki co ograniczenia wysokości pojazdu.

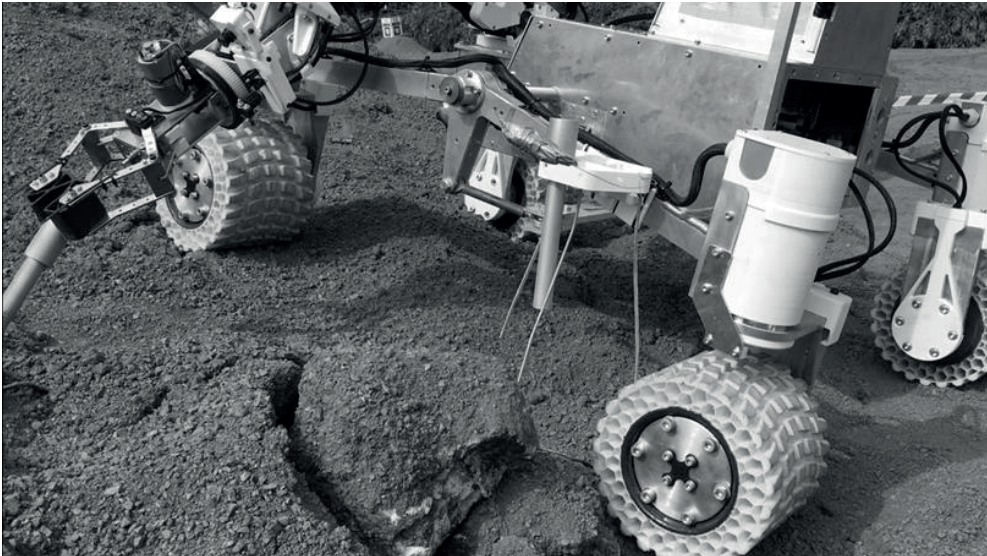
3. PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ KÓŁ JEZDNYCH ZBUDOWANYCH PRZEZ KLUCZOWE ZESPOŁY STUDENCKIE

Ogólne wymagania przedstawione w rozdziale 1. pozwalają na dość swobodne kształtowanie różnych rozwiązań i wykorzystywanie dostępnych technologii przez poszczególne zespoły. W tym obszarze można wskazać na upowszechniającą się technikę druku 3D, która pozwala na szybkie prototypowanie elementów oraz tworzenie skomplikowanych części z materiałów, jakie nie były wcześniej dostępne. Jednym z bardziej utytułowanych zespołów, który korzysta z druku 3D przy produkcji kół, jest AGH Space Systems [3]. Koła w ich pojeździe zostały wykonane w technolo-

gii FFF – Fused Filament Fabrication. Do wykonania felg został wykorzystany wytrzymały materiał PET-G – politereftalan etylenu modyfikowany glikolem. Sama opona została wykonana z elastomeru termoplastycznego firmy Fiberlogy – Fiberflex 40D. Wykorzystanie elastomeru pozwala na osiągnięcie zjawiska podatności – dopasowania opony do podłoża. Wnętrze opony jest stworzone wg struktury plastra miodu, co zapewnia dobre właściwości wytrzymałościowe. Strukturę koła oraz felgi można zobaczyć na rys. 2.

Kolejnym zespołem, który osiąga duże sukcesy w zawodach jest zespół Impuls z Politechniki Świętokrzyskiej z łazikiem Impuls II. W tym pojeździe wykorzystano inną koncepcję budowy koła, które składa się z trzech jednakowych kół pojedynczych o średnicy 300 mm [4]. Podobne rozwiązania stosuje się w maszynach rolniczych w celu zwiększenia siły uciążu podczas pracy na polach przy jednoczesnym ograniczeniu deformacji gruntu. Opony są wykonane prawdopodobnie z gumy i wykazują się bardzo niską podatnością. Należy tutaj wskazać na brak możliwości skrętu kół. Z tego powodu łazik Impuls II skręca poślizgowo, co generuje dodatkowe obciążenia w układzie zawieszenia.

Innym zespołem, który odnosi sukcesy, jest Stanford Student Robotics ze Stanford University. Ich łazik opiera się na konstrukcji sześciokołowej. Ich koncepcja kół zakłada wykonanie ich w innej technologii; są one zrobione z gotowych, dmuchanych opon. Cały układ jezdny również nie posiada kół skrętnych, co wymusza skręcanie poślizgowe. Ciekawym rozwiązaniem wydaje się zamontowanie dodatkowych łańcuchów z nylonu w celu zwiększenia przyczepności. Prowadzi to do wniosku, że koła dmuchane mogą nie zapewniać wymaganej siły przyczepności.



Rys. 2. Koła łazika Kalman, stworzonego przez zespół AGH Space Systems [10].

Fig. 2. Wheels of Kalman rover, made by AGH Space Systems team [10].

4. ANALIZA STOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ KÓŁ W POJAZDACH MARSJAŃSKICH

Analizując wykorzystywane koncepcje budowy kół można zauważyć, że takie same wstępne wymagania prowadzą do bardzo odmiennych rozwiązań. Parametry kół znacząco różnią się od siebie i można tutaj wyróżnić generalny podział na koła sztywne i podatne. Przykładowym rozwiązaniem zastosowania kół o małej podatności jest pojazd Impuls II. W pozostałych przykładach, inne pojazdy, w tym łazik Scorpio X, wykorzystują koła podatne. Warto zauważyć, że Impuls II jako jedyny posiada zawieszenie niezależne, które jest w stanie przejąć obciążenia od nierówności podłoża, które w pozostałych pojazdach są pochłaniane przez podatne koła. Kolejnym ważnym parametrem kół jest ich współczynnik tłumienia. Jest on zależny głównie od materiału opony i wpływa na redukcję obciążeń powstających podczas toczenia się koła na różnym podłożu. Koła łazików Scorpio X oraz Kalman posiadają dobre współczynniki tłumienia uzyskane dzięki materiałowi wypełnienia opon (pianka Memory Foam w przypadku Scorpio). Koła łazika Impuls II wykazuje się małym współczynnikiem tłumienia nierówności, co można zaobserwować na filmie SAR [4]. W tym przypadku koła przekazują drgania na układ zawieszenia, który skutecznie tłumi powstające przemieszczenia kół. Najmniejsze tłumienie mają opony łazika ze Stanfordu ze względu na wypełnienie opon gazem [5].

Kolejnym parametrem charakteryzującym koła jest ich przyczepność do podłoża. Zależy ona od terenu na jakim porusza się pojazd oraz konstrukcji samego koła, w tym opony. W przypadku Scorpio X, Kalmana oraz Impuls II mamy do czynienia z dobrą/bardzo dobrą przyczepnością, łazik Stanfordu wykazuje się dużym poślizgiem kół przy najeżdżaniu na przeszkody, pomimo zastosowania dodatkowych łańcuchów z nylonu.

Ostatnim parametrem jest odkształcenie boczne opon. Parametr ten ma bardzo duże znaczenie przy wykonywaniu skrętu, zwłaszcza metodą poślizgową. W tym przypadku Impuls II wykazuje się całkowitą sztywnością boczną, Kalman oraz Stanford posiadają niskie odkształcenia opon, a łazik Scorpio X posiada najgorszą stabilność boczną ze względu na materiałowe opony oraz podatne wypełnienie.

Podsumowanie analizowanych parametrów przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Naprawy eksploatacyjne pojazdów w skali roku [11].

Tab. 1. Vehicle service repairs per year [11].

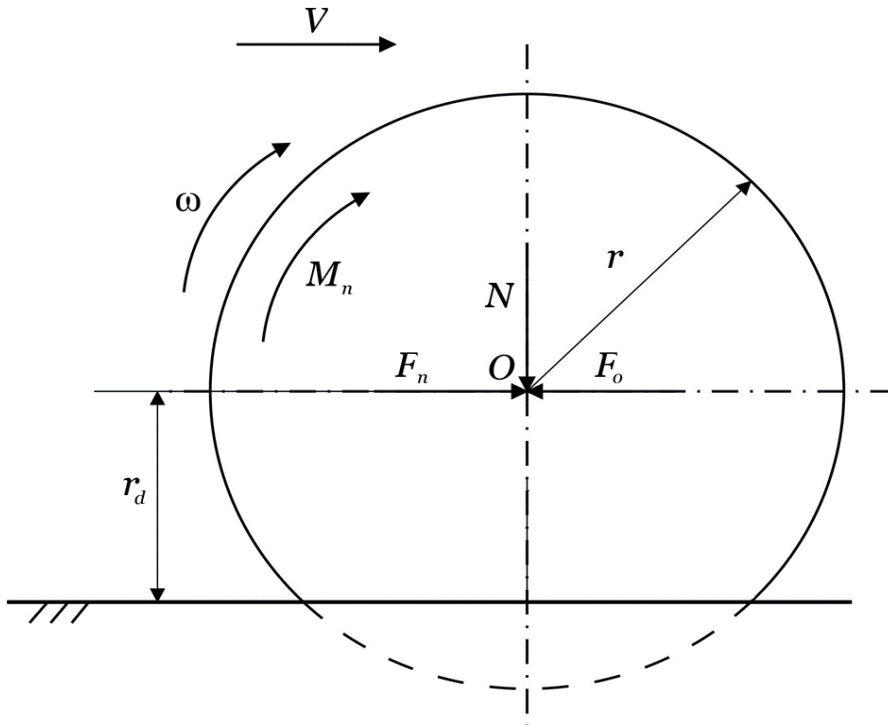
	Scorpio X	Impuls II	Kalman	Stanford
Podatność	duża	bardzo mała	średnia	duża
Wsp. tłumienia	duży	średni	duży	mały
Przyczepność	dobra	dobra	bardzo dobra	mała
Odkształcenie boczne	duże	zerowe	małe	średnie
Średnica	~300 mm	300 mm	~200 mm	b.d.
Bieżnik	brak	tak, mały	tak, duży	tak, łańcuchy nylonowe

5. SIŁY DZIAŁAJĄCE NA OPONĘ

Przed wstępnym określeniem parametrów optymalnej opony, należy przeanalizować rozkład obciążeń działających na koło podczas wybranych warunków pracy, którymi w przypadku pojazdu skręcającego poślizgowo są:

- jazda na wprost,
- skręcanie,
- pokonywanie kołem przeszkody.

Podczas jazdy ustalonej na wprost występuje zjawisko toczenia się koła (zakładamy, że bez poślizgu). W takim przypadku dolna część opony znajduje się w kontakcie statycznym z podłożem. Współczynnik przyczepności koła do podłoża przyjmuje wartość odpowiadającą spoczynkowi i nazywany jest przyłgowym (statycznym). Siły działające na koło w ruchu ustalonym zostały przedstawione na rys. 4 [7].



Rys. 3. Diagram sił i momentów występujących w kole podczas jazdy na wprost [11].

Fig. 3. Diagram of forces and moments applied on wheel during forward movement [11].

r , r_d – promień koła: odpowiednio bez obciążenia koła oraz dynamiczny,
 M_n – moment napędzający koło.

Biorąc pod uwagę fakt, że łażnik Scorpio X jest zbudowany na planie kwadratu, możemy zdefiniować nacisk na koło N jako $\frac{1}{4}$ wartości siły ciężkości, wynikającej z masy łażnika Q (1). Na koło działa moment napędowy M_n , który rozwija siłę obrotową F_{obr} (2).

$$N = \frac{1}{4} Q \quad (1)$$

$$F_{obr} = \frac{M_n}{r_d} \quad (2)$$

Przeciw ruchowi pojazdu działa siła oporów ruchu F_o , która zależy od siły normalnej N oraz współczynnika oporów toczenia się kół f (3). Siła napędzająca koło pojazdu F_n zależy od wartości współczynnika przyczepności μ_{st} oraz siły nacisku N (4). Wartość współczynnika tarcia przyłgowego μ_{st} zależy od warunków współpracy opony z podłożem (m.in. materiału z jakiego wykonane są opony, kształtu bieżnika, czy rodzaju nawierzchnia drogi).

$$F_o = Nf \quad (3)$$

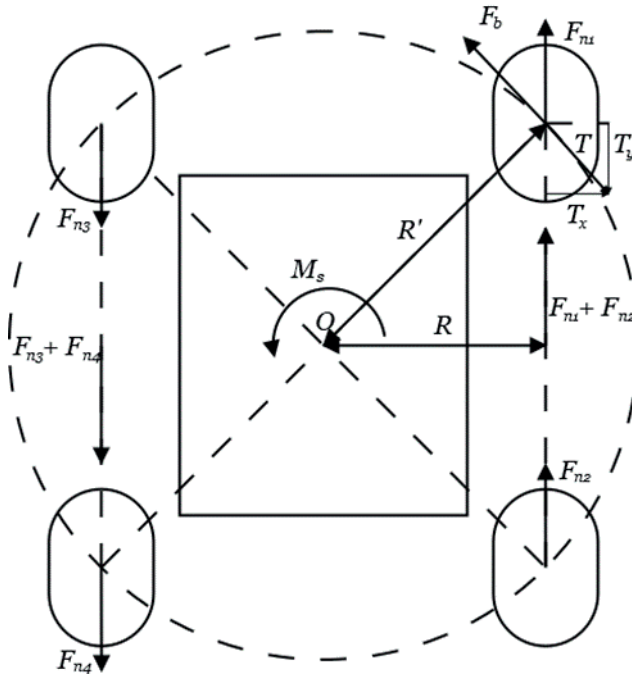
$$F_n = N\mu_{st} \quad (4)$$

Ostatecznie można zapisać, że:

$$\frac{M_n}{r_d} \geq F_n = N\mu_{st,kin} > Nf \quad (5)$$

Dla ustalonej jazdy na wprost możemy określić moment napędowy krytyczny, po przekroczeniu którego koło wpadnie w poślizg ($\mu_{st} \rightarrow \mu_{kin}$, $\mu_{kin} < \mu_{st}$) (5). Jest to zjawisko niepożądane z punktu widzenia jazdy na wprost (spadek siły napędowej).

Kolejną rozpatrywaną sytuacją jest skręcanie poślizgowe. Ze względu na brak skrętnych osi (kół), łażnik Scorpio X skręca poślizgowo. Do skręcania poślizgowego konieczne jest celowe wprowadzenie kół napędzanych w poślizg i wytworzenie momentu skrętu M_s . Po przekroczeniu wartości krytycznej momentu napędowego M_n siła napędowa F_n zmniejsza swoją wartość ($\mu_{kin} < \mu_{st}$). Koła po jednej stronie pojazdu obracają się przeciwnie do kół drugiej strony, co prowadzi do powstania momentu skrętu M_s . schematyczny rozkład sił podczas skrętu poślizgowego przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 4. Diagram sił występujących podczas skręcania poślizgowego łazikiem [11].

Fig. 4 Diagram of forces applied during rover slip turning [11].

Siłę napędową po każdej stronie F_{nx} można sprowadzić do jednej siły, działającej na ramieniu R . Generuje to moment skręcający M_s , który powoduje skręt łazika. W przypadku spełnienia warunku (6) mamy do czynienia ze skręcaniem w miejscu, w każdym innym przypadku, skręcaniem po łuku.

$$F_{n1} + F_{n2} = F_{n3} + F_{n4} \quad (6)$$

Powstały moment skręcający M_s wywołuje ruch boczny każdego koła spowodowany siłą F_b (7):

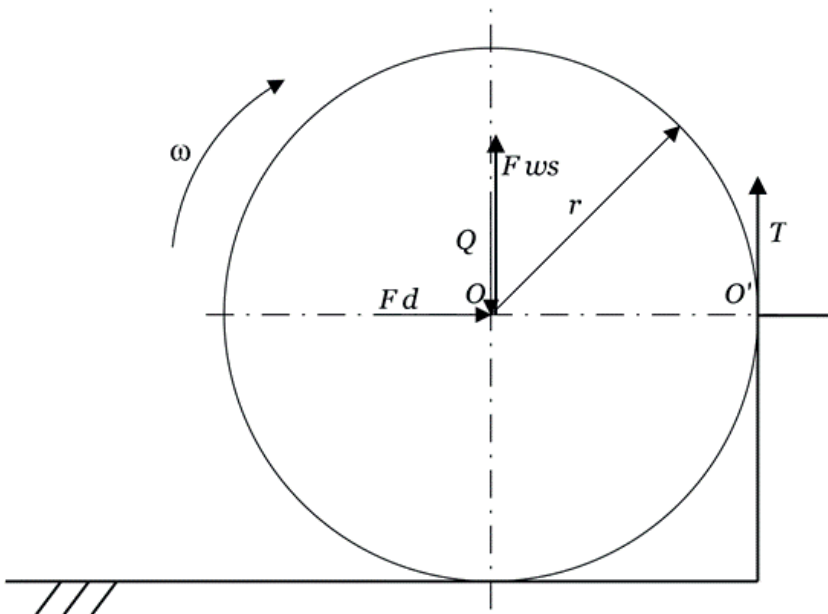
$$F_b = \frac{M_s}{4R'} = \frac{(F_{n1} + F_{n2} + F_{n3} + F_{n4})R}{4R'} \quad (7)$$

Ruchowi temu przeciwdziała siła oporu skrętu T , której wartość wypadkowa zależy od składowych T_x oraz T_y . Składowe tarcia T_x oraz T_y można obliczyć ze wzoru (4), uwzględniając μ_{kin} . Należy pamiętać, że opona może posiadać inne współczynniki tarcia dla kierunku x i y, co zależy m.in. od typu bieżnika umieszczonego na oponie.

Kolejnym aspektem ważnym dla pojazdów wysokiej mobilności jest pokonywanie różnego rodzaju przeszkód. Typowe pojazdy charakteryzują się możliwością pokonywania przeszkód do $1/3$ średnicy koła. Łaziki NASA są konstruowane z założeniem możliwości pokonywania przeszkód o wysokości do średnicy koła [8], jednak tylko w sprzyjających warunkach. Koło, które napotyka małą przeszkodę (do $1/3$ średnicy koła) jest w stanie przetoczyć się przez dany obiekt bez większego problemu. Aby pokonać wyższe przeszkody, silnik koła musi być w stanie wygenerować odpowiedni moment, żeby nastąpiło wjechanie koła na przeszkodę. Do wjechania na przeszkodę można:

- wykorzystać siłę przyczepności koła do powierzchni przeszkody,
- wykorzystać kształt bieżnika jako punkt zaczepienia.

Optymalizacja efektywności pierwszej metody wymaga kontrolowania momentu napędowego tak, aby nie dopuścić do poślizgu koła i jednocześnie wytworzyć dużą siłę nacisku koła na przeszkodę. Jedną z propozycji jak można tego dokonać jest wykorzystanie napędu drugiego koła po tej samej stronie łożyska, gdyż użycie silników po drugiej stronie spowoduje stworzenie momentu skręcającego. Ponownie można skorzystać ze wzoru (4), który określa jaką wartość siły tarcia jest w stanie wytworzyć skojarzenie koło - przeszkoda przy danej mocy silników. Mechanizm wspinania przedstawiono na rys. 6.



Rys. 5. Diagram sił występujących podczas wspinania koła na przeszkodę [11].

Fig. 5. Diagram of forces applied during wheel obstacle climbing [11].

Siła Q powoduje nacisk na powierzchnię drogi (w poziomie), przeciwdziałając pokonaniu przeszkody. Wytwarzając odpowiednią siłę F_d (np. silnikiem tylnym), a w konsekwencji również siłę T doprowadzamy, do sytuacji, gdzie chwilowy środek obrotu koła leży w punkcie O' . W konsekwencji można wytworzyć siłę F_{ws} , która podnosi koło ponad przeszkodę.

Druga propozycja jest zdecydowanie łatwiejsza, gdyż nie wymaga specjalnego sterowania silnikami w przypadku najechania na przeszkodę. Wykorzystanie bieżnika prowadzi jednak do konieczności rozwiązania problemu doboru jego kształtu i wielkości.

6. OKREŚLENIE PARAMETRÓW OPTIMALNEJ OPONY

Z przedstawionych analiz sił wynika, że kluczowymi parametrami, które należy ustalić podczas doboru optymalnego koła do pojazdu terenowego jest m.in.:

- podatność promieniowa i osiowa koła,
- wartość współczynnika tłumienia,
- wartości współczynników przyczepności odpowiednio w osi x i y ,
- średnica koła,
- szerokość koła,
- rodzaj i wielkość bieżnika opony.

Zespoły biorące udział w zawodach pokazały, że podatność nie jest koniecznym warunkiem dla koła pojazdu wysokiej mobilności, jednak w przypadku braku podatnych opon, pojazd musi posiadać inny element zawieszenia, który jest w stanie przyjąć energię od nierówności podłoża oraz skutecznie ją rozproszyć. Wysoki współczynnik tłumienia gwarantuje stabilność pojazdu na nierównym podłożu i może być bardzo dużą zaletą przy wykorzystywaniu w pojeździe komponentów wrażliwych na drgania. Przyczepność zależeć będzie głównie od nacisku koła na podłoże (jest to parametr zależny od wymiarów geometrycznych opony oraz jej podatności). Odkształcenie boczne koła i opony wpływa negatywnie na stateczność ruchu, ale może zostać wykorzystane do optymalizacji sił przy skręcaniu poślizgowym [6]. Wymiary geometryczne koła powinny być dobrane w sposób odpowiedni do gabarytów pojazdu – dla łażników biorących udział w zawodach stosuje się wiele podejść, w przypadku konstrukcji czterokołowych, zazwyczaj stosuje się większe średnice, co ogranicza naciski kół na podłoże przy tej samej masie pojazdu. Bieżnik jest pożądanym ze względu na poprawę możliwości pokonywania przeszkód, ale powinien on zostać dobrany w sposób, który nie będzie zwiększał oporów ruchu koła przy skręceniu poślizgowym. Zwiększenie tarcia poprzecznego spowoduje zwiększenie potrzebnej mocy na skręcanie poślizgowe co jest niekorzystne.

7. PODSUMOWANIE

W artykule zostały przeanalizowane głównie łożyski osiągające sukcesy w zawodach z serii Rover Challenge. Na podstawie tabeli 1 oraz [4-6] można wyciągnąć wnioski dotyczące ogólnej charakterystyki kół dla pojazdu wysokiej mobilności. Słabe tłumienie opon wypełnionych gazem powoduje, że nie jest to dobre rozwiązanie dla robota wysokiej mobilności. Zwiększenie średnicy kół jest pożądane dla konstrukcji czterokołowych, pozwala to na pokonywanie większych przeszkód, pod warunkiem posiadania odpowiednio silników napędowych wymaganej mocy o momencie obrotowym. Analizując wysokość przeszkód na poszczególnych zawodach, średnica koła wynosząca około 300 mm wydaje się być odpowiednia.

Analizując wartości poszczególnych sił powstających w różnych warunkach ruchu pojazdu można dojść do wniosku, że podatność osiowa koła jest niepożądana z punktu widzenia stateczności ruchu. Natomiast podatność promieniowa może ułatwić wjazd koła na przeszkodę, ponieważ zwiększa stopień dopasowania powierzchni styku opony do przeszkody. Bieżnik jest korzystny przy pokonywaniu przeszkód, jednak utrudnia skręcanie poślizgowe.

Przedstawione analizy są wstępem do realizowanej pracy dyplomowej, której celem jest opracowanie innowacyjnych kół jezdnych do łożyska Scorpio.

LITERATURA

- [1] [https://circ.cstag.ca/2020 r./rules/](https://circ.cstag.ca/2020%20r./rules/) (dostęp 6.11.2020 r.).
- [2] <http://urc.marssociety.org/home/urc-news/2021universityroverchallengerulesreleased> (dostęp 6.11.2020 r.).
- [3] ZAKRĘCKI A., GACZOREK B., KANIA A., BERENT K. Projekt i wykonanie w technologii przyrostowej kół łożyska marsjańskiego z wypełnieniem strukturalnym, *Mechanik* nr 03/2018 244-248
- [4] https://www.youtube.com/watch?v=b_DWUqoZijE (dostęp 7.11.2020 r.).
- [5] https://www.youtube.com/watch?v=_NrNb2-1i04 (dostęp 8.11.2020 r.).
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=Vg3dqzE0yBI> (dostęp 8.11.2020 r.).
- [7] GUSKOV V., MIKULIC T. PAVLOVA V., SOCHNEV A. The theoretical basis of the method of optimizing parameters of the propulsion multipurpose wheeled vehicles. *MATEC Web of Conferences*. 182. 01031. 10.1051/mateconf/201818201031
- [8] R. A. LINDEMANN AND C. J. VOORHEES, "Mars Exploration Rover mobility assembly design, test and performance," 2005 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Waikoloa, HI, 2005, pp. 450-455 Vol. 1, doi: 10.1109/ICSMC.2005.1571187.
- [9] [https://roverchallenge.eu/wp-content/uploads/2020 r./01/ERC_4587.jpg](https://roverchallenge.eu/wp-content/uploads/2020%20r./01/ERC_4587.jpg) (dostęp 6.11.2020 r.).
- [10] <https://www.facebook.com/aghspace/photos/a.1580071235541102/2181960158685537/> (dostęp 6.11.2020 r.).
- [11] Opracowanie własne.

PRELIMINARY ANALYSIS OF WHEEL REQUIREMENTS FOR HIGH MOBILITY VEHICLE

Key words: *Scorpio, Rover Challenge, 3D printing, rover, URC, off-road*

The target of this article is to define requirements which should be satisfied by wheels of high mobility vehicle. Divagations are made based of mars rovers, including Scorpio X rover made by OFF-ROAD Student Association based at Mechanical Faculty at Wroclaw University of Science and Technology. Authors introduced several solutions applied by the most successful teams from all around the world. The starting point was the analysis of the forces acting on the road wheels of the analysed vehicle in selected traffic conditions. The existing solution for fabric wheels made of Cordura was also assessed.

Corresponding author:

e-mail: adrian.krzeminski@outlook.com

Katarzyna MOMOT*

WPROWADZANIE PROEKOLOGICZNYCH ZMIAN W ŁAŃCUCHACH DOSTAW WSPÓŁCZESNYCH PRZEDSIĘBIORSTW

Słowa kluczowe: *zielone łańcuchy dostaw, łańcuch dostaw, zarządzanie łańcuchem dostaw, logistyczna obsługa, ekologistyka*

W artykule zaprezentowano jeden ze współczesnych trendów logistycznej obsługi przedsiębiorstw. Uwagę poświęcono przedstawieniu koncepcji zielonych łańcuchów dostaw. Przybliżono istotę i aspekty zielonego łańcucha dostaw. Wskazano na przyczyny wprowadzania zmian oraz zaprezentowano przykłady wdrożonych rozwiązań. Podkreślono również krótkoterminowe i długoterminowe korzyści płynące z przekształcenia tradycyjnych łańcuchów dostaw w ich zielone odpowiedniki. Zaznaczono również możliwość osiągnięcia przewagi konkurencyjnej w przyszłości, dzięki zastosowaniu zrównoważonego podejścia.

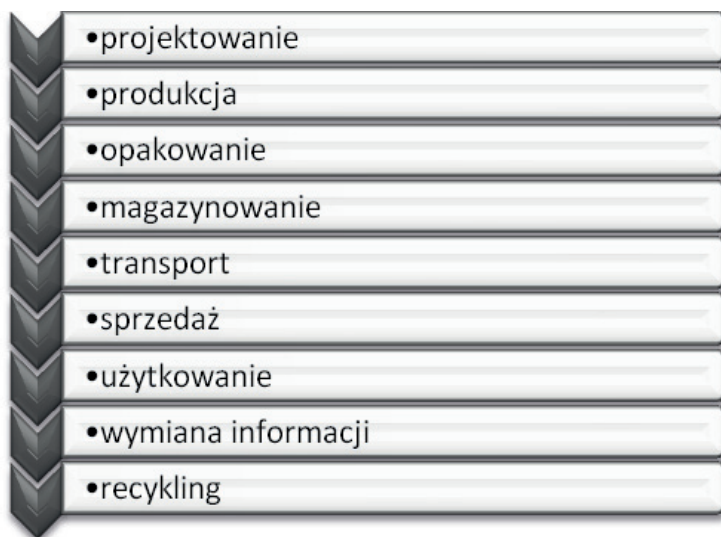
1. WSTĘP

W ostatnim czasie nastąpiły znaczące i zauważalne zmiany w zarządzaniu łańcuchami dostaw i obsłudze logistycznej. Ciągłe powstają nowe idee oraz rozwiązania uwzględniane w strategiach logistyczno-marketingowych. Bez wątplenia jednym z zauważalnych trendów jest wzmożone zainteresowanie kwestiami proekologicznymi wskutek rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństwa. Przedsiębiorstwa logistyczne nie są obojętne i coraz częściej zwracają uwagę na kwestie ochrony środowiska naturalnego w swojej działalności. Konieczne stało się opracowanie rozwiązań, które pozwolą na współistnienie logistyki i troski o środowisko. Spowodowało to powstanie koncepcji zielonych łańcuchów dostaw, która jest związana z ideą zrównoważonego rozwoju. Celem artykułu jest przybliżenie problematyki zielonych łańcuchów dostaw oraz zaprezentowanie przykładowych wdrożonych zmian w przedsiębiorstwach wraz z korzyściami płynącymi z zastosowania takich rozwiązań.

* Koło Naukowe Logistyki Cargo, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

2. ROZUMIENIE POJĘCIA ZIELONEGO ŁAŃCUCHA DOSTAW

Zielony łańcuch dostaw to koncepcja bazująca na „zazielenieniu” i nieszkodzeniu środowisku naturalnemu na każdym etapie i w każdym procesie [8]. Zarządzanie zielonym łańcuchem dostaw powinno obejmować elementy takie jak projektowanie, produkcję, opakowanie, sprzedaż, użytkowanie i recykling oraz procesy magazynowania, transportu i wymiany informacji. Przedsiębiorstwa skupiając się na każdym z tych etapów, powinny uwzględniać aspekty środowiskowe. Konieczne są zmiany w obsłudze logistycznej współczesnych przedsiębiorstw i łańcuchów dostaw. Dotyczą one zintegrowanego działania wszystkich uczestników łańcucha na rzecz ekologicznego podejścia, poprzez odejście od tradycyjnie postrzeganych procesów logistycznych i dostrzeżenie potrzeby zmian. Branża logistyczna silnie zużywa zasoby, dlatego też negatywny wpływ łańcuchów dostaw na środowisko stanowi poważny problem dla większości organizacji.



Rys. 1. Elementy zielonego łańcucha dostaw [8]

Fig. 1. Elements of green supply chain [8]

3. PRZYCZYNY WDROŻENIA ZIELONYCH ŁAŃCUCHÓW DOSTAW

Obecnie zachodzi konieczność wprowadzenia zmian w zarządzaniu obsługą logistyczną. Przedsiębiorstwa coraz częściej przekształcają tradycyjne łańcuchy dostaw w ich zielone odpowiedniki. Możemy wyróżnić zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne czynniki motywujące do podejmowania takich działań. Przedstawia je poniższa tabela.

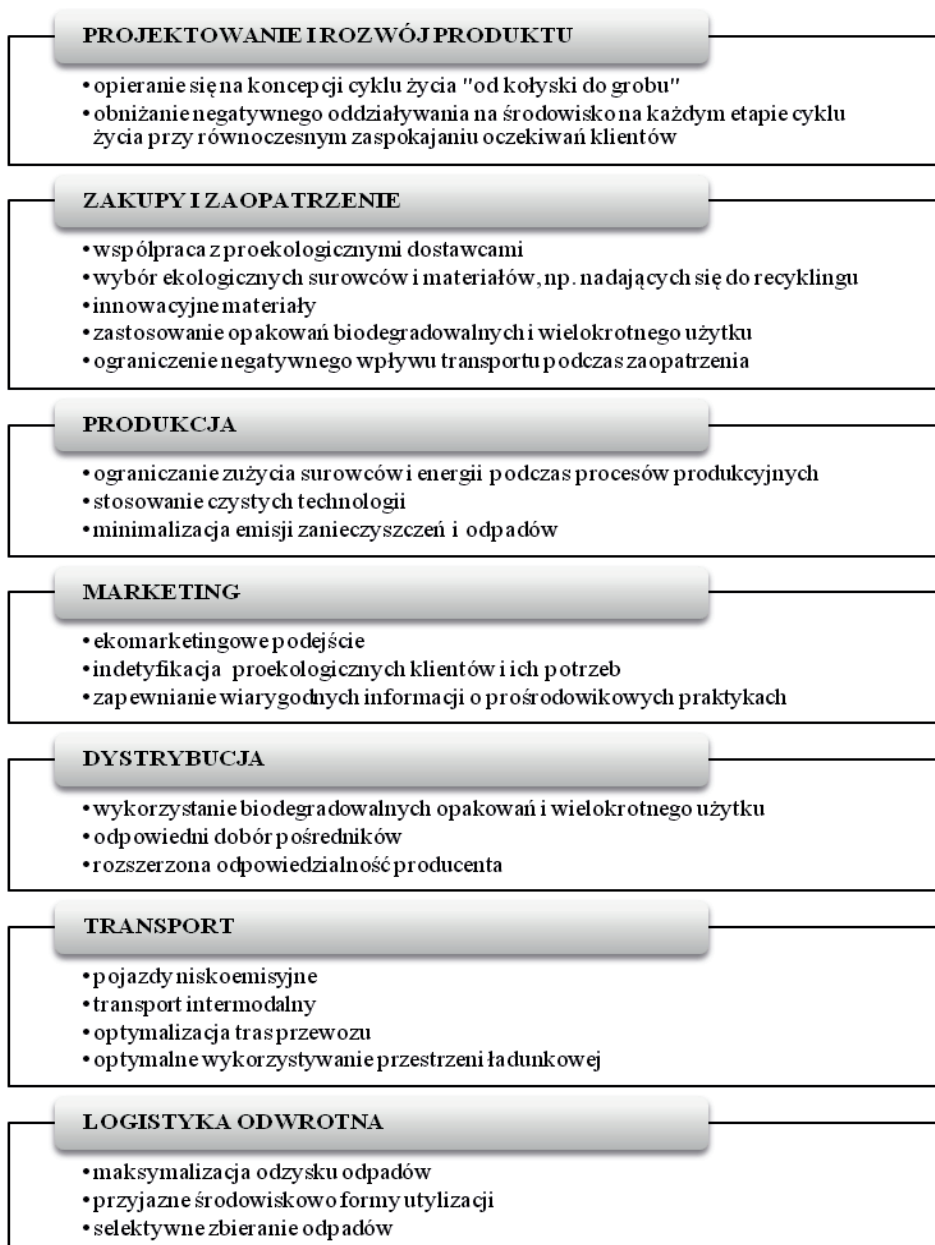
Tab. 1. Przyczyny rozwoju koncepcji zielonych łańcuchów dostaw [10, 11]
 Tab. 1. Reasons for the development of the concept of green supply chains [10, 11]

WEWNĘTRZNE	
Szukanie możliwości redukcji kosztów	Minimalizacja marnotrawstwa, szukanie oszczędności i lepsze zużycie zasobów. Znajdowanie usprawnień przynoszących wartość dodaną firmie, co prowadzi do przewagi konkurencyjnej.
Korzyści ekonomiczne	Niższe koszty, lepszy wizerunek i satysfakcja klienta.
Polityka wizerunkowa firmy	Wdrożenie zrównoważonego rozwoju jako elementu strategii. Troska o środowisko naturalne i przyjazne działania na jego rzecz. Poprawa pozycji rynkowej i pozyskanie nowych klientów.
Ekologistyka	Tworzenie wartości dodanej w procesach zwrotnych, nie tylko ekonomicznej, ale także korzyści dla środowiska. Wzrost przychodów ze sprzedaży surowców wtórnych. Działania na rzecz selektywnej zbiórki odpadów do ponownego użytku czy odsprzedaży w celu ograniczenia wysokości opłat związanych z ich wywozem.
ZEWNETRZNE	
Regulacje prawne	Narzucane coraz wyższe standardy i kary finansowe za szkodliwe oddziaływanie na środowisko. Kary finansowe zwiększają odpowiedzialność środowiskową za własne postępowanie.
Większa świadomość ekologiczna społeczeństwa	Wzrost zainteresowania kwestiami środowiskowymi i wpływ na wybory konsumentów. Kampanie podkreślające zmniejszanie negatywnego wpływu na środowisko, wspieranie organizacji związanych z ochroną środowiska.
Konkurenci	Wdrażanie zielonych łańcuchów odpowiada za przewagę konkurencyjną. Chęć przyciągnięcia i zatrzymania klientów poprzez minimalizację negatywnego wpływu na środowisko w ramach swojej działalności.
Rozwój technologii	Innowacje technologiczne zmierzają w kierunku naprawczym oraz zapobiegawczym dla środowiska (np. alternatywne napędy lub zmiany konstrukcyjne samochodów). Rozwój rozwiązań informatycznych pomagających w zarządzaniu całym łańcuchem dostaw.
Konieczność dostosowania się do proekologicznych działań lidera łańcucha lub dostawcy	Zgodność misji i wizji organizacji. Wspólna realizacja proekologicznych działań na poziomie organizacji i całego łańcucha. Współpraca polega na ustanowieniu wspólnych zasad, standardów, narzędzi wdrożonych w łańcuchu.

4. PROCES WPROWADZANIA ZMIAN – ASPEKTY ZIELONYCH ŁAŃCUCHÓW DOSTAW

"Zazielenienie" łańcucha dostaw polega na uwzględnianiu kryteriów środowiskowych w procesach od projektowania produktu, przez dostawy materiałów i ich selekcję, procesy wytwórcze, aż do dostawy produktu końcowego do konsumenta, jak również zarządzania produktem, którego cykl życia się skończył, czyli produktu

wycofanego z użycia [11]. Wszelkie działania wymagają zintegrowanego myślenia w kolejnych obszarach.



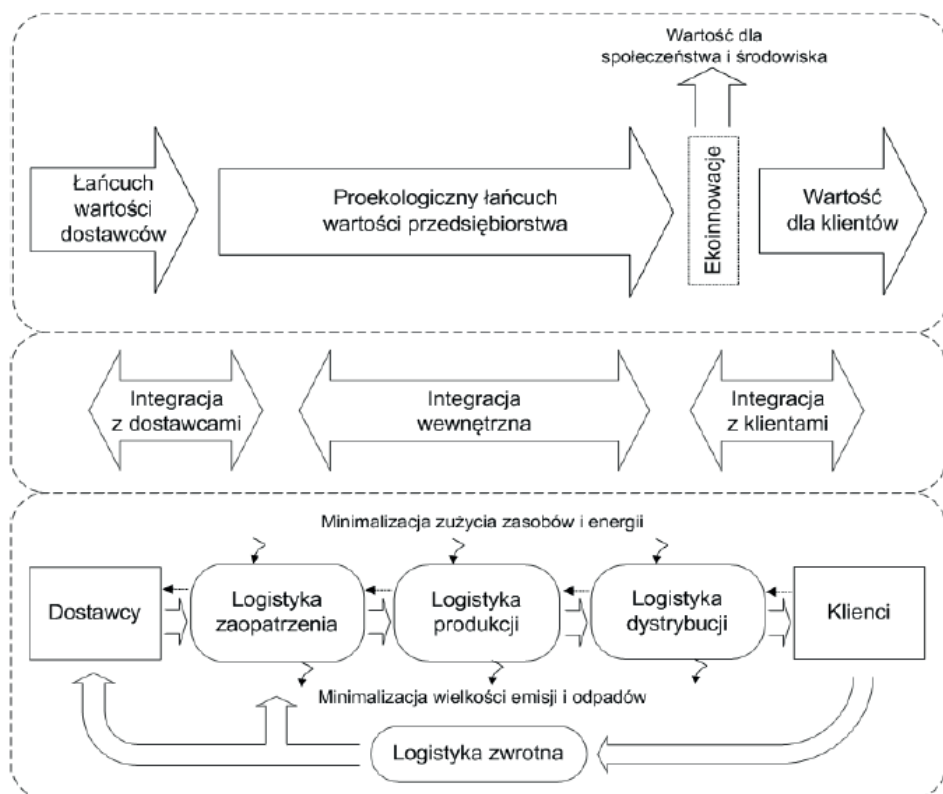
Rys. 2. Aspekty zielonego łańcucha dostaw [1, 11]

Fig. 2. Aspects of green supply chain [1, 11]

Z perspektywy obsługi logistycznej w obszarze zarządzania zielonym łańcuchem dostaw konieczna jest współpraca na wielu płaszczyznach. Składa się ona m.in. z integracji:

- z dostawcami osiąganą poprzez proekologiczne działania dotyczące logistyki zaopatrzenia,
- z klientami przy użyciu przyjaznego dla środowiska rozwinięcia procesów logistyki dystrybucji i logistyki zwrotnej,
- obejmującej logistykę produkcji opartej na przepływach surowców, materiałów, produktów i uwzględniającej kwestie środowiskowe.

Kompleksowo wprowadzane zmiany w obsłudze logistycznej prowadzą do powstania proekologicznego łańcucha wartości przedsiębiorstwa oraz odpowiednich łańcuchów wartości dostawców, a w rezultacie wartości dla klientów.



Rys. 3. Istota procesu zarządzania zielonym łańcuchem dostaw [7]

Fig. 3. Core of green supply chain management process [7]

5. PRZYKŁADY WDROŻONYCH ZMIAN I OSIĄGNIĘTE KORZYŚCI

Sprawne i skuteczne wdrożenie zmian w obsłudze logistycznej i łańcuchach dostaw pozwala współczesnym przedsiębiorstwom osiągnąć liczne korzyści. Można tutaj wyróżnić korzyści o charakterze ekonomicznym i ekologicznym, zarówno dla całego łańcucha dostaw i jego ogniw, ale także dla otoczenia. Głównymi zaletami są m.in.:

- oszczędności zużycia energii, surowców,
- minimalizacja zanieczyszczenia środowiska i emisji szkodliwych gazów,
- oszczędności kosztowe w produkcji i transporcie w porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami wytwórczymi i transportowymi,
- wzrost rentowności produktów,
- wzrost konkurencyjności usług,
- dobry wizerunek firmy wśród konsumentów,
- wzrost innowacyjności,
- upowszechnianie dobrych praktyk.

5.1. VOLVO

Troska o środowisko naturalne stanowi jeden z filarów działalności firmy Volvo. Przedsiębiorstwo uwzględnia wpływ na środowisko na wszystkich etapach cyklu życia produktu – od projektowania przez cały okres eksploatacji, aż po recykling. Co więcej, Volvo dąży do zminimalizowania negatywnego wpływu działania zakładów produkcyjnych na środowisko. Obejmuje to następujące aspekty: wydajność energetyczną, wykorzystanie zasobów naturalnych oraz zasobów wody, emisje do atmosfery, odpady oraz używanie substancji chemicznych. Pod względem masy nowy pojazd Volvo Trucks składa się w około jednej trzeciej z materiałów pochodzących z recyklingu [9]. Wybierając materiały i komponenty pochodzące z recyklingu, Volvo minimalizuje swoje koszty w czasie, unikając jednych z najbardziej znaczących wzrostów cen towarów.

W listopadzie 2019 roku Volvo Trucks ogłosiło rozpoczęcie sprzedaży elektrycznych samochodów ciężarowych Volvo FL i Volvo FE na wybranych rynkach europejskich [9]. W ten sposób przedsiębiorstwo stara się zaspokoić rosnące zapotrzebowanie na zrównoważenie transportu dystrybucyjnego w mieście. Ze względu na brak emisji spalin i mniejsze natężenie hałasu, elektryczne samochody ciężarowe oferują wiele możliwości w obsłudze logistycznej na obszarach miejskich. Po pierwsze, niski poziom hałasu pozwala realizować dostawy i wywozić odpady wcześniej rano, późno wieczorem, a nawet w nocy, co zwiększa możliwości logistyki transportu i zmniejsza zatłoczenie ulic w godzinach szczytu. Po drugie, dzięki lepszej jakości powietrza i mniejszemu hałasowi, elektryczne samochody ciężarowe stwarzają nowe możliwości planowania zagospodarowania przestrzeni miejskiej i infrastruktury drogowej. Elek-

tryczny samochód ciężarowy może na przykład wjeżdżać do hal załadunkowych i stref ochrony środowiska.

Wymienione działania wpływają na umacnianie pozycji konkurencyjnej firmy na rynku.

5.2. DB SCHENKER

Przedsiębiorstwo DB Schenker angażuje się w "zazielenianie" swoich usług logistycznych. Firma zapewnia doradztwo ekologiczne klientom, aby przekształcać łańcuchy dostaw na bardziej ekologiczne. DB Schenker używa narzędzia ekokalkulator, które pozwala precyzyjnie wyliczyć (z uwzględnieniem dokładnej trasy, rodzaju transportu, wagi przesyłki) ilość wytworzonej energii i emisji, nawet przy wykorzystaniu wielu rodzajów transportu dla jednej przesyłki [2]. Co więcej, firma prowadzi regularną ocenę podwykonawców w zakresie ochrony środowiska, tak aby pozyskiwać najlepszych współpracowników. Jednym z celów strategicznych DB Schenker jest "Zielona Logistyka". Działania opierają się na minimalizacji negatywnego wpływu poprzez redukcję emisji CO₂.

DB Schenker posiada nowy ekologiczny terminal zlokalizowany w Nowej Wsi Wrocławskiej. Ta inwestycja jest przykładem realizacją strategii zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstwa. W obiekcie zostały zastosowane nowoczesne rozwiązania. W całości wyposażony został on w oświetlenie typu LED i dodatkowo wzbogacony o system dynamicznego sterowania (rozwiązanie, które umożliwia dostosowanie natężenia oświetlenia w zależności od obecności światła naturalnego np. wpadającego do pomieszczenia przez świetliki dachowe). Na dachu zamontowane zostały kolektory słoneczne podgrzewające wodę użytkową w części biurowej. Zastosowano również instalacje technologiczne umożliwiające rekuperację, czyli odzysk ciepła nawet w 80%, a do toalet w budynku biurowym wykorzystana jest woda deszczowa [3].

W porównaniu do tradycyjnego terminalu logistycznego, rozwiązania te pozwoliły zmniejszyć dwukrotnie zużycie energii, zredukować emisję CO₂ o 230 ton rocznie, zmniejszyć pobór mocy do 60% i zaoszczędzić 3 tys. litrów wody dziennie [3]. DB Schenker jest pierwszym operatorem logistycznym w Polsce, który uzyskał certyfikat BREEAM In-USE (British Research Establishment Environmental Assessment Method) dla terminali cross-dockingowych [3].

Podane przykłady konkretnych działań potwierdzają dbałość o zapewnianie jak najlepszych standardów środowiskowych w obsłudze logistycznej DB Schenker.

5.3. PROCTER & GAMBLE

Cel strategiczny do 2030 roku, jaki wyznaczyło sobie P&G, brzmi: zmniejszanie wpływu na środowisko wywieranego przez nasz łańcuch dostaw. Przedsiębiorstwo podkreśla, że każdy produkt, pochodzi z łańcucha dostaw, który jest wyrazem odpowiedzialności za środowisko – od pozyskiwania składników po produkt końcowy na półce w sklepie [9].

P&G dąży do rozwiązań opartych na odzysku, regeneracji i odnawianiu. Przedsiębiorstwo wyznaczyło sobie trzy następujące ambicje, które chce osiągnąć [9]:

- Ambicja nr 1 – energia elektryczna pochodząca w 100% ze źródeł odnawialnych oraz ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w fabrykach P&G o połowę;
- Ambicja nr 2 – fabryki zapewnią 35-procentowy wzrost wydajności zużycia wody i będą wykorzystywać co najmniej pięć miliardów litrów wody z odzysku;
- Ambicja nr 3 – pozyskanie co najmniej 10 ważnych partnerów w łańcuchu dostaw, aby chronić klimat i ograniczyć zużycie wody oraz ilość odpadów.

Celem P&G jest również wykorzystywanie w 100% opakowań nadających się do recyklingu lub wielokrotnego użytku do 2030 roku [5]. Już teraz P&G dołączyło do platformy Loop, która zapewnia opakowania wielokrotnego użytku dla niektórych najpopularniejszych produktów [4]. Takie opakowania są zbierane, czyszczone, napełniane i ponownie wykorzystywane. Wymienione działania stanowią dobry przykład wdrożenia rozwiązań ekologicznych w organizacji [6].

6. PODSUMOWANIE

Działalność gospodarcza jest dziś związana nie tylko z wytwarzaniem produktów i oferowaniem usług, ale również z działaniami na rzecz ludzi i środowiska. Obecnie konsumenci coraz częściej zwracają uwagę na kwestie środowiskowe. Branża logistyczna nie pozostaje obojętna wobec tych zmian. Konieczne staje się poszukiwanie nowych rozwiązań wspomagających proces zarządzania całym łańcuchem dostaw. Chcąc udoskonalić standardy obsługi klienta oraz zwiększyć swoją konkurencyjność, przedsiębiorstwa wprowadzają zmiany w obsłudze logistycznej.

Zauważalny jest trend wykorzystywania zielonych łańcuchów dostaw przez przedsiębiorstwa na coraz większą skalę. Tradycyjne łańcuchy dostaw, w których jednym z głównych celów jest redukcja kosztów, maksymalizacja korzyści ekonomicznych i zapewnienie dobrej jakości obsługi klienta, są przekształcane w zielone odpowiedniki. Firmy, które wdrożyły takie zmiany, nadal chcą odnosić korzyści ekonomiczne szczególnie w długim okresie, ale próbują to osiągnąć w inny sposób, m.in. poprzez zmniejszenie zużycia zasobów, energii, ograniczenie emisji zanieczyszczeń. W dodatku przynosi im to dodatkową korzyść – pozytywny wizerunek odpowiedzialnego zrównoważonego przedsiębiorstwa. Warto podkreślić, że w tradycyjnych łańcuchach dostaw troska o środowiska zazwyczaj jest ograniczana do minimum, a przepływ produktów jest jednokierunkowy, od dostawców do klientów. Inaczej jest w przypadku zielonego łańcucha dostaw, w którym przedsiębiorstwa starają się w jak największym stopniu zamknąć obieg i ponownie wykorzystywać odpady.

Przedstawione przykłady firm pokazują, że zielone podejście do działalności zostało oparte na optymalizacji transportu, eliminacji marnotrawstwa, racjonalnym gospodarowaniu, poprawie efektywności procesów, jak również na ograniczaniu odpadów i szkodliwych emisji. Pozwoliło to przedsiębiorstwom na osiągnięcie wielu korzyści

takich jak: uzyskanie oszczędności finansowych, satysfakcji klientów, przy jednoczesnym ograniczaniu negatywnego wpływu na środowisko i otoczenie.

Podsumowując, bez wątpienia zmiany w obsłudze logistycznej są nieuchronne, a konsumpcyjny styl życia zmusza współczesne przedsiębiorstwa do działań na rzecz ekologii. Wszystkie implementowane proekologiczne rozwiązania wpływają na procesy logistyczne, zwiększają zadowolenie konsumenta, umacniają pozycję rynkową oraz pomagają sprostać wyzwaniom konkurencji. Początkowo mogą one okazać się kosztowne, jednak w dłuższym okresie pozwolą na oszczędności i widzialne korzyści, co może stać się kluczem do sukcesu przedsiębiorstwa w XXI wieku.

LITERATURA

- [1] BARTCZAK K., *Zielony łańcuch dostaw – przykłady zastosowania*, [w:] *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 2016, tom 17, nr 12.
- [2] DB Schenker, *Ekologia Zielona Logistyka*, <https://www.dbschenker.com/pl-pl/onas/zr%C3%B3wnowa%C5%BCony-rozw%C3%B3j/ekologia> (dostęp: 28.10.2020).
- [3] Panattoni, *Panattoni Europe dostarczył zielony cross-dock dla DB Schenker*, <http://www.panattonieurope.com/pl/kraj/polska/biuro-prasowe/aktualnosci/panattoni-europe-dostarczył-zielony-cross-dock-dla/> (dostęp: 29.10.2020).
- [4] Procter & Gamble, *2019 Citizenship Report*, https://downloads.ctfassets.net/oggad6svuzkv/5AXke1Str22EYkYklyO8QE/c876f5bb05e568aa71e7c1819059c37c/citizenship_report_2019.pdf (dostęp: 29.10.2020).
- [5] Procter & Gamble, *Ambition 2030 Environmental Sustainability goals*, https://assets.ctfassets.net/oggad6svuzkv/5aPXp0uNsQuSEsE4cuYMq0/28011cc24b5169098629847aeb8e947b/PG-Ambition2030-Targets-Final_4.9.19.pdf (dostęp: 29.10.2020).
- [6] Procter & Gamble, *Zrównoważony rozwój*, <https://pl.pg.com/zrownowazony-rozwoj/> (dostęp: 27.10.2020).
- [7] RYSZKO A., *Otoczenie przedsiębiorstwa a zarządzanie zielonym łańcuchem dostaw – wybrane zagadnienia*, [w:] *Logistyka*, 2014, nr 6.
- [8] TUNDYS B., *Zielony łańcuch dostaw w gospodarce o okrężnym obiegu – założenia, relacje, implikacje*, [w:] *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 2015, nr 383 s. 293.
- [9] VOLVO GROUP, *Annual and sustainability report 2019*, <https://www.volvogroup.pl/content/dam/volvo/volvo-group/markets/global/en-en/investors/reports-and-presentations/annual-reports/annual-and-sustainability-report-2019.pdf> (dostęp: 29.10.2020).
- [10] WIŚNIEWSKI T., TUNDYS B., *Greening across supply chain – analysis of the empirical studies*, [w:] *Research in Logistics & Production*, 2018, tom 8, nr 1.
- [11] WITKOWSKI J., PISAREK A., *Istota zielonych łańcuchów dostaw – propozycja systematyzacji pojęć*, [w:] *Studia Ekonomiczne*, 2017, nr 315.

INTRODUCING PRO-ECOLOGICAL CHANGES IN THE SUPPLY CHAINS OF MODERN ENTERPRISES

Key words: *green supply chains, supply chain, supply chain management, logistics service, ecologistics*

The article presents one of the modern trends in logistics service. Attention has been paid to the concept of green supply chains. The essence and aspects of a green supply chain have been presented. Furthermore, reasons for introducing changes and examples of implemented solutions have been indicated. The short-term and long-term benefits of transformation traditional supply chains into green alternatives have been also emphasized. The possibility of achieving a competitive advantage in the future, thanks to the use of a sustainable approach, has been also highlighted.

Corresponding author:
e-mail: mkasia9@gmail.com

Honorata POTURAJ
Tadeusz LEWANDOWSKI*

PROCEDURA IDENTYFIKACJI OTOCZENIA W FAZIE PROJEKTOWANIA SYSTEMU TRANSPORTU WEWNĘTRZNEGO Z WYKORZYSTANIEM POJAZDÓW AGV

Słowa kluczowe: *systemy transportu wewnętrznego, pojazdy AGV, projektowanie systemu*

W pracy przedstawiono wytyczne do przeprowadzenia procedury identyfikacji otoczenia w fazie projektowania systemu transportu wewnętrznego z wykorzystaniem pojazdów AGV. Zaprezentowano autorskie narzędzia do prowadzenia procesu identyfikacji potrzeb, uwarunkowań i wymagań klienta, który przygotowuje wdrożenie systemu transportu z wykorzystaniem pojazdów AGV.

1. WSTĘP

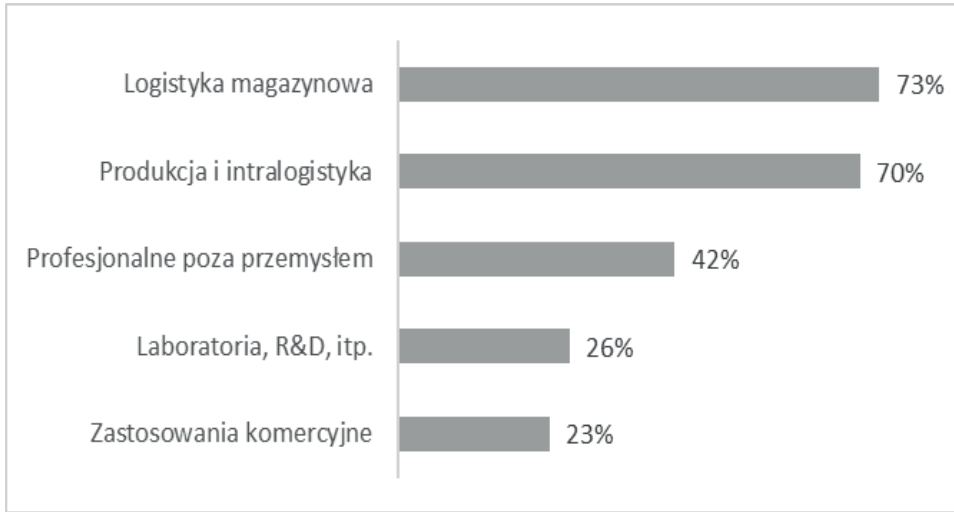
Jednym ze składników infrastruktury magazynu jest system transportu wewnętrznego, który ma istotny wpływ na jakość i czas przemieszczania towarów. Kształtuje on poziom wydajności oraz chroni materiały transportowane przed uszkodzeniem czy utratą wartości użytkowych.

Rodzaj systemu transportu wewnętrznego jest definiowany przez wchodzące w jego skład urządzenia oraz zabudowa, do których zaliczane są:

1. maszyny i urządzenia transportowe,
2. infrastruktura do składowania,
3. urządzenia pomocnicze.

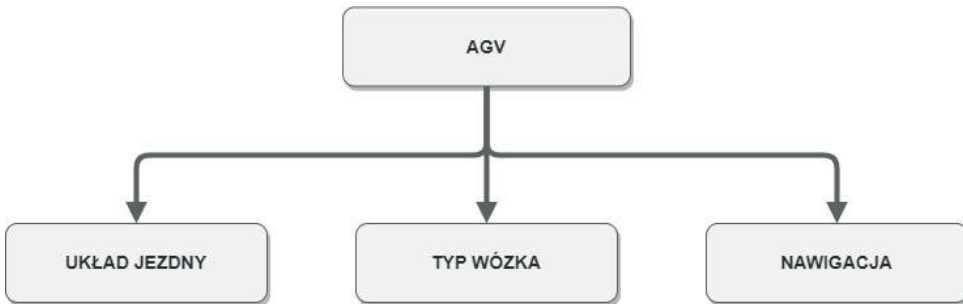
Wózki AGV klasyfikowane jako urządzenia transportowe. AGV (skrót od Automated Guided Vehicle), to zautomatyzowane kołowe pojazdy transportowe, poruszające się bez kierowcy lub operatora, są zazwyczaj zasilane bateryjnie, ich tor jazdy określany jest przez system nawigacji i prowadzenia. Z raportu „*Roboty współpracujące i mobilne roboty AGV*” [1] opracowanego przez magazyn APA oraz portal AutomatykaB2B.pl wynika, że systemy AGV są najczęściej wdrażane w logistyce magazynowej oraz produkcji. Na rys.1 przedstawiony jest wykres lokalizacji obszarów aplikacji AGV.

* Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.



Rys. 1. Lokalizacje obszarów aplikacji AGV [1]
Fig. 1. Application areas of AGV [1]

Główne cechy charakterystyczne, które pozwalają na skategoryzowanie wózków AGV przedstawiono na rys.2.



Rys. 2. Główne cechy charakteryzujące pojazdy AGV
Fig. 2. Main features of AGV

2. PROJEKTOWANIE SYSTEMU TRANSPORTU Z WYKORZYSTANIEM POJAZDÓW AGV

Planowanie i projektowanie systemu transportu z wykorzystaniem wózków AGV zostało szczegółowo opisane w wytycznych opracowanych przez Stowarzyszenie Inżynierów Niemieckich (VDI - Verein Deutscher Ingenieure) pt. „*Ganzheitliche Planung von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS)*” [2]. Zostały w nich uwzględnione wszystkie etapy życia systemu, od etapu planowania i projektowania do wycofania sprzętu z eksploatacji. Zakres projektu wprowadzenia systemu pojazdów automatycznych powinien uwzględniać wszystkie istotne czynniki i uwarunkowania mające

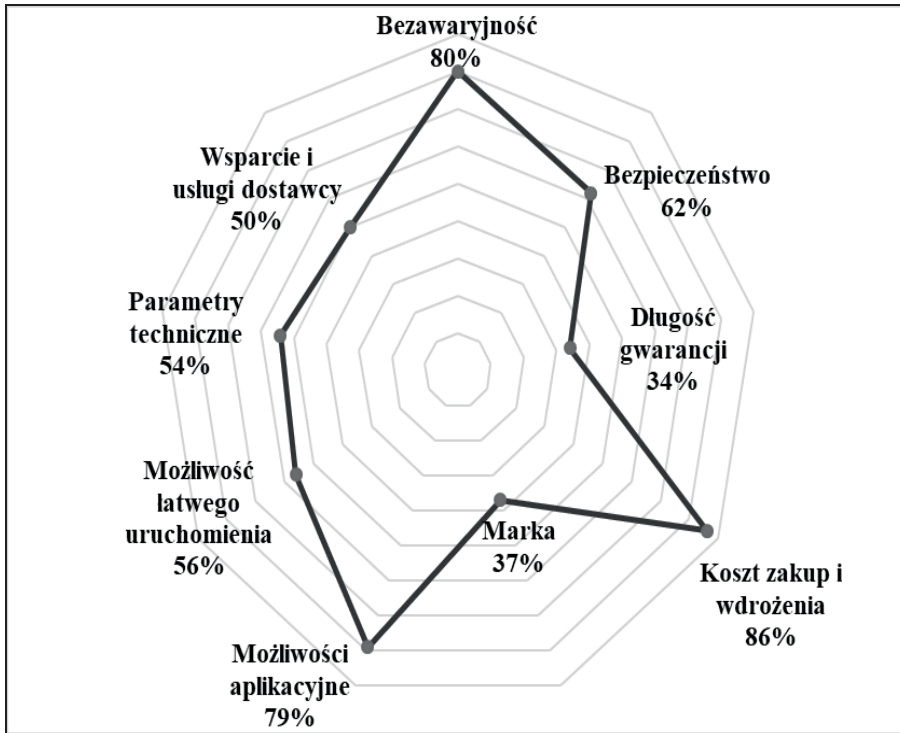
wpływ na instalację i eksploatację systemu. Rys.3 przedstawia jak szeroki może być zakres projektu w zależności od jego cech.



Rys. 3. Zakres projektu wdrożenia systemu AGV (opracowanie własne na podst. [3]).

Fig. 3. Range of AGV implementation [3]

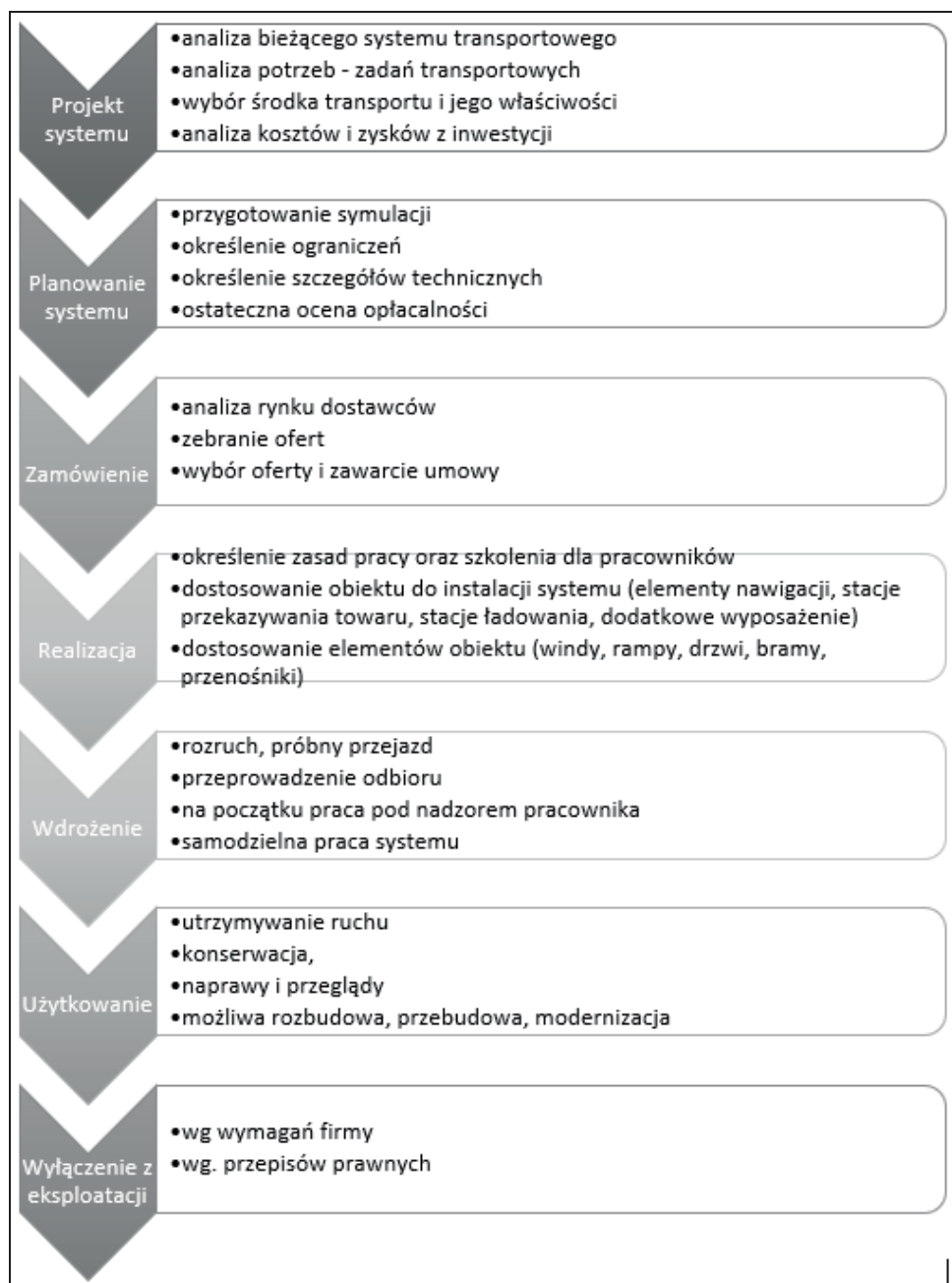
Raport „*Roboty współpracujące i mobilne roboty AGV*” prezentuje na jakie cechy zwracają uwagę potencjalni użytkownicy systemu AGV. Najważniejsze z nich to: bezawaryjność, możliwości aplikacyjne oraz koszt zakupu i wdrożenia. Ważę tych cech prezentuje wykres przedstawiony na rys.4.



Rys. 4. Waga cech systemu AGV dla jego potencjalnych użytkowników [1].

Fig. 4. Importance of the features of AGV system for their potential users [1].

Ze względu na możliwości systemu pojazdów autonomicznych istotnym jest, aby proces ich wprowadzania był prawidłowo i systemowo zaplanowany. Istotna jest analiza stanu bieżącego, celu, który ma zostać osiągnięty oraz planów rozwoju. Schemat zamieszczony na rys.5 przedstawia poszczególne etapy instalacji systemu pojazdów autonomicznych.



Rys. 5. Procedura wprowadzania systemu transportu z wykorzystaniem wózków AGV
Fig. 5. Procedure of introducing a transport system with AGV vehicles

System transportu wewnętrznego z wykorzystaniem pojazdów autonomicznych jest zależny od wielu elementów i procesów, które już funkcjonują w przedsiębiorstwie, a po zainstalowaniu wywiera na nie istotny wpływ. Z tego powodu nie istnieją dwa identyczne projekty systemów, nawet jeżeli jest to kolejny realizowany projekt. Rozwój technologii, nowe sposoby nawigacji czy rosnąca integracja systemu transportowego z systemem zarządzania sprawiają, że projekt wdrożenia takiego systemu jest praktycznym wieloaspektowym zadaniem, który podkreśla znaczenie umiejętnego planowania.

3. IDENTYFIKACJA OTOCZENIA W PROCESIE PROJEKTOWANIA SYSTEMU TRANSPORTOWEGO Z WYKORZYSTANIEM WÓZKÓW AGV – „AGV CHECKLIST”

Przeprowadzenie identyfikacji potrzeb, uwarunkowań i wymagań na etapie projektowania systemu transportu wewnętrznego z wykorzystaniem pojazdów AGV można zrealizować z wykorzystaniem opracowanej przez autorów (na bazie uregulowań VDI 2510) interaktywnej listy kontrolnej – AGV-CHECKLIST. Narzędzie funkcjonuje w środowisku arkusza kalkulacyjnego.

Wytyczna VDI 2510 zawiera obszerny przegląd technologii oraz terminologii, dzięki czemu możliwa jest bezproblemowa komunikacja pomiędzy operatorami, producentami czy technologami. Lista kontrolna jako podstawa planowania i uruchomienia projektu określa konieczne elementy i zapewnia, że projekt koncepcyjny będzie kompletny, pomaga określić sytuację początkową i może być wykorzystana jako argumentacja podczas wystąpienia nieprawidłowości lub awarii wynikających ze zmodyfikowania danych początkowych. Dokładna analiza przyszłego środowiska pracy pojazdu AGV pozwala na dobranie odpowiedniego sprzętu, który będzie funkcjonował wydajnie i bez zakłóceń.

Lista kontrolna składa się z 9 części. Zawiera szczegółowe pytania dotyczące obszarów, które podlegają analizie podczas planowania i wdrożenia systemu AGV.

Etapami przeprowadzania identyfikacji z wykorzystaniem tej metody są:

1. Identyfikacja potrzeb klienta oraz ogólny opis projektu - zebranie informacji o kliencie (firma, w której system zostanie zainstalowany) oraz projekcie. Istotne jest na tym etapie zdefiniowanie, czy AGV będą instalowane w firmie po raz pierwszy, czy jest to rozbudowa już istniejącego systemu.
2. Identyfikacja zadań transportowych - kolejna część listy kontrolnej, która zawiera szczegółowe pytania dotyczące: transportowanego ładunku, sposobie składowania ładunku oraz jednostkach transportowych. W przedsiębiorstwie może być transportowanych wiele rodzajów ładunków, które będą się różniły gabarytami, stanem skupienia, typem wyposażenia dodatkowego koniecznego do transportu lub specjalnymi wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa. Podczas wypełniania listy kontrolnej należy pamiętać, aby ten fragment powielić dla wszystkich

transportowanych typów ładunków. Arkusz procesu identyfikacji zadań transportowych dla systemu AGV przedstawiono na rys.6.

3. Identyfikacja sposobu transportu ładunku - pozwala opisać w jaki sposób ładunek jest przenoszony, czy jest to zmechanizowane czy konieczna jest operacja ręczna. Określa się również kierunek przenoszenia obciążenia w stosunku do stacji, na jakiej wysokości jest ono przechowywane, z jakiej wysokości musi zostać podjęte oraz gdzie ma być przetransportowane.

4. Material to be conveyed, loading aid and unit load			
(One check list is for one material to be conveyed or one loading aid)			
Name of material to be conveyed:			
Designation of material to be conveyed:			
Description:			
Characteristics:	Liquid	<input type="checkbox"/>	Fragile
	Increased temperature of the material	<input type="checkbox"/>	
	Central position of centre of gravity	<input type="checkbox"/>	Critical position of centre of gravity
	Tendency to tilting	<input type="checkbox"/>	Tendency to slipping
Dimensions:	Length: _____ mm	Width: _____ mm	
	Mass: _____ [kg/piece]		
Securing of material required:	<input type="checkbox"/>		
Special requirements:			
Loading aid:	Material conveyed without loading aid? <input type="checkbox"/>		
	Material conveyed using loading aid? <input type="checkbox"/>		
Type of loading aid:	Transport frame	<input type="checkbox"/>	Vessel
	Euro pallet 1200mm x 800mm	<input type="checkbox"/>	Rack
	Industrial pallet 1200mm x 1000mm	<input type="checkbox"/>	Crate
	Container with level bottom	<input type="checkbox"/>	Pallet
	Cage pallet/transport box	<input type="checkbox"/>	
Others:			
Description of loading aid (sketch, if required):			
Characteristics of loading aid:	Stackable	<input type="checkbox"/>	Suitable for roller conveyor
	Can be picked up by fork?	<input type="checkbox"/>	Unit load needs securing?
Dimension of loading aid:	Length: _____ mm	Width: _____ mm	
	Mass: _____ [kg/piece]		
Unit load/transport unit:	One unit load consists of _____ x material to be conveyed per loading aid.		
	One transport unit consists of _____ x unit load.		
	Material for securing unit load available?	<input type="checkbox"/>	

Rys. 6. Arkusz procesu identyfikacji zadań transportowych dla systemu AGV
Fig. 6. Transport tasks identification process sheet for the AGV system

4. Identyfikacja przestrzeni transportowej - ta część listy kontrolnej dotyczy layoutu pomieszczeń, po których wózki AGV będą się przemieszczać. Trzeba tutaj określić liczbę stacji przeładunku, ładownia czy postoju, trasy przejazdu wózków tj. np. przez ile pomieszczeń będą przejeżdżać, czy konieczny jest wjazd do piwnicy, czy będą przemieszczać się za pomocą windy oraz jakie drzwi czy blokady drogi pojazd będzie musiał pokonać. Ważne jest również zachowanie tej minimalnej ścieżki transportowej na odcinkach prostych i w łukach. Również istotny jest opis przeszkód na drodze transportowej, ponieważ ma wpływ na projekt nadwozia oraz wybór sposobu nawigacji. Arkusz procesu identyfikacji przestrzeni transportowej dla systemu AGV przedstawiono na rys.7.

6. Layout	
True-to-scale layout drawing must be attach. Column grids and other structural restrictions must be included.	
Number of stations:	Load-change stations _____ off
	Work stations _____ off
	Waiting stations _____ off
	Charging stations _____ off
	Service stations _____ off
Course across workshop halls	Number of halls to be crossed _____ off
	Basement available _____
Course covering several storeys	Number of storeys to be travelled on _____ off
	Storeys connected by vertical conveyors _____
	Storeys connected by lifts _____
Transport paths	Maximum inclinations _____ %
	Path lengths with inclinations _____ m
	Minimum path width on _____
	<ul style="list-style-type: none"> • straight lines _____ mm • in curves _____ mm
Use of paths	_____ by emergency medical services
	_____ by the fire brigade
Ground obstacles along the course	_____ expansion joints _____ rails
	_____ duct and manhole covers _____ conducting lines
	Detailed information on ground obstacles:
Rolling shutters, sliding doors, swing doors, fire doors	number _____ off
	minimum door width _____ mm
	minimum door height _____ mm
	Are rails being crossed? <input type="checkbox"/>
	minimum distance in front of the door _____ mm
Lifts, vertical conveyors	lift/vert. conveyor suitable for AGVS <input type="checkbox"/>
	minimum lift width _____ mm
	minimum lift height _____ mm
	minimum lift/clearance height _____ mm
maximum permissible load capacity _____ kg	
AGV driving modes possible inside lifts, vertical conveyors	drive-trough modes <input type="checkbox"/>
	reversing mode <input type="checkbox"/>
Safety aspects, critical areas should be marked in the layout:	Safeguarding of these areas by means of:
	_____ technical measures
	_____ warning devices
	_____ special measures required (to be agreed with employers' liability insurance association and labour inspectorate):
Charging stations, positions are marked in the layout	Number of stations: _____
	Other information: _____

Rys. 7. Arkusz procesu identyfikacji przestrzeni transportowej dla systemu AGV

Fig. 7. Layout identification process sheet for the AGV system

5. Identyfikacja przepływów ładunku – w części listy poświęconej przepływowi ładunków istotny jest opis wymaganego typu transportu, np. wózki AGV mogą odpowiadać tylko za przewożenie elementów, ale mogą również uczestniczyć w kompletacji zamówień gdzie będą odpowiadały za przepływ linii.
6. Identyfikacja możliwych źródeł zasilania – część listy dotycząca możliwości zasilania wózków AGV
7. Identyfikacja możliwych systemów nawigacji – zebranie danych umożliwiających wybór sposobu nawigacji, pozycjonowania oraz kontroli wózka. Informacje zbierane podczas uzupełniania tej części dotyczą również instalacji systemu komunikowania się pojazdów ze stacjami czy systemem zarządzającym zamówieniami. Arkusz procesu identyfikacji systemu nawigacji dla pojazdów AGV przedstawiono na rys. 8.

9. Control				
Vehicle navigation	laser-guided navigation		magnetic navigation	
	magnetic spot navigation		contour navigation	
	inductive line guidance		optical line guidance	
Positioning	Magnet		Photocell	
	Transponder		Other:	
Accuracy of positioning	along _____ mm	across _____ mm		
	maximum distance to external stations _____ mm			
Control system	automatic	semi-automatic	PLC	
Host computer	by the customer		by Metroplan	
AGV connection	radio control		light barrier	
Connection with station	radio control	data cable	light barrier	
	central by host computer		central by control panel	
Order management	local by control panel		control panel on AGV	
	call button, sensor			
Connection with host computer	ERP system		Network	
	Own system		Desired system: _____	

Rys. 8. Arkusz procesu identyfikacji systemu nawigacji dla pojazdów AGV

Fig. 8. Navigation system identification process sheet for the AGV system

8. Identyfikacja środowiska pracy – wilgotność powietrza, temperatura, zanieczyszczenia w powietrzu czy na podłożu mają istotny wpływ na pracę pojazdu autonomicznego. Do tych warunków muszą być dostosowane parametry techniczne pojazdu, aby podczas jego pracy nie dochodziło do zakłóceń czy nieprzewidzianych awarii. Istotnym jest, aby parametry otoczenia zostały dokładnie zidentyfikowane, ponieważ daje to możliwość dostosowania elementów pojazdu do faktycznych warunków środowiskowych.
9. Wymagania dodatkowe – ostatni element listy kontrolnej jest miejscem na wpisanie dodatkowych wymagań bezpieczeństwa, które nie zostały wzięte pod uwagę podczas analizy poprzednich obszarów. Dodatkowe zasady mogą wynikać ze

specyfikacji firmy, posiadanego ubezpieczenia czy przyjętych przez pracowników standardów.

4. PODSUMOWANIE

Automatyzacja w transporcie wewnętrznym to dynamicznie rozwijający się obszar wprowadzanych w przedsiębiorstwach innowacji. Szybkie tempo rozwoju nowych technik i technologii sprawia, że pomimo coraz powszechniejszego ich stosowania wciąż brakuje dokumentów normalizacyjnych i standaryzujących. Brak zdefiniowanych ścieżek postępowania sprawia, że proces wdrażania nowych rozwiązań wydłuża się a wybrany system może nie spełnić oczekiwań. Poważnym zagrożeniem są również zakłócenia pracy systemu, które mogą wynikać z braku analizy danego zagadnienia podczas jego projektowania. Propozycja wprowadzenia narzędzi porządkujących proces identyfikacji oraz badania otoczenia w fazie planowania i projektowania systemu transportowego z wykorzystaniem pojazdów AGV przedstawiona w niniejszej pracy jest próbą uporządkowania procedur i eliminacji błędów projektowych.

LITERATURA

- [1] AutomatykaB2B, APA, *Roboty współpracujące i mobilne roboty AGV*. (Raport z rynku, 23.05.2019)
- [2] Verein Deutscher Ingenieure, VDI 2510: *Fahrerlose Transportsysteme (FTS)*, Berlin : Beuth, 2005
- [3] GUNTER ULLRICH, *Automated Guided Vehicle Systems A Primer with Practical Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

GUIDELINES WHICH ARE USED IN ENVIRONMENT IDENTIFICATION DURING DESIGN PHASE OF AGV SYSTEM PROJECT IN INTERNAL TRANSPORT

Key words: *internal transport system, AGV Vehicles , system design*

The article presents guidelines, which are used in environment identification during design of AGV system in internal transport. We presented proprietary tools for the process of identifying the needs, conditions and requirements of the client, which prepare the implementation of the AGV transport system.

Corresponding author:
e-mail: honorata.poturaj@gmail.com

Jakub UCIŃSKI*

KONTRAPAS AUTOBUSOWY JAKO PRZYKŁAD INNOWACYJNEGO ROZWIĄZANIA NADAJĄCEGO PRIORYTET POJAZDOM TRANSPORTU ZBIOROWEGO

Słowa kluczowe: *priorytety dla transportu zbiorowego, ruch zmiennokierunkowy, kontrabuspas*

Jedną z najbardziej skutecznych metod nadających priorytet dla transportu publicznego w miastach są wydzielone pasy autobusowe. Wyznaczane na ulicach charakteryzujących się dużą kongestią buspasy pozwalają na płynny przejazd pojazdów komunikacji miejskiej w godzinach szczytu. Powszechnie stosowaną w Polsce metodą wyznaczania buspasów jest ustalenie stałej organizacji ruchu za pomocą znaków poziomych i pionowych. Uniemożliwia to dynamiczne reagowanie na aktualnie występujące warunki ruchu, zmieniające się w zależności od pory dnia. Analizowanym rozwiązaniem, wykorzystującym efektywnie infrastrukturę i jednocześnie niepogarszającym istotnie warunków dla pozostałych uczestników ruchu, jest kontrapas autobusowy. Rozwiązanie to zakłada dynamiczne zarządzanie organizacją ruchu na ulicy dwujezdniowej, o dominującym kierunku ruchu. W artykule przeanalizowano przykład wdrożenia tego rozwiązania na ulicy Chwarznieńskiej w Gdyni. Wskazano również uwarunkowania dla innych potencjalnych wdrożeń opisywanego rozwiązania.

1. WSTĘP

Wzrost mobilności mieszkańców, przy jednoczesnym wysokim wskaźniku wykorzystania samochodów osobowych w codziennych podróżach, stanowi jedno z największych wyzwań stawianych przed polskimi aglomeracjami w najbliższych latach. Wzrastająca liczba pojazdów na drogach, przy istniejących ograniczeniach przestrzennych i finansowych dla dalszego rozwoju infrastruktury, prowadzi do przeciążenia sieci ulicznej i jest przyczyną wyczerpywania się przepustowości ulic i skrzyżowań w miastach. Z kolei zatłoczenie ciągów komunikacyjnych, zwłaszcza w godzinach szczytów przewozowych, przyczynia się do wydłużenia czasów podróży oraz zwiększenia emisji zanieczyszczeń.

W obliczu tych problemów istotną rolę w funkcjonowaniu systemów transportowych pełni transport zbiorowy, który jako bardziej efektywny (posiadający większą zdolność przewozową) i przyjazny środowisku środek transportu stanowi pożądaną,

* Koło Naukowe Transportu TRANSIT, Politechnika Krakowska

z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju miast, alternatywę dla samochodu osobowego. Wysoka jakość funkcjonowania transportu zbiorowego, przekładająca się na odpowiednio wysokie wykorzystanie komunikacji miejskiej w podróżach, niesie za sobą polepszenie warunków ruchu wszystkich użytkowników sieci ulic miasta.

1.1. WYDZIELONE PASY AUTOBUSOWE

Jednym z działań prowadzących do uatrakcyjnienia transportu zbiorowego, a w konsekwencji zwiększenia jego udziału w podróżach, jest uprzywilejowanie pojazdów względem pozostałych użytkowników dróg. Taką rolę pełnią wydzielone pasy autobusowe i trolejbusowe - buspasy. Są one najczęściej stosowanym rozwiązaniem usprawniającym ruch komunikacji miejskiej w Polsce [1]. Na odcinkach ulic z wyznaczonymi buspasami pojazdy transportu publicznego nie są narażone na kongestie, co pozwala na prowadzenie ruchu w godzinach szczytu zgodnie z rozkładem jazdy. Czas przejazdu i punktualność są wskazywane jako najistotniejsze z postulatów przewozowych zgłaszanych pod adresem komunikacji miejskiej w drodze badań [2].

Coraz więcej wydzielonych pasów autobusowych wytyczanych jest w polskich miastach - w 2019 roku ich całkowita długość wyniosła prawie 300 km [3]. Buspasy powstają w ramach nowych inwestycji, są także wydzielane kosztem pasów wykorzystywanych w ruchu ogólnym. O ile z punktu widzenia akceptacji społecznej budowa dodatkowych, wydzielonych pasów dla transportu publicznego nie budzi większych kontrowersji, o tyle wytyczanie ich na istniejącej infrastrukturze potrafi spotkać się z niezadowoleniem mieszkańców, zwłaszcza użytkowników samochodów osobowych.

1.2. RUCH ZMIENNIKIERUNKOWY

Pasy i jezdnie o zmiennym kierunku ruchu, spotykane na całym świecie, nie są powszechnie stosowane w Polsce. Ruch zmiennokierunkowy polega na dynamicznym reagowaniu na zmieniające się warunki na drodze poprzez odwracanie kierunku ruchu na części przekroju jezdni. Na poszczególnych pasach zmieniana jest organizacja ruchu - przykładowo, w godzinach porannego szczytu ruch prowadzony jest w kierunku centrum miasta, natomiast po południu w kierunku przedmieść. Rozwiązanie to stosowane jest w celu optymalnego wykorzystania przepustowości na drogach o zmiennej (w zależności od pory doby) strukturze kierunkowej ruchu, przy braku konieczności budowy bardziej rozbudowanej infrastruktury drogowej.

2. PIERWSZY ZMIENNIKIERUNKOWY PAS AUTOBUSOWY W POLSCE

Na zastosowanie innowacyjnego rozwiązania wykorzystującego zalety ruchu zmiennokierunkowego zdecydowano się po raz pierwszy w 2019 roku w Gdyni. W mieście funkcjonuje sieć ponad 8 km wydzielonych pasów przeznaczonych dla pojazdów komunikacji miejskiej. Większość z nich to *klasyczne* buspasy, oznakowane znakiem pionowym D-12 fragmenty jezdni na kluczowych ciągach komunikacyjnych. Na jednej z ulic zdecydowano się jednak na nowatorskie rozwiązanie, nadające priorytet pojazdom transportu zbiorowego, które jednocześnie nie wpłynęło znacząco na warunki ruchu pozostałych użytkowników drogi, a wymagało minimalnych nakładów finansowych i infrastrukturalnych.

2.1. LOKALIZACJA I ZAŁOŻENIA

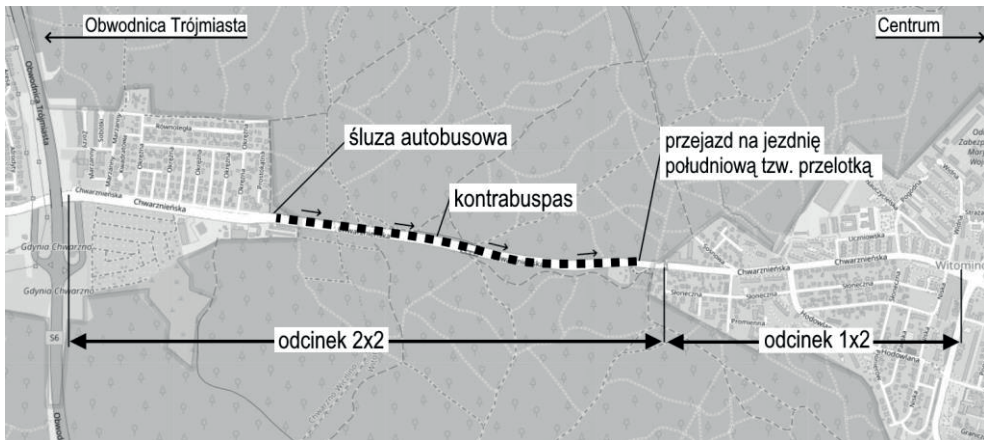
Gdynia usytuowana jest nad Zatoką Gdańską, co skutkuje specyficznym układem urbanistycznym miasta i jego zabudowy. Miasto rozciągnięte jest wzdłuż ciągów komunikacyjnych równoległych do wybrzeża, gdzie usytuowane są główne cele podróży mieszkańców - miejsca pracy, placówki oświatowe czy instytucje publiczne. Od zachodu Gdynia otoczona jest Trójmiejskim Parkiem Krajobrazowym, przez który przebiega kręgosłup komunikacyjny aglomeracji - Obwodnica Trójmiasta. Jedną z nielicznych arterii łączących obwodnicę z centrum miasta jest ulica Chwarznieńska, która pełni jednocześnie rolę dojazdową do intensywnie rozbudowującej się dzielnicy Chwarzno-Wilczino, w której zlokalizowane są osiedla mieszkaniowe. W 2014 roku rozbudowano ulicę do przekroju 2x2 na odcinku od węzła z drogą S6 do pętli autobusowej przy ulicy Sosnowej. Na dalszym odcinku (w stronę centrum miasta) przekrój trasy to 1x2. W projekcie przebudowy nie przewidziano priorytetu dla transportu zbiorowego. Ulica Chwarznieńska obsługiwana jest przez 6 dziennych linii autobusowych, wykonujących do 13 kursów na godzinę w szczycie. W krytycznym miejscu zwężenia jezdni z dwóch do jednego pasa w późniejszym czasie zaobserwowano, przede wszystkim w godzinach porannego szczytu przewozowego, powstające kolejki pojazdów. Na kongestie narażone były również pojazdy komunikacji miejskiej, które notowały nawet kilkunastominutowe opóźnienia.

Przeprowadzono badania, które wykazały, że na odcinku dwujezdniowym natężenie ruchu w godzinach porannych na jezdni północnej (do obwodnicy) jest mniejsze o około 30% od natężenia ruchu na jezdni południowej (do centrum) [4]. Następnie poddano symulacji koncepcję wyznaczenia buspasa *klasycznego*, na prawym pasie jezdni do centrum oraz drugi wariant, przeznaczenia jednego z pasów na jezdni do obwodnicy na buspas „pod prąd”. Analiza dowiodła, że wytyczenie pasa autobusowego na jezdni południowej, kosztem ruchu ogólnego, spowoduje wydłużenie kolejki wszystkich pojazdów do węzła z drogą S6, co mogłoby stanowić istotne pogorszenie bezpieczeństwa ruchu na drodze ekspresowej. Ponad-

to, zysk czasowy dla pojazdów komunikacji miejskiej byłby minimalny, przy znaczących stratach dla transportu indywidualnego [5]. Zdecydowano więc o wdrożeniu idei dynamicznego pasa o zmiennym kierunku ruchu, na którym domyślnie prowadzony byłby ruch w stronę obwodnicy, a który w razie potrzeby stawałby się pasem dedykowanym autobusom kursującym w stronę centrum.

2.2. WDROŻENIE ROZWIĄZANIA

W listopadzie 2019 roku kontrapas został wyznaczony na dwujezdniowym, długim na 1,1 km odcinku ulicy Chwarznieńskiej. Koszt jego realizacji to około 4,1 ml zł. Połowę tej kwoty stanowiło dofinansowanie wojewody pomorskiego w ramach Funduszu Dróg Samorządowych [6]. Jego początek wyznaczony został przy skrzyżowaniu z ulicą Okrężną, w sąsiedztwie przystanku *Okrężna 1 01*, przy istniejącej śluzie autobusowej¹. Co ważne, na omawianym odcinku przebieg ulicy jest prosty (co zapewnia dobrą widoczność), bezkolizyjny, brak jest skrzyżowań, przejść dla pieszych, a także przystanków autobusowych. Z tego względu zaprojektowanie organizacji ruchu nie uwzględniało wyzwań związanych z dostosowaniem kontrapasasa do licznych punktów kolizji. Zakończenie rozwiązania zaplanowano w miejscu zmiany przekroju jezdni z 2x2 do 1x2, tuż przy pętli autobusowej *Witołmino Sosnowa*.



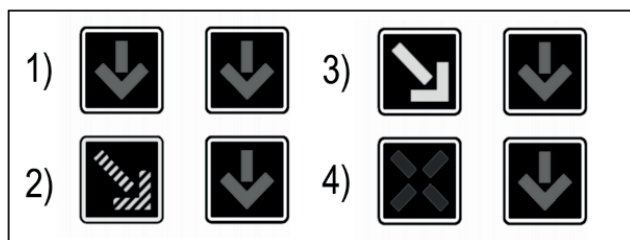
Rys. 1. Lokalizacja omawianego odcinka [13].

Fig. 1. Discussed section location [13].

¹ Śluza autobusowa ułatwiająca wyjazd z zatoki autobusowej powstała w ramach wcześniejszej przebudowy ulicy Chwarznieńskiej w 2014 roku. W ramach budowy kontrapasa dostosowano program istniejącego sterownika sygnalizacji świetlnej do nowej organizacji ruchu.

Podstawą wdrażanego rozwiązania były narzędzia funkcjonujące w ramach Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem TRISTAR, funkcjonującego w aglomeracji trójmiejskiej. TRISTAR jest systemem zarządzania ruchem oraz transportem publicznym, zaliczanym do rozwiązań z zakresu Inteligentnych Systemów Transportu (ITS). W ramach projektu wszystkie autobusy i trolejbusy kursujące w sieci ZKM w Gdyni wyposażone zostały w specjalne komputery pokładowe wyposażone w układ nawigacji satelitarnej GPS, a na skrzyżowaniach zainstalowano radia krótkiego zasięgu połączone ze sterownikiem sygnalizacji. Rozwiązania te umożliwiają nadawanie priorytetów pojazdom transportu zbiorowego, m.in. na śluzach autobusowych [7]. W ramach projektu budowy kontrabuspasa zdecydowano o wykorzystaniu systemu TRISTAR do dynamicznego nadawania priorytetu dla pojazdów wjeżdżających oraz zjeżdżających z buspasa.

Najważniejszymi elementami organizacji ruchu na kontrabuspasie są sygnalizatory S-4 i S-7, stosowane jako oznaczenie pasów o zmiennym kierunku ruchu. Sekwencję wyświetlania sygnałów przedstawiono na rysunku 2. Oprócz ww. sygnalizatorów oznakowanie kontrapasa zapewniają znaki zmiennej treści (ZZT), umieszczone na masztach na całym odcinku, oraz znaki pryzmatyczne² na początku oraz końcu. W przypadku otwarcia kontrabuspasa, na wjeździe na ulicę pokazywany jest znak „zakaz wjazdu” z uwagą „nie dotyczy ZKM”, natomiast z drugiej strony znak ostrzegawczy „droga dwukierunkowa”. W scenariuszu bez uruchomionego buspasa znaki pryzmatyczne informują o „zakazie wjazdu” oraz „drodze jednokierunkowej”. Działanie przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Sekwencja wyświetlania sygnałów na sygnalizatorach S-4 i S-7 [12].

Fig. 2. Displaying sequence of S-4 and S-7 light signals [12].

Otwieranie i zamykanie buspasa odbywa się manualnie. Decyzja o uruchomieniu kontrapasa podejmowana jest przez operatora CZiSR³, na podstawie obserwacji warunków ruchu w miejscu zwiężenia przekroju jezdni ulicy Chwarznieńskiej. Ob-

² W celu poprawy bezpieczeństwa zdecydowano o zastosowaniu znaków pryzmatycznych, zamiast nowoczesnych znaków zmiennej treści, na początku i końcu kontrapasa. Uzasadniono to kwestiami niezawodności w przekazywaniu informacji o organizacji ruchu w przypadku zaniku zasilania, a także pełną czytelnością i wiążącą się z tym jednoznacznością przekazu.

³ Centrum Zarządzania i Sterowania Ruchem.

serwacji podlegają również dane o czasach przejazdu pojazdów transportu publicznego, których pomiar odbywa się za pośrednictwem skanerów rejestrujących, zainstalowanych w ramach budowy infrastruktury kontrbuspasa. Trwają prace nad wdrożeniem rozwiązania, w którym otwieranie i zamykanie buspasa odbywałoby się w sposób półautomatyczny (system sugerowałby operatorowi podjęcie działania), a docelowo - całkowicie automatycznie [5]. Procedura otwierania i zamykania kontraruchu trwa kilka minut, ponieważ zgodnie z przepisami i ze względów bezpieczeństwa należy stopniowo zamykać odcinki lewego pasa dla pojazdów jadących w kierunku Obwodnicy Trójmiasta (zgodnie z sekwencją z rysunku 2). Jednocześnie na ZZZT pojawia się informacja o konieczności jazdy prawym pasem, zakazie wyprzedzania oraz ograniczeniu prędkości do 50 km/h.



Rys. 3. Sekwencja wyświetlania znaków pryzmatycznych w zależności od organizacji ruchu [11].

Fig. 3. Displaying sequence of the prismatic signs [11].

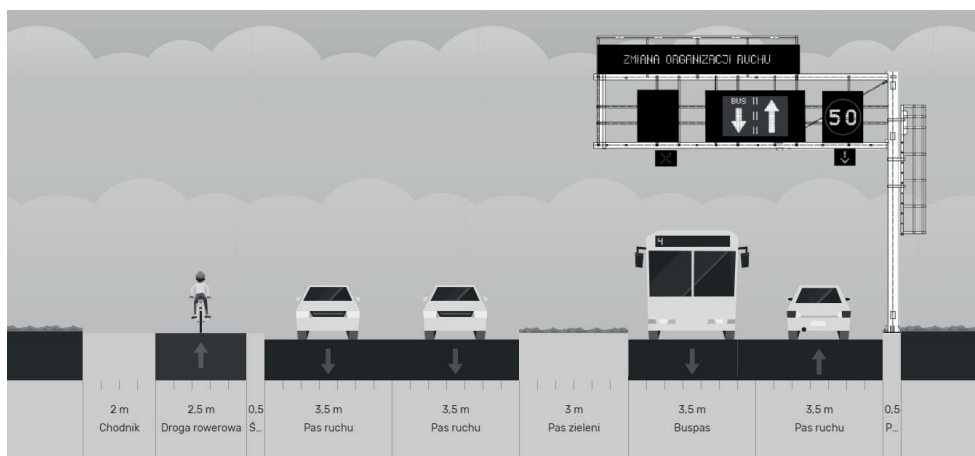
Wytyczenie kontrapasa autobusowego na ulicy Chwarznieńskiej w Gdyni znacząco usprawniło funkcjonowanie transportu zbiorowego na tym ciągu komunikacyjnym. Inwestycja przyniosła oczekiwane efekty, a nawet - jak przekonują przedstawiciele gdyńskiego magistratu - przewyższyła je. Samorząd zakładał przyspieszenie autobusów o ok. 10 minut, tymczasem pojazdy docierają na miejsce nawet o 20 minut szybciej [8]. Przez pierwsze cztery dni kontrbuspas funkcjonował w sumie przez 14 godzin i przyspieszył przejazd 135 autobusom. Najszybciej uruchomiono go o godzinie 6:45, zaś wyłączono - najpóźniej o godzinie 12:00. Było to zależne od stopnia zatłoczenia ulicy Chwarznieńskiej w danym dniu [9].

3. UWARUNKOWANIA DLA POWSTANIA KONTRABUSPASA

Przedstawione rozwiązanie wdrożone na ulicy Chwarznieńskiej w Gdyni, a także doświadczenia z funkcjonowaniem ruchu zmiennokierunkowego w innych krajach, mogą być podstawą dla dalszych działań związanych z wprowadzeniem kontrapasów autobusowych w polskich miastach. Rozwiązanie to może być alternatywą dla wytyczania priorytetów dla autobusów poprzez zmianę przekroju drogi (i wyznaczania buspasów na nowych, dodatkowych pasach), co wiąże się często z bardzo wysokimi nakładami finansowymi.

3.1. WYBÓR CIĄGÓW KOMUNIKACYJNYCH

Planując infrastrukturę ruchu zmiennokierunkowego przeznaczoną dla publicznego transportu zbiorowego należy wziąć pod uwagę kilka czynników, które warunkują budowę kontrabuspasów w miastach. Na ulicy, na której miałyby powstać omawiane rozwiązanie, kongestie i kolejki pojazdów powinny tworzyć się tylko w jednym kierunku (w momencie uruchomienia kontraruchu). Przykładowo, gdy na danym ciągu komunikacyjnym zatłoczenie występuje na jezdni w stronę centrum, na drugiej jezdni natężenie ruchu pojazdów w tej porze dnia powinno być odpowiednio niższe. Optymalna struktura kierunkowa ruchu w tym przypadku określana jest jako większa niż 65:35 [1]. Decyzja o wyborze danej lokalizacji powinna zostać poprzedzona badaniami natężenia ruchu oraz badaniami mikrosymulacyjnymi, analizującymi scenariusz uruchomienia kontrapasu. W przypadku kontrabuspasu na ulicy Chwarznieńskiej w Gdyni wykorzystano narzędzia oprogramowania PTV VISSIM [5].



Rys. 4. Przykładowa organizacja ruchu na otwartym kontrabuspasie na ulicy o przekroju 2x2 [10, 11]
 Fig. 4. Exemplary traffic organization on the street with contraflow bus lane activated [10, 11]

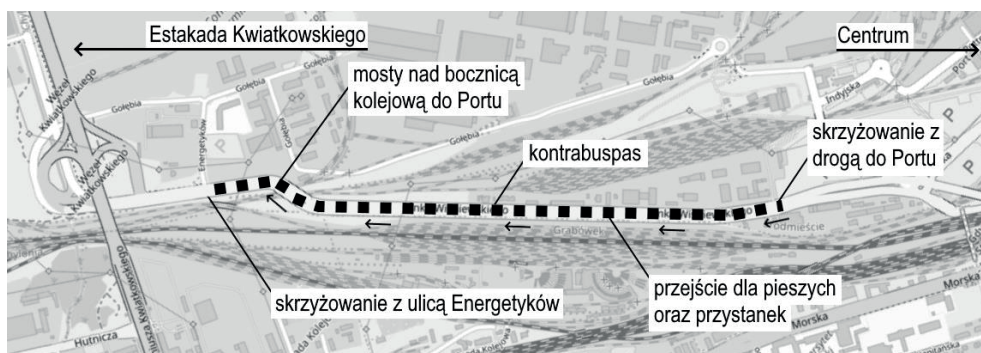
Pożądanym jest, aby odcinek ulicy, na której miałyby zostać wdrożone zaproponowane rozwiązanie, był możliwie jak najbardziej bezkolizyjny. Przeprowadzenie pasa o ruchu zmiennokierunkowym przez skrzyżowania oraz inne punkty kolizji (np. przejścia dla pieszych) może stanowić poważną przeszkodę dla wdrożenia kontrabuspasa. Niemniej w polskich miastach nie brak przykładów arterii spełniających ten warunek, często prowadzących do dzielnic mieszkalnych, tzw. *sypialni*.

Absolutnie kluczowym aspektem przy wdrażaniu ruchu zmiennokierunkowego jest bezpieczeństwo prowadzenia ruchu. Nowoczesne rozwiązania ITS dają szeroki zakres narzędzi do reagowania na warunki ruchu na sieci transportowej - takich jak dynamiczne otwieranie i zamykanie pasów oraz odwracanie kierunku ruchu. Jednakże brak powszechności takich rozwiązań w Polsce może doprowadzić do dezorientacji kierowców. Oznakowanie powinno być opracowane w taki sposób, aby ograniczyć w możliwie jak największym stopniu sytuacje niebezpieczne - na co wpływ ma czytelność, prostota oraz widoczność sygnałów. Kierowcy niezapoznani wcześniej z rozwiązaniami tego typu mogą mieć trudność z interpretacją organizacji ruchu, na co dodatkowo wpływa niebezpieczeństwo związane z kierowaniem ruchu z naprzeciwka na jezdnię domyślnie jednokierunkową. Bardzo istotną kwestią jest szczegółowe poinformowanie społeczeństwa - m.in. w lokalnych mediach - o zasadach poruszania się w przypadku zmienionej organizacji ruchu. W przypadku kontrabuspasa na ulicy Chwarznieńskiej w Gdyni, wdrożenie zmienionej organizacji ruchu (w pierwszym tygodniu - bez dopuszczenia ruchu autobusów) odbywało się w asyście policji, która zatrzymywała i pouczała kierowców, którzy poruszali się niezgodnie ze wskazaniami sygnalizatorów. O sukcesie akcji informacyjnej w mediach oraz działań policji świadczyć może fakt, że od uruchomienia kontrabuspasa w Gdyni, nie odnotowano żadnych wypadków czy kolizji.

3.2. POTENCJALNA LOKALIZACJA WDROŻENIA KONTRABUSPASA NA PRZYKŁADZIE GDYNI - ULICA JANKA WIŚNIEWSKIEGO

Jako przykładowe miejsce potencjalnego wdrożenia omawianego rozwiązania możemy wskazać ulicę Janka Wiśniewskiego w Gdyni. Jest to ulica klasy G, o przekroju dwujezdniowym (2x2), łącząca Estakadę Kwiatkowskiego z rejonem dworca PKP w centrum miasta. Arteria ta pełni bardzo ważną rolę w obsłudze Portu Gdynia oraz północnych dzielnic miasta, zamieszkałych przez około 50 tysięcy osób. Ulicą Wiśniewskiego prowadzona jest komunikacja miejska, zapewniająca nawet do 38 kursów na godzinę w szczycie popołudniowym, w jednym kierunku. Proponowana lokalizacja kontrabuspasa to odcinek od skrzyżowania z drogą do Portu, w pobliżu stacji Shell, do skrzyżowania z ulicą Energetyków. Długość odcinka to 1,5 km. W godzinach popołudniowego szczytu na ulicy tworzą się zatory, które przekładają się negatywnie na punktualność pojazdów komunikacji miejskiej. Zmiana przekroju drogi i budowa *klasycznego* buspasa wymagałaby wysokich nakładów inwestycyjnych oraz budowy nowego mostu nad torami kolejowymi. Z uwagi na strukturę kierunkową ruchu w godzinach popołudniowych (ruch w stronę centrum niższy o ok. 40% od ruchu w stronę estakady [14]), zasadnym

byłoby wprowadzenie na tym odcinku kontrapasa autobusowego na jezdni w stronę centrum.



Rys. 5. Lokalizacja proponowanego rozwiązania - ulica Janka Wiśniewskiego w Gdyni [13]

Fig. 5. Location of the suggested solution on the Janka Wiśniewskiego street in Gdynia [13]

Jako potencjalny czynnik, który może wpłynąć negatywnie na bezpieczeństwo prowadzenia ruchu po kontrabuspasie, możemy wskazać duży ruch samochodów ciężarowych do Portu. W przeciwieństwie do ulicy Chwarznieńskiej, którą poruszają się niemal wyłącznie mieszkańcy, ulicą Wiśniewskiego poruszają się pojazdy kierowane przez osoby przejeżdżające tędy incydentalnie - kierowcy zawodowi. Szczegółowe informowanie lokalnej społeczności w mediach o zmienionej organizacji ruchu nie obejmie tej grupy użytkowników. Ponadto, na krótkim odcinku (most nad torami kolejowymi) trasa poprowadzona jest kręto, z dwoma zakrętami, co dodatkowo utrudnia widoczność. Ewentualne zderzenie czołowe pojazdu ciężarowego z autobusem mogłoby przynieść tragiczne skutki.

Kolejnym utrudnieniem dla wprowadzenia omawianego rozwiązania jest obecność przejścia dla pieszych (z punktu widzenia bezpieczeństwa osób przechodzących) oraz przystanku autobusowego *Janka Wiśniewskiego 02 (NŻ)*. W pobliżu brak jest generatorów ruchu, stąd wykorzystanie przystanku oraz przejścia jest minimalne - niemniej należałoby rozważyć, jak pogodzić te punkty z infrastrukturą kontrabuspasa. Potencjalnym rozwiązaniem mogłaby być budowa dodatkowego peronu przystankowego wraz z systemem informacji pasażerskiej, który informowałby o aktualnie obsługiwanym przez autobusy stanowisku.

Wprowadzenie kontrapasa autobusowego na ulicy Wiśniewskiego byłoby trudniejsze niż na ulicy Chwarznieńskiej, ale z uwagi na korzyści, jakie przyniosłoby wprowadzenie priorytetu dla transportu publicznego na tym odcinku, należałoby je rozważyć, co może stanowić przedmiot dalszych badań.

PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono rozwiązanie kontrapasa autobusowego, które wdrożono na ulicy Chwarznieńskiej w Gdyni w 2019 roku. Z uwagi na brak ograniczeń dla ruchu samochodowego oraz bardzo duże korzyści dla transportu publicznego, rozwiązanie zostało doskonale przyjęte przez wszystkich użytkowników. Akceptacja społeczna oraz stosunkowo niskie koszty wdrożenia mogą być zachętą dla dalszych wdrożeń w innych polskich miastach, posiadających systemy ITS.

LITERATURA

- [1] BAUER M., Wpływ infrastruktury ulic na funkcjonowanie komunikacji autobusowej, Praca doktorska, Politechnika Krakowska, 2008, 30–44.
- [2] HEBEL K., Preferencje pasażerów miejskiego transportu zbiorowego, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Ekonomiczne Problemy Usług nr 59, 2010, 153–156.
- [3] Bank Danych Lokalnych, 2019, <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup>, (dostęp: 27.10.2020 r.)
- [4] https://www.miasta.pl/uploads/attachment/file/2354/Za_cznik_1.pdf, (dostęp: 29.10.2020 r.)
- [5] OSKARBSKI J., ŻARSKI K., Uwarunkowania realizacji kontrapasa autobusowego w zmiennej organizacji ruchu, Transport Miejski i Regionalny nr 5/2020, 19–25.
- [6] <https://samorząd.pap.pl/kategoria/archiwum/pod-prad-w-gdyni-uruchomiony-pierwszy-w-polsce-kontrabuspas>, (dostęp: 28.10.2020 r.)
- [7] OSKARBSKI J., MISZEWSKI M., ŻARSKI K., Sterowanie ruchem na obszarze służ autobusowych na przykładzie Gdyni, Transport Miejski i Regionalny nr 4/2015, 38–43.
- [8] <https://www.transport-publiczny.pl/mobile/gdynia-kontrapas-autobusowy-recepta-na-poranne-opoznienia-66061.html>, (dostęp: 27.10.2020 r.)
- [9] <https://www.zdiz.gdynia.pl/kontrapas-autobusowy-od-kuchni/>, (dostęp: 29.10.2020 r.)
- [10] <https://streetmix.net/-/1295002>, (dostęp: 29.10.2020 r.)
- [11] Materiały ZDiZ w Gdyni.
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie... (Dz. U. 2019 poz. 2311, z późn. zm.).
- [13] <https://www.openstreetmap.org/>, (dostęp: 28.10.2020 r.)
- [14] Studium ostatniej mili dla węzła sieci bazowej TEN-T Gdynia, odpowiadającego inwestycjom spójnym z Planem Pracy Korytarza Bałtyk-Adriatyk, Warszawa, 2018.

CONTRAFLOW BUS LANE AS AN EXAMPLE OF INNOVATIVE FORM OF GIVING PRIORITY TO PUBLIC TRANSPORT

Key words: *public transport priorities, reversible traffic, contraflow bus lane*

The purpose of the article is to show the example of first dedicated reversible bus lane in Poland that was introduced in Gdynia. The analysed solution is effectively utilising the existing infrastructure and gives priority to public transport vehicles. Details about the implementation have been presented.

Corresponding author:

e-mail: jakub.ucinski2@gmail.com

Angelika SURMA*

ROBOTY MOBILNE AGV W PROCESACH KOMPLETACJI TOWARÓW

Słowa kluczowe: *wózki AGV, optymalizacje procesów, muda, marnotrawstwo*

Celem artykułu jest przedstawienie najczęściej spotykanych problemów przedsiębiorstw w kwestii organizacji procesu transportu wewnętrznego oraz wskazanie rozwiązania, za pomocą którego możliwa jest ich optymalizacja. W pracy zwrócono uwagę na korzyści płynące z implementacji wózków AGV oraz możliwości ich wdrożenia w oparciu o praktyczne przykłady. Przeanalizowano również różnice dostrzeżone w tradycyjnym procesie kompletacji oraz wspartym opisywaną technologią.

1. WSTĘP

Wyzwania, w obliczu których stają przedsiębiorstwa nagminnie wymuszają na nich intensyfikację działań mających na celu doskonalenie sfery organizacyjnej. W celu osiągnięcia przewagi na rynku nie wystarczy oferować unikatowy produkt czy usługę, ponieważ nowinki nie umkną uwadze konkurentów, którzy mogą zacząć oferować podobne rozwiązania. Kluczem do sukcesu jest wewnętrzny rozwój, będący sprawczą przyczyną podejmowania przez firmy przedsięwzięć skupiających się na różnorodnych obszarach jego funkcjonowania. Problemy dotyczące dużej części z nich dotyczą mało efektywnej organizacji procesów wewnętrznych, których reorganizacja jest konieczna, aby osiągać coraz większy zysk. Odpowiedzią staje się intensyfikacja badań nad technologią mogącą wspomóc lub zastąpić pracę człowieka. Wśród obszarów rozwoju znajduje się szeroko pojęta tematyka transportu wewnętrznego przedsiębiorstw, stanowiącego element konieczny w zapewnieniu ciągłości realizowanych procesów. Z uwagi na jego znaczenie stanowi on temat przewodni artykułu.

2. GŁÓWNE PROBLEMY PRZEDSIĘBIORSTW

Chcąc zdobyć przewagę nad konkurentami, przedsiębiorstwa szukają sposobów na udoskonalenie swoich wewnętrznych procesów. Cel jest prosty – osiągnięcie jak największego zysku. Jak go zrealizować? Procesować jak najwięcej produktów w możliwie

* Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

najkrótszym czasie, przy jak najmniejszym wysiłku energetycznym oraz zużyciu materiałów. Chcąc zoptymalizować złożone procesy wewnętrzne należy zwrócić uwagę na ich organizację. Przeprowadzenie dogłębnej analizy nie będzie możliwe bez rozłożenia ich na czynniki pierwsze, docierając nawet do ruchów elementarnych. Pozwoli to na wyodrębnienie zbędnych czynności, które z punktu widzenia biznesu stanowią marnotrawstwo. Wspominając o tym należy odwołać się do pierwowzoru tego określenia – „muda”, które wywodzi się z japońskiej kultury zarządzania. Marnotrawstwo stanowi punkt odniesienia podejmowanych przedsięwzięć. Związane jest to z ideą ciągłego doskonalenia „kaizen”, której jednym z celów jest eliminacja strat poprzez reorganizację miejsca pracy czy zmianę sposobu jej wykonywania. Muda sklasyfikowana została w kategoriach takich, jak: braki, nadprodukcja, zapasy, oczekiwanie, przetwarzanie, ale również ruch czy transport [1]. Zgodnie z powyższym, głównym powodem nieefektywności jest nieprzemysłana organizacja. Nieodzowny element procesów operacyjnych realizowanych w przedsiębiorstwie stanowią czynności transportowe. Z uwagi na ich specyfikę, w kwestii efektywności należy zwrócić uwagę również na podmiot warunkujący wykonanie czynności.

Pomimo postępu technologicznego w większości przedsiębiorstw czynności transportowe realizowane są przez człowieka, często przy użyciu sprzętu napędzanego siłą mięśni. Angażując w tego typu zadania pracownika należy zwrócić uwagę na jego ograniczenia:

- człowiek może się zmęczyć;
- maksymalna masa pchanego wózka jest określona ścisłymi przepisami;
- pracownik może ulec wypadkowi, mieć problemy zdrowotne lub być obciążony problemami sfery osobistej;
- istnieje ryzyko, że pracownik nie zastosuje się do regulaminu oraz zasad Bezpieczeństwa i Higieny Pracy lub będzie wykazywał inne problemy na tle behawioralnym.

Wszystkie te czynniki stanowią zagrożenie dla wydajności procesów, których składową są czynności transportowe. Pomimo starań człowiek zmagają się z ograniczeniami wynikającymi z jego natury.

Zagrożeniem nie jest jedynie sposób wykonywania pracy, ale również niedobór kadry robotniczej na rynku pracy. Polepszająca się sytuacja rodzin, dzięki licznym programom rządowym sprawia, że wiele osób nie odczuwa potrzeby podjęcia pracy. Często również wymagania związane z wynagrodzeniem są wygórowane, co prowadzi do tego, iż pracodawca nie jest w stanie sprostać oczekiwaniom potencjalnego kandydata.

3. ROZWIĄZANIA WSPOMAGAJĄCE OPTYMALIZACJĘ PROCESÓW WEWNĘTRZNYCH

Z uwagi na świadomość ograniczeń związanych z człowiekiem jako wykonawcą czynności transportowych, na przestrzeni lat na znaczeniu zyskuje tematyka pojazdów autonomicznych, będąca przedmiotem badań licznych instytucji. Ze względu na rosnące

wymagania w kwestii najbardziej efektywnego wykorzystania możliwości operacyjnych powstają rozwiązania wykorzystujące stale rozwijaną technologię. Przykładem są wózki typu AGV (Automated Guided Vehicle), czyli bezzałogowy pojazd transportowy, który porusza się po wyznaczonych trasach [2].

Wózki te mogą transportować towar na sobie (typ unit load) lub za sobą (tzw. pociągi logistyczne). Pojazdy AGV mogą być sterowane przy użyciu różnych form nawigacji:

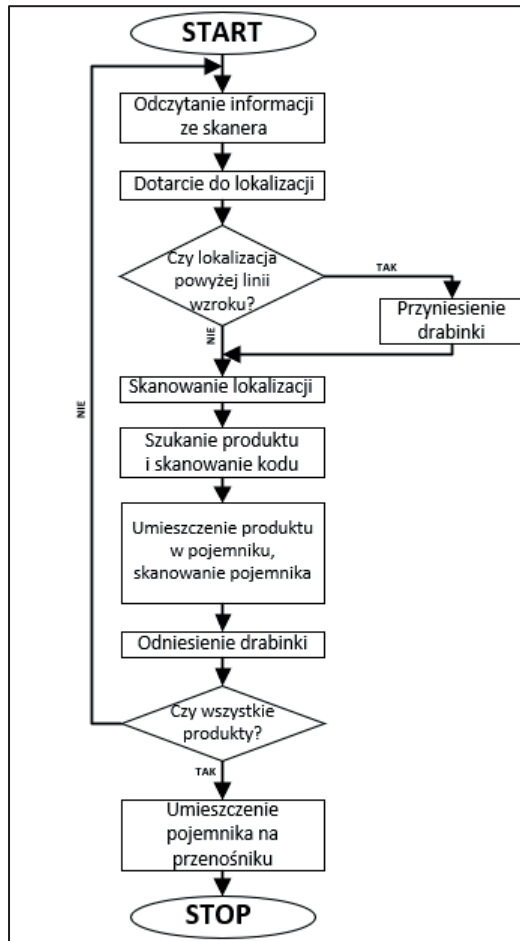
- magnetyczna – za pomocą taśmy magnetycznej naklejonej na posadzce,
- indukcyjna – za pomocą przewodu pod napięciem przeprowadzonym pod posadzką,
- optyczna – za pomocą kontrastującej taśmy, która naklejona jest na posadzce,
- laserowa z punktami odniesienia – wózek wyposażony jest w skaner emitujący oraz odbierający światło lasera,
- laserowa naturalna – wózek wyposażony jest w skaner laserowy, w obszarze pracy nie znajdują się jednak żadne punkty odniesienia, zmapowany obszar przechowywany jest w pamięci wózka [3].

Należy również określić różnice między pojęciem pojazdu automatycznego a autonomicznego. W pojeździe automatycznym zaimplementowane są technologie pozwalające kierowcy na oddanie systemowi niektórych czynności powiązanych z jazdą. Pojazd autonomiczny cechuje pełna automatyzacja umożliwiająca sterowanie pojazdem bez udziału człowieka. W celu ustandaryzowania rozbieżności opracowano kilka metod klasyfikacji pojazdów autonomicznych [4].

Przedsiębiorstwa wykorzystujące do realizowanych procesów prymitywne narzędzia takie jak wózki kompletacyjne napędzane siłą ludzkich mięśni nie dostrzegają możliwości wynikających z zaimplementowania rozwiązań automatycznych lub autonomicznych. Bardzo często nie biorą one pod uwagę tego typu rozwiązań zakładając, że koszt zakupu, wdrożenia oraz utrzymania będzie znacznie wyższy niż przewidywane korzyści. Aby ukazać różnice w organizacji procesu kompletacji po zaimplementowaniu wózków typu AGV przytoczono przykłady przedsiębiorstw ABC, XYZ oraz Firmy Next Level Logistik.

3.1. KORZYŚCI DOSTRZEGANE PO ZAIMPLEMENTOWANIU WÓZKÓW AGV

W celu ukazania potencjału floty wózków typu AGV w zestawieniu porównawczym przedstawiono dwa przedsiębiorstwa. ABC realizuje procesy w sposób standardowy, który nie jest wspierany nowoczesną technologią. XYZ wykorzystuje możliwości wózków typu AGV, aby odciążać swoich pracowników oraz zmaksymalizować efekty. W centrum logistycznym ABC proces kompletacji polega na przemieszczaniu się pracowników magazynowych z wózkiem napędzanym siłą mięśni. W graficznym uproszczeniu proces ten składa się z następujących etapów (Rys. 1.).



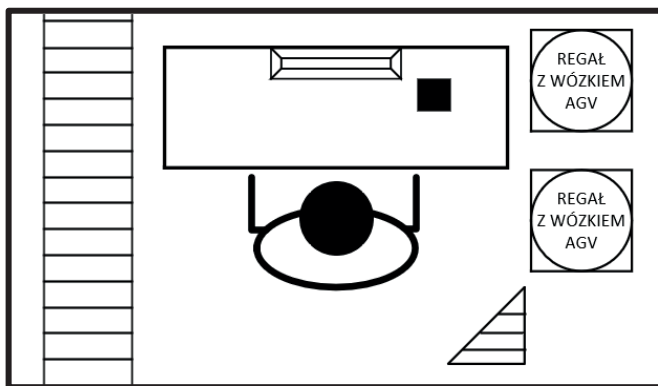
Rys. 1. Schemat procesu kompletacji - przedsiębiorstwo ABC

Fig. 1. Scheme of the picking process - ABC company

Zadaniem magazyniera jest odczytanie z ręcznego skanera informacji o lokalizacji, którą musi odnaleźć. W momencie dotarcia do niej pracownik skanuje naklejkę z nazwą (znajdącą się na stacjonarnym regale), następnie szuka produktu. Należy zaznaczyć, że w lokalizacjach może znajdować się ich kilkanaście. Podczas poszukiwań przedmiotu magazynier kieruje się informacją wyświetlaną na ekranie skanera – jest nią indywidualny ciąg liter oraz cyfr, stanowiący kod. Po odnalezieniu właściwego produktu pracownik skanuje jego kod, a następnie kod pojemnika, do którego go odkłada. Jeśli zadaniem magazyniera jest skompletowanie do jednego pojemnika kilku produktów może dojść do sytuacji, w której każdy z nich znajduje się w innej alejce oddalonej od siebie o nawet kilkanaście metrów. Należy również wspomnieć, iż niektóre półki znajdują się powyżej linii wzroku, więc zgodnie z zasadami bezpieczeństwa pracownik chcąc pobrać produkt z górnej lokacji musi wykorzystać drabinkę, która znajduje się w wyznaczonym miejscu

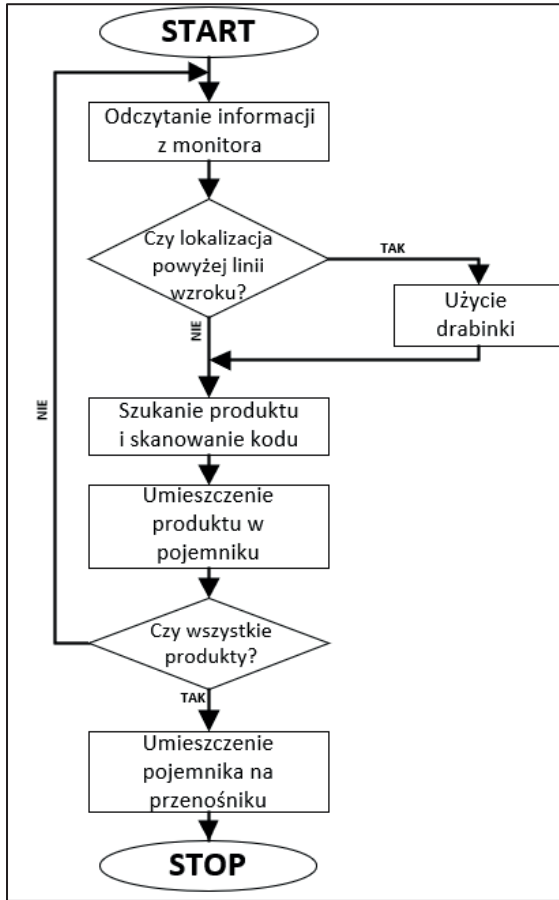
na froncie regału. Oznacza to, iż pracownik po dotarciu do lokacji musi pokonać dodatkową odległość nawet 20 metrów. Po umieszczeniu w pojemniku wszystkich produktów zestaw odkładany jest na przenośnik rolkowy.

W centrum logistycznym XYZ zastosowano wsparcie technologiczne. Ograniczono wysiłek ludzki do minimum stosując stacjonarne stanowiska kompletacyjne (Rys. 2.). W skład ich wyposażenia wchodzi regulowany stół, komputer z dotykowym monitorem, skaner oraz drabinka. W procesie zastosowano wózki AGV typu unit load. W przypadku tego centrum logistycznego regały nie są przytwierdzone do posadzki. W momencie wyświetlenia na monitorze zamówienia do kompletacji wózki podjeżdżają pod regały (na których znajdują się poszukiwane przedmioty) oraz transportują je do pracownika.



Rys. 2. Stacjonarne stanowisko kompletacyjne
Fig. 2. Stationary picking station

W procesie tym pracownik kompletujący stoi w miejscu wykonując obrót od monitora do regału, który zatrzymuje się po jego prawej stronie. Pracownik sięga po produkt sugerując się oznaczeniem lokalizacji, która znajduje się zarówno na regale, jak i wyświetlana jest na ekranie monitora. Następnie przedmiot jest skanowany oraz umieszczany w pojemniku kompletacyjnym. Po skompletowaniu wszystkich przedmiotów pojemnik odkładany jest na przenośnik rolkowy znajdujący się po lewej stronie. W graficznym uproszczeniu proces ten składa się z następujących etapów:



Rys. 3. Schemat procesu kompletacji - przedsiębiorstwo XYZ

Fig. 3. Scheme of the picking process - XYZ company

Dzięki graficznemu przedstawieniu etapów procesu można w prosty sposób zauważyć różnicę pomiędzy liczbą ruchów oraz ich czasochłonnością. W centrum ABC najczęściej czasu przeznaczane jest na czynności transportowe polegające na dotarciu do lokalizacji, ewentualnym przeniesieniu drabinki oraz odłożeniu pojemnika na przenośnik rolkowy. W centrum XYZ skrócono czas procesu kompletacji zamówienia oraz przerzucano wysiłek związany z procesem transportu z człowieka na maszynę. W procesie nadal wykorzystywany jest intelekt pracownika niezbędny przy identyfikacji lokalizacji czy kodu produktu, a także pozostawiono czynności niewymagające znacznego wysiłku takie jak czynność skanowania produktu. Wyeliminowano skanowanie lokalizacji, ponieważ pracownik kompletujący ma dostęp jedynie do produktów znajdujących się na jednym regale.

3.2. PRZYKŁAD WDROŻENIA AUTONOMICZNEJ FLOTY W PRZEDĘBIORSTWIE ODZIEŻOWYM

Przykładem zastosowania autonomicznych urządzeń w praktyce jest również flota WEASEL zaimplementowana w przedsiębiorstwie NextLevel Logistik, działającego w branży odzieżowej. Bezobsługowy system transportowy WEASEL stworzony przez firmę SSI SCHÄFER znajduje zastosowanie zarówno w magazynach, jak i w ramach zaopatrzenia produkcji. Urządzenie jest pozbawione skomplikowanych systemów sterowania, porusza się po liniach układanych na posadzce, osiągając prędkość 1 m/s oraz pokonując odcinki o nachyleniu nawet do 20%. Trasę urządzenia można szybko dostosować do zmieniającej się infrastruktury. Ładowanie może odbywać się ręcznie, po podłączeniu do stacji lub automatycznie przez kontakt z podłożem. Na jednym naładowaniu pojazd może pracować nawet do 16 godzin. Zleceniami zarządza kontroler floty, który przydziela je do poszczególnych pojazdów [5].

Urządzenia WEASEL zostały zaimplementowane w strefie kompletacyjnej magazynu produktów składowanych na wisząco. Takie zastosowanie pojazdu świadczy o jego elastyczności pod względem dostosowania do warunków operacyjnych oraz wymagań przedsiębiorstwa. Bezpieczny transport artykułów odzieżowych jest możliwy, dzięki wyposażeniu urządzenia w specjalne uchwyty. Szybkie wdrożenie rozwiązania było możliwe dzięki bezproblemowej integracji z działającym już w przedsiębiorstwie procesem przepływu materiałów. Odczytywanie kodów produktów możliwe jest przy pomocy techniki RFID (Radio Frequency IDentification) dokonującej tego za pomocą fal radiowych. Za pomocą kodów RFID rozmieszczonych na ścieżce przekazywane są również informacje na temat trasy. Tak jak już wcześniej wspomniano, trasa urządzenia nie musi być stała i można ją zmieniać wraz z przebudową infrastruktury. Zasada działania urządzenia jest następująca: pojazd zmierza do stacji roboczych za pośrednictwem linii optycznych znajdujących się na posadzce. System ten jest szczególnie interesujący dla przedsiębiorstw, które muszą szybko reagować na zmienne warunki [6].

4. ANALIZA SWOT

Wózki typu AGV posiadają szereg zalet, jednak istnieją również pewne wymagania, które muszą zostać spełnione, aby rozwiązanie to mogło zostać wdrożone w przedsiębiorstwie. W celu klarownego zestawienia mocnych i słabych stron oraz potencjalnych szans i zagrożeń wykonano analizę SWOT, w której identyfikowane są wymienione kategorie.

Tab. 1. Analiza SWOT wózki typu AGV
 Tab. 1. SWOT analysis of Automated Guided Vehicles

Mocne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> • Większość z oferowanych rozwiązań nie wymaga naruszania powierzchni posadzki w celu wyznaczenia trasy; • Duża elastyczność dostosowania rozwiązania do zmian infrastruktury; • Możliwość integracji z wewnątrzzakładowymi systemami [7]; • Możliwość pracy 24/7 przy naładowanej baterii • Wózki wyposażone są w skanery bezpieczeństwa, które pozwalają na wyznaczenie stref, po przekroczeniu których wózki zwalniają lub zatrzymują się [8]; • Powtarzalność operacji; • Eliminacja pomyłek; • Zastąpienie człowieka w wykonywaniu wyczerpujących prac transportowych; • Możliwość zdalnego monitoringu i nadzorowania pracy wózków, poprzez sieć internetową lub telefonię komórkową [9]; 	<ul style="list-style-type: none"> • Wymagana jest dobra jakość posadzki, wózki nie radzą sobie dobrze z nierównościami powierzchni; • Większość z nich nie ma możliwości pracy na zewnątrz; • Wózki z nawigacją optyczną są czułe na zabrudzenia; • Wózki z nawigacją magnetyczną cechuje mała wytrzymałość na uszkodzenia; • Wózki z nawigacją indukcyjną charakteryzuje sztywna konfiguracja układu transportowego; • Wózki laserowe z punktami odniesienia wymagają montażu odbłyśników w miejscach widocznych dla pojazdu [10]; • Rozwiązanie to jest kosztowne.
Szanse	Zagrożenia
<ul style="list-style-type: none"> • Zwiększenie efektywności procesów operacyjnych realizowanych w przedsiębiorstwie; • Odciążenie pracowników; • Wzrost popularności koncepcji pojazdów autonomicznych; 	<ul style="list-style-type: none"> • Wysoki koszt zakupu; • Nieprzemysłana implementacja; • Niepokój pracowników przed pracą z udziałem autonomicznych pojazdów; • Lęk pracowników przed zastąpieniem ich przez maszyny; • Nakłady finansowe przewyższą korzyści wynikające z wdrożenia wózków.

Implementacja wózków AGV w przemyślny sposób pozwala na organizację procesów operacyjnych zapewniając efektywność na najwyższym poziomie. Należy jednak podkreślić, iż zakup oraz wdrożenie takiego rozwiązania powinno być poprzedzone dogłębną analizą, aby odpowiednio wykorzystać możliwości wózków. Osiągnięcie maksymalnego poziomu wydajności jest możliwe dzięki licznym zaletom urządzenia, które nie męczy się, wykonuje wszystkie czynności w identyczny sposób, zgodnie z określonym schematem (co pozwala na eliminację wszelkiego rodzaju pomyłek) oraz jest elastyczne pod względem dopasowania się do zmian infrastruktury. Rozwiązanie to nie tylko pozwala na zastąpienie człowieka jako wykonawcę czynności transportowych,

ale również na integrację technologii z pracownikiem realizującym np. czynności kompletacyjne. Urządzenie tego typu stanowi więc dla niego ogromne wsparcie. Dzięki temu, iż jest ono autonomiczne pracodawca nie musi martwić się o problemy behawioralne czy zwolnienia chorobowe.

Należy wspomnieć również o wysokim poziomie bezpieczeństwa. Po zakończeniu implementacji tego rozwiązania wśród pracowników może pojawić strach czy niepewność. Z czasem jednak na podstawie własnego doświadczenia będą mogli uznać, iż urządzenie to zapewni im maksymalny poziom bezpieczeństwa, co możliwe jest dzięki wbudowanym skanerom. Generować niepokój może również wizja utraty miejsc pracy spowodowana zastąpieniem pracownika przez maszynę. Prawdą jest, iż postęp technologiczny charakteryzuje coraz większe ograniczenie lub nawet wyeliminowanie udziału człowieka w licznych procesach. Zbliża się era inteligentnej technologii, jednak nie oznacza to, iż wsparcie ludzkiego umysłu nie będzie konieczne [11]. W rozwiązaniu wózków AGV pracownik nie jest wykonawcą czynności transportowych, jednak po dotarciu do stanowiska roboczego, warunkiem dalszego przebiegu procesu jest obecność człowieka. Wózki są więc wsparciem na określonym etapie, zapewniając minimalny wydatek energetyczny.

W celu ukazania korzystnego stosunku nakładów finansowych do potencjalnych korzyści przedstawiono uproszczoną analizę na podstawie przedsiębiorstw ABC oraz XYZ. Czas przeznaczony na skompletowanie całego zamówienia składającego się z dziesięciu produktów w przedsiębiorstwie ABC zajmuje około 30 minut. Uwzględniany jest w tym przypadku czas dotarcia do lokalizacji, w której znajduje się produkt, ewentualnego transportu drabinki przy każdorazowym pobraniu przedmiotu oraz dostarczenie pojemnika do przenośnika. Pracownik podczas ośmiu godzin pracy ma łącznie 30 minut płatnej przerwy. Oznacza to, iż w ciągu siedmiu i pół godziny pracy zbierze około 150 produktów. Skompletowanie 10 produktów na stanowisku stacjonarnym w przedsiębiorstwie XYZ zajmuje 10 minut. W ciągu siedmiu i pół godziny pracy zeskanowane zostanie 450 produktów. W przypadku przedsiębiorstwa ABC aby zebrać 450 produktów niezbędne jest zatrudnienie 3 pracowników. W procesie kompletacji przedsiębiorstwa XYZ bierze udział tylko jedna osoba. Jeśli pracodawca ponosi miesięczny koszt utrzymania pracownika w wysokości około 4 200 zł, w przypadku zatrudnienia dwóch osób jest to koszt 8 400 zł. Jeśli cena jednego robota wynosi około 50 000 zł, to w ciągu 6 miesięcy koszty zakupu wózka będą niższe niż koszt zatrudnienia w tym czasie dwóch dodatkowych pracowników.

5. PODSUMOWANIE

Efektywność procesów magazynowych określa się na podstawie określonych efektów takich jak zgodność pozycji asortymentowych oraz ich ilości z zamówieniem, a także terminowość realizacji [12]. Z punktu widzenia biznesu ogromne znaczenie ma również wydajność. Przedsiębiorstwa implementujące rozwiązania technologiczne mogące usprawnić procesy operacyjne przenoszą się na wyższy poziom efektywności.

W artykule w celach porównawczych zestawiono centra logistyczne wsparte technologią optymalizującą proces kompletacji oraz stawiające na tradycyjne rozwiązania. Różnice nie występują wyłącznie w zakresie oszczędności czasu, ale również energii. Obecnie pracodawcy zmagają się z licznymi problemami związanymi z ograniczeniami swoich pracowników jako istot ludzkich. Z uwagi na to poszukują możliwości w zakresie wsparcia nowoczesną technologią wielu sektorów swojej działalności. Pracownicy muszą zrozumieć, iż ich pracodawcy chcą iść z duchem czasu poszukując rozwiązań mogących przynieść wymierne korzyści. Należy jednak pamiętać o tym, iż wszelkie zmiany wdrożeniowe powinna poprzedzić dogłębna analiza stanu obecnego. To właśnie dzięki niej można w maksymalnym stopniu wykorzystać dostępne zasoby oraz dopasować do nich odpowiednie rozwiązanie technologiczne. W kwestii optymalizacji procesów, których częścią są czynności transportowe wózki typu AGV są rozwiązaniem pozwalającym na przeniesienie wysiłku z pracownika na maszynę, zachowując przy tym jego możliwości intelektualne w dalszych etapach. Liczne zalety wskazują na to, że jest to rozwiązanie, które pozwoli na uzyskanie harmonii między człowiekiem a technologią.

LITERATURA

- [1] IMAI M., Gemba Kaizen. Zdroworozsądkowe podejście do strategii ciągłego rozwoju, MT Biznes, s.
- [2] NIEOCZYM A., *Projektowanie planu przepływu ładunków w systemie AGV*, Technologia i Automatyzacja Montażu 1/2013., str 47-51
- [3] Wózki AGV – transport przyszłości w magazynach, <https://promag.pl/10376.html>, 24.10.2020
- [4] NEUMANN T., *Perspektywy wykorzystania pojazdów autonomicznych w transporcie drogowym w Polsce*, Autobusy, 12/2018
- [5] *Bezobsługowy system transportowy WEASEL*, <https://www.ssi-schaefer.com/pl-pl/products/conveying-transport/automated-guided-vehicles/bezobs%C5%82ugowy-system-transportowy-weasel--197954>, 28.10.2020
- [6] Materiał promocyjny SSI SCHAFER, *Nowa flota urządzeń WEASEL*, Logistyka Produkcji, styczeń-marzec nr 1/2019, s. 58-59
- [7] JURCZAK M., *Logistyka 4.0 w praktyce. Jakie zalety ma system transportowy Weasel?*, <https://trans.info/pl/zalety-systemu-transportowego-weasel-99014>, 28.10.2020
- [8] KURZACZ T., *Wózki typu AGV*, <https://glowny-mechanik.pl/2020/07/20/wozki-typu-agv/>, 28.10.2020
- [9] *AGV - samojezdne wózki transportowe nowej generacji*, https://www.sew-eurodrive.pl/rozwiazania/aplikacje/mobilny_transport_i_ruch/samojezdne_wozki_agv/agv_system/wozki_agv.html, 28.10.2020
- [10] ŚMIESZEK M., *Wykorzystanie środków automatycznego transportu w logistyce*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 2016, s.533-543
- [11] ŻUROWSKI J., *Człowiek a automatyzacja*, Eurologistics, październik-listopad 2018, s.42
- [12] KRZYŻANIAK S., NIEMCZYK A., *Nowoczesne rozwiązania w zarządzaniu zapasami*, [w:] Logistyka Nauka-Badania-Rozwój, pod red. M. Mindury, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa-Radom, 2017, s.178-183

AGV MOBILE ROBOTS IN GOODS COMPLETION PROCESSES

Key words: *AGV (Automated Guided Vehicles), process optimization, muda, waste*

The aim of the article is to present the most common problems faced by enterprises in terms of organizing their internal transport processes and to indicate a solution to make this optimization possible. The study highlights the benefits of implementing AGV trucks and the possibility of deploying such a solution based on practical examples. The differences apparent in the traditional picking process and process supported by the described technology were also discussed.

