



WSPÓŁCZESNE TRENDY W TRANSPORCIE



2024

Uniwersytet Morski w Gdyni
Wydział Zarządzania i Nauk o Jakości
Koło Naukowe Transportu i Logistyki TRANSLOG



WSPÓŁCZESNE TRENDY W TRANSPORCIE

Gdynia 2024

REDAKTOR NAUKOWY: dr SŁAWOMIR SKIBA

RECENZENCI:

dr ROBERT MAREK – Uniwersytet Morski w Gdyni

dr JOANNA MIKLIŃSKA – Uniwersytet Morski w Gdyni

dr SŁAWOMIR SKIBA – Uniwersytet Morski w Gdyni

mgr inż. ADRIANNA KARAS – Uniwersytet Morski w Gdyni

mgr inż. MICHAŁ KUZIA – Uniwersytet Morski w Gdyni

WYDAWCA:



UNIWERSYTET MORSKI W GDYNI

ul. Morska 81-87

81-225 Gdynia

www.umg.edu.pl

ISBN 978-83-67428-48-4

KOMITET ORGANIZACYJNY: JULIA LINDSTEDT – KNTiL TRANSLOG

REDAKCJA I KOREKTA: EWA GIEDZIUN

PROJEKT OKŁADKI: ŁUKASZ NOWICKI

Całkowitą odpowiedzialność za stronę merytoryczną artykułów ponoszą Autorzy.

SPIS TREŚCI

PAULINA CZAJA, BLANKA BOLESKA

Mikromobilność współdzielona w mieście: wpływ rowerów i hulajnóg na logistykę miejską	5
---	---

PAULINA CZAJA, BLANKA BOLESKA

<i>Smart port</i> – fundament nowoczesnego transportu morskiego	15
---	----

JAKUB FLORCZYKIEWICZ

Priorytet dla komunikacji tramwajowej – element nowoczesnego systemu zarządzania miastem.....	26
---	----

JAKUB FLORCZYKIEWICZ, JULIA LINDSTEDT

Autonomiczne systemy transportowe – kolej na kolej?.....	39
--	----

KAROLINA GLANERT

Innowacje w bezpieczeństwie transportu miejskiego: nowe technologie i praktyki	56
--	----

KAROLINA GLANERT, JULIA KOWALSKA

Stosowanie zielonych paliw jako przejaw zrównoważonego rozwoju Trójmiasta	67
---	----

MARTA KACZMAREK, KINGA KOY

Środki transportu wsparcia dla uwięzionych w Strefie Gazy.....	79
--	----

VLADYSLAV LIASHUK

Ekologiczne aspekty żeglugi promowej na Morzu Bałtyckim na przykładzie wybranego promu.....	91
---	----

JAKUB ŁOGINOW

Ocena austriackich rozwiązań w zarządzaniu regionalnym transportem publicznym w kontekście ich adaptacji w Polsce	108
---	-----

SZYMON ŁUGIEWICZ, MARIA MINCZYKOW

Możliwości dekarbonizacji transportu kolejowego z wykorzystaniem technologii wodorowej	117
--	-----

WERONIKA SOCHA, MARTYNA BATOR

Rola transportu i jego zadania w systemie logistycznym na przykładzie przedsiębiorstwa X.....	130
---	-----

Paulina Czaja, Blanka Boleska

Uniwersytet Morski w Gdyni

MIKROMOBILNOŚĆ WSPÓLDZIELONA W MIEŚCIE: WPŁYW ROWERÓW I HULAJNÓG NA LOGISTYKĘ MIEJSKĄ

Mikromobilność współdzielona w przemieszczaniu się dotyczy lekkich pojazdów, którymi można szybko i z łatwością poruszać się po mieście. Mała masa lekkich pojazdów ułatwia przemieszczanie się po trudno dostępnych odcinkach w mieście oraz umożliwia pokonywanie wąskich uliczek. Mikromobilne pojazdy nie hałasują oraz nie emitują dwutlenku węgla w odróżnieniu od pojazdów samochodowych oraz komunikacji miejskiej. Do pojazdów mikromobilnych współdzielonych zalicza się: hulajnogi, rowery, deskorolki, skutery, motorowery. Celem artykułu jest identyfikacja przyczyn rozwoju mikromobilności współdzielonej, korzyści, uzyskane z wybierania tego typu pojazdów zamiast komunikacji miejskiej oraz aspekt stosowania mikromobilnych pojazdów w Polsce.

Słowa kluczowe: mikromobilność współdzielona, pojazdy, środowisko, kategorie mikromobilności współdzielonej, mikromobilność współdzielona w Polsce.

WSTĘP

Mikromobilność współdzielona stanowi model transportu miejskiego, który obejmuje krótkoterminowe wypożyczenie pojazdów o niewielkich rozmiarach, takich jak hulajnogi elektryczne, rowery, skutery elektryczne itp. [3]. W tym modelu użytkownicy mogą wypożyczać wspomniane pojazdy na krótkie odległości za pomocą aplikacji mobilnej lub terminali dostępnych w mieście. Mikromobilność współdzielona staje się coraz popularniejsza w dużych miastach jako alternatywna forma transportu, która może być bardziej ekologiczna i efektywna niż tradycyjne środki transportu. Jest to rozwiązanie w komunikacji publicznej, które umożliwia poruszanie się niewielkimi, bezemisyjnymi pojazdami w szybki sposób do różnych miejsc w mieście. Ułatwiają one pokonywanie krótkich dystansów, będąc najlepszym rozwiązaniem dla podróżujących, którzy chcą w szybki sposób dostać się do celu z ominięciem ulicznych korków lub chcą uniknąć kontaktu z innymi ludźmi. Poruszanie się tego typu pojazdami wymaga najczęściej użycia siły mięśni.

Mały rozmiar i możliwość przedostania się przez wąskie uliczki, gdzie komunikacja miejska nie dociera, usprawnia ludziom podróże. Pojazdy mikromobilne są korzystnym rozwiązaniem dla środowiska, ponieważ nie wydają zbędnych hałasów

i nie zostawiają tzw. śladu węglowego. Do tych urządzeń zalicza się m.in. deskorolki, hulajnogi, skutery, rowery, wrotki, łyżworolki i małe samochody [1, 2].

Mikromobilność jest również idealnym rozwiązaniem dla ludzi aktywnych, ponieważ mogą podczas drogi, jadąc na rowerze, zwiedzić dane miasto i jednocześnie są aktywni fizycznie. Celem artykułu jest wyjaśnienie pojęcia mikromobilności, dlaczego jest nam potrzebna, jak wpływa na środowisko oraz jakie korzyści zyskuje się z wybrania tej alternatywy zamiast typowej komunikacji miejskiej [2].

1. POJĘCIE MIKROMOBILNOŚCI WSPÓŁDZIELONEJ

Mikromobilności nie można definiować jednoznacznie. Należy zauważyć, że chodzi ogólnie o lekkie pojazdy i szybkie przemieszczanie się po mieście. Ciekawe rozważania na temat mikromobilności współdzielonej można przeczytać w opracowaniu H. Dediu. Jego zdaniem poruszanie się niewielkimi pojazdami polega na uzyskaniu maksymalnej niezależności w poruszaniu się i wybieraniu sobie drogi. Ma to znaczący wpływ na logistykę miejską, która ma na celu minimalizację kosztów, zmniejszenie trudności logistycznych oraz odciążenie miasta ze zbytecznego transportu.

System usług ułatwia pasażerom poruszanie się i polega na wspólnym użytkowaniu środków transportu w celu oszczędzenia sobie czasu bez przenoszenia prawa własności z usługodawcy na klienta. Usługi wyróżniają się ze względu na rodzaj środka przewozu czy sposobu korzystania. NCL mówi o tym, iż mikromobilność kojarzy się ze współdziałaniem skuterów oraz rowerów w miastach. Z tym niezgodne jest pojęcie mikrotranzytu, stosowanego przez Departament Transportu USA. Ostatnio zdobył popularność termin „elektromobilność”, co wiąże się z napędem elektrycznym w pojazdach. Należy również zauważyć, że mikromobilne pojazdy były już znane od dawna, jednakże kiedyś stosowano do nich niewielkie silniki spalinowe.

Literatura, dotycząca logistyki i transportu, ujawniła termin „mikromobilność” w zeszłej dekadzie. Było to powiązane z użyciem tzw. PMD, czyli używaniem lekkich pojazdów wspomagających przemierzanie krótkich dystansów, które również w transporcie najczęściej stanowiły pierwszy lub ostatni odcinek trasy, aby szybciej dotrzeć do celu. Urządzenia te często wykorzystywano, aby pomóc osobom niepełnosprawnym z ograniczoną mobilnością. PMD, w tym i MMD – środki transportu, służące do podróży najczęściej dla jednej lub dwóch osób, które mogą w szybki sposób dostać się w trudno dostępne miejsca, jednocześnie podziwiając uroki miasta. Ułatwia to przewożenie lekkich ładunków i wytwarza mniej dwutlenku węgla.

Zacząto budować więcej ścieżek przeznaczonych dla pojazdów mikromobilnych, np. więcej ścieżek rowerowych, po których także mogą jeździć hulajnogci. Należy zauważyć, że dużą popularność tego typu ścieżek można znaleźć w pobliżu miasteczek uniwersyteckich, miejsc rekreacyjno-wypoczynkowych, biur, urzędów, centrum miast itd.

W MMD urządzenia silnikowe wymagają użycia nowoczesnej technologii, takiej jak zasobniki energii elektrycznej (akumulatory), układy zasilania i sterowania, które są elektryczne, a także potrzebują lekkich materiałów oraz integracji z siecią energetyczną i informatyczną. Rozpowszechnianie PMD i MMD1 zmienia sposób myślenia o tradycyjnych środkach transportu i oferuje więcej możliwości, związanych z podróżą do danego miejsca w mieście. Mikromobilność pozwala na rozszerzenie połączeń środków transportu oraz większą dostępność rodzajów przemieszczania się po mieście, stanowiąc zrównoważony przejaw transportu drogowego.

Transparency Market Research zauważył, że światowy rynek transportu osobistego powinien wzrosnąć dwukrotnie do 2023 roku. TMR twierdzi, że światowy rynek mikromobilnych urządzeń w 2014 roku wyniósł 6,65 mld USD, a w 2023 roku osiągnął około 12,7 mld USD. Rzeczywistość jednak ukazuje, że ten rynek jest o wiele większy, ponieważ badanie przeprowadzono głównie na osobach niepełnosprawnych, które szczególnie wyrażają potrzebę istnienia mikromobilności [1, 2, 3].

2. HULAJNOGI I ROWERY WSPÓLDZIELONE WSPÓLCZEŚNIE

Pojazdy dwukołowe jednośladowe są to skutery i rowery. Te różne typy mikromobilności są bardzo rozpowszechnione i nie jest trudne zdobycie do nich dostępu, wystarczy udać się do miasta. Coraz częściej pojawiają się również rowery i skutery jako środki transportu w mniejszych miejscowościach. Popularyzacja napędów elektrycznych spowodowała coraz częstsze stosowanie silników elektrycznych w rowerach i skuterach. Głównym celem stosowania tego typu silników w pojazdach dwukołowych śladowych jest wspomaganie poruszania się. Dotyczy ono rowerów oraz stanowi główne źródło napędu w skuterach.

Hulajnogci również w dzisiejszych czasach stały się jednymi z najpopularniejszych pojazdów dwukołowych jednośladowych szczególnie te z napędem elektrycznym. Jednym z takich urządzeń jest polska hulajnoga Huler, którą można poruszać się na stojąco lub siedząco oraz można odpychać się nogami. W systemy wspólnego użytkowania wdraża się również hulajnogci. Umożliwia i ułatwia to ludziom poruszanie się w szybki i wygodny sposób po mieście bez zbędnego zużywania dwutlenku węgla. W ostatnim czasie należy zauważyć, że stały się popularne kolejne urządzenia jednośladowe z kilkoma kołami, znane jako łyżworolki [1, 2].

3. INNE MIKROPOJAZDY I MIKROSAMOCZODY SŁUŻĄCE DO PRZEWOZU ŁADUNKÓW

Popularnym pojazdem dwuśladowym i dwukołowym, który jest wykorzystywany od bardzo dawna jest Segway HT, który od drugiej generacji nazywa się Segway PT. Jest to urządzenie, które posiada wiele zastosowań. Segway HT opracowano przed balansowym wózkiem medycznym o nazwie iBOT. Jego głównym użytkownikiem miały być osoby sprawne. Pomimo tego zamysłu używają go najczęściej osoby niepełnosprawne. Segway jest trzy razy szybszy (około 20 km/h) od człowieka. Urządzeniem dwuśladowym i dwukołowym jest również deskorolka elektryczna tzw. jeździk. Ma napęd elektryczny i jest sterowana poprzez pokładowy komputer, aby utrzymać równowagę. Tego typu deskorolka przypomina wymiarami oraz wyglądem tradycyjną deskorolkę, jednakże bardziej zbliżona jest do Segwaya pod względem konstrukcji, chociaż deskorolka elektryczna nie posiada kierownicy. Działa w następujący sposób: stopy człowieka ustawione na dwóch podestach nachylają się niezależnie od siebie. Sterowanie tego typu pojazdem polega na przechyleniu i nacisku. To urządzenie posiada koła, które mają własny silnik i poruszają cały pojazd w kierunku, w którym pochylił się podest.

Obecnie można zauważyć wiele nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych dla deskorolek, np. istnieją deskorolki czterokołowe dwuśladowe. Tego typu pojazdem jest Teslaboard City Cruiser [2].

Mikrosamochody także zaliczają się do pojazdów czterokołowych dwuśladowych. Służą m.in. do transportowania niewielkich ładunków i do przewożenia maksymalnie dwóch osób. Przykładem trójkołowca jest elektryczny pojazd trójkołowy na homologacji skutera firmy JedenŚlad. Głównie jest używany przez doręczycieli Poczty Polskiej w rejonach miejskich i podmiejskich. Jego maksymalna prędkość wynosi 45 km/h, co jest idealnym rozwiązaniem dla szybkiego poruszania się po mieście, ponieważ w ulicznym korku może przejechać pomiędzy pojazdami. Szerokość tego skutera wynosi 0,115 m i jego parkowanie w miejscach do tego przeznaczonych jest bezpłatne, co więcej można nim parkować na chodniku [1].

4. KORZYŚCI DLA OSÓB PODRÓŻUJĄCYCH PO MIEŚCIE

Podróż w mieście składa się najczęściej z łańcucha elementarnych przemieszczeń. To oznacza, że aby dostać się na dany przystanek autobusowy, należy do niego dotrzeć pieszo, rowerem lub swoim samochodem. Następnie jedzie się autobusem do wybranego miejsca, aby wybrać jeszcze szybszy środek transportu, np. metro, aby dotrzeć do celu podróży. Na koniec trasy stosuje się podobny środek transportu, jak na początku, czyli wychodząc z metra, idzie się już dalej pieszo, rowerem lub indywidualnym środkiem transportu. Tworzy to łańcuch podróżowania.

Najbardziej znane sposoby podróżowania w europejskich miastach obejmują korzystanie z transportu zbiorowego, samochodowego lub indywidualnego, takiego jak: rowery, hulajnogi, skutery itp. Najbardziej rozpowszechniony transport indywidualny stanowi podróż własnym autem osobowym, jednakże w dzisiejszych czasach jest to momentami bardzo uciążliwe z powodu wypełnionych parkingów w centrach miast [3]. Popularność jazdy samochodem osobowym przyczynia się do uczucia niezależności. Coraz większa liczba zajmowanych i płatnych parkingów skutkowało wybieraniem transportu komunikacji miejskiej zamiast indywidualnego transportu, co ułatwia drogę i redukuje stres związany z miejscem parkingowym.

Jedną z najbardziej popularnych opcji transportu mikromobilnego stały się hulajnogi i rowery, które są bardzo często używane przez obywateli w mieście, ponieważ ułatwiają najszybszą i najprostszą podróż do celu. Wybór tego typu transportu po mieście jest zdrowszy dla nas, jak i dla środowiska, ponieważ nie wytwarza się zbędnego dwutlenku węgla [6].

5. POLSKI SYSTEM MIKROMOBILNOŚCI WSPÓLDZIELONEJ

Firma Deloitte Polska mówi o tym, że w Polsce liczba ludzi i samochodów osobowych jest porównywalna. W innych krajach europejskich liczba samochodów osobowych jest często niższa od liczby ludzi w danym kraju. W Polsce ze względu na stan powietrza oraz coraz większą populację w miastach ludzie są bardziej chętni do wyboru nowych form transportu, co potwierdza Deloitte Polska, zauważając, że ludzie podążają za trendami, jeśli chodzi o komunikację miejską, i obecnie bardzo popularną formą transportu są mikromobilne pojazdy. Można bowiem przenieść się w bardzo szybki sposób w trudno dostępne miejsca w mieście dzięki mikromobilnym pojazdom oraz większość można zaparkować w praktycznie dowolnym miejscu na poboczu [1].

5.1. Rowery współdzielone w mobilności miejskiej w Polsce

Pierwsze rowery, wprowadzone do systemu publicznego, swoją premierę miały w 2008 roku w Krakowie. Natomiast sieć rowerów trzeciej generacji działała wyłącznie przez dwa miesiące pod nazwą BikeOne. Ten system powrócił kilka lat później, ale ze 100 rowerami i 12 stacjami. W 2016 roku został zastąpiony przez bezobsługową wypożyczalnię rowerów czwartej generacji o nazwie Wavelo, która była obsługiwana przez firmę BikeU. Następnie powstawały kolejne systemy roweru publicznego, takie jak RoweRes w Rzeszowie oraz system Wrocławskiego Roweru Miejskiego, które zostały uruchomione w 2011 roku. Szczególne przedsięwzięcie stanowiły publiczne rowery Veturilo w Warszawie, uruchomione w 2012 roku przez firmę NextBike [3, 4].

MEVO – *Metropolitan Bike* jest to system rowerów miejskich działający w Polsce, szczególnie znany z obszaru Trójmiasta oraz okolicznych gmin. System ten jest jednym z największych i najbardziej nowoczesnych w Polsce oraz w Europie, oferując zarówno tradycyjne rowery, jak i rowery elektryczne.

MEVO składa się z 4080 rowerów elektrycznych i 660 stacji działających w 14 gminach. Tego typu rowery wypożyczają się za pomocą aplikacji mobilnej na smartfonie (dostępne na systemach operacyjnych Android i iOS), poprzez moduł NFC, czyli należy zbliżyć telefon do terminalu w rowerze lub za pomocą karty zbliżeniowej czy poprzez zeskanowanie kodu QR. Rowery szczególnie przyczyniają się do rozwoju mikromobilności współdzielonej, ponieważ coraz częściej można zauważyć w wielu zakątkach miast stacje z rowerami MEVO – *Metropolitan Bike*, które cieszą się dużą popularnością [4].

Obywatele wybierają zdrowszy tryb komunikacji, szczególnie w ciepłe dni, wpływa on bowiem na lepsze samopoczucie u człowieka i poczucie satysfakcji z dobrze spędzonego czasu. Głównie te czynniki powodują wzrost popularności we współdzielonych systemach mikromobilnych.

Z kolei w 2018 roku miasto Gdynia wykupiło 10 elektrycznych rowerów *e-cargo bike*. Służą one głównie do przewozu towarów do nawet 100 kg. Różne przedsiębiorstwa mogą zgłosić chęć użytkowania tego typu rowerów, co jest bardzo skuteczne dla firm, gdyż przewożenie towarów może stać się wygodniejsze oraz szybsze, wystarczy, że przedsiębiorstwo zgłosi się do Zarządu Dróg i Zieleni w Gdyni. Powoduje to poprawę funkcjonowania działalności, ponieważ nie będzie potrzeby stania w korkach w godzinach szczytu w celu przewożenia kilku towarów. Może się to odbyć szybko i sprawnie, dzięki rowerom *e-cargo bike*, którymi można się poruszać w mieście po trudno dostępnych miejscach [4].

5.2. Współdzielone hulajnogi w miastach w Polsce

W Polsce w październiku 2018 roku miały swoją premierę amerykańskie hulajnogi firmy Lime. W 2019 roku liczba hulajnóg wzrosła w Warszawie trzykrotnie. Po 2020 roku, czyli w czasach pandemii, znacznie wzrósł popyt na mikromobilność – indywidualną formę transportu, gdzie podczas podróży nie utrzymuje się kontaktu z ludźmi, co zapobiega rozprzestrzenianiu się wirusów. W Warszawie postanowiono zachęcić mieszkańców posiadających kartę miejską lub we Wrocławiu kartę Urbancard do przemieszczania się hulajnogami zamiast samochodami osobowymi za pomocą comiesięcznego doładowania w postaci 20 bezpłatnych minut na jazdę. Miało to na celu zachęcić ludzi do wybierania komunikacji miejskiej zamiast używania samochodów osobowych oraz polepszyć ekologiczny aspekt życia w mieście [1, 2].

Płatność za przejazd hulajnogą elektryczną reguluje się w formule PAYG. Dane z końca czerwca 2019 roku pokazują, że w Warszawie zanotowano ponad

milion wypożyczeń hulajnog elektrycznych i razem pokonano dystans w sumie 49 okrążeń Ziemi. Hulajnogi cieszą się szczególną popularnością właśnie w Warszawie, ponieważ są ułatwieniem dla mieszkańców w pokonywaniu krótkich odległości oraz unikaniu korków i smogu. Z obserwacji firmy Lime można zauważyć, że hulajnogi najczęściej służą do pokonywania dystansu, którego celem jest przystanek autobusowy lub stacja kolejowa [2, 3, 6].

6. ROZWÓJ MIKROMOBILNOŚCI WSPÓŁDZIELONEJ

Mikromobilność stanowi nowoczesną formę transportu, którą określają różne opinie, lecz bazując na statystykach, należy zauważyć, że tego typu środki transportu zyskują na popularności. Tomasz Wojtkiewicz, prezes Grupy Nextbike, odnotował 8 mln wypożyczeń w całej Polsce. Oznacza to, że ludzie, którzy wypożyczyli rowery, spędzili na nich ponad 236 mln minut. Jest to ponad 15 mln więcej niż w 2022 roku.

W tabeli 1 przedstawiono analizę SWOT, która ma na celu udzielenie odpowiedzi, czy warto używać mikromobilnych środków transportu [5].

Tabela 1

Analiza SWOT

Mocne strony	Słabe strony
<p>Wygoda społeczeństwa Lekki pojazd Niewielkie rozmiary Brak kontaktu z innymi ludźmi</p>	<p>Trzeba znać dokładnie przebieg swojej trasy Podczas deszczu lub innych niedogodności atmosferycznych problemy z przyjemną jazdą</p>
Szanse	Zagrożenia
<p>Szybsze dotarcie do celu podróży Poprawa własnej aktywności fizycznej Polepszenie własnej orientacji w terenie</p>	<p>Ryzyko wypadku urazowego podczas jazdy Zgubienie się podczas jazdy Przypadkowe zepsucie urządzenia</p>

Źródło: opracowanie własne.

Można zauważyć, że często nasuwają się pytania na temat bezpieczeństwa podczas jazdy, np. hulajnogami. Firma Bolt zapewnia, że próbują rozwiązać ten problem, dlatego nawiązują współpracę z różnymi uczelniami wyższymi, aby wprowadzić zajęcia nawiązujące do bezpiecznej jazdy hulajnogami po mieście. Mikromobilność posiada mocne, jak i słabe strony, jednakże jej rozwój przynosi większe możliwości i większy wybór poruszania się po mieście.

Analizując statystyki i rozwój bikesharingu, należy wspomnieć, że kraje w Europie Środkowowschodniej pod względem średnich rocznych przychodów mają podobną tendencję wzrostową. Polska szczególnie się wyróżnia na tym tle,

ponieważ w 2019 roku przychody wyniosły około 21 mln dolarów, podczas gdy w innych krajach wynosiły od około 0,75–3,5 mln dolarów. Do szczególnego rozwoju mikromobilności współdzielonej przyczyniła się pandemia Covid-19, gdyż tego typu podróż powodowała mniejsze szanse na zarażenie się wirusem niż podróż typową komunikacją miejską, gdzie ma się kontakt z wieloma różnymi osobami.

Najbardziej rozwiniętą sieć usług w Polsce posiada bikesharing. Do 2025 roku liczba współdzielonych rowerów miejskich ma wzrosnąć aż do 57,05 tys., a w 2019 roku liczba tych pojazdów wynosiła 24,66 tys. Natomiast drugą najbardziej rozwijającą się usługą w Polsce są współdzielone hulajnogi elektryczne (pojawily się w 54,5% miast na prawach powiatu), a następnie współdzielone auta na doby/minutę. Najmniej popularną usługą mikromobilności współdzielonej są skutery miejskie [5, 6].

PODSUMOWANIE

Mikromobilność jest rozwiązaniem dla osób, które w szybki sposób próbują się dostać do trudno dostępnych miejsc w mieście oraz próbują sobie ułatwić podróż. Komunikacja publiczna, która jest w stanie przemieszczać wielu ludzi, nie dociera do każdego zakątka w mieście. Mikromobilność dotyczy wielu pojazdów, takich jak: hulajnogi, rowery, hulajnogi elektryczne, skutery, motorowery, mikrosamochody czy deskorolki. Należy zauważyć, że można także wyróżnić pojazdy dwukołowe jednośladowe, dwukołowe dwuśladowe, czterokołowe dwuśladowe czy pojazdy trzyśladowe (trójkołowce) [1, 2].

Częstsze wybieranie mikromobilnych środków transportu przyczynia się do poprawy środowiska, w którym funkcjonuje społeczeństwo. Ten nurt w logistyce również umożliwia rozwój infrastruktury w mieście, ponieważ obecnie zaczęto budować drogi przystosowane do pojazdów mikromobilnych. Ułatwia to i zachęca do wybierania tej formy transportu. Popularność mikromobilności stymuluje do rozwoju i unowocześnienia miasta.

Rozwój mikromobilności współdzielonej powoduje jednocześnie rozwój i unowocześnienie Polski, gdzie ludzie będą mogli również przyczynić się do ochrony środowiska. Dużą popularność zyskało przewożenie niewielkich ładunków przez takie firmy jak Pyszne.pl czy Wolt. Są to firmy, które dostarczają jedzenie na zamówienie. Najczęściej dostawcy poruszają się rowerami czy skuterami, co umożliwia szybkie dostarczenie jedzenia klientowi.

W Polsce największą popularność hulajnogi elektryczne zysały w czasie pandemii, co było spowodowane niechęcią do przebywania wśród dużych skupisk ludzi z powodu wirusa. Umożliwiło to obywatelom poruszanie się indywidualną formą transportu, w której nie mieli kontaktu z innymi. Ludzie odkryli dzięki temu, że jest to szybka forma transportu, która nie wytwarza zbędnych spalin do powietrza

i umożliwia szybki dostęp do trudno dostępnych miejsc w mieście. W stolicy naszego kraju jest to największe ułatwienie dla mieszkańców, ponieważ w godzinach szczytu idealnym rozwiązaniem jest przemieszczanie się mikromobilnym środkiem transportu po uliczkach Warszawy zamiast samochodem osobowym oraz jest to sposób na uniknięcie wytwarzania smogu, który stanowi problem w większych miastach [1, 3].

LITERATURA

1. Janczewski J., *Mikromobilność – wybrane problemy*, Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie, 2019, nr 1(28), Łódź, s. 129–142.
2. Janczewski J., *Mikromobilność w systemie transportowym miasta*, Akademia Humanistyczno-Ekonomiczna w Łodzi, Przedsiębiorczość – Edukacja, 2020, nr 16(1).
3. Janczewski J., *Rola przedsiębiorczości w edukacji oraz w rozwoju organizacji i układów przestrzennych*, Akademia Humanistyczno-Ekonomiczna w Łodzi, Wydział Techniki i Informatyki, Przedsiębiorczość – Edukacja, 2020, nr 16(1).
4. Kuzia M., *Shared mobility in Tri-city*, Proceedings 48th International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Managerial Issues in Modern Business", s. 254–262, Warszawa 2019.
5. Kuźma J., Połom M., Żukowska S., *Rozwój mobilności współdzielonej w Polsce na tle tendencji europejskich*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 2022, nr 25(1), s. 7–22.
6. Štraub D., Pistelok P., *Mobilność współdzielona – sposoby zarządzania hulajnogami elektrycznymi w miastach na prawach powiatu*, Ekspertyzy i opracowania badawcze Obserwatorium Polityki Miejskiej IRMiR, Instytut Rozwoju Miast i Regionów, Warszawa 2022.

Źródła internetowe

7. <http://eclf.bike/onewebmedia/> (dostęp 15.03.2024).
8. <https://autokult.pl/15012> (dostęp 20.04.2024).
9. <https://businessinsider.com.pl/motoryzacja/triggo-w-warszawie-rozpoznano-testy/bb90rxe> (dostęp 15.03.2024).
10. https://dziennikubezpieczeniowy.pl/2019/07/10/Eksperti_o_OC_dla_e-hulajnog/artikul/120692 (dostęp 20.04.2024).
11. <https://e.autokult.pl/34166,los-silnikow-spalinowych-jest-przesadzony-zostalo-im> (dostęp 22.03.2024).
12. <https://medium.com/micromobility/episode-2-what-is-micromobility-how-do-we-define-it-and-why-is-it-disruptive-4653ef260492> (dostęp 22.03.2024).
13. <https://micromobility.io/blog/2019/2/23/the-micromobility-definition> (dostęp 22.03.2024).
14. <https://moto.rp.pl/dwa-kolka/26297-jak-zostac-krolem-hulajnog> (dostęp 22.03.2024).
15. <https://moto.rp.pl/tu-i-teraz/29776-hulajnogi-i-auta-beda-jak-netflix-w-abonamencie> (dostęp 22.03.2024).
16. <https://regiony.rp.pl/trendy/6716-za-elektrycznymi-hulajnogami-nie-nadazaja-przepisy> (dostęp 20.04.2024).

17. <https://www.arslege.pl/szerokosc-pasow-ruchu/> (dostęp 15.03.2024).
18. <https://www.longboardy.pl/product-pol-8582Teslaboards-City-Cruiser.html> (dostęp 15.03.2024).
19. <http://www.newsauto.pl/mikro-mobilnosc-piec-rzeczy-ktore-warto-wiedziec/> (dostęp 22.03.2024).
20. <https://www.prawodrogowe.pl/informacje/kronika-legislacyjna/urzedzenia-transportu-osobistego-czekalismy-na-odpowiedz-resortu> (dostęp 15.03.2024).
21. <https://www.prawodrogowe.pl/informacje/kronika-legislacyjna/w-sprawie-definicji-urzedzenia-transportu-osobistego#komentarze> (dostęp 15.03.2024).
22. <https://www.smartage.pl/lexus-hoverboard-czyli-prawdziwa-deskolotka> (dostęp 15.03.2024).
23. <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/czy-na-mikromobilnosc-mozna-zarobic-bez-wspolpracy-z-miastem-61712.html> (dostęp 20.04.2024).
24. <https://wyborcza.pl/AkcjeSpecjalne/7,183959,30860465,mikromobilnosc-w-miastach-czy-rowery-i-e-hulajnogi-robia-roznice.html> (dostęp 20.04.2024).
25. www.trans.eu/pl/blog/branza-tsl/14-sposobow-na-korki (dostęp 15.03.2024).

SHARED MICROMOBILITY IN THE CITY: THE IMPACT OF BICYCLES AND SCOOTERS ON URBAN LOGISTICS

Shared micromobility refers to lightweight vehicles that can be used to move quickly and easily around the city. The low weight of lightweight vehicles makes it easier for us to move through hard-to-reach sections in the city and to negotiate narrow streets. Micromobile vehicles do not make noise and do not emit carbon dioxide, unlike public transportation vehicles. These vehicles include: scooters, bicycles, skateboards, mopeds. The purpose of the article is to identify the reasons for the development of shared micromobility and the benefits we gain from choosing these types of vehicles instead of public transportation, and how the aspect of micromobility vehicles is covered in Poland.

Keywords: *shared micromobility, vehicles, environment, shared micromobility categories, shared micromobility in Poland.*

Paulina Czaja, Blanka Boleska

Uniwersytet Morski w Gdyni

SMART PORT – FUNDAMENT NOWOCZESNEGO TRANSPORTU MORSKIEGO

Celem artykułu jest ukazanie znaczenia modelu smart port w kontekście rozwoju gospodarczego, środowiskowego i technologicznego. W artykule opisano kluczowe determinanty wprowadzenia inteligentnych rozwiązań w portach oraz analizę trzech wiodących smart ports na świecie: w Rotterdamie, Singapurze i Szanghaju. Omówiono również inicjatywy i projekty rozwijane w Polsce, takie jak "Port 4.0" i "Polski Port Przyszłości". Autorki artykułu skupiły się na korzyściach z rozwoju smart ports, jakimi są m.in. zwiększona efektywność operacyjna, konkurencyjność, poprawy bezpieczeństwa oraz ochrony środowiska.

Słowa kluczowe: *innowacje, smart port, transformacja portów, nowe technologie.*

WSTĘP

„Smart port to model zarządzania portem, w którym technologie informatyczne wykorzystywane są do zbierania i przetwarzania danych, dla podniesienia efektywności operacji logistycznych i zarządzania infrastrukturą portu” [6].

W dzisiejszym stale rozwijającym się świecie transport morski odgrywa kluczową rolę w globalnym handlu. Jego podstawą są porty, które aby sprostać stawianym im współczesnym wymaganiom, powinny w celu efektywnego zarządzania przepływem towarów wykorzystywać wszelkie innowacyjne technologie, z naciskiem na technologie informatyczne [1, 3, 4].

Według raportu Global Logic [14] tylko co piąty port korzysta obecnie z najnowszych technologii. Problem w modernizacji portów stanowi w głównej mierze ich złożona wielopłaszczyznowa struktura i wynikający z tego faktu czas potrzebny na wprowadzenie zmian. Innowacje, które na ten moment wystarczają, aby port uznać za inteligentny, są chwilowe, gdyż stale rozwijająca się technologia zmusza do ciągłego udoskonalania procesów zachodzących w portach [1, 4].

1. POJĘCIE „SMART PORT”

Inteligentny port jest to nowoczesny i zaawansowany technologicznie port, który wykorzystuje innowacyjne technologie i rozwiązania oparte na danych w celu zwiększenia swojej wydajności operacyjnej, bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju [1, 22].

Port inteligentny to port cyfrowy. „Inteligentny” oznacza bycie bardziej atrakcyjnym i innowacyjnym w znaczeniu konkurencyjnym. Porty inteligentne stanowią nową generację portów cyfrowych, które zostały zaprojektowane tak, aby były bardziej wydajne, zrównoważone i innowacyjne niż tradycyjne porty. Wykorzystują one zaawansowane technologie, takie jak sztuczna inteligencja, IoT, *big data*, *blockchain* i automatyzacja, aby usprawnić swoje działania i zmniejszyć wpływ na środowisko.

Jedną z kluczowych cech inteligentnych portów jest ich automatyzacja, która pozwala im działać 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu, przy niewielkim udziale człowieka. Zwiększa to wydajność i jednocześnie zmniejsza koszty pracy [1, 11].



Rys. 1. Średni dzienny wzrost liczby pasażerów [tys.]

Źródło: [11].

Nie ma powszechnie uzgodnionych ram, które pozwalałyby określić, czy port jest inteligentny czy nie. Termin „inteligentny port” obejmuje porty na wielu różnych poziomach rozwoju, dlatego można go postrzegać bardziej jako zakres, w którym znajdują się wszystkie porty, a nie konkretną definicję [19].

2. ZMIANY I TECHNOLOGIE STOSOWANE W SMART PORT

Na znaczenie portów morskich w gospodarce składa się wiele dokumentów. Najbardziej znany i rozpoznawalny jest raport *Global Marine Trends 2030*, opublikowany w 2013 roku, z którego wynika, że nawet w najmniej sprzyjających warunkach gospodarka morską będzie rozwijać się ze względu na istotną rolę w przemyśle [12, 18].

Wśród technologii wdrażanych w portach, realizujących koncepcję *smart port*, wyróżnia się wykorzystywanie źródeł energii i podnoszenie efektywności energetycznej. Dzięki elektryfikacji nabrzeży, która ogranicza emisję gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji, elektryfikacji urządzeń portowych, energooszczędnemu oświetleniu, czyli zastosowaniu przez *smart port* oświetlenia LED, zużywającego mniejsze ilości energii czy wykorzystaniu energii odnawialnej przez instalację paneli fotowoltaicznych lub turbin wiatrowych, porty dążą do zmniejszenia ingerencji w środowisko, jak i podniesienia komfortu życia ludziom zamieszkującym tereny obok portów [3, 4].

Dzięki wykorzystaniu Internetu Rzeczy w monitorowaniu infrastruktury portu i zarządzaniu nim w czasie rzeczywistym skraca się czas reakcji reagowania na ewentualne problemy i optymalizacje procesów. Oparte na Internecie systemy zarządzania ruchem statków pozwalają na zoptymalizowane planowanie przepływu statków w porcie, minimalizując zatoki i przeciwdziałając kolizjom. Systemy wykrywania incydentów, kamery monitoringu i systemy wczesnego ostrzegania umożliwiają szybką reakcję na potencjalne zagrożenia. Systemy monitorowania środowiska, oparte na IoT, umożliwiają śledzenie emisji, jakości powietrza i wody, co pozwala portom podejmować świadome decyzje, dotyczące ochrony środowiska. Inteligentne systemy bezpieczeństwa są kluczowe dla zapewnienia ochrony portów przed zagrożeniami [3].

3. ISTOTA KONCEPCJI SMART PORT

Wykorzystanie modelu *smart port* oraz technologii w nim stosowanych jest determinowane przez szereg czynników, które obejmują zarówno aspekty technologiczne, jak i społeczno-ekonomiczne. Wśród głównych determinantów znajdują się: rosnąca globalna wymiana handlowa, wzrost oczekiwań klientów w zakresie szybkości i niezawodności dostaw, potrzeba poprawy efektywności operacyjnej portów oraz rosnące wymagania, dotyczące zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska [3].

Pierwszym kluczowym determinantem jest rosnąca globalna wymiana handlowa. Wraz z rozwojem globalizacji i handlu międzynarodowego porty stają się istotnymi elementami w globalnych łańcuchach dostaw. Wzrasta zapotrzebowanie

na bardziej efektywne i wydajne porty, które są w stanie obsłużyć coraz większy przepływ towarów. Model *smart port* umożliwia zautomatyzowanie wielu procesów, co przyspiesza przepływ towarów, minimalizuje czas oczekiwania oraz poprawia ogólną wydajność operacyjną.

Kolejnym ważnym determinantem jest rosnąca presja ze strony klientów. W czasach *e-commerce* i szybkich dostaw oczekiwania klientów w zakresie szybkości, niezawodności i elastyczności dostaw stale rosną. *Smart port* może zaoferować usługi oparte na zaawansowanych technologiach, takich jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) i *blockchain*, które umożliwiają śledzenie ładunków w czasie rzeczywistym, optymalizację transportu oraz szybszą obsługę formalności celnych [3].

4. SMART PORT NA ŚWIECIE

Istnieje wiele portów na świecie, które wyznaczają nowe standardy w ramach inteligentnych technologii i innowacyjnych rozwiązań modelu *smart port*. Trzy z tych portów, które wyróżniają się najbardziej ze względu na skalę swojej działalności, jak i używanych technologii, są to port w Rotterdamie w Holandii, port w Singapurze oraz port w Szanghaju w Chinach.

4.1. Port w Rotterdamie

Rotterdam jest uznawany za jedno z najbardziej zaawansowanych centrów logistycznych na świecie. Jego model *smart port* opiera się na wykorzystaniu najnowocześniejszych technologii, takich jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) i *blockchain*. Port w Rotterdamie posiada zaawansowane systemy monitorowania, zarządzania ruchem statków oraz infrastrukturą portową, co pozwala zoptymalizować przepływ towarów i minimalizować wpływ na środowisko [17].

W 2019 roku rozpoczęła się w porcie eksploatacja systemu pod nazwą „*OnTrack*”, służąca do monitorowania pociągów towarowych wjeżdżających do i wyjeżdżających z holenderskiego portu. Aplikacja została przetestowana w ramach projektu „*HaRold*”. System został wdrożony w niemal wszystkich terminalach portu w Rotterdamie przez operatorów kolejowych współpracujących z nim i dostarczających ładunki.

Wykorzystanie systemu *OnTrack* integruje dane różnych podmiotów uczestniczących w łańcuchach dostaw, związanych z transportem kolejowym towarów, a następnie uzupełnia je inteligentnymi algorytmami, dotyczącymi procesów. Dzięki komunikacji wszyscy partnerzy mogą lepiej reagować na odchylenia od planowanych czasów operacji, co pozwala na optymalizację pracy oraz lepsze wykorzystanie możliwości przeładunkowych terminalu. Natomiast użytkownicy dzięki aplikacji mogą uzyskać dokładne informacje na temat lokalizacji, miejsca

docelowego, rzeczywistego czasu przyjazdu i wyjazdu. Aplikacja jest doskonałym przykładem na nowe technologie wdrażane w porcie Rotterdam, który dąży do stania się najinteligentniejszym portem na świecie [17].

4.2. Port w Singapurze

Port w Singapurze wykorzystuje zaawansowane technologie informatyczne, aby zoptymalizować zarządzanie ruchem statków, monitorować przepływ towarów oraz poprawić efektywność operacyjną. Systemy automatyzacji, telematyki i analizy danych są szeroko stosowane w celu usprawnienia procesów logistycznych i zapewnienia szybkiej obsługi statków. Ponadto Singapur kontynuuje inwestycje w innowacje ekologiczne, takie jak zastosowanie energii odnawialnej i elektryfikacja infrastruktury portowej [9].

Kenneth Lim, zastępca szefa dyrektora wykonawczego Zarządu Morskiego Portu Singapur (MPA) wyróżnił wykorzystanie pozycji Singapuru jako globalnego portu przesiadkowego i wiodącego międzynarodowego centrum morskiego, dzięki technologiom, cyfryzacji i innowacjom wdrażanym w porcie.

Wykorzystując mocne strony portu, Singapur stał się wiodącym międzynarodowym centrum morskim, siedzibą zróżnicowanej grupy przedsiębiorstw żeglugowych, świadczących szerokie spektrum usług morskich, takich jak zarządzanie statkami, agencja statkowa, pośrednictwo, finanse, ubezpieczenia, usługi prawne oraz arbitraż, badania i rozwój [9].

4.3. Port w Szanghaju

Szanghaj jest jednym z najbardziej ruchliwych portów na świecie, a jego model *smart* obejmuje zaawansowane systemy zarządzania ruchem statków, monitorowania ekologicznego oraz analizy danych. Wykorzystując sztuczną inteligencję i Internet Rzeczy, port w Szanghaju może skutecznie planować ruch statków, zminimalizować zatory oraz zwiększać efektywność operacyjną. Ponadto Szanghaj inwestuje w rozwój infrastruktury ekologicznej i technologii, aby ograniczyć negatywny wpływ portu na środowisko.

Jednym z najbardziej interesujących aspektów inteligentnych technologii, wykorzystywanych w porcie szanghajskim, jest zastosowanie systemów AI do przewidywania przepływu statków oraz optymalizacji operacji portowych. Dzięki analizie danych historycznych, aktualnych warunków pogodowych, prognoz i innych czynników systemy AI są w stanie przewidywać przepływ statków i zaplanować operacje portowe w sposób bardziej efektywny i elastyczny [23].

Port ten stosuje zaawansowane czujniki IoT do monitorowania jakości powietrza, jakości wody oraz emisji zanieczyszczeń [23].

Wskazane wyżej trzy porty stanowią przykłady światowej klasy *smart ports*, które wykorzystują najnowocześniejsze technologie, aby zapewnić efektywną,

zrównoważoną i innowacyjną działalność portową. Ich model *smart* nie tylko poprawia wydajność operacyjną, ale także przyczynia się do ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju sektora portowego.

5. SMART PORT W POLSCE

Porty w Szczecinie, Gdyni i Gdańsku są kluczowymi portami morskimi na polskim wybrzeżu Bałtyku, które stale wdrażają innowacje i zaawansowane technologie w celu poprawy swojej efektywności operacyjnej, bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju [12].

Port Gdańsk, zlokalizowany w strategicznym punkcie na Bałtyku, od lat podejmuje działania w kierunku unowocześniania. Ostatnio skupiono się na modernizacji i automatyzacji operacji przeładunkowych, co przyczyniło się do zwiększenia przepustowości i skrócenia czasu postoju statków, tym samym zostając w 2023 roku portem o największej ilości przeładunków. Tak jak pozostałe porty, dążące do koncepcji *smart port*, koncentruje się na problemach związanych z ochroną środowiska [20].

Tabela 1

Przeładunki w największych polskich portach morskich w latach 2018–2023 [tys. ton]

Port	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Zmiana 2023/22 [%]
Port Gdański	49 032	52 154	48 038	53 213	68 220	80 957	18,67
Port Gdynia	23 492	23 957	24 662	26 692	28 197	29 399	5,25
Port Szczecin-Świnoujście	28 315	32 175	31 178	33 220	36 810	35 323	-4,04
Łącznie	100 838	108 286	103 878	113 125	133 227	145 678	9,56

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu: *Wzrosty w polskich portach w pierwszej połowie 2022 r.* [15].

Port Szczecin-Świnoujście, będący największym portem pod względem powierzchni na polskim wybrzeżu Bałtyku, stara się dostosować do poziomu inteligentnych portów.

W 2023 roku rozpoczęto inwestycję o wartości prawie 233 mln zł, której celem jest podniesienie konkurencyjności portu w Szczecinie poprzez zwiększenie dostępu dla morskich statków handlowych o większym tonażu niż obecnie. Po zakończeniu inwestycji do portu w Szczecinie będą mogły zawijać jednostki z ładunkiem 45–50 tys. ton na burcie i zanurzeniem 11 m [24].

Port Gdynia, trzeci co do wielkości przeładunków w 2023 roku port w Polsce, również intensywnie rozwija się w kierunku inteligentnego portu [2]. Jednym z najbardziej innowacyjnych projektów w ostatnich latach było wprowadzenie systemu inteligentnego zarządzania transportem kontenerów, który umożliwi szybszą i bardziej efektywną obsługę ładunków. Ponadto port Gdynia aktywnie angażuje się w projekty związane z ochroną środowiska, takie jak elektryfikacja infrastruktury portowej oraz ograniczanie emisji zanieczyszczeń. Port posiada najnowocześniejsze mechanizmy do kierowania statkami na całym świecie. System, którym dysponuje – GBAS-RTK – został zastosowany po raz pierwszy w 2019 roku, zwiększa bezpieczeństwo żeglugi oraz wspiera kapitanów i pilotów na największych jednostkach podczas wykonywania manewrów na wodzie czy przy trudnych warunkach pogodowych, dzięki dokładności pomiarów co do centymetra [7, 21].

6. INICJATYWY I PROJEKTY

W Polsce coraz większą uwagę poświęca się wprowadzeniu inteligentnych rozwiązań w portach morskich, aby zwiększyć ich efektywność operacyjną, konkurencyjność oraz zrównoważony rozwój. Zarówno rządowe programy, jak i inicjatywy sektora prywatnego odgrywają kluczową rolę w promowaniu innowacji w polskich portach takich jak Gdańsk, Gdynia i Szczecin.

Z tą myślą powstał polski rządowy program „Port 4.0”, który został wprowadzony w celu udoskonalenia jak i unowocześnienia polskich portów. Ma on na celu wzrost konkurencyjności portów, podniesienie ich wydajności i zoptymalizowanie działalności. Program ten obejmuje zmodernizowanie infrastruktury portowej, wprowadzenie nowych i bardziej wydajnych systemów zarządzania ruchem statków oraz wypromowanie innowacji w świecie polskich portów [16].

„Polski Port Przyszłości” to kolejna inicjatywa, która koncentruje się na rozwoju inteligentnych rozwiązań w polskich portach, w tym w Gdańsku, Gdyni i Szczecinie. Program ten ma na celu promowanie innowacyjnych technologii, takich jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) i *blockchain*. Inicjatywa ta obejmuje również wsparcie dla projektów badawczo-rozwojowych oraz współpracę międzynarodową w zakresie inteligentnych portów.

Przedsiębiorstwa zajmujące się logistyką, transportem i technologią aktywnie współpracują z portami, aby wprowadzać zaawansowane systemy zarządzania logistyką, monitorowania ruchu statków oraz automatyzacji operacji portowych. Przykładowo wprowadzenie systemów telematycznych w obszarze logistyki kontenerowej oraz rozwój aplikacji mobilnych dla klientów są często inicjatywami podejmowanymi przez sektor prywatny, które mają na celu zwiększenie efektywności i konkurencyjności portów.

Współpraca między sektorem publicznym a prywatnym oraz inwestycje w innowacje i technologie są kluczowe dla rozwoju inteligentnych portów w Polsce. Działania podejmowane w ramach programów rządowych, takich jak „Port 4.0” i „Polski Port Przyszłości”, oraz inicjatywy sektora prywatnego prowadzą do stworzenia nowoczesnych, zrównoważonych i konkurencyjnych portów, które mogą efektywnie obsługiwać rosnący ruch towarów i statków morskich. Polskie porty ze względu na swoje strategiczne położenie na mapie Europy, posiadają duży potencjał rozwoju koncepcji *smart port*, co może przyczynić się do zwiększenia konkurencyjności i atrakcyjności dla inwestorów [16].

7. KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z ROZWOJU KONCEPCJI SMART PORT

Rozwój omawianej koncepcji przynosi wiele korzyści, zarówno dla samych portów, jak i dla społeczeństwa oraz gospodarki. Poniżej przedstawiono kilka głównych korzyści, wynikających z wprowadzenia inteligentnych rozwiązań w portach:

- Zwiększona efektywność operacyjna. *Smart port* wykorzystuje zaawansowane technologie, takie jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) i automatyzacja, aby zoptymalizować procesy operacyjne. Dzięki temu możliwe są szybsze przeładunki, lepsze zarządzanie ruchem statków oraz bardziej efektywne wykorzystanie zasobów portowych.
- Zwiększenie konkurencyjności, inteligentne rozwiązania pozwalają bowiem portom zwiększyć swoją konkurencyjność na rynku globalnym poprzez poprawę efektywności, szybkości i niezawodności obsługi towarów. *Smart ports* są bardziej atrakcyjne dla armatorów i przewoźników, co przyczynia się do zwiększenia ruchu towarowego i generowania większych przychodów.
- Systemy monitorowania oraz zarządzania ruchem statków pomagają w zapewnieniu bezpieczeństwa zarówno na morzu, jak i na terenie portu. Inteligentne rozwiązania pozwalają szybciej reagować na zagrożenia oraz minimalizować ryzyko wypadków i incydentów.

Porty, realizujące koncepcję *smart*, stosują rozwiązania przyjazne dla środowiska, takie jak elektryfikacja floty, wykorzystanie energii odnawialnej oraz monitorowanie emisji zanieczyszczeń. Dzięki temu możliwe jest zmniejszenie negatywnego wpływu portów na środowisko naturalne oraz walka ze zmianami klimatycznymi [13].

Inwestycje w inteligentne rozwiązania stymulują rozwój innowacji i technologii, zarówno w sektorze portowym, jak i w innych dziedzinach. Dzięki temu możliwe jest tworzenie nowych miejsc pracy, rozwój lokalnego przemysłu technologicznego oraz zwiększenie konkurencyjności całej gospodarki.

8. WYZWANIA I PRZYSZŁOŚĆ SMART PORT

Jedną z ważniejszych kwestii jest bezpieczeństwo cybernetyczne, a złożone sieci inteligentnych urządzeń w *smart ports* mogą stanowić potencjalne cele dla ataków cybernetycznych. Zabezpieczenie systemów przed cyberzagrożeniami staje się zatem priorytetem, aby zapewnić integralność danych, bezpieczeństwo operacji portowych i ochronę infrastruktury krytycznej [6, 13].

Kolejnym wyzwaniem jest wprowadzenie w inteligentnych portach różnorodnych systemów i technologii, które mogą prowadzić do problemów z integracją i kompatybilnością między nimi [6].

Kwalifikacje i szkolenia pracowników nie są problemem, ale stanowią wyzwanie dla branży portowej. Wraz z wprowadzaniem nowych technologii pracownicy portowi muszą być odpowiednio przeszkoleni, aby efektywnie korzystać z inteligentnych systemów oraz radzić sobie z nowymi wyzwaniami i zagrożeniami. Konieczne jest inwestowanie w szkolenia i rozwój kompetencji pracowników portowych [13].

PODSUMOWANIE

Nawet w warunkach niesprzyjających gospodarka morska będzie stale się rozwijać, a inteligentne porty odgrywają kluczową rolę w tym procesie, skupiając się na wykorzystaniu nowoczesnych technologii, takich jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) czy *blockchain*, ułatwiając poprawę efektywności operacyjnej, zwiększenie konkurencyjności i zminimalizowanie negatywnego wpływu na środowisko. Elektryfikacja, automatyzacja procesów, monitorowanie środowiska oraz integracja różnych systemów stanowią sposoby na dążenie do modernizacji i zautomatyzowania portów. Przykłady *smart port* na świecie, takie jak Rotterdam w Holandii, Singapur czy Szanghaj w Chinach, pokazują, jak zaawansowane technologie mogą przekształcić funkcjonowanie portów, zwiększając ich efektywność i konkurencyjność.

W Polsce porty w Szczecinie – Świnoujściu, Gdyni i Gdańsku również dążą do adaptacji nowoczesnych rozwiązań. Wdrażanie inteligentnych rozwiązań w polskich portach wymaga współpracy sektora publicznego i prywatnego, inwestycji w innowacje oraz dostosowania się do standardów i wymogów zrównoważonego rozwoju. Rządowe programy, takie jak „Port 4.0” i „Polski Port Przyszłości”, oraz inicjatywy sektora prywatnego mają na celu stworzenie nowoczesnych, konkurencyjnych i zrównoważonych portów. Korzyści płynące z rozwoju *smart port* obejmują zwiększoną efektywność operacyjną, poprawę konkurencyjności, większe bezpieczeństwo, ochronę środowiska, pozwalają zoptymalizować łańcuch dostaw oraz rozwój innowacji i technologii. Jednakże istnieją także wyzwania, takie jak

cyberbezpieczeństwo, integracja systemów, ochrona danych czy zapewnienie odpowiedniego szkolenia pracowników. W przyszłości inteligentne porty będą musiały nadal dostosowywać się do zmieniających się potrzeb i trendów, inwestując w nowe technologie i innowacje, zachowując przy tym równowagę między efektywnością operacyjną, konkurencyjnością a zrównoważonym rozwojem.

LITERATURA

1. Belmoukari B., Audy J.-F., Forget P., *Smart port: a systematic literature review*, European Transport Research Review, 2023, vol. 15, nr 4.
2. Chen J., Xue K., Ye J., Huang T., Tian Y., Hua C., Zhu Y., *Simplified neutrosophic exponential similarity measures for evaluation of smart port development*. *Symmetry*, 2019.
3. Karaś A., *Smart port as a key to the future development of modern ports*, TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 2020.
4. Thi Yen Pham, *A smart port development: Systematic literature and bibliometric analysis*, The Asian Journal of Shipping and Logistics, 2023, vol. 39, nr 3, s. 57–62.
5. Wang K., Hu Q., Zhou M., Zun Z., Qian X., *Multi-aspect applications and development challenges of digital twin-driven management in global smart ports*, Case Studies on Transport Policy, 2021, s. 1298–1312.

Źródła internetowe

6. <https://hydrobim.pl/smart-port-kiedy-port-jest-inteligentny/> (dostęp 22.04.2024).
7. <https://intermodalnews.pl/2021/05/24/smart-port-gdynia-innowacja-na-skale-swiatowa/> (dostęp 22.04.2024).
8. <https://24kurier.pl/akcje-kuriera/kurier-morski/db-port-szczecin-wprowadza-pionierskie-rozwiazania-w-porcje-w-szczecinie/> (dostęp 22.04.2024).
9. <https://new.abb.com/news/detail/78949/smart-port-smart-nation-singapore-builds-on-spectrum-of-strengths> (dostęp 22.04.2024).
10. <https://pl.linkedin.com/pulse/raport-wzrosty-w-polskich-portach-pierwszej-po%C5%82owie-2022-r->.
11. <https://sinay.ai/en/maritime-glossary/smart-port/> (dostęp 22.04.2024).
12. https://smart.gov.pl/images/aktualnosci/Inteligentne-technologie-morskie_MG_final.pdf (dostęp 22.04.2024).
13. <https://www2.deloitte.com/pl/pl/pages/Przemysl-morski-i-stoczniowy/Articles/smart-port.html>.
14. <https://www.globallogic.com/pl/insights/blogs/smart-port/> (dostęp 22.04.2024).
15. <https://www.google.com/url?q=https://polska-morska.pl/2024/02/21/wyniki-dzialalnosci-polskich-portow-morskich-w-2023-roku/&sa=D&source=docs&ust=1718047032598650&usg=AOvVaw0wLEVlaWW8AjvbrcfMVZTZ>.
16. <https://www.gospodarkamorska.pl/porty-polskie-wizja-rozwoju-polsce-potrzebny-port-40-wspierajacy-reeksport-6057/> (dostęp 28.04.2024).
17. <https://www.logistyka.net.pl/aktualnosci/item/89974-inteligentny-port>.
18. <https://www.lr.org/en/knowledge/research-reports/gmt-2030/> (dostęp 22.04.2024).

19. <https://www.niras.com/sectors/ports-and-marine/smart-and-green-ports/what-is-a-smart-port/> (dostęp 22.04.2024).
20. <https://www.portgdansk.pl/port/inwestycje-i-rozwoj/> (dostęp 22.04.2024).
21. <https://www.port.gdynia.pl/rozwojowe/> (dostęp 22.04.2024).
22. <https://www.porttechnology.org/news/what-is-a-smart-port-2/> (dostęp 22.04.2024).
23. <https://www.shiphub.co/port-of-shanghai/> (dostęp 28.04.2024).
24. <https://www.wnp.pl/logistyka/wazna-inwestycja-w-porcie-szczecin-coraz-bardziej-zaawansowana,691243.html> (dostęp 22.04.2024).

SMART PORT – THE FOUNDATION OF MODERN MARITIME TRANSPORT

The purpose of the article is to show the importance of the Smart Port model in the context of economic, environmental and technological development. The article describes the key determinants of the introduction of smart solutions in ports and an analysis of three leading Smart Ports in the world: in Rotterdam, Singapore and Shanghai. Initiatives and projects being developed in Poland, such as "Port 4.0" and "Polish Port of the Future," were also discussed. The authors of the article focused on the benefits of smart port development which include increased operational efficiency, competitiveness, improved safety and environmental protection.

Keywords: *innovation, smart port, new technologies, maritime transportation.*

Jakub Florczykiewicz

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

PRIORYTET DLA KOMUNIKACJI TRAMWAJOWEJ – ELEMENT NOWOCZESNEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA MIASTEM

W artykule przedstawiono proces wprowadzania priorytetu dla komunikacji tramwajowej w ruchu drogowym. W związku z tym celem artykułu jest wskazanie elementów potrzebnych do jego implementacji, jak również zaprezentowanie podstawowej metody weryfikacji poprawności jego działania, jaką jest stworzenie modelu mikrosymulacyjnego dla wybranego miejsca w systemie transportowym, oraz ocena poszczególnych wariantów z priorytetem bezwzględnym, względnym oraz dla skrzyżowania z sygnalizacją staloczasową.

Słowa kluczowe: system transportowy, transport zbiorowy, priorytet tramwajowy, detekcja, model mikrosymulacyjny.

WSTĘP

Prawidłowe zrozumienie potrzeby wprowadzania systemu priorytetu dla transportu tramwajowego w miastach w Polsce wymaga odniesienia się do kluczowych zjawisk, których występowanie obliuguje jego sukcesywną implementację w nowych lokalizacjach. Zjawiskami tymi w głównej mierze są [5]:

- stały wzrost wskaźnika motoryzacji;
- wzrost udziału podróży transportem prywatnym samochodowym;
- narastające zatłoczenie komunikacyjne.

Powyższe punkty są częścią ciągu zdarzeń, mających negatywny wpływ na układ komunikacyjny miast oraz płynność podróży, realizowanych przez użytkowników tego systemu. W związku z tym istotnym zadaniem jest sukcesywnie wprowadzanie sprawnie działającego transportu szynowego w miastach w taki sposób, aby system komunikacyjny nie ulegał przesyleniu. Rozwój transportu szynowego stanowi warunek konieczny do prawidłowego rozwoju gospodarki, a rozwój gospodarki zależy od rozwoju transportu, dlatego zaburzenie jego działania odbija się negatywnie również na innych sektorach gospodarki [6].

Wprowadzenie systemu priorytetyzacji przejazdów dla komunikacji szynowej tramwajowej w miastach, posiadających sieć tramwajową, powoduje, że atrakcyjność tego środka transportu wzrasta, przede wszystkim dzięki poprawie

parametrów funkcjonalnych systemu. W konsekwencji dochodzi do zjawiska coraz częstszego wykorzystywania środków publicznego transportu zbiorowego przez mieszkańców miast, a co za tym idzie, spadku liczby osób korzystających z prywatnego transportu.

Priorytet taki wprowadza się po uprzednim wykonaniu analiz mikrosymulacyjnych dla konkretnych skrzyżowań lub odcinków analizowanych, w których skład wchodzi grupa kilku skrzyżowań. Jest to konieczne, ponieważ cel, jakim jest upłynnienie przejazdu transportu szynowego, nie oznacza bezkrytycznego budowania tego systemu na każdym skrzyżowaniu [13].

Paradoksalnie, stosowanie priorytetu bez weryfikacji poprzez analizy doprowadza do pogorszenia warunków ruchowych, a w konsekwencji zmierza do wzmożonych konfliktów społecznych pomiędzy poszczególnymi użytkownikami transportu zbiorowego i prywatnego.

1. POWODY WPROWADZANIA PRIORYTETU TRAMWAJOWEGO

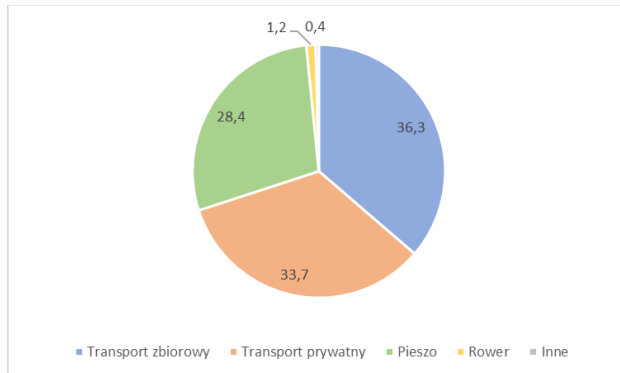
Nowoczesne zarządzanie miastem pod kątem transportowym jest możliwe dzięki stałej weryfikacji rozwiązań oraz wprowadzaniu drobnych ulepszeń, czy nawet gruntownych zmian. Każde miasto w Polsce kreuje własną specyfikę transportu, jednak liczne grono występujących negatywnych zjawisk znane jest w większości z nich.

W 2022 roku brytyjska firma przeprowadziła badania na temat poziomu zatłoczenia komunikacyjnego w miastach na świecie [12].

Na liście rankingowej w pierwszych 30 pozycjach znalazło się 6 miast z Polski. Pokazuje to, iż występuje problem ze zdecydowanym zatłoczeniem komunikacyjnym. Jednym z powodów takiego stanu rzeczy jest z pewnością stale wzrastający wskaźnik motoryzacji. Jest to liczba zarejestrowanych samochodów, jaka przypada na każde 1000 mieszkańców. W Polsce wynik ten osiąga wartość 687 samochodów i jest najwyższy w całej Unii Europejskiej oraz nadal wzrasta [13].

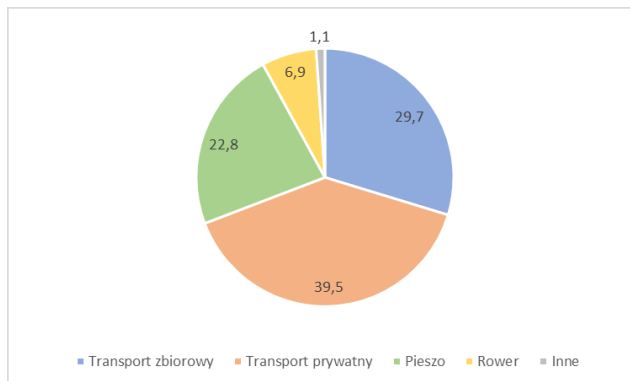
W efekcie następuje wzrost udziału podróży transportem prywatnym samochodowym, co wykazano w przeprowadzonych w Krakowie w 2013 roku kompleksowych badaniach ruchu i „małych” kompleksowych badaniach ruchu w 2018 roku.

Wyniki podziału zadań przewozowych zostały zaprezentowane na rysunkach 1 i 2 poniżej.



Rys. 1. Podział zadań przewozowych w Krakowie w 2013 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [14].



Rys. 2. Podział zadań przewozowych w Krakowie w 2018 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [14].

Wyniki te wskazują jednoznacznie, iż na przestrzeni 5 lat nastąpił spadek udziału osób korzystających z transportu zbiorowego z 36,3% na 29,7%, a równocześnie wzrost transportu prywatnego z 33,7% do 39,5%. Gdyby spojrzeć na badania KBR z 2003 roku, to udział podróży realizowanych transportem zbiorowym osiąga wartość 42,8%. Występuje tutaj zdecydowany trend spadkowy.

W związku z tym rozwój transportu szynowego tramwajowego w miastach poprzez zwiększenie jego niezawodności oraz upłynnienia przejazdu w niewralgicznych punktach jest metodą, która skutecznie zachęci do korzystania z transportu szynowego. Szybsze dotarcie do celu oznacza więcej czasu zaoszczędzonego, a ono jest możliwe dzięki wprowadzeniu priorytetu dla tego środka transportu.

2. SPOSOBY DETEKCJI W TRANSPORCIE TRAMWAJOWYM

Priorytet w komunikacji tramwajowej może być uzyskany dzięki wykryciu pojazdu zbliżającego się do danego skrzyżowania lub będącego przy jego tarczy. W tym celu stosuje się odpowiednie systemy detekcji, które mają ułatwić wykrycie takiego pojazdu [1]. Wśród najczęściej stosowanych rozwiązań, odnoszących się do systemu detekcji, znajdują się:

- detekcja indukcyjna;
- wideodetekcja;
- detekcja radiowa;
- detekcja GPS.

Każde z powyższych posiada swoje wady, jak i zalety. W dzisiejszych czasach najważniejszymi wymaganiami, stawianymi systemom detekcji pojazdów, są: prostota wdrożenia, niska cena, odpowiednio wczesne wykrycie pojazdu, niezawodność i trwałość elementów systemu oraz możliwość pomiaru wielu zmiennych [3].

2.1. Detekcja indukcyjna

Detekcja indukcyjna stanowi jedną z najpopularniejszych metod detekcji pojazdów na sieciach tramwajowych w Polsce. Jednakże najczęściej stosowana jest jako drugi wspomagający typ detekcji, zaraz za detekcją radiową.

Na poniższym rysunku pokazano wygląd pętli indukcyjnej na jednym z krakowskich torowisk (rys. 3). Zasada wykrycia przejeżdżającego pojazdu opiera się na zaburzeniu pola magnetycznego poprzez metalowe części mechaniczne pojazdu. Dzięki temu sterowniki systemu nadawania priorytetu informowane są o pojawieniu się tramwaju w konkretnym miejscu, a jego uruchomienie się następuje od razu lub w określonym czasie w zależności od ustawionego offsetu, czyli przesunięcia nadania priorytetu.



Rys. 3. Pętla indukcyjna jako detektor dla tramwajów

Źródło: opracowanie własne na podstawie [16].

2.2. Wideodetekcja

Kolejną metodą detekcji jest wideodetekcja, czyli wykorzystanie specjalnych kamer w celu wykrywania danych obiektów. Kamery te montowane są najczęściej na każdym z wlotów skrzyżowań, dzięki czemu możliwa jest stała kontrola sytuacji ruchowej. Ponadto umożliwia ona zbieranie danych, dotyczących struktury rodzajowej ruchu, prędkości pojazdów, analizy zajętości buspasów. Dodatkowo istnieje możliwość określania rozmiaru pojazdu, czasu przebywania pojazdu w jednym miejscu (czas postoju na przystanku), kierunku ruchu, a także wykrywania pojazdów uprzywilejowanych [3, 7].

Na rysunku 4 przedstawiono przykładowe kamery wideodetektorów dla ruchu samochodowego, zamontowane przy wysięgnikach na sygnalizatory świetlne.



Rys. 4. Kamery wideodetekcji przy Rondzie Nowaka-Jeziorańskiego w Poznaniu

Źródło: opracowanie własne.

2.3. Detekcja radiowa i poprzez GPS

Podstawowym sposobem detekcji dla komunikacji tramwajowej jest detekcja radiowa. Daje ona większe możliwości w stosunku do detekcji indukcyjnej, ponieważ umożliwia przesyłanie licznych informacji z pojazdów do dyspozytorni ruchu, jak również do lokalnych sterowników sygnalizacji świetlnej. Zaletą tego sposobu detekcji jest też możliwość wykrycia pojazdu, który ma zostać priorytetyzowany, w grupie innych pojazdów, co jest utrudnione przy detekcji indukcyjnej i wideodetekcji.

Dodatkowo sterowniki systemu pozwalają na wcześniejsze wykrycie tramwaju i ustawienie odpowiedniej fazy sygnalizacji w momencie dojazdu tramwaju do tarczy skrzyżowania, przez co przejazd trwa jak najkrócej. Jest to najprostsza

definicja działania systemu priorytetu bezwzględnego. Wadą tego sposobu jest konieczność wyposażenia każdego pojazdu w specjalistyczne urządzenia – autokomputery i anteny radiowe, dzięki którym będzie możliwe wykrycie pojazdu [2].

Detekcja za pomocą sygnału GPS opiera się na podobnej zasadzie działania, co detekcja radiowa. Jednakże w jej przypadku zamiast sygnału radiowego wykorzystywany jest sygnał GPS. Każdy pojazd również wymaga zaopatrzenia w specjalne nadajniki.

Metoda ta ma jednak wyraźną wadę w stosunku do detekcji radiowej, ze względu na możliwe zaniki sygnału GPS w tunelach, przez co pojazd w tym czasie staje się niewidoczny w systemie. Natomiast istotną zaletą jest możliwość dokładnej lokalizacji pojazdu tramwajowego w każdym innym miejscu poza tunelem.

Żaden z wyżej wymienionych systemów nie zapewnia stałej kontroli pojazdu i analizy położenia czy czasów przejazdów między przystankami, a to również ma istotny wpływ na budowanie systemu priorytetu dla komunikacji tramwajowej.

2.4. Priorytet względny i bezwzględny

Usprawnienie ruchu pojazdów na skrzyżowaniach może odbywać się poprzez zastosowanie priorytetu względnego oraz bezwzględnego. Oba typy charakteryzują się odmiennymi zasadami wprowadzania i funkcjonowania.

Priorytet względny uzyskuje się dwoma głównymi sposobami przy założeniu występowania sygnalizacji akomodacyjnej na danym skrzyżowaniu:

- włączenie dodatkowej fazy w cyklu sygnalizacji akomodacyjnej po wykryciu pojazdu zbliżającego się lub oczekującego na przejazd;
- maksymalne skrócenie czasów poszczególnych faz tak, aby w jak najkrótszym czasie włączyć fazę zawierającą przejazd grupy tramwajowej.

Natomiast priorytet bezwzględny polega przede wszystkim na pomijaniu faz odpowiednich grup sygnalizacyjnych podporządkowanych. Dzieje się to w momencie wykrycia przez detektory nadjeżdżającego pojazdu. W tym przypadku system detekcji opiera się na detekcji radiowej lub pętłach indukcyjnych, umieszczonych w odpowiednim dystansie przed sygnalizatorem zezwalającym na wjazd. Jest to konieczne, ponieważ system wymaga odpowiedniej ilości czasu na zmianę fazy oraz odczekania wymaganego czasu międzyzielonego.

Należy pamiętać, że typ priorytetu jest dobierany na podstawie uprzednio wykonanych specjalistycznych analiz mikrosymulacyjnych, które w jasny sposób przedstawiają wyniki dla danych wariantów.

3. ANALIZY MIKROSYMULACYJNE

3.1. Przygotowanie modelu

Model mikrosymulacyjny w ujęciu transportowym z definicji oznacza model, który dokładnie i precyzyjnie określa warunki ruchowe w konkretnym miejscu sieci układu transportowego. Tworzony jest m.in. w celu przeprowadzenia analiz przepustowości, zbadania jakości programu sygnalizacji świetlnej czy oceny ogólnych warunków ruchu na wskazanym skrzyżowaniu lub odcinku sieci komunikacyjnej [9].

W modelu mikrosymulacyjnym w odróżnieniu od makrosymulacyjnego nacisk kładzie się na elementy szczegółowe, takie jak: szerokość pasów ruchu, promienie skrętów, dokładne długości przystanków komunikacji zbiorowej, lokalizacja sygnalizatorów świetlnych czy nawet ewentualnie występujące zdarzenia losowe w obrębie obszaru analizy [11].

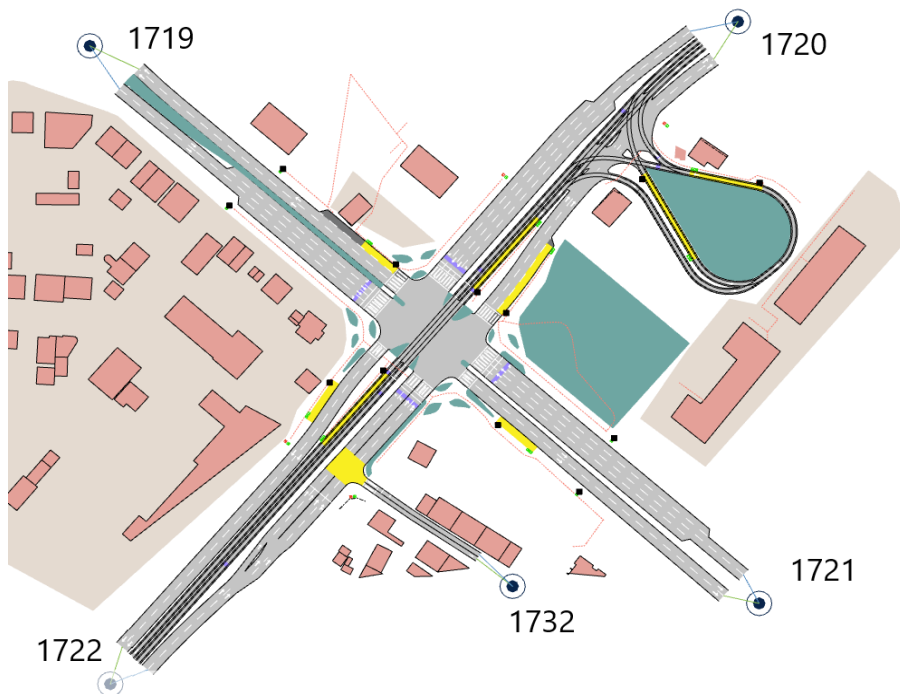
Celem analizy mikrosymulacyjnej w tym przypadku jest określenie efektów wprowadzenia priorytetu dla komunikacji tramwajowej oraz porównanie sytuacji ruchowej dla ruchu transportu zbiorowego i prywatnego samochodowego. Wnioski te mają posłużyć do oceny potrzeby wprowadzenia priorytetu na danym skrzyżowaniu. Jako obiekt badawczy zostało wybrane skrzyżowanie znajdujące się w dzielnicy III Prądnik Czerwony w Krakowie. Krzyżują się tam cztery ulice: Meissnera, Jana Pawła II, Mogilska oraz Lema, a więc jest to skrzyżowanie czterowlotowe.

W dalszej części analiza została podzielona na kilka etapów. Są to [10]:

- odwzorowanie geometrii układu;
- zdefiniowanie zasad i organizacji ruchu;
- wprowadzenie danych z pomiarów ruchu;
- uwzględnienie transportu zbiorowego w ruchu;
- kalibracja i walidacja modelu.

W pierwszym etapie budowy modelu konieczne jest przeniesienie obecnie istniejącego układu sieci drogowej i torowiska tramwajowego do specjalnego programu mikrosymulacyjnego. W przypadku tej analizy jest nim Aimsun Next 22. Geometria całego obszaru skrzyżowania, czyli m.in. jezdni, chodników czy wysp rozdzielających, jest określana na podstawie podkładów mapowych. Prezentuje to rysunek 5 poniżej. Uwzględniane są tu:

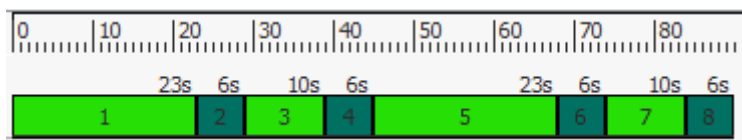
- szerokość i liczba pasów ruchu;
- promienie łuków skrętnych;
- pochylenia podłużne niwelety.



Rys. 5. Zaprojektowany model geometryczny skrzyżowania

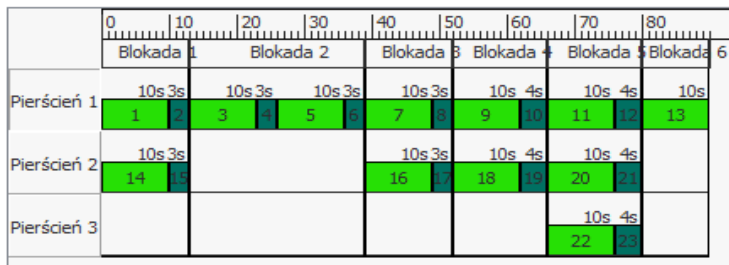
Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu Aimsun Next 22.

Kolejny etap zakłada wprowadzenie zasad organizacji ruchu drogowego. Ustala się warunki przejazdu przez skrzyżowania na podstawie zasad pierwszeństwa lub wprowadzane są odpowiednie programy sygnalizacji świetlnej sterującej ruchem na skrzyżowaniu [4]. Program sygnalizacji świetlnej został pozyskany z bazy Wydziału Miejskiego Inżyniera Ruchu Urzędu Miasta Krakowa w ramach dostępu do informacji publicznej. Występuje tutaj sygnalizacja akomodacyjna z bezwzględnym priorytetem dla przejazdów tramwajów. Na potrzeby analizy została również zaprojektowana i dodana do listy sygnalizacja stałoczasowa, obliczana metodą kanadyjską bez priorytetu tramwajowego (rys. 6) oraz akomodacyjna ze względnym priorytetem, z wywołaniem faz poprzez detektory.



Rys. 6. Program stałoczasowej sygnalizacji świetlnej w programie Aimsun Next 22

Program sygnalizacji został przedstawiony na rysunku 7. Jasnozielone pola oznaczają daną fazę, natomiast pola ciemnozielone – czas międzyzielony dostosowany do czasu ewakuacji. Do modelu dodawane są również detektory wykrywające pojazdy samochodowe, jak również tramwaje.



Rys. 7. Program akomodacyjnej sygnalizacji świetlnej w programie Aimsun Next 22

Źródło: opracowanie własne na podstawie [8].

Następnie wprowadzane są dane, zebrane w czasie pomiarów ruchu, które uwzględniają natężenie ruchu na skrzyżowaniu, strukturę rodzajową i kierunkową pojazdów. Dane pomiarowe można uzyskać na kilka następujących sposobów:

- dane zebrane przez pomiarowców, mierzone w godzinach szczytu;
- dane z wideodetektorów montowanych przy skrzyżowaniach;
- dane zaczerpnięte z projektu sygnalizacji świetlnej.

Ruch wprowadzany jest do modelu poprzez centroidy oznaczone na rysunku 5 numerami: 1719, 1720, 1721, 1722, 1732. Następnie tworzona jest macierz kwadratowa, w której nazwy kolumn i wierszy to kolejne numery centroid, a wewnątrz macierzy stanowią dane liczbowe na temat natężenia ruchu [poj./h].

Prezentacja wyników znajduje się w tabeli 1.

Tabela 1

Macierz natężenia ruchu

Nr centroidy	1719	1720	1721	1722	1732	Suma
1719	0	240	719	357	0	1316
1720	274	0	43	1015	0	1332
1721	538	46	0	82	0	666
1722	344	950	92	0	10	1396
1732	15	15	15	0	0	45
SUMA	1171	1251	869	1454	10	4755

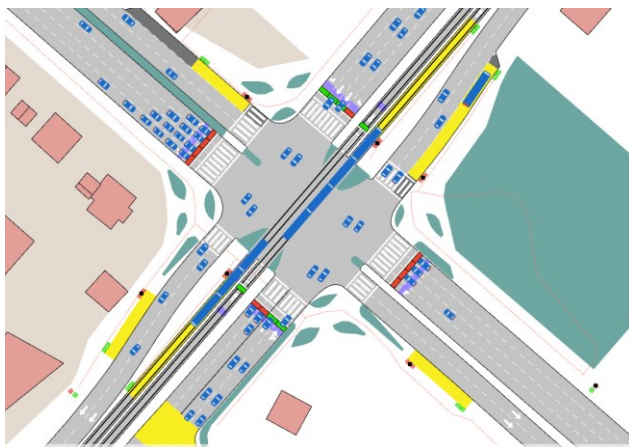
Źródło: opracowanie własne na podstawie [8].

Na końcu wprowadzono odpowiednie linie transportu zbiorowego oraz przystanki komunikacji tramwajowej i autobusowej. Ustawiono również czasy postoju na przystankach, wymiany pasażerskiej oraz odchyień od tych wartości. Dla tego projektu została przyjęta wartość 30 s jako czas wymiany pasażerskiej na przystankach.

3.2. Analizy porównawcze

Ostatnim etapem całości procesu jest przeprowadzenie symulacji, której wycinek został przedstawiony na rysunku 8. Symulacja została zamodelowana dla trzech wariantów sytuacyjnych W1, W2 i W3:

- W1 – dla sygnalizacji stałoczasowej bez priorytetu;
- W2 – dla sygnalizacji akomodacyjnej z priorytetem względnym;
- W3 – dla sygnalizacji akomodacyjnej z priorytetem bezwzględnym.



Rys. 8. Mikrosymulacja dla wskazanego skrzyżowania

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu Aimsun Next 22.

Porównanie zostało wykonane metodą wielokryterialnego podejmowania decyzji, opartego na trzech kryteriach, dla których wygenerowano konkretne wartości na podstawie generowanej mikrosymulacji.

W tabeli 2 zaprezentowano zbiorcze dane dla każdego z wariantów z podziałem na transport zbiorowy tramwajowy (PuT) oraz prywatny (PrT). Natomiast kryteria prezentują się następująco:

- czas opóźnienia;
- średnia prędkość;
- czas zatrzymania.

Tabela 2

Ocena wielokryterialna analizowanych wariantów

Wariant	Rodzaj sygnalizacji	Priorytet tramwajowy	Czas opóźnienia [s/km]		Średnia prędkość [km/h]		Czas zatrzymania [s/km]	
			PuT	PrT	PuT	PrT	PuT	PrT
W1	Stałoczasowa	Brak	73,49	140,62	10,95	23,44	69,76	124,14
W2	Akomodacyjna	Względny	41,61	133,23	12,09	32,9	37,42	119,43
W3	Akomodacyjna	Bezwzględny	20,19	135,61	12,5	31,79	27,93	121,78

Źródło: opracowanie własne.

Na zielono zostały oznaczone komórki tabeli z wartościami najkorzystniejszymi. Widoczne jest, że w przypadku transportu publicznego w każdym z analizowanych kryteriów najkorzystniej wypada wariant W3 z bezwzględnym priorytetem. W przypadku transportu prywatnego – wariant W2. Jednakże wartości te są minimalnie lepsze od wariantu W3, co pokazuje, iż przy akceptacji wariantu W3 nie spowoduje to gwałtownego pogorszenia ruchu dla użytkowników samochodów osobowych.

Czas opóźnienia dla transportu publicznego szynowego w wariacie W1 jest ponad trzykrotnie większy niż w wariacie W3 i prawie dwukrotnie większy niż dla wariantu W2. Jest to spowodowane tym, że tramwaje oczekują na zmianę sygnału bez informacji dla systemu o możliwości wcześniejszego zezwolenia na przejazd dla pojazdu szynowego. Dla transportu prywatnego nie zaobserwowano istotnych rozbieżności między poszczególnymi wariantami.

W przypadku średniej prędkości najwyższa prędkość przejazdu komunikacji tramwajowej jest przypisana do wariantu W3, co jest jedną ze składowych oznaczających, że priorytet sprawdza się w tym miejscu. Dodatkowo po uwzględnieniu prędkości ruchu prywatnego transportu jest widoczny jego porównywalny poziom w stosunku do wariantu W2, co pokazuje, iż priorytet tramwajowy nie wpływa negatywnie na funkcje ruchowe pozostałych użytkowników ruchu.

Jeśli chodzi o czas zatrzymania pojazdu w miejscu, w przypadku transportu szynowego tramwajowego zdecydowanie najkorzystniejsza jest sytuacja mikrosymulacyjna w wariacie W3. Z wynikiem około 28 s/km jest ona ponad 2 razy lepsza niż dla wariantu W1 (około 70 s/km). Pokazuje to, że pojazdy z włączonym bezwzględnym priorytetem nie są tak podatne na zatrzymania przed sygnalizatorami świetlnymi, jak pojazdy poruszające się w czasie włączonego programu stałoczasowego.

Wprowadzenie zatem priorytetu bezwzględnego dla transportu szynowego w przypadku tego skrzyżowania poprawi znacząco sytuację dla publicznego transportu zbiorowego, natomiast tylko nieznacznie pogorszy stan prywatnego

transportu. W związku z tym korzyści z wprowadzenia bezwzględnego priorytetu z wariantu W3 są wyższe niż straty poniesione przy implementacji wariantu W3 zamiast W2, dla użytkowników samochodów osobowych.

PODSUMOWANIE

Działania na rzecz nowoczesnego zarządzania miastem stanowią wyzwanie, ale jednocześnie szansę na zdecydowaną poprawę jakości życia mieszkańców. Transport, jako jeden z sektorów gospodarki, ma niewątpliwie ogromny wpływ na rozwój miast i kreowanie jego nowego charakteru. Transport szynowy zaś pełni kluczową rolę w tworzeniu wrażenia o sprawności działania całego systemu. Aby nie pozostało to tylko wrażeniem, wprowadza się udoskonalenia służące jego rozwojowi. Narastające zatłoczenie komunikacyjne, wzrost wskaźnika motoryzacji w Polsce oraz stały wzrost udziału podróży transportem prywatnym samochodowym są to samonakręcające się negatywne zjawiska, których przerwanie jest możliwe dzięki podjęciu odważnych kroków.

Wprowadzanie priorytetu dla komunikacji tramwajowej w miastach jest jednym z kroków, który ma na celu poprawę punktualności, a jednocześnie zwiększenie przepustowości skrzyżowań dla tramwajów. System ten działa dzięki wykorzystaniu detektorów wykrywających pojazdy. Zastosowanie uprzywilejowania w ruchu dla komunikacji tramwajowej poprzedzone jest specjalistyczną analizą, tak aby nie został osiągnięty efekt odwrotny do zamierzonego. Dobrze dobrany system priorytetu upłynnia ruch tramwajowy przy jednoczesnym zachowaniu lub minimalnym pogorszeniu pierwotnej przepustowości dla pozostałych uczestników ruchu. Analizy mikrosymulacyjne pozwalają w istotny sposób zweryfikować, który typ priorytetu lub sygnalizacji świetlnej powinien zostać wybrany. Metodą pomocną do oceny wyników jest metoda wielokryterialnego podejmowania decyzji. Dzięki temu możliwe jest wybranie jednego wariantu, który spełni oczekiwania nie tylko jednej grupy użytkowników ruchu drogowego. Natomiast sama idea budowania nowoczesnego systemu zarządzania miastem, jakim jest wprowadzanie priorytetu, dzięki tym analizom staje się bardziej rzetelna i zgodna z oczekiwaniami mieszkańców.

LITERATURA

1. Adamski A., *Inteligentne systemy transportowe: sterowanie, nadzór i zarządzanie*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2003.
2. Aleksandrowicz J., Piwowarczyk M., *Sposoby detekcji pojazdów transportu zbiorowego i ich funkcjonalność*, Transport Miejski i Regionalny, 2016, nr 5.

3. Aleksandrowicz J., Strózek A., *Priorytet dla pojazdów transportu zbiorowego w programie sygnalizacji świetlnej na podstawie liczby pasażerów w pojeździe*, Transport Miejski i Regionalny, 2021, nr 3.
4. Gaca S., Suchorzewski W., *Inżynieria ruchu drogowego – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
5. Mężyk A., Zamkowska S., *Problemy transportu miejskiego. Stan i kierunki rozwiązań*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019.
6. Michałowska M., Tomanek R., *Integracja systemów transportowych jako przedmiot badań naukowych*, Logistyka, 2006, nr 2.
7. Piecha J., *Systemy informatyczne transportu – badania, inżynieria, kształcenie*, ITS Przegląd, luty 2009.
8. *Program ruchowy, w tym sygnalizacji świetlnej*, Wydział Miejskiego Inżyniera Ruchu Urzędu Miasta Krakowa.
9. Sykes P., *Transport planning with microsimulation*, Journal of Maps, 2007, vol. 3, nr 1.
10. Szarata M, Nazarko P., *Analiza możliwości zastosowania sztucznych sieci neuronowych do kalibracji modeli mikrosymulacyjnych*, Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture, 2017.
11. WR-D-13, *Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu*, 2023.

Źródła internetowe

12. <https://inzynieria.com/drogi/rankingi/65184,korki-najbardziej-zatloczone-miasta-swiata-ranking-2022> (dostęp 23.03.2024).
13. <https://smoglab.pl/samochody-w-polsce-lider-eu/> (dostęp 24.03.2024).
14. https://www.bip.krakow.pl/?sub_dok_id=96964 (dostęp 23.03.2024).
15. <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/lodz-priorytet-dla-tramwajow-wladze-miasta-tonie-takie-proste-55165.html> (dostęp 23.03.2024).
16. <https://www.transportszynowy.pl/Tramwaje/sygntramswietlne> (dostęp 24.03.2024).

PRIORITY FOR THE TRAM TRANSPORT – ELEMENT OF A MODERN CITY MANAGEMENT SYSTEM

The study presents the process of introducing priority for tram transport in road traffic for tram transport. Therefore, the aim of the article is to indicate the elements needed for its implementation, as well as to present the basic method of verifying the correctness of its operation, which is to create a microsimulation model for a selected place in the transport system and to evaluate individual variants with absolute and relative priority and for a signalized intersection. constant time.

Keywords: transport system, public transport, tram priority, detection, microsimulation model.

AUTONOMICZNE SYSTEMY TRANSPORTOWE – KOLEJ NA KOLEJ?

Przez ostatnie dekady zaobserwować można szybki rozwój nowych technologii w transporcie kolejowym, a przede wszystkim pojawianie się w nim innowacji, pozwalających na autonomiczną obsługę pociągu [26]. Oznacza to zwiększenie wydajności sieci kolejowych, lepszą jakość wykonywanych usług, generowanie niższych kosztów, efektywniejsze zarządzanie zasobami, a przede wszystkim większe bezpieczeństwo podróży. W pracy poruszono temat autonomii pojazdów szynowych.

Słowa kluczowe: transport kolejowy, autonomia, ATO.

WSTĘP

Zgodnie z definicją „autonomiczność” oznacza samodzielność i niezależność. W przypadku pojazdów szynowych określenie to jest równoznaczne z dynamicznym reagowaniem na zmieniające się otoczenie [18]. Pojęcie to mylone jest często ze znaną już automatyzacją, która polega na wykonywaniu prostych czynności wcześniej już zaprojektowanych [17]. Pojawiające się możliwości i duże tempo zmian w przemyśle powodują wzrost i chęć wprowadzania autonomii w życie. Tym samym zapoczątkowano erę czwartej rewolucji przemysłowej, której jednym z elementów jest wdrażanie systemów autonomicznych oraz ich popularyzacja [4, 15].

1. REWOLUCJA PRZEMYSŁOWA A KOLEJ

Pierwsza rewolucja przemysłowa miała miejsce w XVIII wieku, kiedy to poznano moc pary i mechanizacji produkcji. Był to niezaprzeczalny przełom na skalę światową, gdyż od tego momentu pracę ludzkich mięśni zastąpiono silnikiem parowym. Dzięki wynalazkowi, jakim był parowóz, znacznie poprawił się czas dostarczania towarów. Dało to początek dynamicznemu rozwojowi transportu kolejowego. Wraz z biegiem czasu i pojawianiem się następnych innowacyjnych rozwiązań już w XIX wieku doszło do drugiej rewolucji przemysłowej. Wynalezienie elektryczności było kolejnym elementem, który zapoczątkował zastosowanie silnika elektrycznego w kolejnictwie. Z końcem tego wieku

rozpoczęły się pierwsze prace nad elektryfikacją linii kolejowych w Prusach, natomiast już na początku wieku XX prace nad elektryfikacją objęły paryski węzeł kolejowy.

W dalszych latach podobne inwestycje nabierały coraz większego tempa [20]. Kolejna, trzecia rewolucja miała miejsce w latach 70. XX wieku, kiedy to zaczęto wprowadzać częściową automatyzację. Zainicjowano używanie technologii, dotąd nieznannej, a zdecydowanie ułatwiającej pracę i poprawiającej czas trwania danej usługi lub produkcji. Zautomatyzowanie przemysłu poprzez technologie informatyczne, wykorzystanie sterowników, komputerów i elektroniki zrewolucjonizowało kolej oraz dało początek nowej erze.

Obecnie panuje okres rewolucji, określonej mianem „Przemysł 4.0”, która bazuje na swojej poprzedniej wersji, jednakże udoskonalonej o kolejne systemy sieciowe i modelowanie cyberfizyczne [5]. Dodatkowo szerokie zastosowanie ma również Internet i możliwość przetwarzania chmurowego, co zapoczątkowało kolejne działania w zakresie automatyzacji i dążenie do produkcji pojazdów wyłącznie autonomicznych, przede wszystkim zaś pojazdów trakcyjnych szynowych [2, 16].

2. POJĘCIE AUTOMATYZACJI W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

2.1. Rola systemów transportowych

Automatyzacja w transporcie kolejowym pozwala na zapewnienie wyższej jakości, a także wydajności oferowanych usług. Znaczącą funkcję w tej innowacji odgrywa odpowiednio dobrany system sterowania ruchem kolejowym.

Systemy SRK są niewątpliwie istotnym elementem infrastruktury kolejowej, zapewniającym bezpieczne prowadzenie ruchu pociągów dzięki ciągłemu monitorowaniu, kontroli prędkości czy uruchamianiu się w razie konieczności odpowiednich systemów hamulcowych:

- Europejski System Sterowania Pociągiem – ETCS (*European Train Control System*) jest częścią systemu ERTMS (*European Rail Traffic Management System*), działa na rzecz interoperacyjności transportu kolejowego, a zatem zapewnienia łatwiejszego przemieszczania się pociągów między poszczególnymi państwami, bez potrzeby wymiany lokomotywy [19];
- CBTC (*Communications-Based Train Control*).

Główną różnicę powyższych systemów stanowi ich przeznaczenie. ETCS jest zasadniczo używany w przypadku systemu kolei tradycyjnej, natomiast CBTC znajduje swoje zastosowanie w miejskim transporcie zbiorowym, zwłaszcza w zamkniętych układach linii metra lub lekkiej kolei miejskiej. Pomimo faktu,

iż oba systemy mają podobne zastosowanie, oraz jak wskazują ich nazwy, służą do sterowania pociągami, ich funkcjonowanie jest zupełnie różne [9].

Europejski System Sterowania Pociągiem jest często nazywany mianem systemu ochrony pociągu. Wyróżnia się trzy poziomy zaawansowania jego działania: ETCS poziomu 1, 2 i 3, z czego tylko 3. poziom jest dostosowany do pracy z systemem ATO. System na poziomie 1. gwarantuje sygnalizację kabinową, czyli obrazowanie aktualnej sytuacji pokonywanej trasy na pulpicie oraz automatyzację procesu prowadzenia pociągu, zwłaszcza na poziomie 2. i 3.

Ważnym elementem tego systemu są zarówno urządzenia pokładowe, jak i przytorowe. Do tych pierwszych należą urządzenia transmisyjne oraz anteny służące do odczytu danych za pomocą systemu Eurobalise, a także cyfrowe urządzenie radiowe GSM-R. W przypadku urządzeń przytorowych do transmisji danych dochodzi za pomocą balisy (nadajnika zamontowanego w nawierzchni torowej) oraz GSM-R. Narzędzia te umożliwiają przesyłanie danych oraz informacji, związanych np. z maksymalną dopuszczalną prędkością pojazdu. Zastosowanie sygnalizacji kabinowej pozwala na odpowiednio szybkie reagowanie w przypadku występowania zagrożeń, a także zapobiega częstym błędom ludzkim, takim jak np. niezauważenie semafora, spowodowane słabą widocznością. System jest także na tyle inteligentny, że w momencie niezgodności z poleceniami ETCS zgłasza błąd i w sytuacji krytycznej uruchamia proces awaryjnego hamowania składu [7, 9].

CBTC są to najbardziej popularne systemy, wykorzystywane w wysoko-przepustowych liniach metra na świecie. Sprawdzają się w transporcie zbiorowym ze względu na to, że wymaga on większej przepustowości, krótszych odstępów czasowych, a także nie wymaga wysokich prędkości oraz posiada proste, krótkie i najczęściej zamknięte sieci.

Głównymi cechami tego systemu są:

- stała łączność między torem a pociągiem;
- ustalenie położenia w czasie rzeczywistym;
- wdrożone funkcje pozwalające na bezpieczną eksploatację;
- wykonywanie zadań zastępujących pracę maszynisty (np. regulowanie prędkości) [25].

2.2. Zakres i funkcjonalność autonomicznych systemów transportowych

W przypadku systemu ETCS oraz CBTC zdefiniowano stopnie automatyzacji (GoA) odpowiednio w skali od 1 do 4. Przedstawiono je w tabeli 1. Wartości zaproponowane przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Transportu Publicznego (UITP – *International Association of Public Transport*) zostały sklasyfikowane według pewnych funkcji i zadań, dzięki którym jest możliwa automatyzacja.

Kolejno najniższy z nich jest przypisany najmniejszej wartości, a z każdą kolejną cyfrą stopień automatyzacji wzrasta. Najwyższy osiągalny stopień wynosi 4, gdzie system reguluje wszystkie czynności samodzielnie.

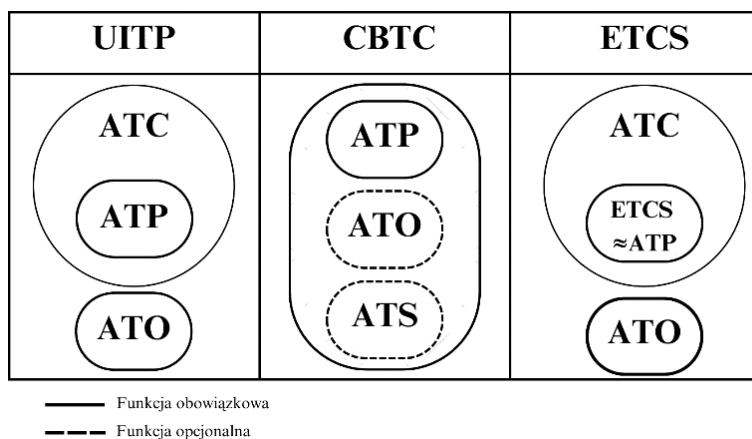
Dodatkowo rysunek 1 przedstawia funkcjonalność systemów transportowych według ich podziału na poszczególne rodzaje. Wyróżniono także pakiet automatycznego sterowania pociągiem (ATC) oraz części, na które się składa [9, 13].

Tabela 1

Podział na stopnie automatyzacji

Stopień automatyzacji	Obsługa pociągu	Ruszanie	Hamowanie	Obsługa drzwi	Działanie w przypadku zakłóceń
GoA1	ATP z maszynistą	Maszynista	Maszynista	Maszynista	Maszynista
GoA2	ATP lub ATO z maszynistą	Automatyczne	Automatyczne	Maszynista	Maszynista
GoA3	Bez maszynisty	Automatyczne	Automatyczne	Obsługa pociągu	Obsługa pociągu
GoA4	UTO	Automatyczne	Automatyczne	Automatyczne	Automatyczne

Źródło: [1].



Rys. 1. Funkcjonalność systemów automatyzacji i autonomii według ich rodzaju [9]

Źródło: [9].

Kluczowe elementy pakietu automatycznych systemów transportowych obejmują:

- Automatyczne prowadzenie pociągów (ATC – *Automatic Train Control*), wykonuje wszystkie czynności i operacje, które należą do maszynisty. System

składa się z trzech podsystemów ATP, ATO i ATS. Dzięki ścisłej współpracy ATO i ATC pojazd porusza się według określonych i nałożonych mu zasad. System dostosowuje odpowiednie parametry, takie jak stosunek mocy do prędkości czy czas spędzony na stacji, tak aby pociąg wpasowywał się w rozkład jazdy. Odpowiada to stopniu GoA4, który cechuje się brakiem maszynisty, a także obsługi pociągu.

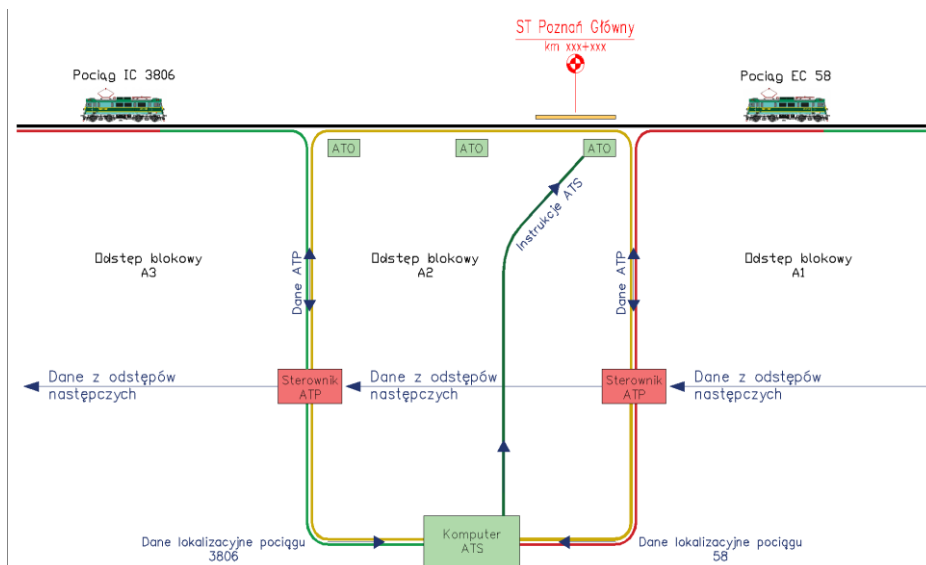
- Automatyczna ochrona pociągów (ATP – *Automatic Train Protection*), system odpowiedzialny za bezpieczeństwo jazdy i kontrolę prędkości. Zapobiega powstawaniu kolizji, a do przekroczenia ograniczenia prędkości nie dochodzi dzięki automatycznemu włączeniu się hamulców. System również nie pozwala przejechać sygnału S1 „Stój”. Pojazd wyposażony w ATP odpowiada stopniu automatyzacji GoA1 [3, 6].
- Automatyczna eksploatacja pociągów (ATO – *Automatic Train Operation*), pełni funkcję autopilota. Daje możliwość częściowego, a nawet całkowitego sterowania automatycznego, bez udziału maszynisty. W przypadku stopnia GoA2 maszynista ma obowiązek wyłączenia zamknięcia drzwi pojazdu i reagowania w przypadku zakłóceń. Natomiast w przypadku poziomu GoA3, choć system mógłby być sterowany komputerowo, niektóre czynności są pozostawiane obsłudze pociągu lub samemu maszyniście, aby zmniejszyć ryzyko awarii.
- Automatyczny nadzór pociągów (ATS – *Automatic Train Supervisory*), obejmuje sterowanie sygnalizacją, monitorowanie i lokalizowanie innych pojazdów na mapie oraz zarządzanie danymi centrum sterowania [12, 23, 24].

Na rysunku 2 znajduje się dokładny schemat, przedstawiający działanie systemu ATC we współpracy z ATO, dzięki czemu możliwa jest do uzyskania pełna autonomiczność poruszających się pociągów na danym odcinku.

Automatyczna eksploatacja pociągu (ATO) składa się z trzech poziomów automatyzacji. Wyróżnia się:

- półautomatyczną eksploatację (STO – *Semi-automatic Train Operation*);
- eksploatację pociągu bez maszynisty (DTO – *Driverless Train Operation*);
- eksploatację pociągu bez nadzoru (UTO – *Unattended Train Operation*).

Wybór poziomu automatyzacji zależy przede wszystkim od możliwości infrastrukturalnych w danym miejscu. Wspólną i podstawową zasadą każdego poziomu jest prędkość maksymalna, która według zaleceń powinna być niższa od bezpiecznej prędkości granicznej. W momencie przekroczenia wyznaczonej maksymalnej prędkości, system samoczynnie wymusza użycie hamulców awaryjnych w celu uniknięcia zagrożenia.



Rys. 2. Zasada działania systemu ATC we współpracy z ATO

Źródło: [23].

Poziom STO pozwala na półautomatyczną jazdę, a maszynista jest zobowiązany do przebywania w pociągu. Jego zadaniem jest obsługa drzwi, nadawanie sygnałów oraz monitorowanie działania pojazdu, jak również toru jazdy. Zautomatyzowane zaś zostają pozostałe elementy, jakimi są: praca silników czy hamowanie. Przykłady pojazdów z zastosowaniem systemu na poziomie półautomatycznym można zobaczyć na liniach London Victoria Central.

W systemie DTO maszynista może całkowicie opuścić kabinę, a nawet pociąg. Do dyspozycji musi pozostać jedynie obsługa pociągu, która ma możliwość sterowania drzwiami czy informowania pasażerów o sytuacjach niebezpiecznych. W razie awarii systemu automatyczna eksploatacja pociągu przejęłaby kontrolę. Linia wyposażona w system DTO znajduje się w dzielnicy Docklands w Londynie [8].

UTO – ostatni wyróżniony stopień cechuje się brakiem jakiegokolwiek ingerencji człowieka w codzienną eksploatację systemu, zarówno ze strony maszynisty, jak i obsługi pociągu. W przypadku awarii kontrolę przejmuje zdalny system komputerowy, który ma za zadanie zniwelować zaistniały problem.

Korzyści wynikające z wprowadzenia automatyzacji są liczne, w zależności od stopnia, który zostanie wybrany [10, 11]. Zatrzymania na stacjach stają się precyzyjniejsze, dzięki czemu można wyznaczyć dokładne miejsca na peronach, gdzie znajdują się drzwi po zatrzymaniu pociągu, w efekcie wymiana pasażerska staje się szybsza.

Na rysunku 3 podano przykład z autonomicznej linii metra w Norymberdze, gdzie miejsca te zostały oznaczone specjalnymi strefami. Dodatkowym benefitem jest mniejsze zużywanie się części mechanicznych pojazdu, możliwość optymalizacji energii, a w konsekwencji potencjalne obniżenie kosztów operacyjnych.



Rys. 3. Oznaczone miejsca drzwi zatrzymanego pociągu na stacji metra Plärrer w Norymberdze

Źródło: opracowanie własne.

Ponadto przykład Norymbergi jest też istotny pod kątem jednoczesnego wykorzystania w systemie pociągów obsługiwanych manualnie i autonomicznie. Do 2010 roku na tym samym fragmencie linii działała linia U2 (stopień automatyzacji GoA1) oraz U3 (stopień automatyzacji GoA4). Eksperyment ten sprawdził się w praktyce, co daje bazę do wykorzystania jego założeń w przyszłości na innych sieciach komunikacyjnych [22].

2.3. Technologie autonomicznego transportu szynowego w Europie

Gdyby spojrzeć na ścieżkę rozwoju innowacji w większości dziedzin nauk inżynierskich, można dostrzec ich wykładniczy wzrost wraz z upływem czasu. Nie inaczej sytuacja prezentuje się w omawianym przypadku. W chwili obecnej istnieje wiele systemów, dzięki którym można zaimplementować automatyzację w transporcie szynowym, zwłaszcza w odniesieniu do metra lub lekkiej kolei miejskiej/dowozowej.

Poniżej zaprezentowano systemy główne, natomiast należy pamiętać, iż w nieznacznej liczbie miast systemy autonomiczności, a przy tym automatyzacji, oparte są również na rozwiązaniach unikatowych w skali świata, jednakże ze względu na ich stosunkowo niewielki wpływ, omawiane są te najpopularniejsze. A są to:

- VAL system;
- Siemens Trainguard MT CBTC;

- Bombardier CITYFLO;
- Alstom Urbalis;
- SelTrac;
- Hitachi Rail Italy Driverless Metro [6].

Wszystkie powyższe technologie, z wyjątkiem VAL system (z fr. *Véhicule Automatique Léger*), opierają się na niemal identycznych założeniach pod względem funkcjonalnym, czyli na rozwiązaniach systemu CBTC oraz jednocześnie budowie nawierzchni bezpodsytkowej.

Interesującym przypadkiem w tym gronie jest VAL system. Założenia projektowe opierają się na budowie wydzielonych linii transportu, po których poruszają się pojazdy pseudokolejowe w pełni autonomiczne na gumowych oponach. To obliuguje do budowy specjalnej nawierzchni torowej, która na pierwszy rzut oka przypomina nawierzchnię bezpodsytkową, jednak zamiast szyn znajdują się tam specjalnie przygotowane płaszczyzny dla opon, a pomiędzy nimi przebiega pojedyncza szyna prowadząca, na której znajdują się czujniki ultradźwiękowe wykrywające aktualną lokalizację pojazdów. Dzięki temu system jest informowany o zajmowaniu przez nie poszczególnych odstępów [21].

Historia europejskiej autonomiczności na torach jest stosunkowo młoda. Jak w większości rejonów świata, pierwszych symptomów można doszukiwać się w nowo powstającej infrastrukturze systemów metra.

Miastem, które jako pierwsze odważyło się na wybudowanie i uruchomienie w pełni autonomicznej linii metra, było francuskie Lille. Linia A, wybudowana w 1983 roku, była jednocześnie pierwszą linią metra w tym mieście. W momencie otwarcia składała się z 12 stacji, a jej automatyzm opierał się na innowacyjnym systemie VAL, opisywanym dokładnie powyżej. Metro to jest zgodne z poziomem GoA4 w klasyfikacji poziomów automatyzacji, który oznacza maksymalny możliwy stopień niezależnienia się od człowieka w kwestiach prowadzenia pojazdu i obsługi w czasie jazdy, czyli UTO (*Unattended Train Operation*).

Technika ta stała się szybko popularna w wielu kolejnych francuskich miastach, takich jak: Rennes, Tuluza, Paryż, a także w niemieckim Frankfurcie oraz włoskim Turynie [6, 14].

Kolejne lata oznaczały stały wzrost liczby miast w Europie i na świecie, posiadających linie metra w części lub całkowicie autonomicznych, zwłaszcza po 2005 roku, kiedy technologia systemów autonomicznych była już rozwijana przez wiele światowych firm, takich jak: Siemens, Bombardier, Alstom czy Alcatel.

W tabelach 2 i 3 znajdują się listy miast wraz z liczbą linii metra lub zamkniętej linii kolei miejskiej, zautomatyzowanych w stopniu GoA4 i GoA3.

Tabela 2

Sumaryczna liczba linii autonomicznych w miastach danego państwa (GoA4)

Lp.	Nazwa państwa	Miasta	Sumaryczna liczba linii
1	Dania	Kopenhaga	4
2	Francja	Paryż, Lyon, Lille, Tuluza, Rennes	14
3	Hiszpania	Barcelona, Madryt	3
4	Niemcy	Dortmund, Düsseldorf, Monachium, Norymberga, Frankfurt	6
5	Szwajcaria	Lozanna, Zurych	2
6	Turcja	Stambuł	1
7	Węgry	Budapeszt	1
8	Wielka Brytania	Londyn, Birmingham	4
9	Włochy	Rzym, Brescia, Bolonia, Mediolan, Piza, Turyn, Wenecja	9

Źródło: [14].

Niekwestionowanym liderem pod względem liczby w pełni autonomicznych linii jest Francja. Warto zaznaczyć jest fakt, że Paryżowi przypisuje się 6 z 14 linii, co stanowi niemal połowę wszystkich. Natomiast państwem z największą liczbą miast, które posiada choć jedną linię w stopniu automatyzacji GoA4, są Włochy, gdzie rozwój tej technologii można zaobserwować w 7 miastach.

Tabela 3

Sumaryczna liczba linii autonomicznych w miastach danego państwa (GoA3)

Lp.	Nazwa państwa	Miasta	Sumaryczna liczba linii
1	Bulgaria	Sofia	1
2	Hiszpania	Barcelona	1
3	Turcja	Stambuł	1
4.	Węgry	Budapeszt	1
5.	Wielka Brytania	Londyn	1

Źródło: [14].

Dane te pokazują, że w Europie częściej spotykanym rozwiązaniem jest autonomiczność na poziomie GoA4 niż GoA3. Może mieć to związek przede wszystkim z kosztami budowy i eksploatacji takiego systemu. W obu przypadkach należy ponieść duże nakłady finansowe związane z budową infrastruktury i systemów informatycznych. W związku z tym bardziej opłacalne jest przejście na

pełną autonomię niż częściową, ponieważ już w momencie zrealizowania inwestycji całkowicie eliminuje się nakłady finansowe na wypłatę wynagrodzeń dla obsługi pociągu lub maszynistów.

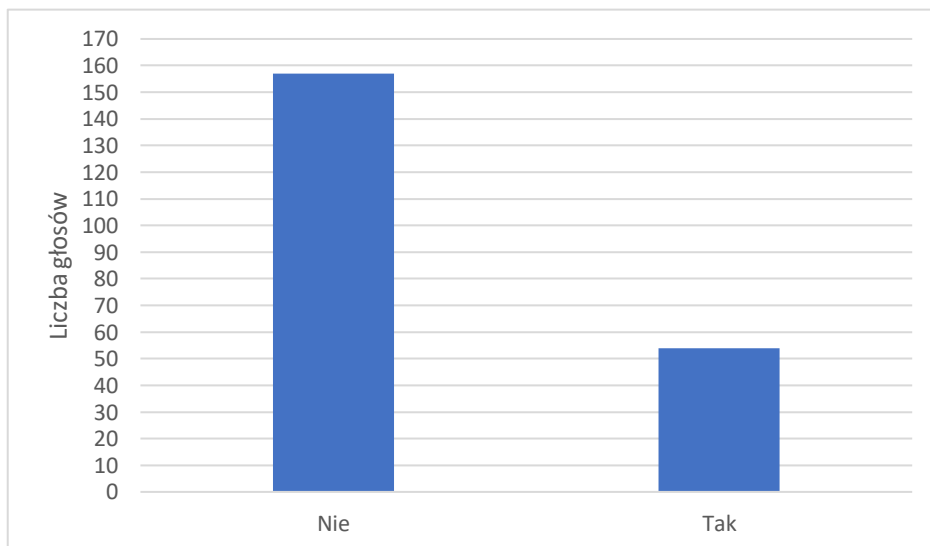
4. BADANIE OPINII MIESZKAŃCÓW NA TEMAT AUTONOMICZNOŚCI W TRANSPORCIE SZYNOWYM MIEJSKIM

4.1. Metodyka badań wykorzystana w badaniu statystycznym

W celu poznania opinii na temat autonomiczności w transporcie miejskim przeprowadzono ankietę internetową wśród mieszkańców województwa pomorskiego oraz małopolskiego. Objęła ona grupę 211 osób. Pierwsze pytanie polegało na rozdzieleniu ankietowanych na osoby, które korzystały z pojazdów autonomicznych oraz na osoby, które nie miały okazji z takiej podróży skorzystać. Dalsze pytania dotyczyły opinii respondentów w kwestii transportu autonomicznego.

4.2. Opracowanie zebranych wyników

Spośród wszystkich 211 ankietowanych 25,6% (54 osoby) podróżowały pociągiem metra prowadzonym autonomicznie. Wyniki zaprezentowano na rysunku 4.



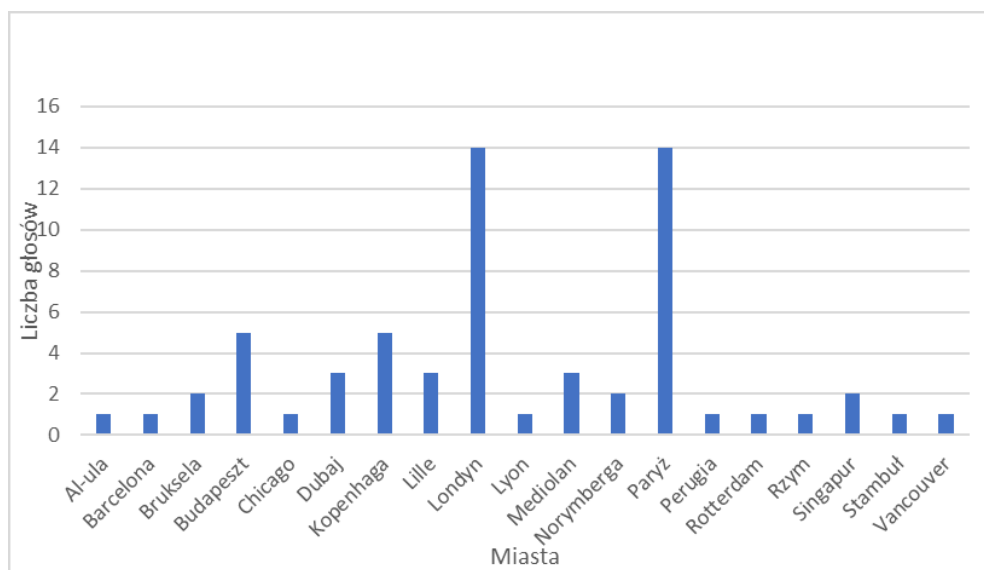
Rys. 4. Odpowiedzi na pytanie: „Czy podróżowałeś/aś pociągiem metra prowadzonym autonomicznie?”

Źródło: opracowanie własne.

Następnie respondenci odpowiedzieli na pytanie odnośnie do miejsca, w którym przemieszczali się za pomocą autonomicznego pojazdu. Na pierwszym miejscu znalazły się dwa miasta – Londyn oraz Paryż (po 14 odpowiedzi), kolejne miejsca zajęły Budapeszt i Kopenhaga (po 5 odpowiedzi).

Dane zostały zestawione na wykresie kolumnowym na rysunku 5. Pozostała część respondentów (157 osób) nie korzystała z autonomicznych pojazdów, jednak do obu grup skierowano te same stwierdzenia, na które ankietowani mieli odpowiedzieć zgodnie ze swoimi przekonaniem. Sprawdzone kolejno następujące stwierdzenia (w nawiasach zamieszczono numer pytania):

- odczuwałbym/abym dyskomfort jazdy z powodu braku maszynisty (1);
- autonomiczny pojazd jest użyteczny (2);
- autonomiczne pociągi pozbawiają pracy (3);
- autonomiczne pojazdy powinny znaleźć się w Polsce (4);
- odczuwałbym/abym satysfakcję z jazdy w samoprowadzającym pojeździe (5);
- autonomiczne pojazdy są niebezpieczne (6);
- rozumiem działanie pojazdów autonomicznych (7);
- autonomiczne pojazdy sprawdziłyby się w przestrzeni miejskiej (8).



Rys. 5. Odpowiedzi na pytanie: „W jakim mieście miało to miejsce?”

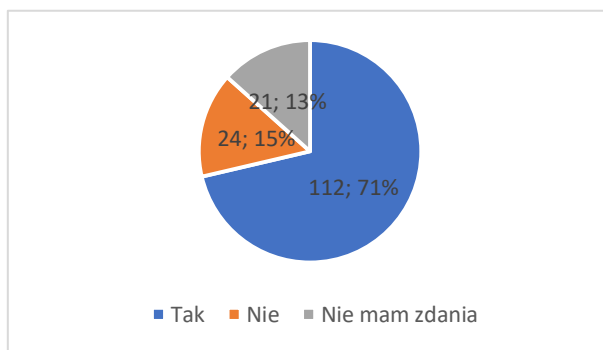
Źródło: opracowanie własne.

W przypadku osób, które nie podróżowały autonomicznymi pojazdami (157 ankietowanych) brak maszynisty dla 86 osób nie stanowi istotnego problemu i nie sprawia dyskomfortu, jednak 71 pozostałych ankietowanych wyraziło obawy w tej sytuacji. Zdecydowana większość uważa także, że pojazd autonomiczny jest użyteczny. Respondenci w prawie 60% sądzą, że autonomiczne pojazdy pozbawiają pracy, natomiast około 15% nie ma zdania w tej kwestii.

Czwarte stwierdzenie dotyczyło pojawienia się pojazdów autonomicznych w Polsce. 73 osoby odpowiedziały pozytywnie na tę inicjatywę, a negatywną opinię wyraziły 44 osoby. W przypadku satysfakcji z jazdy opinie respondentów były stosunkowo równe, jednak najczęściej zaznaczaną odpowiedź „raczej nie” wybrało 40 osób. W kwestii niebezpieczeństwa 64 osoby nie sądzą, aby pojazdy zagrażały bezpieczeństwu, 53 osoby wstrzymały się od opinii, a pozostałe 40 osób ma wątpliwości co do bezpieczeństwa pojazdów.

Prawie 70% ankietowanych rozumie działanie autonomicznych pojazdów. Lekko ponad 41% sądzi, że autonomia sprawdziłaby się w transporcie miejskim, jednak 40% jest temu przeciwnie. Wynik w tym przypadku jest mocno wyrównany. Dodatkowo respondenci zostali zapytani, czy gdyby mieli okazję, skorzystaliby z autonomicznej kolei. Zdecydowana większość, bo ponad 70% osób, zareagowała pozytywnie na to pytanie, natomiast brak chęci przejazdu wyraziło ok. 15% osób.

Dane zaprezentowano na rysunku 6. Wskazuje to, że respondenci pozostawiają ewentualność testowania takich systemów w przyszłości.



Rys. 6. Odpowiedzi na pytanie: „Czy podróżowałeś/aś pociągiem metra prowadzonym autonomicznie?”

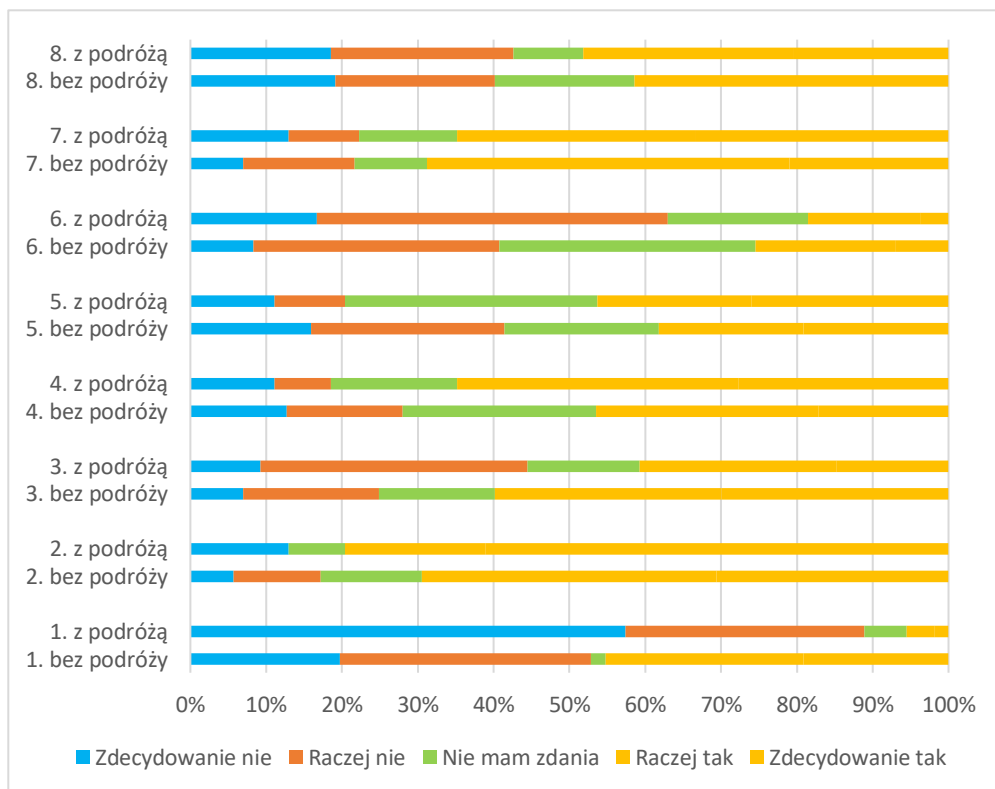
Źródło: opracowanie własne.

W przypadku 54 osób, które podróżowały autonomicznymi pojazdami, prawie 90% nie odczuwało braku maszynisty. Niespełna 80% ankietowanych sądzi, że autonomia w pojazdach jest użyteczna, jedynie 13% wyraziło przeciwną opinię. Na stwierdzenie „autonomiczne pojazdy pozbawiają pracy” 24 osoby odpowiedziały

przecząco, natomiast potwierdziły to 22 osoby. Prawie 65% respondentów uważa, że autonomiczne pojazdy powinny znaleźć się w Polsce, około 20% nie uważa tego za dobry pomysł. Blisko 50% ankietowanych odpowiedziało, że odczuwało satysfakcję z jazdy, lekko ponad 33% nie wyraziło zdania w tej kwestii. Ponad 60% nie uważa pojazdów autonomicznych za niebezpieczne, jednak około 20% sądzi, że zagrażają one życiu.

W przypadku wiedzy na temat działania pojazdów autonomicznych 35 osób odpowiedziało, że rozumie funkcjonowanie tego typu maszyn, 12 osób – że nie jest to dla nich zrozumiałe. Blisko 50% ankietowanych uważa, że pojazdy autonomiczne sprawdzą się w przestrzeni miejskiej, jednak około 43% nie uważa tego za dobry pomysł.

Wyniki zaprezentowano poniżej na rysunku 7. Dodatkowo wyniki porównano z tymi, które pojawiły się w przypadku respondentów, którzy nie korzystali z systemów metra prowadzonych autonomicznie. Numery stwierdzeń zostały przyporządkowane w wypunktowaniu powyżej (rys. 7).

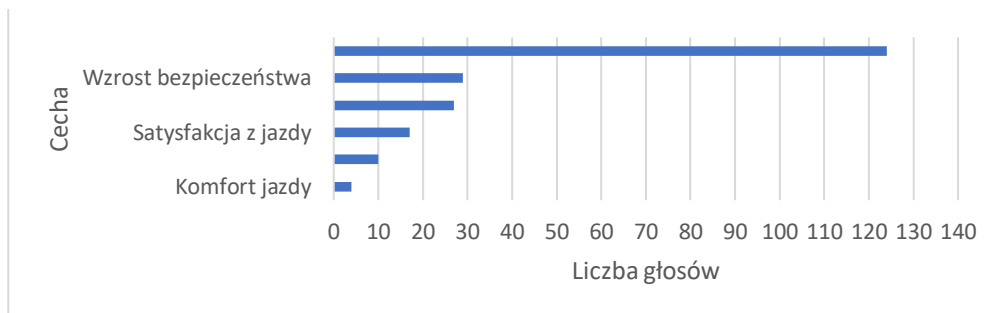


Rys. 7. Odpowiedzi na stwierdzenia zadane w ankiecie

Źródło: opracowanie własne.

Analiza ta wskazała, że wyniki różnią się diametralnie w przypadku respondentów, którzy nie korzystali z systemu autonomicznego metra i tych, którzy korzystali. W stwierdzeniu 1 odnośnie do odczuwania dyskomfortu z jazdy bez maszynisty, ta pierwsza grupa zdecydowanie nie odczuwałaby dyskomfortu (20% respondentów), natomiast spośród korzystających w przeszłości z takiego systemu stwierdzenie „zdecydowanie nie” oznaczyło już niemal 60% osób. W stwierdzeniu 2 o użyteczności pojazdów autonomicznych ponad 2 razy więcej osób spośród grupy korzystających niż niekorzystających zaznaczyło opcję sugerującą zdecydowaną użyteczność. Wyniki te pokazują, iż grupę korzystających cechuje większe zaufanie do tego systemu oraz są bardziej pewni jego użyteczności i bezpieczeństwa.

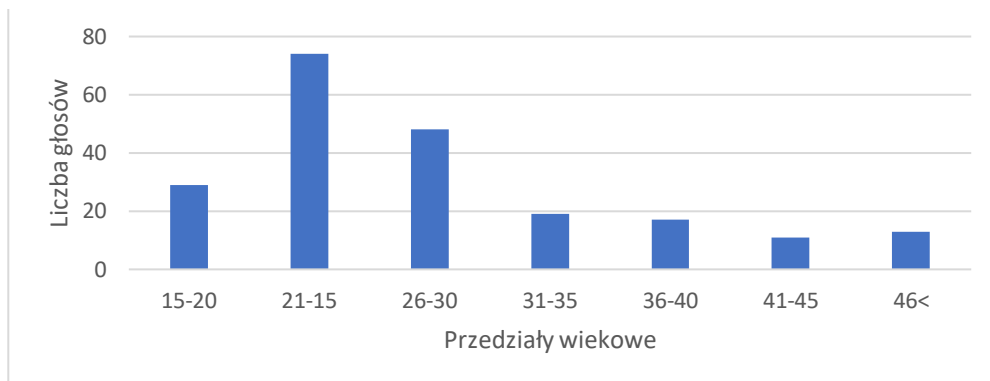
Kolejne pytanie dotyczyło wyboru cechy, dla której powinno wprowadzić się autonomiczne pojazdy szynowe do komunikacji miejskiej. Zdecydowaną większość zdobyła odpowiedź „wzrost punktualności”, na którą odpowiedziało prawie 60% ankietowanych. Innymi popularnymi odpowiedziami były kolejno: wzrost bezpieczeństwa, więcej miejsca przeznaczonego dla pasażera czy satysfakcja z jazdy. Najmniej wybieraną cechą były: komfort jazdy oraz lepsze widoki podczas podróży. Sugeruje to z jednej strony, iż punktualność jest kluczowym czynnikiem dla pasażerów, ale z drugiej strony, że powinno się podjąć działania w celu jej poprawy.



Rys. 8. Odpowiedzi na pytanie: „Jeśli miałbyś wybrać jedną cechę, dla której powinno się wprowadzić autonomiczność w transporcie miejskim (metro, tramwaje), co by to było?”

Źródło: opracowanie własne.

W badaniu ankietowym wzięło udział w sumie 211 respondentów, w tym 121 kobiet oraz 90 mężczyzn. Większość odpowiedzi (ponad 80%) należała do osób zamieszkałych w miastach, liczących ponad 50 tysięcy mieszkańców. W przypadku wykształcenia największa liczba odpowiedzi dotyczyła osób z wykształceniem wyższym (65,4%), a także średnim (30,3%).

**Rys. 9.** Przedziały wiekowe respondentów

Źródło: opracowanie własne.

PODSUMOWANIE

Transport szynowy z każdym rokiem zyskuje na popularności. W całej Europie obserwuje się stałe zwiększanie liczby pasażerów, jak również pracy przewozowej. Daje to solidną bazę do jego dalszego rozwoju. Autonomiczny transport szynowy już od pierwszych dni funkcjonowania w aglomeracjach miejskich stał się przełomowym rozwiązaniem, które wpisało się w pełni w nurt Przemysłu 4.0 jako jego istotny element. Równocześnie otwiera on nowy rozdział w spojrzeniu na funkcjonowanie transportu kolejowego w miastach i poza nimi. Rewolucja na torach rozpoczęła się od takich obszarów kolei, które z założenia przynosiły na początku większe ułatwienia. Chodzi przede wszystkim o system transportowy zamknięty w obrębie jednej linii, bądź jednego systemu transportowego, gdzie nie ma czynników oddziaływania innych środków transportu lub innych pojazdów nieautonomicznych. Jednak wraz z postępem technologicznym rozpoczęto prace nad posunięciem tej rewolucji do przodu. Kamieniem milowym był test z Norymbergi, gdzie umożliwiono poruszanie się pojazdów sterowanych manualnie i autonomicznie na jednym odcinku.

Wyniki przeprowadzonych badań pokazują, iż większe zaufanie do autonomicznych systemów transportowych występuje w grupie osób korzystających w przeszłości z tego systemu.

Ponadto zauważono, że wzrost punktualności jest istotnym czynnikiem, dla którego powinno się wprowadzać tego typu systemy.

Dodatkowo ważnym aspektem jest również to, iż respondenci pozostawiają ewentualność testowania takich systemów w przyszłości. Dużym ułatwieniem byłoby, gdyby występowały one na terenie Polski. W obecnym czasie należy

podróżować za granicę, co może utrudniać testowanie autonomicznych systemów transportowych. Jednakże w ramach ogólnoswiatowych trendów autonomia jest wdrażana w kolejne obszary transportu miejskiego, a zwłaszcza szynowego.

LITERATURA

1. Cappaert-Blondelle S., Canning A., Press K., *Metro automation facts, figures and trends. A global bid for automation: UITP Observatory of Automated Metros confirms sustained growth rates for the coming years*, 2011.
 2. Gerhatova Z., Zitricky V., Klapita V., *Industry 4.0 implementation options in railway transport*, Transportation Research Procedia, 2021, nr 53, Zilina, s. 23–30.
 3. Graff M., *Systemy transportowe 7-8/2010. Metro w Kopenhadze*, Kraków 2010.
 4. Jiateng Y., Tao T., Lixing Y., Jing X., Yeran H., Ziyou G., *Research and development of automatic train operation for railway transportation systems: A survey*, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2017, vol. 85, s. 548–572.
 5. Kacprzak M., *Model transportu kolejowego w Polsce w świetle idei czwartej rewolucji przemysłowej*, rozprawa doktorska, Wyższa Szkoła Bankowa, Wrocław 2020.
 6. Karkosińska-Brzozowska N., *Bezobsługowe linie metra w Europie*, Konferencja Kół Naukowych KoKoNaT, Kraków 2015.
 7. Kochan A., *Debata na temat stanu i potrzeb rozwojowych kolei w Polsce. Cyfryzacja i automatyzacja sterowania ruchem kolejowym*, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2021.
 8. Koseki T., Mizuma T., Funayama K., Hosokawa H., Wajima T., Isobe E., Hagiwara T., *Technical studies on driverless automatic train operation in Japanese sub-ways*, The University of Tokyo, Japan Subway Association, Proceedings of the 3rd International Railway Symposium, Aachen, 2021, s. 379–394.
 9. Martinez L., Ullrich M., *Terminology, differences, and challenges of communications-based train control and european train control systems*, Computers in Railways XVII, University of Stuttgart, Stuttgart 2020, s. 15–26.
 10. Skiba S., *Model ewidencji kosztów logistyki*, Logistyka, 2013, nr 6.
 11. Skiba S., *Seaport-city cooperation on the example of the city of Gdynia*, Economic and Social Development: Book of Proceedings, 2019, s. 460–467.
 12. Wojewódzka-Król K., *Innowacje w transporcie*, PWN, Warszawa 2021.
- Źródła internetowe
13. <https://controlengineering.pl/automatyzacja-w-kolejnictwie/> (dostęp 15.11.2023).
 14. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_driverless_train_systems#Grade-of-Automation_3_systems (dostęp 17.11.2023).
 15. <https://itreseller.com.pl/autonomiczny-nie-znaczy-automatyczny-jezeli-chcemy-aby-maszyny-uczuly-sie-i-podejmowaly-wlasciwe-decyzje-niezbedne-jest-wdrozenie-systemow-autonomicznych-kture-sa-fundamentem-czwartej-rewolucji-prz/> (dostęp 18.11.2023).
 16. <https://nexelem.com/blog/przemysl-4-0/> (dostęp 17.11.2023).
 17. <https://sjp.pwn.pl/sjp/automatyczny;2551301.html> (dostęp 18.11.2023).

18. <https://sjp.pwn.pl/slowniki/autonomiczny.html> (dostęp 18.11.2023).
19. <https://utk.gov.pl/pl/interoperacyjnosc/ertms/etcs/17422,ETCS.html> (dostęp 18.11.2023).
20. <https://www.desouttertools.pl/twoja-branza/wiadomosci/606/rewolucja-przemyslowa-od-przemyslu-1-0-do-przemyslu-4-0> (dostęp 15.11.2023).
21. <https://www.infrato.it/the-val-system/> (dostęp 17.11.2023).
22. <https://www.railtech.com/infrastructure/2019/11/19/fully-automated-metros-run-in-six-eu-countries/?gdpr=accept> (dostęp 18.11.2023).
23. <http://www.railway-technical.com/signalling/automatic-train-control.html> (dostęp 13.11.2023).
24. <https://www.railway-technology.com/features/feature127703/?cf-view&cf-closed> (dostęp 13.11.2023).
25. <https://www.stadlerrail.com/pl/signalling/metro/> (dostęp 15.11.2023).
26. https://www.thalesgroup.com/pl/poland/press_release/pociagi-autonomiczne-wsrod-najnowoczesniejszych-trendow-w-kolejnictwie-okiem (dostęp 15.11.2023).
27. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-05af484a-f62a-40de-b216-3aec58c867e5> (dostęp 15.11.2023).

AUTONOMOUS TRANSPORT SYSTEMS – TIME FOR RAIL?

Over the past decades, we have seen the rapid development of new technologies in rail transportation and, above all, the emergence of innovations in it that allow autonomous train operation [1]. This means increased efficiency of rail networks, better quality of services, generation of lower costs, more efficient management of resources and, above all, greater safety for travelers. The paper addresses the topic of rail vehicle autonomy.

Keywords: rail transportation, autonomy, ATO.

INNOWACJE W BEZPIECZEŃSTWIE TRANSPORTU MIEJSKIEGO: NOWE TECHNOLOGIE I PRAKTYKI

W artykule przedstawiono najnowsze osiągnięcia nauki z dziedziny transportu, ze szczególnym uwzględnieniem innowacyjnych rozwiązań technologicznych i praktyk organizacyjnych. W kontekście dynamicznie zmieniającego się otoczenia transportowego badania naukowe odgrywają kluczową rolę w identyfikowaniu problemów, analizowaniu danych oraz proponowaniu skutecznych rozwiązań. Celem artykułu jest przedstawienie problemów, wynikających z braku świadomości zagrożeń dla społeczeństwa, ponadto zaś określenie najnowszych innowacji w dziedzinie bezpieczeństwa transportu miejskiego oraz analiza ich skuteczności i potencjalnego wpływu na poprawę ochrony pasażerów i pracowników systemu transportu. Dodatkowo artykuł ma ukazać korzyści, jakie innowacje w tym obszarze mogą przynieść dla społeczności lokalnych, oraz inspirować decydentów i badaczy do podejmowania dalszych działań w celu doskonalenia bezpieczeństwa w transporcie miejskim poprzez innowacyjne rozwiązania.

Słowa kluczowe: transport drogowy, innowacje, zagrożenia, bezpieczeństwo, technologie.

WSTĘP

Transport miejski, stanowiący kręgosłup mobilności w miastach na całym świecie, stale ewoluuje wraz z postępowaniem technologicznym. Jednym z kluczowych aspektów tego rozwoju jest bezpieczeństwo podróżujących oraz poprawa infrastruktury zapewniającej ochronę użytkownikom środków komunikacji miejskiej. W ostatnich latach nowe technologie oraz innowacyjne praktyki znacząco przyczyniły się do podniesienia standardów bezpieczeństwa w transporcie miejskim. Artykuł koncentruje się na analizie wpływu nowych technologii i praktyk na bezpieczeństwo w transporcie miejskim. Przedstawia rozwiązania technologiczne, które wspierają monitorowanie, zarządzanie ruchem oraz zapewnienie ochrony pasażerom. W kontekście analizy nowych technologii i praktyk w obszarze bezpieczeństwa transportu miejskiego zanalizowano korzyści, wyzwania oraz potencjalne kierunki rozwoju, mające na celu zapewnienie bezpiecznego i efektywnego transportu miejskiego dla społeczności miejskich w kraju.

1. AKTUALNE WYZWANIA W BEZPIECZEŃSTWIE TRANSPORTU MIEJSKIEGO

W miarę rozwoju metropolii jako centralnego ośrodka miejskiego napotyka się unikatowe wyzwania, związane z bezpieczeństwem w transporcie publicznym, które wymagają różnorodnych rozwiązań i działań. Monitorując te wyzwania, należy uwzględnić zarówno aspekty bezpieczeństwa w transporcie miejskim, zagrożenia dla bezpieczeństwa drogowego, jak i zmieniającą się infrastrukturę miast [11]. Omówienie aktualnych wyzwań w bezpieczeństwie transportu miejskiego pozwoli na lepsze zrozumienie sytuacji oraz potrzeb tego konkretnego środowiska. Na tej podstawie możliwe będzie zidentyfikowanie najlepszych rozwiązań oraz podejmowanie działań, mających na celu poprawę bezpieczeństwa w transporcie publicznym [13].

1.1. Analiza istniejących zagrożeń i problemów

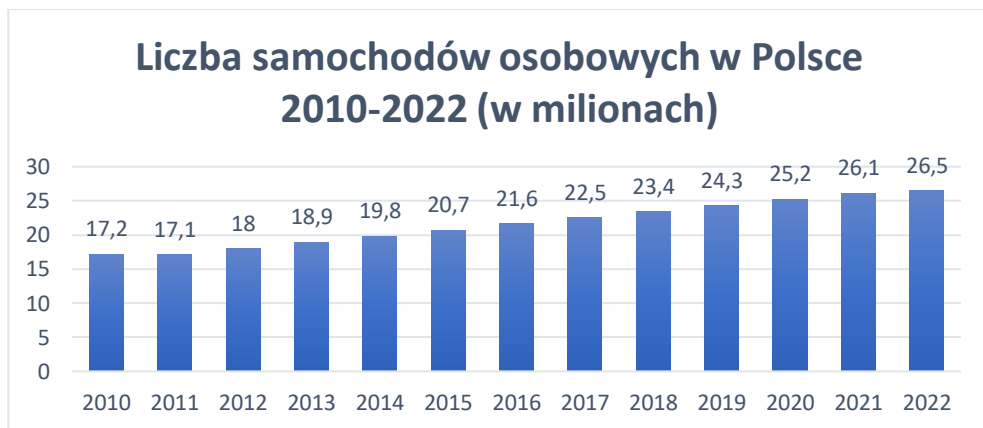
Kwestia podniesienia poziomu bezpieczeństwa w transporcie miejskim od lat stanowi przedmiot zainteresowania przedstawicieli różnych szczebli administracji publicznej. Oceny sytuacji są jednoznaczne — istotna część infrastruktury technicznej transportu w miastach może nie sprostać dalszemu wzrostowi obciążenia ruchem na akceptowalnych poziomach standardów tego ruchu. Dodatkowo, rosnące natężenie ruchu w miastach oraz ograniczona dostępność i przepustowość miejskich ulic zwiększa ryzyko zmniejszenia poziomu bezpieczeństwa.

Pojęcie „bezpieczeństwo” jest fundamentalne dla prawidłowego rozwoju jednostki i społeczeństwa, definiowane najczęściej jako „stan pewności i spokoju, w którym brak zewnętrznych zagrożeń” [8]. Problemy związane z bezpieczeństwem oraz potencjalne zagrożenia wynikają zarówno z celowych, jak i przypadkowych działań ludzi, które mogą osłabić lub zakłócić funkcjonowanie systemu transportowego, w tym transportu publicznego oraz zagrażać życiu i zdrowiu pasażerów czy personelu obsługi.

W transporcie publicznym istnieje wiele czynników zagrażających bezpieczeństwu. Jednym z najistotniejszych jest nadmierna liczba pojazdów w miastach oraz związane z tym konsekwencje. Wzrastający wskaźnik motoryzacji w polskich miastach jest nieproporcjonalny w stosunku do rozwoju infrastruktury transportowej, zwłaszcza jej dostępności i przepustowości, prowadząc do jej niewystarczalności dla wzrastającej liczby pojazdów indywidualnych. W rezultacie ogranicza to funkcjonowanie komunikacji miejskiej. Obserwuje się silną korelację pomiędzy wskaźnikiem motoryzacji a wielkością miasta w Polsce, gdzie większe obszary charakteryzują się wyższym poziomem wykorzystania samochodu. Ponadto dynamiczny wzrost wskaźnika motoryzacji w dużych polskich miastach obserwowany jest od wielu lat, co stanowi wyzwanie dla tych miast.

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego, na koniec 2022 roku w Polsce zarejestrowanych było 26,5 mln samochodów osobowych, co stanowiło najwyższy wskaźnik motoryzacji w Unii Europejskiej oraz jeden z najwyższych na świecie. Przypada więc średnio 687 samochodów na 1000 mieszkańców.

W ciągu ostatnich dwudziestu lat liczba samochodów osobowych w Polsce wzrosła o 65% (rys. 1).



Rys. 1. Zestawienie liczby samochodów osobowych w latach 2010–2022

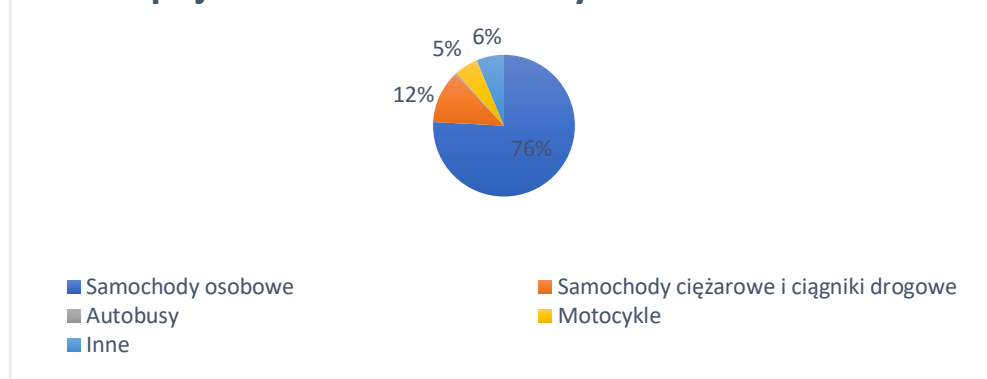
Źródło: opracowanie własne, na podstawie PZPM z informacji GUS [5].

W regionie warszawskim stołecznym, w tym także w Warszawie i najbliższych okolicach, notuje się największą liczbę samochodów na 1000 mieszkańców, wynoszącą 773 auta. Wskaźnik przekraczający 700 samochodów na 1000 mieszkańców występuje również w pięciu innych regionach: mazowieckim, lubuskim, dolnośląskim, opolskim i wielkopolskim. Najmniejszą liczbę samochodów na 1000 mieszkańców, wynoszącą 607 sztuk, zanotowano na Podlasiu.

Na podstawie rysunku 2 można ustalić, iż największym współczynnikiem zarejestrowanych pojazdów w Polsce były samochody osobowe, stanowiące 76% wszystkich pojazdów, kolejno samochody ciężarowe i ciągniki drogowe (12%) oraz inne pojazdy, w tym autobusy i motocykle.

Taka struktura obrazuje nie tylko procentowy udział pojazdów, lecz wskazuje też, iż współczynnik samochodów osobowych w środowisku powoduje eliminację innych, np. motocykli, autobusów. Wzrost liczby samochodów osobowych w mieście skutkuje ograniczeniem przestrzeni dedykowanej dla mniejszych pojazdów, co zmniejsza ich widoczność i dostępność. Jednocześnie intensyfikacja ruchu samochodowego przyczynia się do pogorszenia jakości życia i bezpieczeństwa mieszkańców, zwłaszcza tych korzystających z alternatywnych środków transportu [12].

Struktura parku zarejestrowanych pojazdów samochodowych w 2022 roku



Rys. 2. Struktura parku zarejestrowanych samochodów w 2022 r.

Źródło: PZPM [9].

1.2. Konieczność wprowadzenia innowacyjnych rozwiązań

Wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań w transporcie miejskim jest niezbędne dla efektywnego rozwiązania wielu współczesnych wyzwań związanych z tą dziedziną. W miastach na całym świecie transport miejski stoi przed szeregiem problemów, takich jak zatłoczenie ulic, zanieczyszczenie środowiska oraz potrzeba zapewnienia bardziej efektywnych i komfortowych sposobów przemieszczania się dla mieszkańców [2].

W związku z tym konieczne jest wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań, które nie tylko zwiększą bezpieczeństwo pasażerów, ale także przyczynią się do poprawy jakości życia w miastach. Pierwszym kluczowym aspektem, który wymaga nowatorskich rozwiązań, jest problem zatłoczenia ulic. Tradycyjne metody zarządzania ruchem stają się coraz mniej skuteczne w obliczu wzrostu liczby pojazdów i ograniczonej infrastruktury drogowej. Wprowadzenie inteligentnych systemów zarządzania ruchem, opartych na zaawansowanych technologiach, takich jak sztuczna inteligencja czy Internet Rzeczy, może przynieść znaczącą poprawę w płynności ruchu ulicznego oraz zmniejszyć ryzyko wypadków.

W kontekście przestępczości transport miejski jest często miejscem występowania różnego rodzaju przestępstw, w postaci kradzieży, napaści czy molestowania. Wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań, takich jak zwiększony monitoring wizyjny, systemy alarmowe czy aplikacje mobilne do zgłaszania incydentów, może zwiększyć poczucie bezpieczeństwa pasażerów oraz zapobiec potencjalnym przestępstwom.

Ponadto zmiany klimatyczne i zagrożenia epidemiologiczne stawiają nowe wyzwania przed transportem miejskim. Niezbędne jest wprowadzenie ekologicznych rozwiązań, takich jak pojazdy elektryczne lub wodorowe, które zmniejszą emisję szkodliwych substancji i zanieczyszczeń powietrza.

Wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań w zwiększaniu bezpieczeństwa transportu miejskiego jest niezbędne dla zapewnienia komfortu, efektywności i bezpieczeństwa podróży mieszkańców miast. Konieczne jest stałe poszukiwanie nowych technologii i praktyk, które mogą przynieść realne korzyści dla społeczności lokalnych oraz wspierać zrównoważony rozwój urbanistyczny [6].

2. NOWE TECHNOLOGIE W BEZPIECZEŃSTWIE TRANSPORTU MIEJSKIEGO

W dzisiejszym szybko zmieniającym się środowisku miejskim transport miejski staje przed coraz większymi wyzwaniami związanymi z bezpieczeństwem. W związku z tym konieczne jest ciągłe poszukiwanie nowych technologii i praktyk, które mogą przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa w transporcie miejskim. Ważne jest również, aby stale monitorować i oceniać skuteczność wprowadzanych rozwiązań. Tylko poprzez nieustanne doskonalenie i adaptację do nowych warunków można osiągnąć znaczące postępy w zapewnieniu bezpieczeństwa.

2.1. Przegląd najnowszych technologii stosowanych w transporcie miejskim

Transport drogowy wymaga ciągłego usuwania licznych barier technicznych i administracyjnych, które utrudniają życie użytkowników. W ciągu ostatniego dziesięciolecia przewozy osób i towarów ułatwiło ujednoczenie rynku, jednakże rynek ten nadal nie jest doskonały. Chociaż niektóre bariery zostały rozwiązane, pojawiają się nowe, wcześniej nieznanne i wymagające inwencji. Pokonywanie tych przeszkód pochłania energię, czas i pieniądze. Transport drogowy nabiera większego znaczenia, ponieważ wyniki przewozowe pokazują, że nawet w czasach kryzysu transport towarowy w Polsce i Europie Środkowej rozwija się, co potwierdza duży potencjał tej gałęzi transportowej i rosnące potrzeby tranzytu międzynarodowego [3].

W wyniku nowego podejścia do polityki transportowej UE w 2011 roku powstała „Biała Księga: Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu”. Wyznaczono w nim nowe ramy czasowe do osiągnięcia realizowanych celów polityki transportowej, a także nowe cele [5].

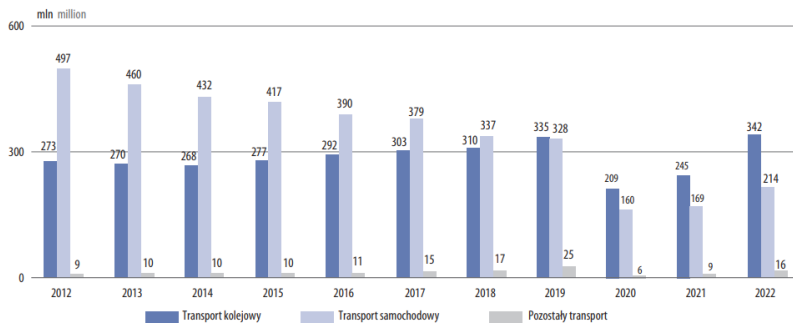
W stosunku do transportu drogowego zaplanowano:

- zmniejszenie o połowę liczby samochodów o napędzie konwencjonalnym w transporcie miejskim do 2030 roku; eliminację ich z miast do 2050 roku; opracowanie zasadniczo wolnej od emisji CO₂ logistyki w dużych ośrodkach miejskich do 2030 roku. Osiągnięcie tego celu wymaga ogromnych nakładów finansowych na badania i wprowadzenie stosownych rozwiązań opartych na nowoczesnych systemach, technologiach, mogących przysłużyć się realizacji tego celu;
- przeniesienie do 2030 roku 30% drogowego transportu towarów na odległościach większych niż 300 km na inne środki transportu, np. kolej, czy transport wodny, do 2050 roku zaś powinno to być ponad 50% tego typu transportu. Taka inicjatywa może doprowadzić do zahamowania zagrożeń na polskich drogach oraz poprawy bezpieczeństwa, w tym do: redukcji zatłoczonych ulic, poprawy jakości powietrza, oszczędności czasu [1].

2.2. Potencjał wpływu nowych technologii na poprawę bezpieczeństwa

Dane statystyczne dotyczące przewozu pasażerów w 2022 roku rzucają nowe światło na dynamikę oraz znaczenie sektora transportowego dla społeczeństwa i gospodarki. Rok ten charakteryzował się znaczącym wzrostem liczby przewiezionych osób, co stanowi istotny wskaźnik rozwoju infrastruktury transportowej oraz aktywności podróżniczej społeczeństwa.

W 2022 roku poszczególnymi rodzajami transportu przewieziono około 2,7 mln pasażerów, tj. o 35,2% więcej niż w roku poprzednim. Wzrost przewozów odnotowano w większości rodzajów transportu, największy w transporcie lotniczym o 83%, w transporcie kolejowym o 39,7%, samochodowym – 27,2% i wodnym śródlądowym – 11,6%. Spadek nastąpił jedynie w transporcie morskim – o 1%. Praca przewozowa wykonana przy przewozie pasażerów wyniosła 63,4 mld pasażerokilometrów i osiągnęła pułap o 73% wyższy niż przed rokiem (rys. 3).



Rys. 3. Przewozy pasażerów według rodzajów transportu w latach 2012–2022

Źródło: [5].

Wprowadzenie nowych technologii w transporcie miejskim ma ogromny potencjał w zakresie wpływu na poprawę bezpieczeństwa podróży. Dzięki rozwojowi systemów monitorowania, zarządzania ruchem oraz integracji różnych środków transportu, można skuteczniej zapobiegać wypadkom drogowym i podwyższać ogólny komfort podróżowania. Dodatkowo nowe technologie w transporcie miejskim, takie jak aplikacje mobilne z informacjami o rozkładach jazdy i płatnościami elektronicznymi, sprawiają, że korzystanie z transportu publicznego staje się wygodniejsze i łatwiejsze. Dostosowania dla osób starszych i niepełnosprawnych, takie jak rampy dla wózków inwalidzkich i systemy informacyjne, sprawiają, że transport miejski staje się bardziej dostępny i integracyjny. Utożsamienie usług carsharingu i bikesharingu z systemami transportu publicznego oraz inteligentne rozwiązania zarządzania ruchem mogą zwiększyć atrakcyjność środków komunikacji miejskiej, przyciągając większą liczbę pasażerów i wspierając wzrost aktywności społecznej w korzystaniu z nich [17].

3. INNOWACYJNE PODEJŚCIA ORGANIZACYJNE I KORZYŚCI SPOŁECZNE

Zrozumienie roli innowacyjnych podejść organizacyjnych w kontekście korzyści społecznych staje się coraz bardziej istotne w obliczu złożoności współczesnych wyzwań. W miarę jak środowisko biznesowe i społeczne ewoluuje, organizacje powinny dostosowywać swoje strategie i struktury, aby efektywnie reagować na zmiany i wdrażać rozwiązania sprzyjające rozwojowi społeczeństwa.

3.1. Przykłady innowacyjnych praktyk organizacyjnych w transporcie miejskim

Współczesne rozwiązania z zakresu inteligentnych systemów transportowych (ang. *Intelligent Transportation Systems*, dalej jako ITS) mogą znaleźć zastosowanie w procesie poprawy poziomu bezpieczeństwa w miastach, a przy tym pozytywnie wpłynąć na inne sfery ich funkcjonowania (np. ekonomiczną, ekologiczną). Co więcej, pomagają zintegrować i skoordynować działania, odnoszące się do szeroko rozumianego zarządzania bezpieczeństwem poprzez szybką wymianę informacji pomiędzy użytkownikiem systemu transportowego a administratorem. Tym samym stosowane rozwiązania pozwalają ostrzec użytkowników przed możliwością wystąpienia wypadków, dzięki zastosowaniu znaków informacyjnych zmiennej treści, bądź też wspomagają wczesne reagowanie i minimalizowanie ewentualnych skutków zaistniałych już zdarzeń.

Inteligentne systemy transportowe znajdują zastosowanie zarówno w poprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury transportowej, pojazdów, jak i pozwalają łączyć korzyści tych dwóch obszarów. W systemach infrastrukturalnych kluczową rolę odgrywają systemy detekcji, które pozwalają na identyfikację pojazdów, zbieranie i przetwarzanie informacji oraz przesyłanie do użytkowników komunikatów istotnych z perspektywy bezpieczeństwa ruchu drogowego w czasie rzeczywistym [14].

Do zasadniczych zastosowań detektorów w obszarze sterowania ruchem drogowym zalicza się:

- optymalizację sterowania sygnalizacją świetlną na skrzyżowaniach i przejściach dla pieszych;
- gromadzenie danych w miejscach, gdzie wczesne wykrywanie zakłóceń w ruchu i wypadków drogowych jest konieczne do zapewnienia bezpieczeństwa, np. w tunelach;
- tworzenie baz danych o ruchu drogowym oraz monitorowanie zachodzących zmian na szlakach komunikacyjnych, służące możliwości szybkiego reagowania w zakresie sterowania i zarządzania tym ruchem;
- wyświetlanie informacji uczestnikom ruchu drogowego, dotyczących m.in. nadmiernej prędkości, zbyt małych odstępów między pojazdami czy wysokości pojazdu przekraczającej dopuszczalne normy; zbieranie danych o ruchu na ścieżkach rowerowych lub pasach ruchu przeznaczonych wyłącznie dla autobusów;
- optymalizację długości kolejek pojazdów w miejscach, gdzie mogą one utrudniać ruch lub zagrażać jego bezpieczeństwu;
- identyfikację rodzaju pojazdów (np. pomiar ich masy lub innych parametrów z wykorzystaniem techniki wideo);
- tablice świetlne informujące o długości czasu oczekiwania potencjalnego pasażera przed przyjazdem danej linii transportu miejskiego [7].

Systemy ITS stanowią odpowiedź na wzrastający poziom motoryzacji oraz postępujące ograniczenie przepustowości ulic. Dla zwiększenia poziomu bezpieczeństwa w obszarach miejskich miasta powinny skierować swoją uwagę w stronę nowoczesnych technologii. Te technologie należy traktować jako długoterminową inwestycję w przyszłość, a nie źródło generowania kosztów [15].

3.2. Korzyści społeczne wynikające z innowacji w bezpieczeństwie transportu miejskiego

Innowacje w dziedzinie bezpieczeństwa transportu miejskiego przynoszą liczne korzyści społeczne, które mają istotny wpływ na jakość życia mieszkańców oraz funkcjonowanie miast. Nowoczesne technologie, takie jak systemy monitorowania, czujniki zbliżeniowe i systemy ostrzegania o zagrożeniach, pomagają zapobiegać

wypadkom oraz incydentom w transporcie miejskim. Dzięki nim mieszkańcy czują się bezpieczniej podróżując, co przyczynia się do poprawy ogólnej jakości życia w mieście.

Systemy monitorowania i zarządzania transportem miejskim umożliwiają szybką reakcję na awarie, wypadki drogowe czy inne zagrożenia. To pozwala na szybsze usuwanie przeszkód oraz udzielanie pomocy potrzebującym, co może znacznie zmniejszyć czas utrudnień w ruchu i minimalizować negatywne skutki incydentów. Efektywne systemy transportu miejskiego, takie jak szybkie tramwaje czy elektryczne autobusy, mogą przyczynić się do zmniejszenia emisji szkodliwych substancji do atmosfery. To z kolei może prowadzić do poprawy jakości powietrza w mieście, co ma korzystny wpływ na zdrowie mieszkańców i ogólną jakość życia [10].

Innowacyjne rozwiązania w transporcie miejskim mogą zmniejszyć zatory i zatłoczenie ulic poprzez zachęcanie do korzystania z bardziej efektywnych środków transportu, takich jak komunikacja publiczna czy systemy wynajmu rowerów i hulajnog elektrycznych. Mniejsze zatłoczenie ulic przekłada się na mniejsze opóźnienia w podróżach oraz zmniejszenie emisji spalin.

Bezpieczny i efektywny transport miejski sprawia, że miasto staje się bardziej atrakcyjne zarówno dla mieszkańców, jak i turystów. Dostępność szybkich i niezawodnych środków transportu sprzyja mobilności w obrębie miasta, umożliwiając łatwiejsze korzystanie z różnych atrakcji, miejsc pracy i rozrywki. Te korzyści społeczne, wynikające z innowacji w bezpieczeństwie transportu miejskiego, przyczyniają się do tworzenia bardziej zrównoważonych i przyjaznych dla ludzi miast, poprawiając jakość życia oraz wygodę podróży mieszkańców i odwiedzających [16].

PODSUMOWANIE

Innowacje w transporcie miejskim mogą prowadzić do poprawy jakości powietrza oraz zmniejszenia zatorów ulicznych. Elektryczne autobusy, tramwaje i samochody stanowią przykłady ekologicznych środków transportu, które redukują emisję szkodliwych substancji do atmosfery. Redukcja pojazdów wykorzystujących tradycyjne paliwa kopalne przyczynia się także do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, wspierając walkę ze zmianami klimatycznymi.

Nowoczesne systemy zarządzania ruchem pozwalają na lepszą kontrolę przepływu pojazdów oraz zoptymalizowanie tras, co może zmniejszyć zatory uliczne i przyczynić się do zmniejszenia emisji spalin. Poprawa płynności ruchu ulicznego sprawia, że pojazdy spędzają mniej czasu w zatorach transportowych, co redukuje negatywny wpływ na środowisko.

Wykorzystanie nowoczesnych technologii w komunikacji publicznej, takich jak inteligentne systemy zbierania danych czy dynamiczne informacje o rozkładach jazdy, może zwiększyć atrakcyjność transportu publicznego. Większa liczba pasażerów korzystających z transportu publicznego zmniejsza liczbę samochodów na drogach, co przyczynia się do zmniejszenia zatorów ulicznych i emisji spalin.

LITERATURA

1. *Biała Księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*, Bruksela 2011.
2. Brdulak J., Pawlak P., Krysiuk C., *Rozwój gąłęziowy transportu w Europie – priorytetowe osie TEN-T*, Wydawnictwo ITS, Warszawa 2012.
3. Chądzyński J., Nowakowska A., Przygodzki Z., *Region i jego rozwój w warunkach globalizacji*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa 2007.
4. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego, teoria i praktyka* [w:] Lejda K., Siedlecka S., *Inteligentne systemy sterowania ruchem drogowym w miastach*, Autobusy, 2016, nr 12.
5. GUS, *Transport – wyniki działalności w 2022 r.*, Warszawa – Szczecin 2023.
6. Kraszewski D., Grzebińska D., *Jesteś tym, czym oddychasz. Kompendium wiedzy na temat niskiej emisji*, Stowarzyszenie Zielone Mazowsze, Warszawa 2016.
7. Krystek R. (red.), *Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
8. Lewandowski W., *Bezpieczeństwo publiczne w kontekście oczekiwań mieszkańców małych miast – inicjatywy śląskiej Policji* [w:] Fehler W., *Bezpieczeństwo publiczne w przestrzeni miejskiej*, Wydawnictwo ARTE, Kraków 2010.
9. *Park pojazdów zarejestrowanych w Polsce w latach 1990–2022 r.*, Polski Związek Przemysłu Motorniczego na podstawie GUS, Warszawa 2022.
10. Stangel M., *Kształtowanie współczesnych obszarów miejskich w kontekście zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.
11. Suchorzewski W., Olszewski M., *Samochód w śródmieściu*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1983.
12. Szczepańska A., *Rozwój obszarów miejskich a nowe wyzwania dla organizacji komunikacji miejskiej*, Autobusy, 2016, nr 6, Politechnika Częstochowska, Częstochowa.
13. Woch J., Janecki R., Sierpiński G., *Współczesne problemy transportowe. Wybrane problemy teorii i praktyki*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
14. *World Urbanization Prospects 2018*, Department of Economic and Social Affairs Population, Division Highlights, United Nations, New York 2019.
15. Zysińska M., *Rozwój inteligentnych systemów transportowych w Polsce*, Instytut Naukowo-Wydawniczy "TTS" Sp. z o.o., 2013, R. 20, nr 10, s. 863–873.

Źródła internetowe

16. <https://migrant.info.pl/en/home/every-day-life-and-its-costs/transportation-in-poland> (dostęp 25.03.2024).
17. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/08/09/three-transportation-tech-trends-that-will-shape-cities-and-countries/?sh=52678d81787e> (dostęp 24.03.2024).

URBAN TRANSPORT SAFETY INNOVATIONS: NEW TECHNOLOGIES AND PRACTICES

The report presents the latest scientific advancements in the field of transportation, with particular emphasis on innovative technological solutions and organizational practices. In the context of the rapidly changing transportation landscape, scientific research plays a crucial role in identifying issues, analyzing data, and proposing effective solutions. The aim of the article is to highlight the problems arising from a lack of awareness of societal threats. Additionally, it seeks to identify the latest innovations in urban transportation safety, analyze their effectiveness, and assess their potential impact on improving the protection of passengers and transport system employees. Furthermore, the article aims to showcase the benefits that innovations in this area can bring to local communities and to inspire policymakers and researchers to take further actions to enhance urban transportation safety through innovative solutions.

Keywords: *public transport, innovations, threats, safety, technologies.*

STOSOWANIE ZIELONYCH PALIW JAKO PRZEJAW ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU TRÓJMIASTA

Artykuł prezentuje rosnące znaczenie stosowania zielonych paliw jako przejawu zrównoważonego rozwoju w Trójmieście. Inicjatywy podejmowane przez miasta Trójmiasta, tj. Gdańsk, Gdynię i Sopot, w celu promocji ekologicznych form transportu, koncentrują się na zastosowaniu biopaliw, elektrycznych autobusów oraz infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych. Inwestycje w zielone paliwa nie tylko redukują emisję gazów cieplarnianych, ale także przyczyniają się do poprawy jakości powietrza i ograniczenia zanieczyszczenia środowiska. Opracowanie stanowi syntezę działań podejmowanych przez Trójmiasto w kontekście promocji zrównoważonego transportu oraz podkreśla wagę tych inicjatyw dla dalszego rozwoju ekologicznego regionu. Zrównoważony rozwój, zwany także ekorozwojem, to „rozwój odpowiadający obecnym potrzebom bez uszczerbku dla możliwości spełnienia swoich potrzeb przez przyszłe pokolenia” [2]. Trójmiasto w aspekcie promocji zrównoważonego transportu podkreśla wagę tych inicjatyw dla dalszego ekologicznego rozwoju. Biegłe angażuje się w modernizację infrastruktury miast w kierunku zwiększania e-mobilności, by w przyszłości mieszkańcy mogli aktywnie korzystać z tych inicjatyw [1].

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, zielone paliwa, transport, technologie, Trójmiasto.

WSTĘP

W dobie dynamicznie rosnącej świadomości ekologicznej oraz globalnych wyzwań, związanych z ochroną środowiska, miasta na całym świecie szukają innowacyjnych rozwiązań, które pozwolą im na ograniczenie emisji szkodliwych substancji oraz zminimalizowanie śladu węglowego. Trójmiasto, obejmujące Gdańsk, Gdynię i Sopot, nie pozostaje w tyle w tych dążeniach, wprowadzając wiele inicjatyw, mających na celu promowanie i wdrażanie zielonych paliw. Artykuł omawia sposób, w jaki stosowanie ekologicznych alternatyw dla tradycyjnych paliw wpisuje się w szeroko pojęty zrównoważony rozwój Trójmiasta, przyczyniając się do poprawy jakości życia mieszkańców oraz ochrony środowiska naturalnego.

1. KONTEKST ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU I ZIELONYCH PALIW

W kontekście dynamicznie rozwijających się obszarów miejskich, takich jak Trójmiasto, idea zrównoważonego rozwoju nabiera szczególnej wagi. Określa, w jaki sposób stosowanie zielonych paliw w Gdańsku, Gdyni i Sopocie może

stanowić przejaw zrównoważonego rozwoju, zwracając uwagę na unikatowe wyzwania i możliwości, jakie niesie ze sobą specyfika tego regionu.

1.1. Znaczenie zrównoważonego rozwoju dla aglomeracji miejskich

Życie w granicach ograniczeń środowiskowych jest jedną z głównych zasad zrównoważonego rozwoju. Jedną z konsekwencji niezastosowania się do tego są zmiany klimatyczne. Jednak nacisk na zrównoważony rozwój jest znacznie szerszy niż tylko środowisko. Celem jest także zapewnienie silnego, zdrowego i sprawiedliwego społeczeństwa. Oznacza to zaspokajanie różnorodnych potrzeb wszystkich ludzi w istniejących i przyszłych społecznościach, promowanie dobrostanu osobistego, spójności i włączenia społecznego oraz tworzenie równych szans [4].

Ekorozwój w aglomeracjach miejskich odnosi się do tworzenia warunków, w których miasta mogą rozwijać się bez degradacji środowiska i z zachowaniem równości społecznej. W aglomeracjach takich jak Trójmiasto, gdzie procesy urbanizacyjne i gospodarcze są intensywne, zrównoważony rozwój pomaga zapewnić racjonalne zarządzanie zasobami, redukcję emisji zanieczyszczeń, a także równomierny rozwój społeczno-gospodarczy. Wspiera innowacje i stymuluje gospodarkę poprzez rozwój zielonych technologii. Akceptacja tych zmian przyczynia się do poprawy warunków życia oraz stwarza lepsze predyspozycje do dalszego rozwoju technologicznego.

1.2. Rola zielonych paliw w promowaniu zrównoważonego rozwoju

Rola biopaliw w zrównoważonym rozwoju jest w dzisiejszym świecie niezwykle istotna. W miarę kontynuowania wysiłków, mających na celu zmniejszenie zależności od paliw kopalnych i łagodzenie skutków zmian klimatycznych, biopaliwa stały się realną alternatywą [5].

Biopaliwa są to paliwa otrzymywane z materii organicznej, takiej jak rośliny uprawne, pozostałości rolne i odpady. Zrównoważony rozwój odnosi się do zrównoważonego i zintegrowanego podejścia, które zaspokaja potrzeby obecnego pokolenia, nie umniejszając możliwości przyszłych pokoleń do zaspokojenia ich własnych potrzeb. Związek między biopaliwami a zrównoważonym rozwojem polega na ich potencjale w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych, ochrony zasobów naturalnych i promowania wzrostu gospodarczego, przy jednoczesnym zapewnieniu korzyści środowiskowych i społecznych [6].

1.3. Wpływ zielonych paliw na zrównoważony rozwój Trójmiasta

Zielone paliwa odgrywają kluczową rolę w ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych, które są główną przyczyną zmiany klimatu. Zastępując paliwa kopalne biopaliwami, można znacznie zmniejszyć emisję dwutlenku węgla,

pomagając złagodzić skutki globalnego ocieplenia. Ponadto produkcja i wykorzystanie biopaliw przyczyniają się do ochrony zasobów naturalnych, opierając się na surowcach odnawialnych, a nie na ograniczonych rezerwach paliw kopalnych.

2. TRÓJMIASTO JAKO OBSZAR DZIAŁAŃ NA RZECZ ZRÓWNOWAŻENIA

Poniżej przedstawiono kluczowe informacje o Trójmieście, omówiono działania tego regionu w kierunku zrównoważonego rozwoju oraz przeanalizowano problemy środowiskowe i infrastrukturalne, w których rozwiązaniu może pomóc zastępowanie dotychczas stosowanych paliw bardziej ekologicznymi alternatywami.

2.1. Charakterystyka Trójmiasta: geografia, demografia i kluczowe sektory gospodarcze

Trójmiasto, obejmujące Gdańsk, Gdynię i Sopot, stanowi dynamicznie rozwijający się region, usytuowany w województwie pomorskim, w północnej Polsce. Stanowi czwarty co do wielkości obszar metropolitalny, zamieszkiwany przez prawie 770 000 osób, którego powierzchnia wynosi 414,8 km². Zwany jest także aglomeracją gdańską, gdyż właśnie Gdańsk jest stolicą Trójmiasta i całego województwa pomorskiego. Od 2022 roku Gdańsk jest największym polskim miastem pod względem powierzchni, co wynika ze zmian, w głównej mierze polegających na włączeniu Zatoki Puckiej oraz części Zatoki Gdańskiej do morskich wód wewnętrznych, podziale tych wód i przypisaniu ich w EGİB do jednostek podziału terytorialnego z nimi sąsiadujących. W rezultacie w granicach województwa pomorskiego zmianami objęte zostały miasta na prawach powiatu (dalej m.n.p.p.): Gdańsk (+41 713 ha), Gdynia (+25 631 ha) i Sopot (+1 040 ha) [3].

Tabela 1

Podział miast Trójmiasta na populację i powierzchnię

Lp.	Miasto	Populacja	Powierzchnia (z uwzględnieniem wód morskich) [km ²]
1	Gdańsk	486 345	683
2	Gdynia	242 874	391
3	Sopot	32 276	28

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących z portalu stat.gov.pl.

Pomimo dużego urozmaicenia, chociażby pod względem wielkości lub typu dominującej architektury, miasta te ściśle ze sobą współpracują, co idealnie obrazuje obejmująca cały obszar komunikacja miejska. Trójmiasto jest skomunikowane za pomocą sieci dróg i kolei miejskiej, zarządzanych niezależnie przez ZTM Gdańsk, ZKM Gdynia i PKP SKM Trójmiasto [11].

Bezpośrednie położenie Trójmiasta nad Morzem Bałtyckim tworzy sprzyjający czynnik dla rozwoju sektorów gospodarczych w kierunkach morskich i śródlądowych.

Sektory dominujące w Trójmieście są to:

- przemysł stoczniowy, czyli historyczna gałąź przemysłowa, ściśle kojarzona z Gdynią oraz Gdańskiem. Początek działalności stoczni w Gdyni datuje się na 3 listopada 1922 roku, a początek działalności stoczni w Gdańsku na rok 1945;
- przemysł portowy – Trójmiasto obejmuje dwa najpopularniejsze porty morskie w Polsce. Port w Gdańsku – największy w Polsce oraz port Gdynia, czyli trzeci co do wielkości port, który jest jednocześnie najpopularniejszy i najczęściej wybierany przez pasażerów;
- przemysł turystyczny i usługi bardzo prężnie działają na terenie całego Pomorza. Co roku w okresie wakacyjnym na północ Polski przyjeżdżają turyści, aby odwiedzić trójmiejskie plaże i wiele atrakcji tego regionu, ale również Trójmiasto stanowi miejsce pośrednie podróży. Z Gdyni i Gdańska kursują promy do Szwecji, a w Gdańsku znajduje się port lotniczy Gdańsk-Rębiechowo im. Lecha Wałęsy.

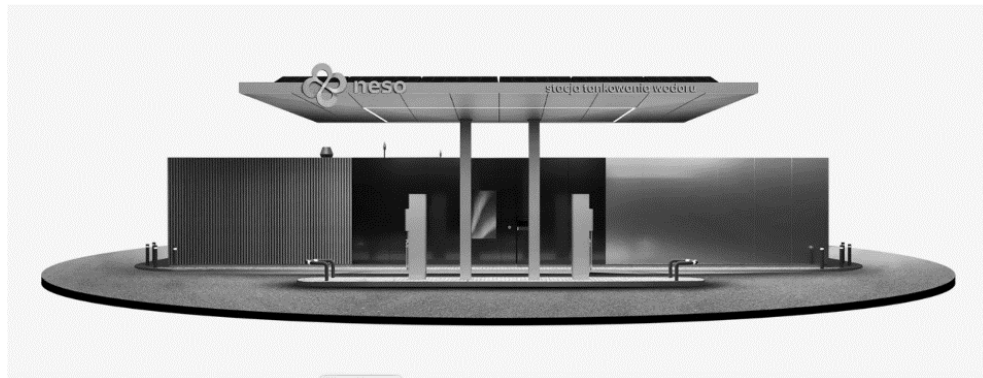
2.2. Przegląd dotychczasowych działań Trójmiasta w kierunku zrównoważenia: polityki miejskie, inicjatywy lokalne, zaangażowanie społeczności

W Trójmieście planowane jest otwarcie nowych stacji tankowania wodoru marki Neso, które będą aktywne od czerwca 2024 roku. Stacje te będą zlokalizowane w Gdańsku na ulicy Jabłoniowej oraz w Gdyni na ulicy Starochwaszczyńskiej (rys. 1). Początkowo stacje te będą obsługiwać autobusy miejskie, ale z czasem zostaną udostępnione również dla samochodów osobowych. Operatorem stacji jest spółka PAK-PCE Stacje H2, będąca częścią ZE PAK oraz Grupy Polsat Plus.

Stacje Neso są zaprojektowane jako samoobsługowe, a proces tankowania wodoru nie różni się znacząco od tradycyjnego tankowania benzyny czy oleju napędowego.

W praktyce pojazdy korzystają z dwóch różnych dystrybutorów: samochody osobowe z dystrybutora oznaczonego jako H70, który dostarcza wodór pod ciśnieniem 700 bar, natomiast autobusy z dystrybutora H35, dostarczającego wodór pod ciśnieniem 350 bar. Taki podział pozwala na zoptymalizowanie procesu tankowania zgodnie z potrzebami różnych pojazdów.

Wodór do stacji dostarczany będzie specjalistycznymi wodorowozami, które są w stanie przetransportować do 1000 kg H₂ za jednym razem [10].



Rys. 1. Wizualizacja stacji Neso

Źródło: <https://s-trojmiasto.pl/zdj/c/n/9/3713/2660x0/3713799-Tak-bedzie-wygladala-gotowa-stacja.webp>.

Otwarcie stacji tankowania wodoru stanowi ważny krok w rozwoju infrastruktury zielonych paliw w regionie Trójmiasta, co jest kluczowe dla promowania ekologicznych form transportu w aglomeracji miejskiej.

W Gdańsku od 2 kwietnia do końca czerwca był testowany pierwszy autobus NesoBus napędzany na wodór. Celem testów było finalne dostosowanie konfiguracji zamówionych 10 autobusów do specyficznych uwarunkowań gdańskiego układu komunikacji miejskiej.

Dodatkowo NesoBus, wyprodukowany w Polsce, jest całkowicie zero-emisyjnym miejskim autobusem wodorowym, który przy jednym tankowaniu zapewnia zasięg do 330 km. Codziennie zużywa on około 8 kilogramów wodoru na 100 kilometrów. Długości zadań całodziennych w Gdańsku wynoszą średnio około 250 km, co pozwala autobusom wodorowym obsługiwać całe miasto bez konieczności częstego tankowania, czyniąc je efektywnym rozwiązaniem dla miejskiego transportu.

Dzięki swojej innowacyjności autobusy te stanowią znaczący krok naprzód w ekologicznym transporcie miejskim (rys. 2).



Rys. 2. NesoBus

Źródło: [7].

Na nowo otwieranych stacjach tankowania wodoru, dzięki zoptymalizowanym procesom, możliwe jest tankowanie do 10 samochodów osobowych lub 3 do 4 autobusów na godzinę. Taka wydajność tankowania znacząco przyczynia się do efektywności operacyjnej i dostępności pojazdów wodorowych, co jest kluczowe dla utrzymania ciągłości usług transportowych oraz obsługi pasażerów. W ramach technologii wodorowej pojazdy, takie jak samochody i autobusy, są użytkowane w sposób analogiczny do pojazdów spalinowych. Proces tankowania pojazdów wodorowych jest jednak znacznie szybszy i bardziej efektywny. Tankowanie samochodu wodorowego zajmuje zaledwie około 4 minuty, zapewniając zasięg około 650 km. Z kolei tankowanie autobusu wodorowego trwa około 15 minut i umożliwia osiągnięcie zasięgu na poziomie prawie 450 km, co pozwala na jego niemal nieprzerwaną eksploatację w transporcie miejskim w ciągu dnia [16].

Inwestycje w autobusy elektryczne i na wodór, choć przynoszą znaczące korzyści ekologiczne, wiążą się także z wysokimi kosztami początkowymi. Zakup nowego autobusu elektrycznego lub wodorowego jest zazwyczaj droższy w porównaniu z tradycyjnymi autobusami spalinowymi. Koszt jednego autobusu waha się w granicach od 4 do 6 milionów złotych, natomiast budowa stacji tankowania wodoru to wydatek rzędu kilkunastu milionów złotych. Dodatkowo budowa odpowiedniej infrastruktury ładowania i tankowania również wymaga znacznych inwestycji. Jednakże, mimo tych początkowych wydatków, długoterminowa analiza ekonomiczna wskazuje na potencjalne oszczędności dzięki niższym kosztom eksploatacji i utrzymania, a także przez redukcję kosztów związanych z koniecznością zakupu paliw kopalnych. Korzyści w postaci zmniejszenia emisji szkodliwych substancji i poprawy jakości powietrza mogą przekładać się również na długofalowe oszczędności dla miasta i jego mieszkańców, co czyni te inwestycje opłacalnymi, pomimo wysokich kosztów inicjalnych [14].

3. ROLA ZIELONYCH PALIW W EKOSYSTEMIE MIEJSKIM TRÓJMIASTA

Trójmiasto aktywnie wdraża strategie związane z zielonymi paliwami. Te innowacyjne rozwiązania odgrywają kluczową rolę w transformacji ekologicznej i są coraz szerzej stosowane w transporcie publicznym oraz prywatnym. Zielone paliwa nie tylko przyczyniają się do znaczącego obniżenia emisji CO₂, ale również stanowią impuls do rozwoju nowych technologii.

3.1. Transformacja floty pojazdów jako wyraz e-mobilności w Trójmieście

Gdynia, uznawana za lidera w zakresie zbiorowego transportu w Polsce, kontynuuje swój znaczący postęp w zelektryfikowaniu floty pojazdów. Obecnie aż 33,3% floty autobusowej stanowią elektrobusy (rys. 3). Pierwsze 16 autobusów marki Mercedes-Benz e-Citaro zaczęło kursować po ulicach miasta w drugim kwartale 2022 roku. Koszty związane z zakupem zostały w części pokryte przez UE, która sfinansowała 85% inwestycji. Wraz z pojawieniem się autobusów powstały stacje ładowania, które znajdują się na kilku pętlach w różnych dzielnicach Gdyni: Śródmieście – Dom Marynarza, Plac Kaszubski, Dworzec Morski – Muzeum Emigracji, Oksywie – Godebskiego, Witomino Leśniczówka [19].

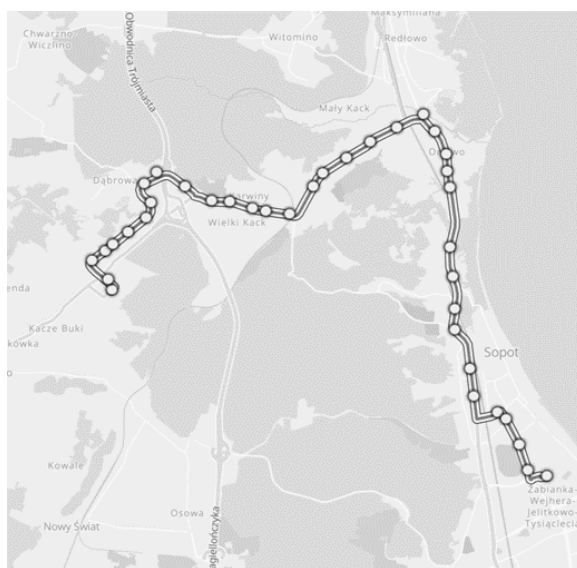


Rys. 3. Stacja ładowania autobusów miejskich z napędem elektrycznym w Gdyni

Źródło: [18].

Ta inwestycja jest rezultatem konsekwentnej realizacji polityki zrównoważonego transportu w Gdyni, która stawia na rozwój komunikacji miejskiej przyjaznej dla środowiska. Dodatkowo plany rozwoju zrównoważonego transportu w Gdyni obejmują dalsze inwestycje w infrastrukturę ładowania dla pojazdów elektrycznych oraz rozbudowę sieci tras autobusowych. W perspektywie długoterminowej miasto dąży do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń powietrza oraz poprawy jakości życia mieszkańców poprzez promowanie ekologicznych rozwiązań w transporcie [12].

Sopot, najbardziej zielone polskie miasto, kontynuuje elektryfikację swojej floty trolejbusowej i autobusowej, zwiększając udział pojazdów elektrycznych, co przyczynia się do znaczącej redukcji emisji pyłów i związków azotu. Od lat konsekwentnie dąży do maksymalizacji udziału taboru elektrycznego w systemie transportowym. Kilka lat temu linia trolejbusowa numer 31 została przedłużona do Hali Ergo Areny (rys. 4).



Rys. 4. Zmodernizowana trasa linii 31

Źródło: https://moovitapp.com/index/pl/transport_publiczny-line-31-Tricity-4755-1057296-89865383-4.

Rozpoczynając od alei Niepodległości, autobusy na tej trasie poruszają się na akumulatorach, działając bez trakcji. Sukcesywnie modernizowana jest także linia międzymiastowa 181, na której obecnie 67% pojazdów stanowią trolejbusy, chociaż pierwotnie była to linia obsługiwana przez autobusy. Postęp technologiczny otwiera przed Sopotem nowe możliwości zelektryfikowania kolejnych linii miejskich.

Już teraz pojazdy zeroemisyjne stanowią jedną czwartą wszystkich pojazdów komunikacji miejskiej w Sopocie [8].

Gdańsk aktywnie rozwija się w kierunku zeroemisyjnego transportu. Miasto zakupiło 18 nowych pojazdów marki Lion's City E, co więcej, do 2024 roku gdański tabor pojazdów powiększy się łącznie o 31 zeroemisyjnych pojazdów. Autobusy, które wyruszyły na ulice Gdańska, korzystają z 18 nowo utworzonych stanowisk ładowania, znajdujących się w zajezdni przy al. Hallera. System zarządzania stacją jest zintegrowany z systemami informatycznymi GAiT, co powoduje, że ładowanie i przygotowanie pojazdu do ruchu są skorelowane z godziną jego wyjazdu z zajezdni. Ponadto zastosowane ładowarki o mocy 150 kW umożliwią doładowanie pojazdów także w ciągu dnia, co jeszcze znacząco zwiększy ich możliwości operacyjne w razie potrzeby. Przewidywany czas potrzebny na naładowanie autobusu mieści się w przedziale od 3,5 do 6 godzin [15].

3.2. Wpływ zielonych paliw na środowisko, gospodarkę i społeczność lokalną

Z ekonomicznego punktu widzenia rozwój infrastruktury, związanej z zielonymi paliwami, stwarza nowe miejsca pracy i otwiera lokalne firmy na rynki technologii ekologicznych. Społecznie zwiększona świadomość ekologiczna oraz poprawa jakości życia w Trójmieście wzmacniają poczucie odpowiedzialności za środowisko, promując zrównoważone zachowania wśród mieszkańców. Trójmiasto angażuje się w promowanie zielonych paliw poprzez edukację i współpracę międzysektorową. Lokalne uczelnie i instytuty badawcze uczestniczą w projektach technologii zielonych paliw, rozwijając wiedzę i podwyższając kompetencje. Partnerstwa publiczno-prywatne realizują projekty infrastrukturalne, zwiększając dostępność i efektywność zielonych paliw. Działania te wzmacniają pozycję Trójmiasta jako lidera zrównoważonego rozwoju i innowacji ekologicznych na poziomie krajowym i międzynarodowym [14].

4. PERSPEKTYWY ROZWOJU ZIELONYCH PALIW: BARIERY I KIERUNKI DZIAŁAŃ

Coraz częściej stosowane zielone paliwa stanowią nowoczesne rozwiązanie problemów ekologicznych. Pozwalają one na zmniejszenie produkcji zanieczyszczeń powietrza, a tym samym na poprawę stanu środowiska. Niestety, niektóre metody wiążą się z większymi przeciwnościami, przez które wprowadzenie zmian jest niemożliwe.

4.1. Identyfikacja głównych wyzwań i barier w rozwoju zielonych paliw w Trójmieście

Rozwój zielonych paliw w Trójmieście, jak i w całej Polsce, napotyka wiele wyzwań i barier, które należy pokonać, aby w pełni wykorzystać potencjał tej technologii. Jak we wszystkich sektorach gospodarczych, dominującą trudnością jest znalezienie środków. Zrewolucjonizowanie przemysłu energetycznego poprzez zamianę paliw na te bardziej ekologiczne wiąże się z kosztami związanymi z wprowadzeniem i pozyskiwaniem surowca, badaniami i testami technologicznymi. Cena biopaliw i surowców niezbędnych do ich produkcji jest wyższa niż tradycyjnych paliw konwencjonalnych. Dodatkowe wydatki stanowią inwestycje infrastrukturalne, tj. magazynowanie czy dystrybucja, czego przykładem jest wdrażanie wodoru jako paliwa, które wymaga modernizacji sieci energetycznej w celu zapewnienia stabilnego i wydajnego przesyłu energii.

4.2. Możliwości dalszego rozwoju i optymalizacji stosowania zielonych paliw

Pomimo wszelkich przeciwności Trójmiasto ma ogromny potencjał w dziedzinie poprawy ochrony środowiska, związanej ze zmianą stosowanych dotąd paliw. Dzięki działaniom władz, takim jak dotacje dla firm, organizowanie wydarzeń promujących, ale przede wszystkim edukujących mieszkańców o proekologicznych rozwiązaniach, region ma szansę na rozwój i wprowadzanie zmian.

Jedną z nowych koncepcji w zakresie gospodarki morskiej jest możliwość produkcji zielonego metanolu w Gdyni. Paliwo to jest dopiero we wstępnych fazach testów technologicznych w Polsce, natomiast spółka Standard Eco Energy z doświadczeniem w realizacji podobnego projektu w porcie Kokkola w północnej Finlandii na spotkaniu z przedstawicielami gdyńskiego samorządu przedstawiła swój projekt odnośnie do produkcji e-metanolu w Gdyni.

Zielony metanol jest to ekologiczne paliwo, które ma potencjał zastąpić w przyszłości paliwa kopalne w branży morskiej odpowiedzialnej za 3% globalnych emisji dwutlenku węgla. Związek ten to alkohol metylowy, do którego pozyskania potrzebna jest zielona energia, dwutlenek węgla oraz wodór. Do produkcji wodoru należałoby wybudować elektrolizery. Dzięki swoim właściwościom e-metanol może całkowicie wyeliminować problem emisji tlenków siarki, stanowiących jeden z głównych czynników zanieczyszczenia powietrza emitowanych przez statki. Możliwość tankowania e-metanolu w porcie Gdynia otwiera go na nowoczesną flotę takich operatorów jak Maersk czy MSC. To może pozytywnie wpłynąć na miejsca pracy w porcie i jego otoczeniu, generując nowe zapotrzebowanie na wykwalifikowanych pracowników. Pozytywnym aspektem jego produkcji jest również powstający w procesie odpad – duże ilości ciepła, które mogą być wykorzystane do ogrzewania mieszkań [17].

PODSUMOWANIE

Wdrożenie zielonych paliw w Trójmieście stanowi istotny krok w kierunku zrównoważonego rozwoju, który harmonijnie łączy troskę o środowisko z potrzebami mieszkańców. Inicjatywy, takie jak rozwój infrastruktury dla pojazdów elektrycznych, promowanie biopaliw czy inwestycje w transport publiczny, oparty na paliwach alternatywnych, przyczyniają się do redukcji emisji zanieczyszczeń oraz poprawy jakości powietrza. Dzięki takim działaniom Trójmiasto staje się przykładem nowoczesnej, ekologicznie świadomej aglomeracji, która dąży do minimalizowania swojego śladu węglowego i tworzenia zdrowszego, bardziej zrównoważonego środowiska dla przyszłych pokoleń.

LITERATURA

1. Augustyn A., *Zrównoważony rozwój miast w świetle idei smart city*, Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok 2020.
2. Florek M., Hereźniak K., *Koncepcja smart city w budowaniu marki miasta – możliwości i ograniczenia*, Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok 2017.
3. Kacperczyk E., Ciesielska E., Hernik G., Matysek-Zdun U., *Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2023 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2023.
4. Kiełczewski D., *Zrównoważony rozwój – istota, interpretacje, związek ze społeczeństwem wiedzy*, Wyższa Szkoła Ekonomiczna w Białymstoku, Białystok 2010.
5. *Raport „Zielony Transport”*, Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego, Warszawa 2022.
6. *Strategia rozwoju Miasta Gdyni 2030*, Gdynia 2017.

Źródła internetowe

7. <http://gashd.eu/wp-content/uploads/2024/03/Neso-Bus-Gdansk-autobusy-na-wodor-2024-2.jpg>.
8. <https://gdynia.naszemiasto.pl/od-poniedzialku-trolejbus-nr-31-jedzie-do-ergo-areny/ar/c4-481925> (dostęp 18.05.2024).
9. https://moovitapp.com/index/pl/transport_publiczny-line-31-Tricity-4755-1057296-89865383-4.
10. <https://moto.trojmiasto.pl/W-Trojmiescie-budowane-sa-dwie-stacje-tankowaniu-wodoru-n188708.html> (dostęp 07.05.2024).
11. <https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%B3jmiasto> (dostęp 06.05.2024).
12. <https://seshydrogen.com/en/hydrogen-buses-in-cities-how-does-a-hydrogen-bus-work-advantages-barriers-and-emissions-generated/> (dostęp 17.05.2024).
13. <https://s-trojmiasto.pl/zdj/c/n/9/3713/2660x0/3713799-Tak-bedzie-wygladala-gotowa-stacja.webp>.
14. <https://www.bureauveritas.pl/bv-green-line-uslugi-i-rozwiazania-dedykowane-dla-zrownowazonego-rozwoju> (dostęp 14.05.2024).
15. <https://www.gdansk.pl/wiadomosci/Elektryczny-autobus-na-testach-w-Gdanskua,245242> (dostęp 20.05.2024).

16. <https://www.gdansk.pl/wiadomosci/Pierwszy-wodorowy-autobus-wodorowiec-na-gdanskich-liniach-Ruszy-zaraz-po-Wielkanocy-Dulkiewicz-Borawski-Stec-Lisicki-Blaszczyk,a,261254> (dostęp 13.05.2024).
17. <https://www.portalmorski.pl/zegluga/55246-e-metanol-zielone-paliwo-dla-statkow-moze-byc-produkowane-w-gdyni> (dostęp 22.05.2024).
18. <https://www.trojmiasto.pl/wiadomosci/Zwiedzaj-miasto-dzieki-komunikacji-Najciekawsze-linie-w-Gdyni-n182630.html>.
19. <https://zkmgdynia.pl/wiadomosc/elektrobusy-mercedes-benz-ecitaro-juz-na-trasach> (dostęp 14.05.2024).

THE USE OF GREEN FUELS AS AN ASPECT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE TRI-CITY

The article presents the growing importance of using green fuels as a manifestation of sustainable development in the Tricity area. Initiatives undertaken by the cities of Gdańsk, Gdynia, and Sopot to promote ecological forms of transport focus on the use of biofuels, electric buses, and electric vehicle charging infrastructure. Investments in green fuels not only reduce greenhouse gas emissions but also contribute to improving air quality and reducing environmental pollution. The paper synthesizes the actions taken by the Tricity in promoting sustainable transport and emphasizes the significance of these initiatives for further ecological development of the region. Sustainable development, also known as eco-development, refers to "development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" [2]. The Tricity underscores the importance of these initiatives for the region's continued ecological development through the promotion of sustainable transport. It actively engages in modernizing city infrastructure to increase e-mobility, ensuring that residents can actively benefit from these initiatives in the future [1].

Keywords: public transport, sustainable development, green fuels, technologies, Tri-City.

Marta Kaczmarek, Kinga Koy

Uniwersytet Gdański

ŚRODKI TRANSPORTU WSPARCIA DLA UWIĘZIONYCH W STREFIE GAZY

Niniejszy artykuł stanowi zbiór najważniejszej wiedzy dotyczącej środków transportu, innowacji oraz ich potencjalnego wykorzystania w sytuacji konfliktu zbrojnego na podstawie obecnej sytuacji w Strefie Gazy. Ukazano kontekst historyczny i geograficzny wybuchu wojny palestyńsko-izraelskiej, aby przybliżyć przyczyny, jednocześnie pozwalając na zrozumienie trudności, związanej z zapewnieniem niezawodności dostaw, nie tylko tych dotyczących wyposażenia armii, ale również zwykłej ludności cywilnej. Artykuł podkreśla kluczowość kontynuacji dostaw, próbując znaleźć najkorzystniejsze rozwiązania, uwzględniające najnowocześniejsze technologie w służbie ludności cywilnej. Ma za zadanie zwrócić uwagę odbiorców na istotę wsparcia ludności cywilnej na terenach zagrożonych niebezpieczeństwem, związanym z prowadzeniem działań zbrojnych, w zakresie dostarczania niezbędnej pomocy humanitarnej lub ewakuacji.

Słowa kluczowe: logistyka, wsparcie logistyczne, logistyka humanitarna, Strefa Gazy, nauki społeczne, transport, innowacje w logistyce.

WSTĘP

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie, zebranie i uporządkowanie aktualnej wiedzy, dotyczącej sytuacji ludności cywilnej w Strefie Gazy, skupiając się przede wszystkim na transporcie i sprawdzeniu, czy jest on nadal realizowany. Dokonano przeglądu stosowanych rozwiązań, dotyczących przemieszczania towarów w wyjątkowych, ekstremalnych sytuacjach. Artykuł, poza stanowieniem zbioru najważniejszej wiedzy, przybliży czytelnikowi problematykę oraz kluczowość realizowania zadań logistyki humanitarnej w sytuacji konfliktu zbrojnego. Temat, przez swoją aktualność i ogromne zainteresowanie opinii międzynarodowej społeczności, stanowi przykład ukazania wpływu konfliktu na sytuację ludności cywilnej. Artykuł bazuje na źródłach wtórnych, przybliżających sytuację wojny palestyńsko-izraelskiej, a także na przeglądzie najnowszych rozwiązań technologicznych w zakresie transportu, mogących stanowić system wsparcia dla ludności z obszarów objętych wpływem działań zbrojnych do zapewnienia podstawowych potrzeb lub ewakuacji z niebezpiecznych terenów.

W obliczu globalnego zainteresowania narastającym konfliktem w Strefie Gazy, należy zwrócić szczególną uwagę na sytuację cywili oraz środki pomocowe, jakie mogą zostać wykorzystane do wspierania obywateli.

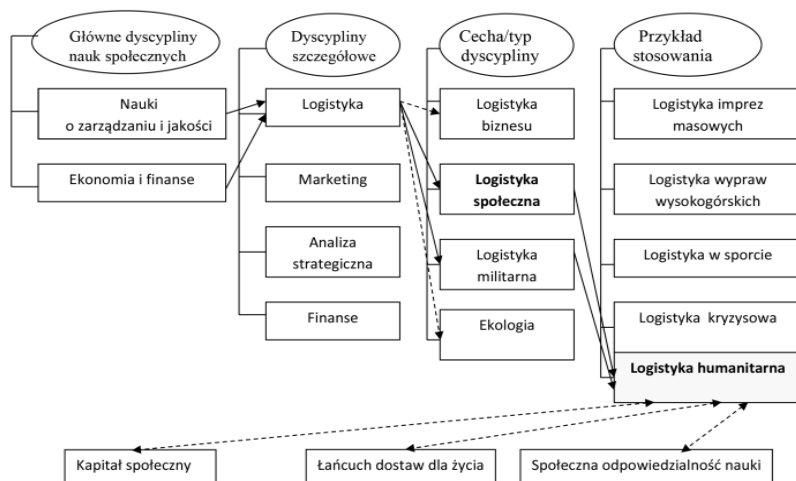
1. LOGISTYKA I TRANSPORT HUMANITARNY

Logistyka jest pojemną kategorią, która wywodzi się z wojskowości, na co wskazuje kontekst historyczny (prawdopodobnie jej początek sięga czasów cesarza bizantyjskiego Leontosa VI około X wieku p.n.e., który twierdził, że logistyka to trzecia nauka o prowadzeniu wojny, tuż po strategii i taktyce) [4].

Termin „logistyka” przyjmuje definicje, takie jak:

- „w wojsku wszystkie czynności mające na celu utrzymanie gotowości sił zbrojnych, bądź wspomnienie formacji walczących; kwatermistrzostwo;
- planowanie i organizacja skomplikowanego przedsięwzięcia, zwłaszcza związanego z transportem i składowaniem surowców i produktów;
- dawne określenie logiki matematycznej”.

Z przytoczonych definicji wynika, że logistykę podzielić można na dwa główne nurty: jeden z obszaru matematyczno-filozoficznego, który przedstawia logistykę jako dział algebry, albo w ujęciu pragmatycznym – wskazującym na wspomniany obszar militarny, ale także cywilny [4]. Do obszaru cywilnego logistyka przeszła w latach 60. [6]. Zastosowanie znalazła w dyscyplinach nauk społecznych, takich jak nauki o zarządzaniu i jakości oraz w ekonomii i finansach (rys. 1). Można wywnioskować, że logistyka obecna jest w wielu typach dyscyplin, a więc ma wiele zastosowań. Jednym z nich jest także logistyka humanitarna (rys. 1), co wraz z przyjętym tematem i celem pracy uzasadnia przyjęcie logistyki humanitarnej w kontekście Strefy Gazy za przedmiot dalszej analizy.



Rys. 1. Miejsce logistyki humanitarnej w dyscyplinach nauk społecznych

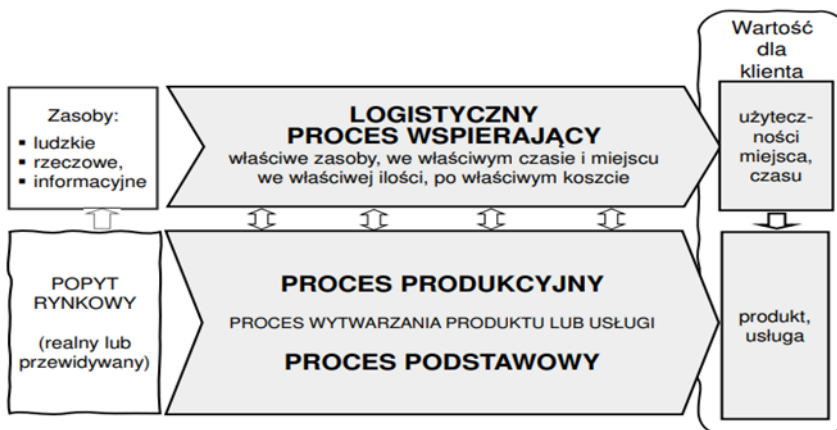
Źródło: [5, s. 17, 16].

1.1. System wsparcia logistycznego w pomocy humanitarnej

Obecnie trwa wiele konfliktów zbrojnych, które generują ogromną liczbę tragedii ludzkich. Jeden z takich problemów społecznych i ekonomicznych XXI wieku ma miejsce w Strefie Gazy. Głównymi problemami, z którymi boryka się lokalna społeczność, są m.in. bieda, głód, ograniczony dostęp do infrastruktury społecznej, instytucji miękkich, ciągłe bombardowania, które stawiają jej życie w nieustannym zagrożeniu. Udzielanie pomocy w takich sytuacjach określane jest mianem humanitaryzmu, czyli działania o szlachetnym charakterze, motywowanego empatią w celu minimalizacji cierpień osób znajdujących się w trudnych warunkach. Pomoc humanitarna polega zatem na ratowaniu i ochronie życia w sytuacjach klęsk żywiołowych lub katastrof wywołanych działaniami człowieka, takimi jak wojny. Osoby doświadczające kryzysów potrzebują różnorodnych zasobów, takich jak środki higieniczne, medyczne, żywność, itp., które są zdefiniowane w procesie logistycznego wsparcia.

Logistyka w kontekście pomocy humanitarnej obejmuje zarówno proces główny, jak i procesy wspierające. Procesem głównym jest niesienie pomocy potrzebującym, podczas gdy działania wspierające mają na celu ułatwienie osiągnięcia celu głównego, stąd w logistyce należy wyróżnić proces główny (podstawowy), jak i wspierający go – proces logistycznego wsparcia (rys. 2).

Skuteczność realizacji procesu głównego zależy od efektywności działań w procesie wspierającym, który definiowany jest przez zasadę 5W (rys. 2).



Rys. 2. Relacje procesu wsparcia logistycznego i procesu podstawowego

Źródło: [2, s. 40].

Zasada 5W określa pięć najistotniejszych wymagań, dotyczących procesu przepływu zasobów oraz właściwej realizacji podstawowych zadań logistyki w procesie głównym, którym jest pomoc humanitarna. Należy zwrócić uwagę, że owe pięć wymagań definiuje równocześnie cele logistyki za pomocą następujących elementów:

- właściwe zasoby;
- we właściwej ilości;
- we właściwym czasie;
- we właściwym miejscu;
- po właściwym koszcie [2].

1.2. Transport jako komponent systemu wsparcia logistycznego

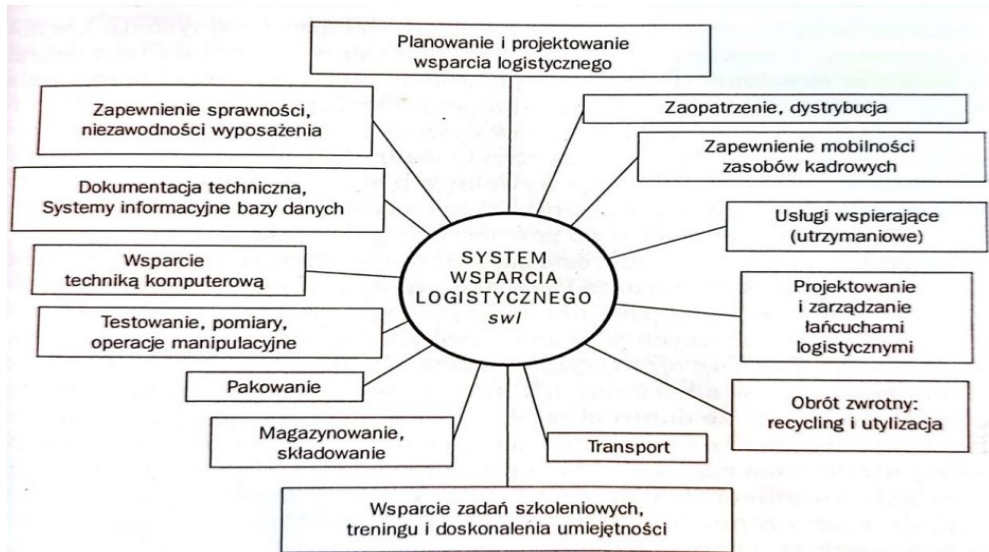
Według Chaberka [1] podstawowe komponenty systemu wsparcia logistycznego są następujące:

- planowanie i projektowanie wsparcia logistycznego;
- zaopatrzenie, dystrybucja;
- zapewnienie mobilności i zasobów kadrowych;
- usługi wspierające (utrzymaniowe);
- projektowanie i zarządzanie łańcuchami logistycznymi;
- obrót zwrotny: recykling i utylizacja;
- transport;
- wsparcie zadań szkoleniowych, treningu i doskonalenia umiejętności;
- magazynowanie, składowanie, pakowanie;
- testowanie, pomiary, operacje manipulacyjne;
- dokumentacja techniczna, systemy informacyjne bazy danych;
- zapewnienie sprawności, niezawodności wyposażenia [1].

Szczególną uwagę należy zwrócić na komponent wsparcia logistycznego, którym jest transport (rys. 3).

W kontekście pomocy humanitarnej transport pełni kluczową rolę jako element systemu wspierającego działania humanitarne. Jest to niezbędny komponent, umożliwiający dostarczanie potrzebnych zasobów tam, gdzie są one potrzebne, co ma istotne znaczenie w sytuacjach kryzysowych.

Dzięki właściwie zorganizowanemu transportowi organizacje humanitarne są w stanie dostarczyć potrzebne zasoby w wymaganym czasie, co jest niezwykle ważne w sytuacjach kryzysowych, gdzie efektywność oraz skuteczność dostaw pełni szczególną rolę.



Rys. 3. Podstawowe aktywności systemu wsparcia logistycznego podmiotu gospodarczego

Źródło: [1, s. 101].

2. KONTEKST POLITYCZNY I GEOGRAFICZNY STREFY GAZY

Strefę Gazy definiuje się jako „wąski pas ziemi pomiędzy Izraelem a Egiptem”. Jest ona jednym z najgęściej zaludnionych miejsc na ziemi. Ze względu na zabudowanie terenu w celu ochrony przed atakami Hamasu, uważa się ten region za „największe na świecie więzienie na świeżym powietrzu” [8]. Już wcześniej ponad połowa mieszkańców była narażona na zagrożenie brakiem bezpieczeństwa dostępu do odpowiedniej ilości żywności, a wybuchający konflikt sytuację tę jeszcze pogorszył.

Jako czynniki kształtujące historię konfliktu między Izraelem a Palestyną wymienia się:

- zimną wojnę;
- rozwój syjonizmu (ideologii i ruchu politycznego, ukształtowanego w XX wieku, którego głównym celem było utworzenie państwa żydowskiego w Palestynie i zahamowanie procesów asymilacyjnych mniejszości żydowskich w poszczególnych krajach);
- wewnętrzne podziały w świecie arabskim;
- związki Izraela ze Stanami Zjednoczonymi Ameryki;
- terroryzm;
- fundamentalizm islamski [7].

Przybliżając realia oraz obecną sytuację w Strefie Gazy, należy nadmienić, że nie jest to nowy konflikt, a jego początek sięga końca XIX wieku [9]. Za początek sporu zbrojnego izraelsko-palestyńskiego uznaje się datę 2 listopada 1917 roku, równocześnie uznawaną za datę powstania Izraela. Nasiliło to niezadowolenie Palestyńczyków, doprowadzając do powstania antyżydowskiego w latach 1936–1939. Za ważne wydarzenia w przebiegu konfliktu należy uznać rok 1967, w którym wybuchła tzw. wojna 6-dniowa, gdy Izrael ponownie zajął Strefę Gazy. W 1993 roku nastąpiło porozumienie w Oslo, wprowadzające autonomię Palestyńczyków w tamtym regionie. Pomimo upływu lat, licznych tymczasowych rozejmów czy zawieszeń broni, konflikt trwa nadal.

Rozpoczęcie zaostrzonych działań obecnie datuje się na 7 października 2023 roku, gdy Hamas wystrzelił rakiety w okolice muru oddzielającego Izrael od Strefy Gazy, pozbawiając w ten sposób życia tysiące cywili [10].

2.1. Problematyka transportu w konfliktach zbrojnych

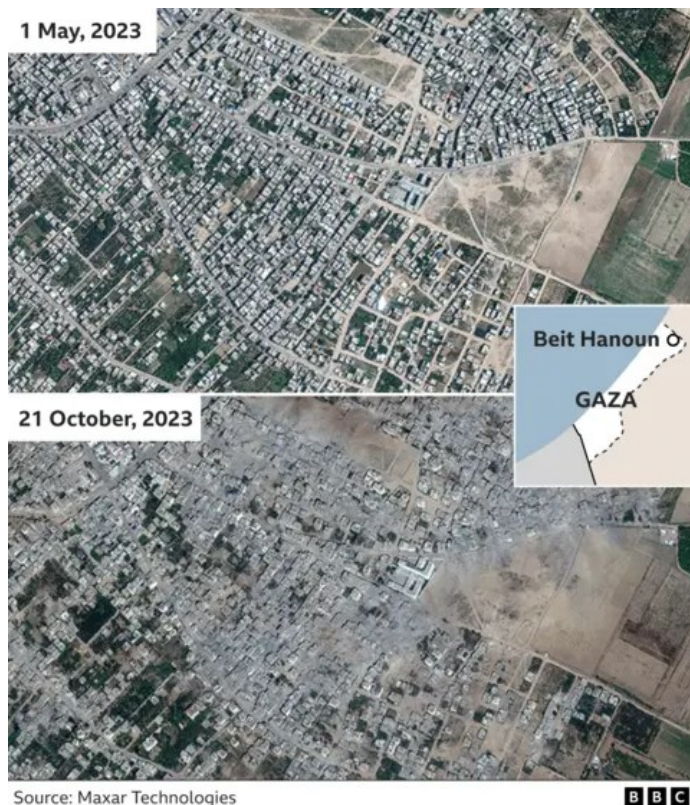
Definicja konfliktów zbrojnych jest określana jako „konflikt pomiędzy państwami lub społeczeństwami zintegrowanymi politycznie, ideologicznie itp., w którym są zaangażowane wszystkie dostępne, niezbędne do osiągnięcia celu, środki o charakterze militarnym i pozamilitarnym” [3].

Odnosząc się bezpośrednio do sytuacji w Strefie Gazy, zdecydowanie należy mówić tu o konflikcie zbrojnym z wykorzystaniem środków militarnych, zagrażających bezpośrednio mieszkańcom obszarów, w których jest on prowadzony. Dodatkowo trzeba podkreślić fakt rozpoczęcia tam agresji, przywołując jednocześnie definicję z Rezolucji Zgromadzenia Ogólnego ONZ nr 3314 (XXIX) z 14 grudnia 1974 roku – „użycie siły zbrojnej przez państwo przeciwko suwerenności, integralności terytorialnej lub niezależności politycznej innego państwa lub jakikolwiek inny sposób niezgodny z Kartą Narodów Zjednoczonych”.

Nie tylko ze względu na konieczność zapewnienia odpowiedniego wyposażenia armii, niezawodność transportu w obliczu działań wojennych wydaje się niezbędna. Należy pamiętać, że w każdym konflikcie zbrojnym cierpią również postronne osoby, znajdujące się na obszarach objętych agresją. W związku z tym zapewnienie podstawowych środków żywnościowych oraz artykułów codziennego użytku również jest niezbędne.

Ze względu na wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń transport nie przebiega w tych strefach prawidłowo. Zostaje ograniczony do niezbędnego minimum, w celu ograniczenia zniszczeń taborów lub ofiar śmiertelnych w cywilach. W skrajnych, ale dość częstych sytuacjach w przypadku nasilonej agresji, zniszczeniu ulega infrastruktura niezbędna do realizacji procesu transportowego (rys. 4), co pociąga za sobą możliwe zaprzestanie transportu na danych terenach. Ludność cywilna wciąż jednak będzie wymagała zapewnienia

podstawowych środków do życia, stąd też należy podkreślić znaczącą rolę logistyki humanitarnej i zapewnienia niezawodności dostaw.



Rys. 4. Zniszczenia infrastruktury w Strefie Gazy

Źródło: [13].

2.2. Wyzwania i analiza sytuacji transportu w Strefie Gazy

Jak podają liczne portale z informacjami geopolitycznymi, obecna sytuacja w Strefie Gazy jest dramatyczna dla ludności cywilnej. Wiadomości z 20 lutego 2024 roku mówią o ucieczce ponad miliona Palestyńczyków do Rafah, a premier Izraela zapowiedział podjęcie w tamtym miejscu ofensywy lądowej [14]. Decyzją z ostatniego szczytu Unii Europejskiej wezwano do przerwania wsparcia humanitarnego w Strefie Gazy. Przewodniczący Rady Europejskiej, Charles Michel, uważa, że powinno to doprowadzić do zawieszenia broni, jednocześnie podkreślając, że „pełny i bezpieczny dostęp humanitarnego wsparcia do Gazy jest niezbędny, by zapewnić ludności cywilnej pomoc ratującą życie w katastrofalnej sytuacji” [11].

Ze względu na swoją specyfikę, transport pomocy humanitarnej do Strefy Gazy wciąż wydaje się znacząco utrudniony i wręcz niemożliwy do realizacji. Są doniesienia o incydentach związanych z ostrzeleniem ludności cywilnej, oczekującej na pomoc, czy sytuacjach, gdy zrzucone z samolotów paczki powodują obrażenia u ludzi. Obecnie wspomina się o możliwości udzielania wsparcia humanitarne go poprzez drogę morską, a następnie transport drogowy, jednak to może powodować niebezpieczeństwo dla dostarczających.

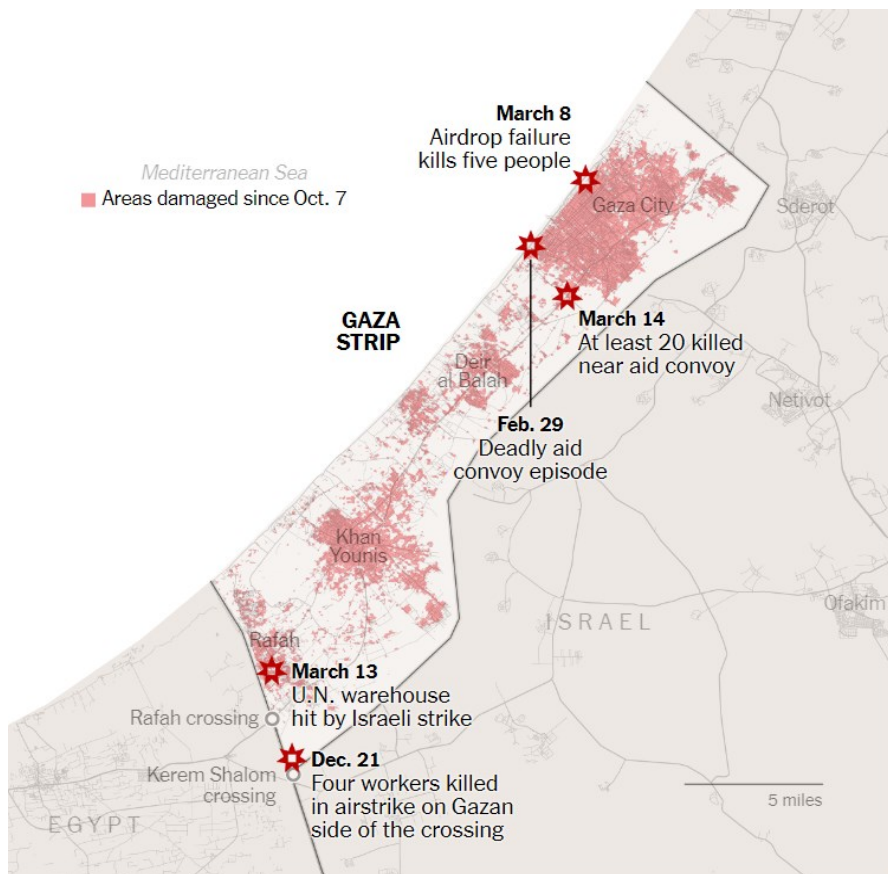
2.3. Aktualne perspektywy i incydenty transportu wsparcia w Strefie Gazy

Trasa dostaw lądowych w Strefie Gazy jest złożona, co wynika głównie z ograniczonej dostępności punktów wejścia do terytorium. Istnieją tylko dwa regularnie funkcjonujące punkty, znajdujące się na południowym krańcu terytorium. W efekcie pomoc humanitarna, aby dotrzeć do swojego celu, musi pokonać znaczne odległości oraz wykonać kilka przystanków na drodze. Ta sytuacja prowadzi do opóźnień i komplikacji w dostarczaniu pomocy. W rezultacie, nawet jeśli pomoc jest dostępna i przygotowana do wysłania, sama trasa transportu staje się często głównym wyzwaniem, z którym muszą zmierzyć się organizacje humanitarne. Większość międzynarodowej pomocy dla Strefy Gazy jest przechowywana w magazynach w pobliżu El Arish w Egipcie, po przylocie na lotnisko lub transportowana drogą lądową z miasta Port Said w Egipcie. Część pomocy jest także dostarczana z Jordanii. Z El Arish ciężarówki transportujące pomoc zazwyczaj przechodzą kontrole bezpieczeństwa w Rafah w Egipcie, krótko przed dotarciem do granicy ze Strefą Gazy. Załadowane ciężarówki kierują się z Egiptu w stronę izraelskich punktów kontroli na przejściu Kerem Shalom lub Nitzana, które znajdują się około 40 kilometrów na południowy wschód. Proces kontroli na tych przejściach jest czasochłonny. Po przejściu izraelskich kontroli ciężarówki w Nitzana mogą kierować się do przejścia w Rafah lub do Kerem Shalom. Ciężarówki pozostawiają swój ładunek na przejściach, gdzie jest on załadowywany na inne ciężarówki i transportowany do magazynów po stronie Strefy Gazy. Dostarczone zasoby przechowywane są w magazynie, zanim zostaną rozdystrybuowane na terenie południowej i centralnej części Gazy. Pomoc kierująca się do północnej części Strefy Gazy musi przejść przez jeden z dwóch innych izraelskich punktów kontrolnych. Agencje pomocy, powołując się na izraelskie ograniczenia, problemy związane z bezpieczeństwem oraz złe warunki drogowe, w dużej mierze zaprzestały dostaw na północ.

Strefa Gazy od dawna potrzebuje pomocy humanitarnej, ponieważ terytorium to od lat jest objęte blokadą przez Izrael i Egipt. Przed rozpoczęciem wojny w październiku 2023 roku dwie trzecie mieszkańców Gazy otrzymywało wsparcie w postaci pomocy żywnościowej. Obecnie prawie cała populacja jest zależna

od pomocy z zewnątrz, aby móc się wyżywić, lecz liczba dostaw jedzenia jest niewystarczająca. Zniszczone drogi i brak zasobów utrudniają dystrybucję pomocy w Strefie Gazy. Konwoje są często narażone na przemoc ze strony tłumów i ostrzał izraelski. W lutym i marcu 2024 roku doszło do śmierci ponad stu osób w pobliżu konwojów humanitarnych. Wiele organizacji zawiesiło dostawy na północy Gazy, co sprawia, że głodujący muszą pokonywać długie dystanse, by zdobyć pomoc.

Rysunek 5 przedstawia zniszczenia magazynów pomocy humanitarnej, liczbę zabitych podczas próby udzielenia wsparcia oraz niepowodzenie zrzutu, które przyczyniło się do śmierci pięciu osób. Obecnie rozważa się wprowadzenie transportu drogą morską przez Cypr i wybudowanie przez Stany Zjednoczone Ameryki przybrzeżnego tymczasowego punktu rozładunkowego.



Rys. 5. Mapa incydentów związanych z pomocą humanitarną

Źródło: [15].

3. PROPOZYCJE USPRAWNIENIA I INNOWACJI

Strefa Gazy jest obszarem, do którego niezbędne jest dostarczanie żywności i środków, używanych do realizacji podstawowych potrzeb fizjologicznych człowieka. Dotychczas wykorzystywane środki transportu wydawały się skuteczne, pomimo niektórych ich wad, dlatego warto byłoby kontynuować rozważania na temat wprowadzenia innowacyjnych środków transportu i ulepszeń. Droga morską pozwala na dostarczanie większej ilości ładunków, a problematyczna staje się dystrybucja do ostatecznych odbiorców wsparcia humanitarnego.

Jako rozwiązanie można zaproponować użycie dronów, mogących dostarczać przesyłki bez bezpośredniego udziału człowieka w procesie przekazywania. Istotnymi zaletami tego rozwiązania są:

- zredukowanie czasu dostawy i zwiększona elastyczność, poprzez docieranie do miejsc trudno dostępnych dla innych środków transportu;
- brak potrzeby rozbudowanej infrastruktury, takiej jak np. odpowiednio przygotowane drogi, co z perspektywy zniszczeń powstałych w wyniku konfliktów zbrojnych jest kluczowe;
- autonomiczność lotów dronów, eliminujących ciągłą potrzebę nadzoru;
- zwiększenie bezpieczeństwa poprzez eliminację ekspozycji człowieka na niebezpieczne warunki.

PODSUMOWANIE

Problematyka wiążąca się z konfliktem w Strefie Gazy zdecydowanie wymaga wdrożenia odpowiednich rozwiązań, przede wszystkim w celu zwiększenia wsparcia ludności cywilnej za pomocą środków wsparcia transportu. W dobie obecnego postępu technicznego i technologicznego istnieją rozwiązania, które można wykorzystać w celu polepszenia sytuacji na terenach objętych konfliktem.

Logistyczne wsparcie procesu głównego, w tym przypadku transportu humanitarnego do uwięzionych cywili bez dostępu do podstawowych środków codziennego użytku, jest niezbędne, stąd też tak silnie akcentowana jest jego istotność. Przyjrzenie się zarówno genezie konfliktu, jak i obecnej sytuacji na Bliskim Wschodzie, pozwala dostrzec trudności w zapewnieniu niezawodności dostaw. Używanie obecnie wykorzystywanych środków transportu wydaje się w zupełności zasadne, natomiast z perspektywy występujących błędów, związanych z zagrożeniem bezpieczeństwa zarówno dla dostarczających, jak i odbierających pomoc humanitarną, należałoby celem ich eliminacji wdrożyć nowe rozwiązania. Pomysłem zdecydowanie minimalizującym obecność ludności cywilnej w obszarach zagrożenia, jest zaangażowanie dronów.

LITERATURA

1. Chaberek M., *Makro- i mikroekonomiczne aspekty wsparcia logistycznego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2002.
2. Chaberek M., *Lad w gospodarowaniu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2020.
3. Huzarski M., *O polemologii*, Bellona, 2010, nr 2, s. 50–55.
4. Maśloch P., *Logistyka i jej rozwój na przestrzeni lat - od koncepcji cesarza Leontosa VI do wsparcia logistycznego operacji «Pustynna Burza»*, Logistics and Transport, Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i Transportu, 2005, t. 1, nr 1, s. 35–36.
5. Pokusa T., *Logistyka humanitarna jako społeczne wyzwanie współczesnych czasów*, Wyższa Szkoła Zarządzania i Administracji w Opolu, 2022, t. LXXIV, nr 5.
6. Wojciechowski T., *Marketing i logistyka na rynku środków produkcji*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1995.

Źródła internetowe

7. https://bazhum.muzhp.pl/media/files/Przegląd_Naukowo_Metodyczny_Edukacja_dla_Bezpieczeństwa/Przegląd_Naukowo_Metodyczny_Edukacja_dla_Bezpieczeństwa-r2013-t-n4/Przegląd_Naukowo_Metodyczny_Edukacja_dla_Bezpieczeństwa-r2013-t-n4-s23-36/.pdf (dostęp 20.03.2024).
8. <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/czym-jest-strefa-gazy-co-warto-wiedziec-o-centrum-wojny-izrael-hamas/b28wy44> (dostęp 23.03.2024).
9. <https://noizer.pl/konflikt-izrael-palestyna-geneza-i-historia/> (dostęp 20.03.2024).
10. <https://oko.press/co-stalo-izraelu-7-pazdziernika> (dostęp 23.03.2024).
11. <https://polskieradio24.pl/artukul/3353305,sytuacja-w-strefie-gazy-przywodcy-ue-wezwali-do-natychmiastowej-przerwy-humanitarnej> (dostęp 23.03.2024).
12. <https://sjp.pl/logistyka> (dostęp 21.03.2024).
13. <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-67241290> (dostęp 22.03.2024).
14. <https://www.dw.com/pl/wojna-w-strefie-gazy-dok%C4%85d-maj%C4%85-uciecka%C4%87-jej-mieszka%C5%84cy/a-68302685> (dostęp 23.03.2024).
15. <https://www.nytimes.com/interactive/2024/03/20/world/middleeast/gaza-aid-delivery.html> (dostęp 22.03.2024).
16. <https://www.pwe.com.pl/pobierz.php?id=2008664261&mode=artykul> (dostęp 17.03.2024).

MEANS OF TRANSPORT SUPPORT FOR THOSE TRAPPED IN THE GAZA STRIP

This article is a collection of the most important knowledge on means of transport, innovation, and their potential use in the event of an armed conflict based on the current situation in the Gaza Strip. The historical and geographical context of the outbreak of the Palestinian-Israeli war is presented in order to bring closer the causes, while at the same time allowing us to understand the difficulty of ensuring the reliability of supplies, not only those related to the equipment of the army, but also of the

ordinary civilians. The article emphasizes the importance of continuing deliveries, trying to find the most advantageous solutions, taking into account the latest technologies in the service of the civilian population. The aim of the study is to draw the attention of the recipients to the importance of supporting civilians in areas threatened by the danger associated with military operations, in terms of providing the necessary humanitarian aid or evacuation.

Keywords: *logistics, logistics support, humanitarian logistics, Gas Zone, social sciences, transport, innovation in logistics.*

Vladyslav Liashuk

Politechnika Koszalińska

EKOLOGICZNE ASPEKTY ŻEGLUGI PROMOWEJ NA MORZU BAŁTYCKIM NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO PROMU

W artykule poddano analizie zużycie wody słodkiej na promie na podstawie rutynowych pomiarów. Analizy obejmują dane zebrane podczas podróży morskich promu między dwoma portami na Bałtyku od stycznia do połowy lutego 2024 roku. Wyniki wskazują na istnienie korelacji między liczbą osób a zużyciem wody słodkiej, co może być podstawą do dalszych analiz i zaleceń związanych z zieloną logistyką transportu morskiego.

Słowa kluczowe: Morze Bałtyckie, ochrona środowiska, zielona logistyka, zanieczyszczenie wód morskich.

WSTĘP

Morze Bałtyckie, ze względu na swoją specyficzną charakterystykę, jest szczególnie narażone na negatywne skutki transportu morskiego [7, 9, 10, 12]. Rozwój zielonej logistyki transportu morskiego na tym obszarze staje się więc coraz bardziej konieczny [8, 11, 15, 16]. W ostatnich latach obserwowano wzrost przewozów ładunków i pasażerów promami. Jednak m.in. z powodu pandemii COVID-19 przewozy te zostały ograniczone, ale w roku 2023 firmy promowe zaczęły odzyskiwać swoją pozycję, notując znaczne wzrosty obrotów [12, 14]. Ten trend wskazuje na dalszy wzrost przewozów promowych w najbliższych latach, co może przynieść negatywne skutki dla środowiska morskiego [1, 2, 3, 5]. Dlatego też istotne staje się zoptymalizowanie systemów logistycznych związanych z żeglugą promową, włączając w to dostarczanie paliwa, wody, produktów żywnościowych, jak również odpowiednią infrastrukturę portową, umożliwiającą odbiór ścieków oraz dostarczanie energii elektrycznej [13].

1. CEL PRACY

Celem niniejszej pracy jest optymalizacja wielkości zużycia wody słodkiej oraz zużycia paliwa na promie ZET w podróży morskiej na trasie A-B-A, gdzie ZET to umowna nazwa promu armatora ALFA. Nazwy te wprowadzono do celów artykułu,

ponieważ armator nie wyraził zgody na podanie jego nazwy i nazwy promu przed zapoznaniem się z wynikami analiz, a nazwy A i B to umowne nazwy portów, pomiędzy którymi prom ZET odbywa regularne podróże morskie.

Optymalizacja wielkości zużycia wody słodkiej oraz zużycia paliwa powinna mieć wpływ na cały ciąg działań logistycznych w portach związanych z dostarczaniem wody słodkiej, odbiorem ścieków i dostarczaniem paliwa na statki oraz stanowić podstawę do oszacowania wielkości emisji gazów cieplarnianych, co w konsekwencji powinno doprowadzić do opracowania rekomendacji związanych z rejestracją danych na promach oraz zaleceń zielonej logistyki.

Ze względu na szeroki zakres pracy poniżej przedstawiono pierwszy etap, czyli analizy zużycia wody słodkiej (Z_{ws}) na promie.

2. METODYKA PRACY

Przyjęto założenie, że podstawą do analiz są wyniki rutynowych zapisów i pomiarów, dokonywanych przez służby na promie w trakcie jednej podróży morskiej, gdzie pod pojęciem jednej podróży morskiej rozumie się podróż morską od portu A do portu B lub odwrotnie.

2.1. Dane

Do analizy wybrano dwa promy różnych armatorów, odbywających regularne rejsy po Bałtyku z jednego portu do drugiego i z powrotem. Zwrócono się do ich właścicieli o udostępnienie następujących danych:

- daty i godziny wejść i wyjść promu z portów;
- daty i godziny odczytu wielkości zużycia wody słodkiej;
- data i godzina oraz liczba tankowanej wody słodkiej;
- data i dzienna liczba załogi na promie;
- data i dzienna całkowita liczba osób;
- data, godzina i ilość zatankowanego paliwa.

Dane te zostały uporządkowane i poddane analizie statystycznej.

2.2. Analiza statystyczna danych

Dalszej analizie poddano dwie grupy danych. Każda grupa danych, zwanych dalej próbkami, składała się z $i = 1, 2, \dots, n$ elementów, zawierających:

- dobowe zużycie wody ($Z_{ws,d,i}$) [m^3/db];
- dobowe zużycie wody na 1 osobę ($Z_{ws,d,o,i}$) [$m^3/(db * osb)$].

Analiza statystyczna zebranych w próbach danych polegała na określeniu ich wartości średnich, czyli:

- średniego dobowego zużycia wody ($\bar{z}_{ws,d}$) [m^3/db];
- średniego dobowego zużycia wody na 1 osobę ($\bar{z}_{ws,d,o}$) [$m^3/(db * osb)$];
- ich odchyłeń standardowych $\delta_{zws,d}$ i $\delta_{zws,d,o}$.

Ogólnie wartość średniej arytmetycznej \bar{x} , która jest klasyczną miarą tendencji centralnej, obliczana jest jako iloraz sumy zaobserwowanych wartości x_i , dla $i = 1, 2, \dots, n$, gdzie n oznacza liczebność próby i jest określana wzorem

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Wzorem (1) obliczono wartości średnie $\bar{z}_{ws,d}$ i $\bar{z}_{ws,d,o}$ a ich odchylenia standardowe $\delta_{zws,d}$ i $\delta_{zws,d,o}$, będące klasyczną miarą zmienności, obliczono jako pierwiastek kwadratowy z wariancji wzorem

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n}{n-1} (\overline{x^2} - (\bar{x})^2)} \quad (2)$$

gdzie:

\bar{x} – średnia arytmetyczna z próby,

$\overline{x^2}$ – średnia arytmetyczna kwadratów wartości z próby.

Odchylenie standardowe informuje o tym, jak szeroko wartości danej wielkości z próby są rozrzucone wokół jej średniej. Im mniejsza wartość odchylenia, tym obserwacje są bardziej skupione wokół średniej.

3. DANE I ICH ANALIZA

Jak wspomniano, wystąpiono do dwóch armatorów, jednego polskiego, nazywanego dalej **ALFA** i jednego zagranicznego, nazywanego dalej **BETA**, o udostępnienie danych. Do chwili obecnej uzyskano dane od armatora **ALFA**, dla jednego promu **ZET**.

3.1. Dane dla promu ZET

Wszystkie dane dotyczą podróży morskiej z portu A do portu B i z powrotem do portu A, w okresie od 01.01.2024 r. do 15.02.2024 r., przy czym nie wszystkie dotyczą całego wymienionego wyżej okresu, co przedstawiono w dalszej części pracy.

3.1.1. Czas podróży morskiej

Czas podróży morskich, osobno dla odcinków A-B i B-A, dla analizowanego okresu określono na podstawie planowego, potwierdzonego przez Armatora, harmonogramu wejść i wyjść promu ZET z portów A i B. Wynosiły one 7,5 h na odcinku A-B, i 6 h na odcinku B-A. Łącznie podróż morska A-B + B-A i wynosiła 13,5 h.

Wynika z niego, że prom odbywa podróż morską na trasie B-A-B w ciągu jednej doby. I takie założenie przyjęto do dalszej analizy. Za datę podróży morskiej B-A-B przyjęto datę wyjścia promu z portu B.

3.1.2. Zużycie wody słodkiej

Wodę słodką na promie uzupełniano w godzinach porannych, w czasie postoju promu w porcie B. Odczytów zużycia wody słodkiej, $Z_{ws,d,i}$ dla i -tego dnia, dokonywano codziennie około godziny 10:00 po zakończeniu tankowania wody słodkiej.

Zarejestrowane wielkości odczytów dobowego zużycia wody słodkiej $Z_{ws,d,i}$ dla $i = 1, 2, \dots, 46$ dni przedstawiono w tabeli 1 i graficznie na rysunku 1.

W sumie zgromadzono $n = 46$ danych, co pozwala przeprowadzić analizę dla:

- całego analizowanego okresu;
- jednego pełnego miesiąca stycznia;
- połowy miesiąca lutego.

Dla tych okresów określono wartości średnią dobową oraz jej odchylenie standardowe. W całym analizowanym okresie największe zużycie wody wynosiło $Z_{ws,d,5} = 67 \text{ m}^3/\text{db}$ (05.01.2024), a najmniejsze $Z_{ws,d,22} = Z_{ws,d,25} = 18 \text{ m}^3/\text{db}$ (22.02 i 25.02.2024).

W styczniu 2024 roku największe zużycie wody zarejestrowano 05.01.2024 i wynosiło ono $Z_{ws,d,5} = 67 \text{ m}^3/\text{db}$, a najniższe – 22.01 i 25.01.2024 i wynosiło $Z_{ws,d,22} = Z_{ws,d,25} = 18 \text{ m}^3/\text{db}$.

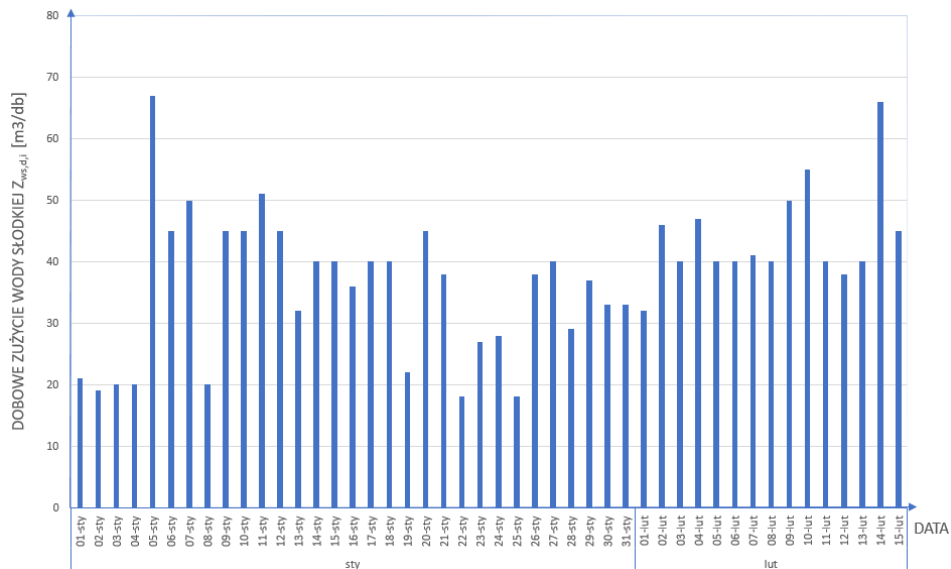
W okresie od 01.02.–15.02.2024 roku, czyli do połowy miesiąca lutego, największe zużycie wody wynosiło $Z_{ws,d,45} = 66 \text{ m}^3/\text{db}$ i wystąpiło 14.02.2024, a najmniejsze – 01.02.2024 i wynosiło $Z_{ws,d,32} = 32 \text{ m}^3/\text{db}$.

Tabela 1

Próby danych „surowych” n = 46 i po analizie n = 43 zużycie wody słodkiej $Z_{ws,d,n,i}$ na promie ZET, w dniach 01.01.–15.02.2024 r.

DANE „SUROWE” i	DATA	ZUŻYCIE WODY SŁODKIEJ $Z_{ws,d,i}$ [m ³ /db]	PO ANALIZIE i
-	-	-	-
1	2	3	4
1	2024-01-01	21	1
2	2024-01-02	19	2
3	2024-01-03	20	3
4	2024-01-04	20	4
5	2024-01-05	67	-
6	2024-01-06	45	5
7	2024-01-07	50	6
8	2024-01-08	20	7
9	2024-01-09	45	8
10	2024-01-10	45	9
11	2024-01-11	51	10
12	2024-01-12	45	11
13	2024-01-13	32	12
14	2024-01-14	40	13
15	2024-01-15	40	14
16	2024-01-16	36	15
17	2024-01-17	40	16
18	2024-01-18	40	17
19	2024-01-19	22	18
20	2024-01-20	45	19
21	2024-01-21	38	20
22	2024-01-22	18	21
23	2024-01-23	27	22
24	2024-01-24	28	23
25	2024-01-25	18	24
26	2024-01-26	38	25
27	2024-01-27	40	26
28	2024-01-28	29	27
29	2024-01-29	37	28
30	2024-01-30	33	29
31	2024-01-31	33	30
32	2024-02-01	32	31
33	2024-02-02	46	32
34	2024-02-03	40	33
35	2024-02-04	47	34
36	2024-02-05	40	35
37	2024-02-06	40	36
38	2024-02-07	41	37
39	2024-02-08	40	38
40	2024-02-09	50	39
41	2024-02-10	55	-
42	2024-02-11	40	40
43	2024-02-12	38	41
44	2024-02-13	40	42
45	2024-02-14	66	-
46	2024-02-15	45	43
LICZEBNOŚĆ PRÓBY n=46			LICZEBNOŚĆ PRÓBY PO ANALIZIE n=43

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych od armatora ALFA.



Rys. 1. Dobowe zużycie wody słodkiej w okresie 01.01–15.02.2024 r., zarejestrowane na promie ZET, na trasie B-A-B,

Źródło: opracowanie własne, na podstawie danych armatora ALFA z tabeli 1.

Próby $n = 46$ i $n = 43$

Jako pierwszą przeanalizowano całą próbę danych $n = 46$ (tab. 1, kolumna 3). Dla tej próby wartość średniego dobowego zużycia wody słodkiej wyniosła $\bar{Z}_{ws,d,n=46} = 37,87 \text{ m}^3/\text{db}$, jej odchylenie standardowe $\delta_{zws,d,n=46} = 11,52 \text{ m}^3/\text{db}$, co przedstawiono w tabeli 2.

Interpretację graficzną uzyskanych wyników przedstawiono na rysunku 2. Z rysunku 2 wynika, że dla kilku danych wartości odbiegają znacząco od wartości średniej i dlatego zdecydowano z dalszej analizy wykluczyć dane, które w sposób znaczący i widoczny odbiegają od wartości średniej, czyli odrzucono

$$Z_{ws,d,5} = 67 \text{ m}^3/\text{db}, \text{ z dnia } 05.01.2024 \text{ r.},$$

$$Z_{ws,d,41} = 55 \text{ m}^3/\text{db}, \text{ z dnia } 10.02.2024 \text{ r.},$$

$$Z_{ws,d,45} = 66 \text{ m}^3/\text{db}, \text{ z dnia } 14.02.2024 \text{ r.}$$

Po ich odrzuceniu liczebność próby wyniosła $n = 43$, co przedstawiono w tabeli 1 (kolumna 4). Dla tak zmniejszonej próby ponownie obliczono wartość średnią dobowego zużycia wody słodkiej i jej odchylenie standardowe. Wielkości te

wyniosły odpowiednio $\bar{z}_{ws,d,n} = 43 = 37,24 \text{ m}^3/\text{db}$ i $\delta_{zws,d,n} = 43 = 10,83 \text{ m}^3/\text{db}$, co przedstawiono w tabeli 2, a ich interpretację – na rysunku 3.

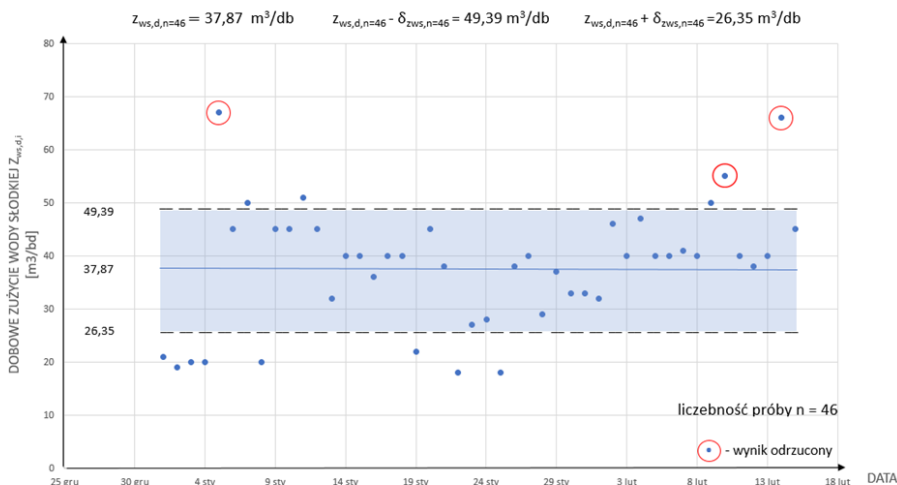
Analizy uzyskanych wartości średnich i ich odchyłeń standardowych wskazują, że pominięcie trzech dni z próby $n = 46$ nieznacznie poprawiło wartość średnią i odchylenie standardowe, mogą być więc podstawą do dalszych analiz.

Tabela 2

Wartości średnie zużycia wody słodkiej \bar{x}_n na promie ZET w dniach 01.01.–15.02.2014 r. dla prób $n = 46$, $n = 43$, $n = 30$ (styczeń) i $n = 13$ (połowa lutego), ich odchylenia standardowe δ_n oraz określone na ich podstawie przedziały ufności

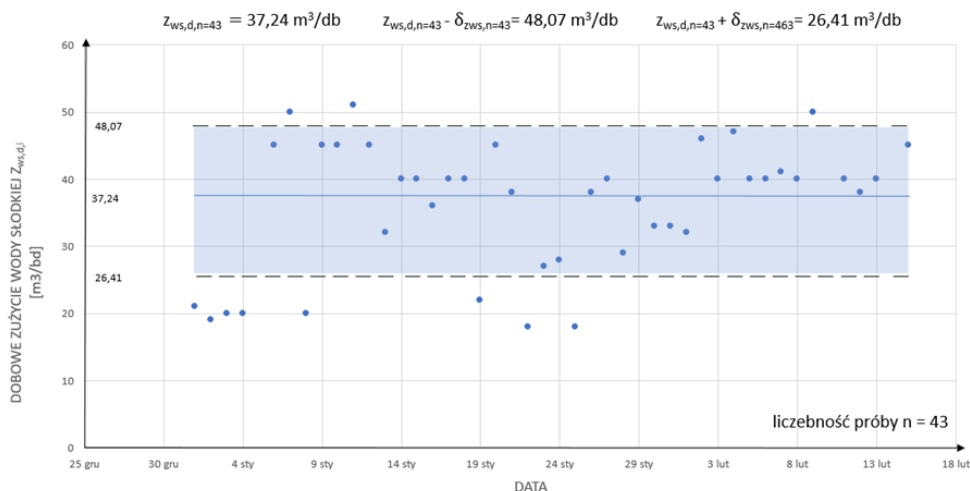
L.p	PRÓBA	WARTOŚĆ ŚREDNIA	ODCHYLENIE STANDARDOWE	PRZEDZIAŁ UFNOŚCI
-	-	[m ³ /db]	[m ³ /db]	[m ³ /db]
-	n	\bar{x}_n	δ_n	$\langle \bar{x}_n - \delta_n, \bar{x}_n + \delta_n \rangle$
1	n=46	37,87	11,52	$\langle 26,35, 49,39 \rangle$
2	n=43	37,24	10,83	$\langle 26,41, 48,39 \rangle$
3	n=30 (styczeń)	34,90	11,82	$\langle 23,08, 46,72 \rangle$
4	n=13 (połowa lutego)	42,43	5,69	$\langle 36,74, 48,12 \rangle$

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z tabeli 1.



Rys. 2. Dobowe zużycie wody słodkiej, średnia dobowa wartość zużycia wody słodkiej $Z_{ws,d,n=46}$ oraz jej przedział ufności, określony na podstawie odchylenia standardowego $\delta_{zws,n=46}$, na trasie B-A-B przez prom ZET, w okresie od 01.01.–15.02.2024 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z tabeli 1.



Rys. 3. Dobowe zużycie wody słodkiej, średnia dobowa wartość zużycia wody słodkiej $Z_{ws,d,n=43}$ oraz jej przedział ufności, określony na podstawie odchylenia standardowego $\delta_{zws,n=43}$, na trasie B-A-B przez prom ZET, w okresie od 01.01.–15.02.2024 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z tabeli 1.

Osobnej, pogłębionej analizy wymagają dane z usuniętych dni, czyli $Z_{ws,d,5} = 67 \text{ m}^3/\text{db}$, $Z_{ws,d,41} = 55 \text{ m}^3/\text{db}$ i $Z_{ws,d,45} = 66 \text{ m}^3/\text{db}$. Nie można pominąć tych danych w dalszej analizie, ponieważ konieczne jest wyjaśnienie, co było powodem tak wysokiego zużycia wody słodkiej. Czy spowodowane to było awarią systemu, wydłużonym postojem w porcie, przedłużoną podróżą, w niekorzystnych warunkach pogodowych czy może błędem odczytu? W zaleceniach do zbierania danych należałoby wprowadzić kolumnę z uwagami, gdzie w przypadku wystąpienia zużycia wody słodkiej, np. powyżej $50 \text{ m}^3/\text{db}$, zaznaczyć wydarzenia, które mogły spowodować zwiększone zużycie wody słodkiej.

Próby $n = 30$ i $n = 13$

Próbę $n = 43$ podzielono na próbę styczniową $n = 30$ i próbę lutową $n = 13$. Wybrano miesięczny krok analizy, ponieważ, z logistycznego punktu widzenia, większość operacji na promie rozliczana jest w okresach miesięcznych, co pozwala powiązać uzyskane wyniki z efektami ekonomicznymi i zaleceniami zielonej żeglugi. Niestety, tylko dla miesiąca stycznia dysponowano danymi z całego miesiąca. Wartość średniego dobowego zużycia wody słodkiej w styczniu wyniosła $\bar{z}_{ws,d,n=30} = 34,90 \text{ m}^3/\text{db}$, a jej odchylenie standardowe $\delta z_{ws,d,n=30} = 11,82 \text{ m}^3/\text{db}$.

Wartości te przedstawiono w tabeli 2. Porównując $\bar{z}_{ws,d,n} = 30$ z $\bar{z}_{ws,d,n} = 43$ wynika, że wartość średnia dobowa z miesiąca stycznia jest około 8% mniejsza niż z całego analizowanego okresu, natomiast odchylenie standardowe dla wartości średniej ze stycznia jest ok. 9% większe niż z całego okresu. Trudno jest wyciągać wnioski z porównania tylko tych dwóch okresów, ale widać, że dane $z_{ws,d,i}$, przy zgromadzeniu ich dla dłuższego okresu (minimum 6 miesięcy, a najlepiej całego roku), mogą być podstawą do przeprowadzenia analiz miesięcznych i rocznej zużycia wody słodkiej na promie, a także do opracowania zaleceń, które poprawią rentowność podróży morskich promu. Zebrana próba danych dla miesiąca lutego zawiera tylko $n = 13$ elementów i określone dla nich wartości średniej dobowej wynosiły $\bar{z}_{ws,d,n} = 13 = 42,33 \text{ m}^3/\text{db}$, a jej odchylenie standardowe $\delta z_{ws,d,n} = 13 = 5,69 \text{ m}^3/\text{db}$, co przedstawiono w tabeli 2. Wartości pozostawiono bez analizy, ponieważ nie jest to pełna miesięczna próba danych. Do tej analizy będzie można powrócić w momencie uzyskania brakujących danych z miesiąca lutego.

3.1.3. Zużycie wody słodkiej w przeliczeniu na osobę

Dla dokonania takiej analizy konieczne jest zgromadzenie następujących danych z podróży morskiej A-B i B-A:

- zużycie wody słodkiej na promie;
- liczba osób znajdujących się na promie.

Analizę zużycia wody słodkiej przeprowadzono w punkcie 3.1.2, a dane z tej analizy wykorzystano w dalszej części pracy.

Poniżej uporządkowano dane dotyczące liczby osób na promie i obliczono liczbę osób przebywających na promie w okresie pomiędzy kolejnymi tankowaniami wody słodkiej, czyli w czasie podróży morskich B-A-B.

Liczba osób na promie w czasie podróży morskich B-A-B

Armator ALFA udostępnił informacje o liczbie osób na promie z okresu od 19.01.2024 do 14.02.2024. Liczba osób podana jest osobno dla odcinków A-B i B-A. Oryginalne dane zawierają dodatkowo podział osób na załogę, kierowców ciężarówek i pasażerów. Wszystkie te informacje uporządkowano w tabeli 3. Wynika z nich, że zgromadzono $n = 27$ kompletów danych, dotyczących liczby osób na promie, które na potrzeby tej analizy oznaczono jako $o_{i,B-A,n} = 27$ dla odcinka B-A i odpowiednio $o_{i,A-B,n} = 27$ i $o_{i,B-A-B,n} = 27$ dla odcinków A-B i B-A-B.

Analiza danych wykazuje, że na promie, w czasie podróży B-A-B, przebywało od 59–65 członków załogi, od 0 do 210 pasażerów i od 0 do 139 kierowców, co daje łączną liczbę osób, na odcinkach B-A i A-B osobno, wielkości od $o_{3,B-A-B,n} = 27 = o_{5,B-A-B,n} = 27 = o_{6,B-A-B,n} = 27$ po 65 osób na odcinkach B-A i A-B, kiedy na promie przebywała tylko załoga, do $o_{2,A-B,n} = 27 = 361$ osób, czyli załoga, kierowcy i pasażerowie łącznie.

Konieczna jest tu znajomość średniej liczby osób na promie na odcinku B-A-B. Dlatego zsumowano liczby osób na odcinkach B-A, $o_{i,B-A,n=27}$ i A-B, $o_{i,A-B,n=27}$, a otrzymaną sumę podzielono przez 2, co pozwala określić średnią liczbę osób na promie w czasie podróży morskich B-A-B, $\bar{o}_{i,B-A-B,n=27}$, czyli

$$\bar{o}_{i,B-A-B,n=27} = (o_{i,B-A,n=27} + o_{i,A-B,n=27})/2 \quad (3)$$

gdzie $i = 1, 2, \dots, n$.

Obliczone wielkości $\bar{o}_{i,B-A-B,n=27}$ oraz wielkości $o_{i,B-A,n=27}$ i $o_{i,A-B,n=27}$ przedstawiono w tabeli 3. Analiza danych z tabeli 3 (kolumna 7) wskazuje, że najniższa średnia liczba osób na promie na trasie B-A-B wynosiła $\bar{o}_{3,B-A-B,n=27} = \bar{o}_{5,B-A-B,n=27} = \bar{o}_{6,B-A-B,n=27} = 65$ osób, a największa – $\bar{o}_{2,B-A-B,n=27} = 308$ osób.

Korelacja pomiędzy średnią ilością osób na promie $o_{i,B-A,n=27}$ a średnim dobowym zużyciem wody słodkiej $Z_{ws,d,i}$

Wydaje się logiczne, że w przypadku promu powinna występować korelacja pomiędzy średnią dobową liczbą osób na promie $o_{i,B-A,n=27}$ a średnim dobowym zużyciem wody słodkiej $Z_{ws,d,i}$. W tym celu obliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona o ogólnym wzorze

$$r_{xy} = \frac{\sum_{n=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{n=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{n=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

gdzie:

x i y – zmienne losowe oznaczające wartości prób $i = 1, 2, \dots, n$,
 \bar{x} , \bar{y} – wartości średnie z tych prób.

Obliczona na podstawie danych z tabeli 4 wartość współczynnika korelacji wynosi $r = 0,27$. Wynik ten wskazuje na słabą zależność pomiędzy tymi dwiema zmiennymi. Interpretacja wyniku sugeruje, że istnieje pewne powiązanie pomiędzy średnią dobową liczbą osób na promie a średnim dobowym zużyciem wody słodkiej, gdzie większa liczba osób na promie przekłada się na większe zużycie wody słodkiej. Dlatego m.in. do dalszej analizy przyjęto średnie dobowe zużycie wody słodkiej na osobę.

Należy podkreślić, że na wielkość współczynnika korelacji miało też wpływ dobowe uśrednienie liczby osób na promie z podróży B-A i A-B, ponieważ odczyty zużycia wody słodkiej odnosiły się do podróży morskiej B-A-B i nie dysponowano wielkościami zużycia wody słodkiej osobno na odcinkach B-A i A-B.

Analiza zużycia wody słodkiej na osobę w czasie podróży morskiej B-A-B

Dla określonej wyżej liczby osób na trasie B-A-B, $\bar{o}_{i,B-A-B,n=27}$, przyjęto, że średnie dobowe zużycie wody słodkiej na 1 osobę, $Z_{ws,d,o,B-A-B,i}$ określa wzór

$$\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,i} = Z_{ws,d,i} / \bar{o}_{i,B-A-B,n=27} \text{ [m}^3\text{/(db*osb)]} \quad (5)$$

gdzie $z_{ws,d,i}$ – wielkości z tabeli 1.

Obliczone, na podstawie (5), wartości $\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,i}$ przedstawiono w tabeli 4 oraz na rysunku 4.

Dla tak wyznaczonych wartości $\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,i}$ wyznaczono wartość średnią $\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,n} = 27 = 0,20 \text{ m}^3\text{/(db*osb)}$ i jej odchylenie standardowe $\delta z_{ws,d,o,B-A-B,N} = 27 = 0,11 \text{ m}^3\text{/(db*osb)}$ (tab. 5).

Graficzną interpretację obliczonych wyników przedstawiono na rysunku 4.

Analiza wyników wykazuje, że trzy następujące elementy z próby $n = 27$:

- $\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,3} = 0,58462 \text{ m}^3\text{/(db*osb)}$ z dnia 21.01;
- $\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,5} = 0,41538 \text{ m}^3\text{/(db*osb)}$ z dnia 23.01;
- $\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,6} = 0,43077 \text{ m}^3\text{/(db*osb)}$ z dnia 24.01;

znacząco odbiegają od pozostałych wyników w próbie. Wyniki te usunięto z próby (rys. 4) i dla tak pomniejszonej próby, $n = 24$, ponownie obliczono wartość średnią $\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,n} = 24 = 0,17 \text{ m}^3\text{/(db*osb)}$ i jej odchylenie standardowe $\delta z_{ws,d,o,B-A-B,N} = 24 = 0,05 \text{ m}^3\text{/(db*osb)}$, co przedstawiono w tabeli 4 oraz na rysunku 5.

Analiza wyników z tabeli 4 oraz ich graficznych interpretacji (rys. 4 i 5) wykazuje, że odrzucenie trzech elementów z próby spowodowało zmniejszenie wartości średniej o 15% i odchylenia standardowego o niecałe 55%, co świadczy o zdecydowanym zmniejszeniu rozrzutu elementów próby wokół wartości średniej.

Podkreślić należy, że tę analizę przeprowadzono na próbnie „surowej” dobowego zużycia wody słodkiej $Z_{ws,d,i}$ z tabeli 1 dla $n = 46$, czyli przed odrzuceniem trzech prób, jak przedstawiono to w tabeli 1.

Z tej próby $\bar{o}_{i,B-A-B,n=27}$ z tabeli 4 dla $n = 27$ też odrzucono trzy elementy, ale były to inne niż te, które odrzucono w tabeli 1, mimo że dwa odrzucone elementy z próby $n = 46$ znalazły się w próbnie $n = 24$ (elementy z dnia 10.02 i 14.02).

Podobnie jak w przypadku usunięcia elementów z próby $n = 46$ tak i tutaj usunięte dane powinny być poddane dalszej analizie po zakończeniu pierwszego etapu analiz.

Tabela 3

Liczba osób na promie ZET w okresie od 19.01 do 14.02.2024 r. i średnia liczba osób na promie w trakcie podróży morskiej na trasie B-A-B

DATA	TRASA	OSOBY NA PROMIE						L.p. i
		ZAŁOGA	PASAZEROWIE	KIEROWCY	RAZEM		ŚREDNIA B – A – B	
					$\frac{B-A}{A-B}$	B – A – B		
-	-	-	-	-	$\frac{O_{1,B-A,n=27}}{O_{1,A-B,n=27}}$	$O_{1,B-A,n=27} + O_{1,A-B,n=27}$	$\bar{O}_{1,B-A-B,n=27}$	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9
19.01.2024	B-A	65	40	116	221	493	246	1
	A-B	65	176	31	272			
20.01.2024	B-A	65	58	132	255	616	308	2
	A-B	65	210	86	361			
21.01.2024	B-A	65	0	0	65	130	65	3
	A-B	65	0	0	65			
22.01.2024	B-A	65	17	46	128	450	225	4
	A-B	65	118	139	322			
23.01.2024	B-A	65	0	0	65	130	65	5
	A-B	65	0	0	65			
24.01.2024	B-A	65	0	0	65	130	65	6
	A-B	65	0	0	65			
25.01.2024	B-A	65	33	130	228	492	246	7
	A-B	65	125	74	264			
26.01.2024	B-A	65	57	129	251	506	253	8
	A-B	65	170	20	255			
27.01.2024	B-A	65	80	70	215	536	268	9
	A-B	64	189	68	321			
28.01.2024	B-A	64	73	10	147	447	223	10
	A-B	64	134	102	300			
29.01.2024	B-A	64	21	46	131	418	209	11
	A-B	64	92	131	287			
30.01.2024	B-A	64	24	58	146	390	195	12
	A-B	64	77	103	244			
31.01.2024	B-A	64	46	137	247	508	254	13
	A-B	65	70	126	261			
01.02.2024	B-A	65	44	83	192	404	202	14
	A-B	60	90	62	212			
02.02.2024	B-A	60	60	123	243	428	214	15
	A-B	60	113	12	185			
03.02.2024	B-A	60	53	53	166	465	232	16
	A-B	60	168	71	299			
04.02.2024	B-A	60	47	10	117	394	197	17
	A-B	59	95	123	277			
05.02.2024	B-A	59	8	54	121	447	223	18
	A-B	60	136	130	326			
06.02.2024	B-A	60	33	64	157	411	205	19
	A-B	60	89	105	254			
07.02.2024	B-A	60	34	117	211	496	248	20
	A-B	60	99	126	285			
08.02.2024	B-A	60	47	129	236	437	218	21
	A-B	63	76	62	201			
09.02.2024	B-A	63	67	116	246	492	246	22
	A-B	61	159	26	246			
10.02.2024	B-A	61	105	91	257	534	267	23
	A-B	60	149	68	277			
11.02.2024	B-A	60	37	6	103	384	192	24
	A-B	61	102	118	281			
12.02.2024	B-A	61	37	42	140	427	213	25
	A-B	60	99	128	287			
13.02.2024	B-A	60	53	77	190	439	219	26
	A-B	61	81	107	249			
14.02.2024	B-A	61	29	128	218	479	239	27
	A-B	62	75	124	261			

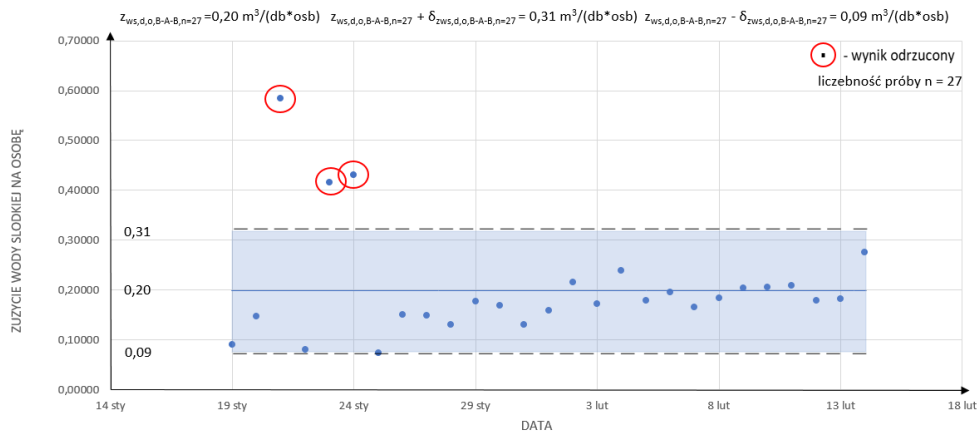
Źródło: opracowanie własne – kolumny 6–9, na podstawie danych armatora ALFA – kolumny 1–5.

Tabela 4

Zużycie wody słodkiej na osobę na trasach A-B, B-A i A-B-A przez prom ZET w okresie od 19.01 do 14.02.2024 r., próba n = 27

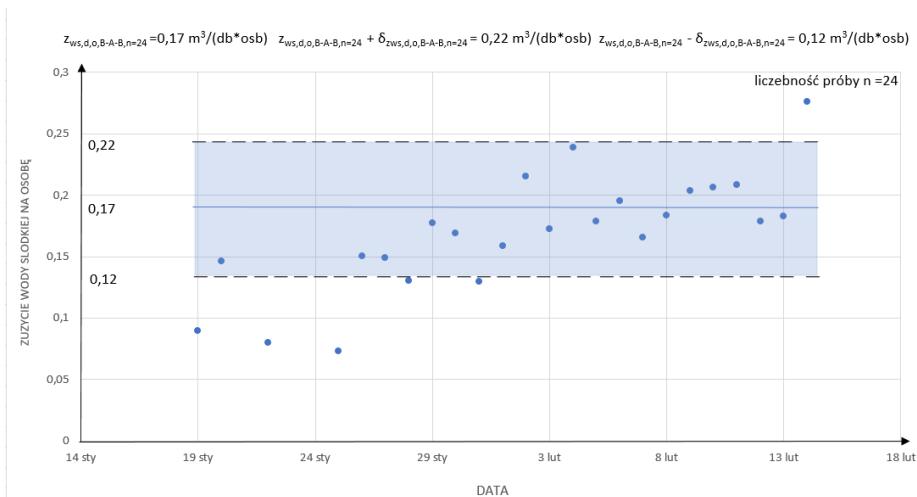
DATA	TRASA	LICZBA OSÓB NA TRASIE		N.r. PODRRÓZY MORSKIEJ	L.p. DANE "SUROWE" z tab.1	ZUCYCIE WODY SŁODKIEJ z tab.1	L.p. DANYCH PRZED ANALIZĄ KORELACJI	ZUCYCIE WODY SŁODKIEJ NA OSOBĘ NA TRASIE	
		B-A A-B	ŚREDNIA B-A-B					B-A-B	B-A A-B
2024 r.	-	-	-	-	-	[m ³ /db]	-	[m ³ /db*osb]	[m ³ /db]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19.01.2024	B-A	221	246	1	19	22	1	0,08943	9,88
	A-B	272							12,16
20.01.2024	B-A	255	308	2	20	45	2	0,14610	18,63
	A-B	361							26,37
21.01.2024	B-A	65	65	3	21	38	3	0,58462	19,00
	A-B	65							19,00
22.01.2024	B-A	128	225	4	22	18	4	0,08000	5,12
	A-B	322							12,88
23.01.2024	B-A	65	65	5	23	27	5	0,41538	13,50
	A-B	65							13,50
24.01.2024	B-A	65	65	6	24	28	6	0,43077	14,00
	A-B	65							14,00
25.01.2024	B-A	228	246	7	25	18	7	0,07317	8,34
	A-B	264							9,66
26.01.2024	B-A	251	253	8	26	38	8	0,15020	18,85
	A-B	255							19,15
27.01.2024	B-A	215	268	9	27	40	9	0,14925	16,04
	A-B	321							23,96
28.01.2024	B-A	147	223	10	28	29	10	0,13004	9,56
	A-B	300							19,51
29.01.2024	B-A	131	209	11	29	37	11	0,17703	11,60
	A-B	287							25,40
30.01.2024	B-A	146	195	12	30	33	12	0,16923	12,35
	A-B	244							20,65
31.01.2024	B-A	247	254	13	31	33	13	0,12992	16,05
	A-B	261							16,95
01.02.2024	B-A	192	202	14	32	32	14	0,15842	15,21
	A-B	212							16,79
02.02.2024	B-A	243	214	15	33	46	15	0,21495	26,12
	A-B	185							19,88
03.02.2024	B-A	166	232	16	34	40	16	0,17241	14,31
	A-B	299							25,78
04.02.2024	B-A	117	197	17	35	47	17	0,23858	13,96
	A-B	277							33,04
05.02.2024	B-A	123	224	18	36	40	18	0,17857	10,98
	A-B	326							29,11
06.02.2024	B-A	157	205	19	37	40	19	0,19512	15,32
	A-B	254							24,78
07.02.2024	B-A	211	248	20	38	41	20	0,16532	17,44
	A-B	285							23,56
08.02.2024	B-A	236	218	21	39	40	21	0,18349	21,65
	A-B	201							18,44
09.02.2024	B-A	246	246	22	40	50	22	0,20325	25,00
	A-B	246							25,00
10.02.2024	B-A	257	267	23	41	55	23	0,20599	26,47
	A-B	277							28,53
11.02.2024	B-A	103	192	24	42	40	24	0,20833	10,73
	A-B	281							29,27
12.02.2024	B-A	140	213	25	43	38	25	0,17840	12,49
	A-B	287							25,60
13.02.2024	B-A	190	219	26	44	40	26	0,18265	17,35
	A-B	249							22,74
14.02.2024	B-A	218	239	27	45	66	27	0,27615	30,10
	A-B	261							36,04

Źródło: opracowanie własne – kolumny 9–10, na podstawie danych armatora ALFA – kolumny 1–7.



Rys. 4. Dobowe zużycie wody słodkiej na osobę, średnia dobowa wartość zużycia wody słodkiej na osobę $Z_{WS,d,o,B-A-B,n=27}$ oraz jej przedział ufności, określony na podstawie odchylenia standardowego $\delta_{ZWS,d,o,n=27}$, na trasie B-A-B przez prom ZET, w okresie od 19.01–14.02.2024 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych armatora ALFA z tabeli 4.



Rys. 5. Dobowe zużycie wody słodkiej na osobę, średnia dobowa wartość zużycia wody słodkiej na osobę $Z_{WS,d,o,B-A-B,n=24}$ oraz jej przedział ufności, określony na podstawie odchylenia standardowego $\delta_{ZWS,d,o,n=24}$, na trasie B-A-B przez prom ZET, w okresie od 19.01–14.02.2024 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych armatora ALFA z tabeli 4 i danych z rysunku 4.

Tabela 5

Wartości średnie zużycia wody słodkiej na osobę $\bar{z}_{ws,d,o,B-A-B,n}$ na promie ZET w dniach 19.01.-14.02.2014 r. dla prób $n = 27$ i $n = 24$, ich odchylenia standardowe $\delta_{zws,d,o,B-A-B,n}$ oraz określone na ich podstawie przedziały ufności

L.p.	PRÓBA	WARTOŚĆ ŚREDNIA	ODCHYLENIE STANDARDOWE	PRZEDZIAŁ UFNOŚCI
-	-	$m^3/(db*osb)$	$m^3/(db*osb)$	$m^3/(db*osb)$
-	n	$z_{ws,d,o,B-A-B,n}$	$\delta_{zws,d,o,B-A-B,n}$	$< z_{ws,d,o,B-A-B,n} - \delta_{zws,d,o,B-A-B,n} , z_{ws,d,o,B-A-B,n} + \delta_{zws,d,o,B-A-B,n} >$
1	n=27	0,20	0,11	$< 0,31 , 0,09 >$
2	n=24	0,17	0,05	$< 0,12 , 0,22 >$

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych armatora ALFA z tabeli 4 ($n = 27$) oraz po korekcie danych z rysunku 4 ($n = 24$).

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone analizy zużycia wody słodkiej na promie ZET wykazały zmienność tego parametru w zależności od czasu podróży oraz liczby osób na pokładzie. Zaobserwowana słaba korelacja pomiędzy liczbą osób a zużyciem wody sugeruje potrzebę kontynuowania badań i analiz tej korelacji celem doprecyzowania sposobu monitorowania zużycia wody słodkiej na promie, a zwłaszcza wprowadzenia pomiarów zużycia wody słodkiej w porcie A.

Średnie zużycie wody słodkiej na osobę w czasie podróży morskich B-A-B wyniosło $0,20 m^3/(db*osb)$, jednakże zauważono dużą zmienność tego parametru w zależności od danych wejściowych. Tutaj także potrzebne jest doprecyzowanie metodyki zbierania danych celem wyjaśnienia tej korelacji, jak również ustalenia przyczyn występowania wartości ekstremalnych, znacząco odbiegających od wartości średnich.

Przeprowadzone analizy wskazują, że pierwszy etap pracy został zrealizowany i praca powinna być kontynuowana. Uzyskane, na podstawie rzeczywistych danych z podróży morskich wyniki, są pierwszym krokiem w kierunku opracowania zaleceń zielonej logistyki w transporcie morskim na Morzu Bałtyckim.

1. Możliwe jest, na podstawie rutynowych pomiarów podstawowych parametrów zużycia wody słodkiej i rejestracji osób na promie, określenie wielkości średniego dobowego zużycia wody słodkiej oraz średniego dobowego zużycia wody słodkiej przez jedną osobę na promie, co stanowiło pierwszy etap pracy.

2. Należy zalecić Armatorowi rejestrację zużycia wody słodkiej także w porcie A, co powinno przyczynić się do poprawy zarówno wielkości wartości średnich, jak i ich odchyłeń standardowych.
3. Osobnej analizy wymagają odrzucone z prób pomiary ekstremalne, ponieważ ze względu na specyfikę podróży morskiej nie mogą być one ignorowane. Zaleca się Armatorowi rejestrowanie zdarzeń, które mogły przyczynić się do zwiększonego, np. powyżej 50 m³/db, zużycia wody słodkiej.
4. Kolejnymi etapami badań powinny być:
 - analizy zużycia paliwa i emisji podstawowych gazów cieplarnianych w trakcie jednej podróży morskiej, na podstawie uzyskanych już od Armatora danych,
 - opracowanie zaleceń dotyczących zbierania danych na promie,
 - wykonanie miesięcznych analiz porównawczych, dla każdego z tych parametrów osobno, czyli zużycia wody słodkiej, zużycia paliwa i emisji podstawowych gazów cieplarnianych, w trakcie jednej podróży morskiej.

LITERATURA

1. Christowa C., *Przewozy promowe w basenie Morza Bałtyckiego ze szczególnym uwzględnieniem autostrady morskiej Świnoujście – Ystad*, [w:] Christowa C. (red.), *System transportowy regionu zachodniopomorskiego. Ocena stanu*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2010.
2. Christowa C., Węgrzyn-Grześkowiak A., *Analiza przewozów promowych w basenie Morza Bałtyckiego ze szczególnym uwzględnieniem autostrady morskiej Świnoujście – Ystad jako elementu Środkowoeuropejskiego Korytarza Transportowego Północ – Południe CETC ROUTE 65*, [w:] Christowa C. (red.), *System transportowy regionu zachodniopomorskiego. Ocena stanu*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2010.
3. Czermański E., *Żegluga promowa w regionie Morza Bałtyckiego w układzie północ – południe*, Uniwersytet Gdański, *Współczesna Gospodarka*, 2010, s. 68–81.
4. Kabulak P., *Analiza ruchu statków pasażerskich wpływających do polskich portów morskich w aspekcie zanieczyszczenia wód Morza Bałtyckiego*, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Techniczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2016.
5. Klimek H., Dąbrowski J., *Tendencje na współczesnych rynkach usług portowych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2014.
6. *Raport Światowej Komisji do spraw Środowiska i Rozwoju ONZ*, Konferencja Narodów Zjednoczonych Środowisko i Rozwój, Rio de Janeiro 1987.

Źródła internetowe

7. HELCOM-Sewage-PRF-Overview_Baltic-Sea_2021.pdf (dostęp 23.03.2023).
8. <https://esbud.pl/swiadomosc-ekologiczna-jak-ja-ksztaltowac-jak-ja-sprawdzic/> (dostęp 23.03.2023).
9. <https://helcom.fi/action-areas/shipping/sewage-from-passenger-ships/> (dostęp 23.03.2023).

10. <https://helcom.fi/action-areas/shipping/sewage-from-passenger-ships/on-board-sewage-treatment/> (dostęp 23.03.2023).
11. <https://helcom.fi/survey-what-are-the-key-challenges-in-bringing-into-use-green-technologies-and-alternative-fuels-in-the-baltic-sea-shipping/> (dostęp 23.03.2023).
12. <https://omegatransport.pl/transport-morski/> (dostęp 23.03.2023).
13. <https://www.gospodarkamorska.pl/kazdego-roku-marnujemy-ogromne-ilosci-wody-jak-i-dlaczego-nalezy-ja-oszczedzac-52666> (dostęp 23.03.2023).
14. <https://www.promyskat.pl/przeglad-promowy/2634-przeglad-promowy-9-2023-a-w-nim-m-in-przewoznikompromowym-wiedzie-sie-coraz-lepiej>Przeгляд promowy (dostęp 23.03.2023).
15. <https://www.sap.com/poland/insights/green-logistics.html> (dostęp 23.03.2023).
16. PIU-raport-klimatyczny-2023_27-lipca_premiera.pdf (dostęp 23.03.2023).

ECOLOGICAL ASPECTS OF FERRY SHIPPING IN THE BALTIC SEA ON THE EXAMPLE OF A SELECTED FERRY

The article analyzes freshwater consumption on a ferry based on routine measurements. The analyzes include data collected during the ferry's sea voyages between two ports on the Baltic Sea from January to mid-February 2024. The results indicate the existence of a correlation between the number of people and freshwater consumption, which may be the basis for further analyzes and recommendations related to green logistics of maritime transport.

Keywords: *Baltic Sea, environmental protection, green logistics, sea water pollution.*

Jakub Łoginow

Uniwersytet Morski w Gdyni

OCENA AUSTRIACKICH ROZWIĄZAŃ W ZARZĄDZANIU REGIONALNYM TRANSPORTEM PUBLICZNYM W KONTEKŚCIE ICH ADAPTACJI W POLSCE

W artykule przedstawiono funkcjonowanie regionalnego transportu publicznego w Austrii w aspekcie organizacji, zarządzania i marketingu transportu publicznego. Austriacki system transportu publicznego opiera się na silnym udziale podmiotów publicznych, w szczególności siedmiu regionalnych organizatorów transportu publicznego - związków transportowych powołanych przez landy. Przedstawiono tu pokrótce funkcjonowanie przykładowych związków transportowych oraz opisano podstawy prawne funkcjonowania transportu publicznego. Austriackie rozwiązania w zarządzaniu transportem publicznym zostały poddane ocenie, w tym oceniono perspektywy wykorzystania niektórych austriackich rozwiązań w Polsce. Celem artykułu jest usystematyzowanie wiedzy o najnowszych osiągnięciach austriackiego regionalnego transportu publicznego oraz ocena przydatności tych rozwiązań w kontekście ich potencjalnej adaptacji w zarządzaniu polskim transportem publicznym.

Słowa kluczowe: transport, Austria, zarządzanie transportem publicznym, marketing transportu publicznego, autobus, pociąg.

WSTĘP

Dotychczasowy model funkcjonowania regionalnego transportu publicznego w Polsce, opierający się na daleko posuniętej dekoncentracji i silnej roli komercyjnych inicjatyw w kreowaniu oferty pasażerskiej, w opinii wielu osób okazał się nieskuteczny. Wraz z bogaceniem się społeczeństwa i rozwojem motoryzacji indywidualnej spadała frekwencja w autobusach regionalnych, co prowadziło do upadku przedsiębiorstw PKS (Państwowej Komunikacji Samochodowej), likwidacji połączeń i powstawania „białych plam komunikacyjnych”. Związane z tym zjawisko wykluczenia komunikacyjnego zostało dostrzeżone przez instytucje państwowe i decydentów, którzy rekomendują przeprowadzenie gruntownej reformy transportu publicznego w Polsce, w nawiązaniu do sprawdzonych zagranicznych wzorców.

Jednym z państw, które jest w tym kontekście stawiane za przykład sprawnie działającego transportu publicznego, jest Austria, której rozwiązania stanowią inspirację dla innych krajów, takich jak Czechy i Słowacja.

W artykule dokonano omówienia i oceny funkcjonowania austriackiego regionalnego transportu publicznego, ze szczególnym naciskiem na transport autobusowy, w celu zidentyfikowania dobrych wzorców oraz sporządzenia wniosków, które mogą być przydatne dla procesu polskiej reformy zarządzania transportem publicznym.

1. WPROWADZENIE TEORETYCZNE I NAJWAŻNIEJSZE DEFINICJE

Omawiając teoretyczne aspekty zarządzania transportem publicznym, należy mieć na uwadze, że używane pojęcia i ich zakres semantyczny są wypadkową globalnego dyskursu naukowego oraz lokalnego kontekstu. W obszarze niemieckojęzycznym ukształtowały się specyficzne dla tego języka pojęcia i definicje związane z transportem i mobilnością.

Podstawowym pojęciem w omawianym obszarze jest słowo „*Verkehr*”, oznaczające transport – zarówno pasażerski (*Personenverkehr*), jak i towarowy (*Güterverkehr*). Z pojęciem „*Verkehr*” wiąże się wyrażenie „*Verkehrsverbund*”, oznaczające związek transportowy – typowy dla Austrii i Niemiec podmiot publiczny, który organizuje transport publiczny na danym obszarze oraz odpowiada za integrację transportową, informację pasażerską i marketing transportu publicznego [9].

W ostatnich latach coraz większą popularność w dyskursie naukowym zdobywa pojęcie „*Mobilität*”, oznaczające mobilność. Jest ono odnoszone przeważnie do przemieszczania się ludzi i różnica pojęciowa pomiędzy „*Mobilität*” i „*Verkehr*” przeważnie dotyczy bardziej całościowego ujęcia mobilności, rozumianej nie tylko jako podróż środkiem transportu, ale jako całość zachowań i aktywności życiowej związanej ze zmianą miejsca, obejmującą również dojście na przystanek, spacer, czy nawet aktywność sportową wiążącą się z ruchem w przestrzeni [3]. Pojęcia mobilności używa się często w obszarze niemieckojęzycznym w kontekście koncepcji *Mobilität für alle* (mobilność dla wszystkich, mobilność dla każdego), stawiającej nacisk na projektowanie uniwersalne i podejście do transportu publicznego, uwzględniające dostępność środków transportu i infrastruktury również dla osób ze szczególnymi potrzebami, nawet jeżeli są to grupy niszowe [4].

W obszarze niemieckojęzycznym ugruntowało się pojęcie „*Nahverkehr*”, tłumaczone wprost jako transport bliski, lokalny. Pojęcie „*Nahverkehr*” funkcjonuje najczęściej w ramach zwrotu „*Öffentlicher Personennahverkehr*”, w skrócie ÖPNV, który obejmuje komunikację miejską, podmiejską i lokalną. Występuje nieostra granica pomiędzy pojęciami „*Nahverkehr*” i „*Regionalverkehr*”, czyli transportem bliskim (miejskim, lokalnym) i regionalnym [8].

2. ORGANIZACJA POZAMIEJSKIEGO TRANSPORTU PUBLICZNEGO W AUSTRII

Austria uchodzi za państwo z dobrze rozwiniętym transportem publicznym, co wynika z wielu przesłanek. Wśród uwarunkowań polityczno-prawnych najważniejszy jest federalny ustrój państwa, zapisany w konstytucji. Austria składa się z 9 krajów związkowych (landów), które mają konstytucyjnie zagwarantowaną szeroką autonomię i konstytucyjne upoważnienie do zarządzania szeregiem aspektów życia społeczno-gospodarczego, w tym transportu publicznego o charakterze regionalnym [8].

Do uwarunkowań geograficznych należy zaliczyć specyficzne ukształtowanie terenu i sieć osadniczą. Kraj jest w większości górzysty (z wyjątkiem obszarów równinnych na wschodzie i północnym wschodzie), jednak posiada relatywnie dobrze rozwiniętą infrastrukturę drogową i kolejową, która umożliwia stworzenie sieci transportu publicznego również na obszarach górskich. Podobnie jak w sąsiedniej Słowacji i Czechach, charakterystyczna dla Austrii jest zwarta zabudowa osiedli miejskich i wsi, co ułatwia pokrycie kraju gęstą siecią transportu publicznego.

Istotne są również uwarunkowania ekonomiczne i demograficzne, które sprzyjają dość równomiernemu rozwojowi kraju i alokacji kapitału społecznego nie tylko w stolicy i dużych miastach, ale również w małych ośrodkach. Według danych Eurostatu [10], stołeczny Wiedeń jest dopiero na trzecim miejscu pod względem poziomu zamożności, największe PKB na mieszkańca występuje w Vorarlbergu, a na drugim miejscu jest Tyrol – w obu przypadkach są to landy o słabym poziomie urbanizacji. Powyższe uwarunkowanie może sprzyjać rozwojowi lokalnego i regionalnego transportu publicznego na obszarach peryferyjnych, gdyż ze względu na wysoki poziom życia i możliwości rozwoju zawodowego na obszarach wiejskich i w małych miasteczkach zachodzi konieczność zapewnienia mieszkańcom wysokiego poziomu usług publicznych, w tym transportu publicznego.

Typowe dla Austrii są też proekologiczne przekonania społeczeństwa oraz dążenie do kompromisu, równych szans i równomiernego rozwoju, co przejawia się w przekonaniu o zasadności zapewnienia sprawnych usług publicznych zarówno w dużych ośrodkach, jak i na prowincji [5].

Najważniejszym aktem prawnym, regulującym zasady organizacji pozamiejskiego transportu publicznego w Austrii, jest federalna ustawa o publicznym transporcie lokalnym i regionalnym z 1999 roku z późniejszymi zmianami [1]. Poniżej omówiono jej najważniejsze aspekty.

Ustawa określa zasady organizacji i finansowania lokalnego i regionalnego transportu publicznego. Nie określa bezpośrednio, że za transport publiczny odpowiadają landy, jednakże zawiera zapisy, które pośrednio wskazują na taką odpowiedzialność. W ustawie zapisano jej cele, m.in. zapewnienie dostępnego, przystępnego cenowo i wysokiej jakości transportu publicznego dla wszystkich

mieszkańców Austrii. Ustawa definiuje kluczowe pojęcia, takie jak „transport publiczny” i „regionalny transport publiczny”, a także określa obowiązki władz publicznych w zakresie zapewniania transportu publicznego, w tym obowiązek landów do planowania i rozwoju regionalnego transportu publicznego. Przedmiotowa ustawa ustanawia system finansowania transportu publicznego, w którym landy odgrywają znaczącą rolę. W ustawie opisane są zasady tworzenia i funkcjonowania związków komunikacyjnych, które są odpowiedzialne za organizację i zarządzanie transportem publicznym na poziomie regionalnym. Ponadto konstytucja Austrii (*Bundes-Verfassungsgesetz*) [8] rozdziela kompetencje między rządem federalnym a landami. Zgodnie z tą konstytucją, landy są odpowiedzialne za wiele kwestii związanych z transportem, w tym za transport publiczny.

Przedmiotowa ustawa jest podstawą dla funkcjonowania związków transportowych (*Verkehrsverbunde*), odpowiedzialnych za organizację i bieżące funkcjonowanie lokalnego i regionalnego transportu publicznego. Instytucja związków transportowych jest typowa dla obszaru niemieckojęzycznego. Różnica pomiędzy Niemcami i Austrią polega na tym, że niemieckie związki transportowe są oparte w dużej mierze na powiatowym szczeblu samorządu (porozumienia pomiędzy kilkoma powiatami oraz we współpracy powiatów z landami, czego przykładem jest ZVON – *Zweckverband Verkehrsverbund Oberlausitz-Niederschlesien*, związek komunikacyjny niemieckich powiatów Bautzen i Görlitz, powołany w regionie górnołużycko-dolnośląskim) [21]. Natomiast w Austrii związki transportowe są utworzone na bazie landów lub grupy landów.

Wzmiankowana ustawa ma wiele szczegółowych rozwiązań. Przykładowo, paragraf 29 reguluje zasady rozliczania bezpłatnych i ulgowych przejazdów studentów i praktykantów. Istotny z punktu widzenia ewentualnego wdrożenia austriackich rozwiązań w Polsce jest paragraf § 31, który przewiduje, że warunkiem udostępnienia środków federalnych na finansowanie usług transportu publicznego jest spełnienie określonych w ustawie kryteriów, które należy oceniać odrębnie dla każdej usługi przewozowej. Należą do nich: dostępność systemów z uwzględnieniem potrzeb osób z niepełnosprawnością ruchową, przyjazna dla użytkownika konstrukcja pojazdów i urządzeń biletowych, łatwa dostępność przystanków, skoordynowane rozkłady jazdy, odpowiedni komfort jazdy (w tym niedopuszczalność substandardu typowego dla polskich mikrobusów), minimalizacja czasu podróży i przesiadek, czystość i komfort sprzętu transportowego, ogólnokrajowe jednolite i intermodalne systemy informacji o cenach biletów, rozkładach jazdy, wyborze tras i połączeniach przesiadkowych oraz pozytywny wpływ na środowisko poprzez redukcję emisji zanieczyszczeń.

Zgodnie z dyspozycjami ustawowymi, regionalny transport publiczny w Austrii jest zarządzany przez związki transportowe, których jest siedem. Na wschodzie kraju utworzono jeden wspólny związek VOR dla trzech landów: Dolnej Austrii, Wiednia

i Burgenlandu, w pozostałych przypadkach każdy land zarządza swoim związkiem transportowym.

Poniżej przedstawiono najważniejsze informacje na temat funkcjonujących w Austrii związków transportowych (tab. 1).

Tabela 1

Związki transportowe w Austrii

Nazwa związku (oficjalna i handlowa), skrót	Polska nazwa	Obszar działania	Siedziba	Adres strony internetowej
Verkehrsverbund Vorarlberg, VMobil, VVV	Związek Transportowy Vorarlberg	Vorarlberg i Liechtenstein	Feldkirch	www.vmobil.at
Verkehrsverbund Tirol, VVT	Związek Transportowy Tyrol	Tyrol	Innsbruck	www.vvt.at
Verkehrsverbund Kärnten, Kärntner Linien, VVK	Związek Transportowy Karyntia	Karyntia	Klagenfurt	www.kaerntnerlinien.at
Verkehrsverbund Steienmark, Verbund Linie	Związek Transportowy Styria	Styria	Graz	www.verbundlinie.at
Salzburger Verkehrsverbund	Salzburski Związek Transportowy	Land Salzburg	Salzburg	www.salzburg-verkehr.at
Oberösterreichische Verkehrsverbund, OÖVG	Górnoaustriacki Związek Transportowy	Górna Austria	Linz	www.oöevv.at
Verkehrsverbund Ost-Region, VOR	Związek Transportowy Regionu Wschodniego	Dolna Austria, Wiedeń, Burgenland	Wiedeń	www.vor.at

Źródło: opracowanie własne na podstawie stron internetowych związków transportowych, 2024.

Poniżej opisano funkcjonowanie dwóch przykładowych związków transportowych: VVV i VVT.

Związek Transportowy Vorarlberg (*der Verkehrsverbund Vorarlberg*) jest przedsiębiorstwem publicznym należącym do landu Vorarlberg. Został założony w 1991 roku i zrzesza wszystkie firmy działające w obszarze lokalnego transportu publicznego w Vorarlbergu i Księstwie Liechtensteinu. Usługi zamawiane są przez poszczególne gminy albo przez związki gmin. Niezależnie od operatora linii, wszystkie autobusy, przystanki itp. są zaprojektowane według projektu korporacyjnego Związku Transportowego Vorarlberg, który przewiduje indywidualne

warianty kolorystyczne dla regionu. W sumie 15 organizacji lub gmin pełni rolę nabywców usług transportu publicznego, a 26 przedsiębiorstw – operatorów linii autobusowych i kolejowych. Do systemu transportu zintegrowanego VVV włączono również pociągi ÖBB i Montafonerbahn [18].

Tyrolski Związek Transportowy (VVT) oferuje pasażerom możliwość podróżowania szeroką gamą środków transportu. Cechą charakterystyczną VVT jest duży nacisk na marketing, w tym na odpowiednią identyfikację poszczególnych rodzajów mobilności z daną marką oraz związaną z tym rozpoznawalność usługi (usług) przez pasażerów. Transport autobusowy jest obsługiwany przez rozwiniętą sieć charakterystycznych żółtych autobusów kursujących pod marką Regiobus oraz Regiobus Express. Podstawę transportu publicznego w Tyrolu stanowi 8 linii kategorii S-Bahn (szybka kolej aglomeracyjna) i 3 linie REX (regionalny express) w charakterystycznym czerwonym kolorze. Każda z linii kursuje w takcie godzinnym, ułożonym w ten sposób, że w niektórych relacjach pociągi kursują co 15 minut. Niektóre linie autobusowe Regiobus i niektóre linie kolejowe kursują do sąsiedniej Bawarii w Niemczech. Integralną częścią sieci transportu publicznego Tyrolu jest też system mikrobusów na żądanie RegioFlink, które można zamawiać w aplikacji. System funkcjonuje w Wattens oraz w dorzeczu Reutte w gminach Breitenwang, Ehenbichl, Höfen, Lechaschau, Pflach, Reutte i Wängle. Obowiązują zwykle taryfy komunikacji autobusowej, posiadacze biletów miesięcznych nie płacą dodatkowo. Częścią systemu transportu publicznego zarządzanego przez VVT są też taksówki, carsharing i rower publiczny [20].

Można wyróżnić kilka faktów świadczących o tym, że w Austrii wysoką jakość i dostępność transportu publicznego decydenci starają się uzyskać dzięki konsolidacji, unifikacji i tworzeniu silnych podmiotów, zarówno po stronie organizatorów transportu publicznego, jak i operatorów autobusowych i kolejowych.

Wyżej wspomniane austriackie podejście jest zatem odmienne od polskiego, w którym można zaobserwować tendencję do dzielenia dużych podmiotów na mniejsze, faworyzowania konkurencji i dużego rozdrobnienia organizatorów (np. podział PKS i PKP w okresie transformacji, postulat większej konkurencji na kolei, zdominowanie polskiego rynku autobusowego przez małych przewoźników mikrobusowych bez funkcjonowania dużych ogólnokrajowych przewoźników obsługujących linie lokalne, bardzo duże rozdrobnienie po stronie organizatorów transportu publicznego, którymi w Polsce mogą być: województwa, powiaty, gminy, związki powiatowo-gminne, związki międzygminne i in. [10]. Pomijając komunikację miejską, w Polsce występuje co najmniej kilkaset organizatorów regionalnego transportu publicznego, podczas gdy w Austrii zaledwie 7. Co więcej, 7 austriackich związków transportowych dodatkowo współpracuje między sobą celem unifikacji oferty, tworząc ogólnoaustriackie zrzeszenie związków transportowych *Mobilitätsverbände Österreich* [12].

Inaczej niż w Polsce, Czechach i Niemczech, na austriackim rynku przewozów kolejowych dominującą pozycję ma jeden silny narodowy przewoźnik ÖBB, który obsługuje zarówno pociągi kategorii Intercity, jak i regionalne i lokalne [13]. Natomiast na rynku regionalnych i lokalnych przewozów autobusowych silną pozycję ma państwowy przewoźnik Postbus, będący spółką-córką Kolei Austriackich ÖBB [15]. Postbus można uznać za odpowiednika polskiego PKS przed jego podziałem.

W ocenie austriackich decydentów posiadanie silnego ogólnokrajowego operatora autobusów lokalnych i regionalnych jest wartością sprzyjającą stworzeniu dobrej jakości, dostępnych usług transportowych, podczas gdy w Polsce taki silny państwowy przewoźnik również funkcjonował, ale w intencji polepszenia usług transportowych zdecydowano o jego podziale i deregulacji rynku.

PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy rozwiązań wprowadzonych przez austriackie związki transportowe oraz podmioty ogólnokrajowe (rząd, ministerstwo, koleje, Postbus) można wyróżnić kilka wspólnych elementów i tendencji. Przede wszystkim występuje duży nacisk na integrację transportową i konsolidację usług.

Praktyka austriackiego transportu publicznego opiera się na dużej roli marketingu i wizerunku, co przejawia się w tworzeniu spójnych, atrakcyjnych wizualnie haseł reklamowych produktów transportowych, takich jak opisane w niniejszym artykule Regiobus lub RegioFlink. Austriackie związki transportowe przywiązują też dużą wagę do zapewnienia niskich cen na transport publiczny.

Ważnym spostrzeżeniem, stanowiącym podsumowanie funkcjonowania systemu transportu publicznego w Austrii, jest też dążenie do stworzenia powszechnie kojarzonej przez pasażerów zunifikowanej oferty przewozów kolejowych i autobusowych, dostarczanych przez narodowych przewoźników: ÖBB (Koleje Austriackie) i Postbus (państwowy przewoźnik autobusowy). Jest to podejście odmienne od pojawiających się w Polsce i Republice Czeskiej propozycji liberalizacji i dekoncentracji rynku usług transportu publicznego, w tym zrealizowanego w Polsce procesu podziału PKS na wiele małych podmiotów oraz oparcia rynku usług lokalnego transportu publicznego na drobnej przedsiębiorczości zorientowanej na tabor mikrobusew, bez spójnych i organizowanych ogólnie rozkładów jazdy. Sukces austriackich rozwiązań skłania do postawienia pytania, czy podjęta w Polsce decyzja o podziale PKS i daleko idącej decentralizacji i deregulacji transportu publicznego rzeczywiście była jedyną słuszną i czy rzeczywiście spełniła swój cel w postaci zapewnienia wysokiej jakości usług regionalnego publicznego transportu zbiorowego odbieranych w społeczeństwie jako atrakcyjna i prestiżowa pod względem marketingowym alternatywa dla własnego samochodu.

Ważnym doświadczeniem Austrii jest sprawnie przeprowadzona integracja transportu kolejowego, autobusowego i rowerowo-pieszego. Nie jest to jednak proces skończony. Stale rozwijają się nowe formy mobilności, takie jak hulajnogi elektryczne, urządzenia transportu osobistego i urządzenia wspomagające ruch, które muszą być uwzględniane w procesie tworzenia systemów integracji transportowej, a dotychczas były pomijane w dokumentach transportowych. Stale zmienia się styl życia i zachowania transportowe, w związku z pracą zdalną i większą rolą podróży w celach rekreacyjnych, a zmniejszającą się rolą dojazdów do pracy, która staje się pracą hybrydową. Zmniejsza się rola dużych potoków pasażerskich, wzrasta potrzeba dostrzegania nawet najmniejszych zjawisk niszowych w transporcie i mobilności, również na pograniczu transportu, mobilności aktywnej i sportu, z czym wiąże się wspomniane uprzednio pojęcie „*Mobilität für alle*” (mobilność dla wszystkich, mobilność dla każdego).

Podsumowując, autor rekomenduje za zasadne wdrożenie w Polsce austriackich rozwiązań, dotyczących stworzenia maksymalnie kilkunastu organizatorów transportu publicznego w województwach lub grupach województw, unifikacji i konsolidacji oferty regionalnego transportu autobusowego oraz stworzenia ogólnokrajowego, silnego operatora autobusów lokalnych jako spółki-córki PKP Intercity, nawiązującego do austriackiego Postbus.

Autor uznaje za zasadne wykorzystanie austriackich doświadczeń w zakresie sprawnie prowadzonego marketingu i reklamy transportu publicznego, co jest obecnie w opinii autora niedoceniane przez organizatorów i operatorów transportu publicznego oraz przez samorządy.

LITERATURA

1. *Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Bundes-Verfassungsgesetz*, Fassung vom 13.06.2024.
2. Ficoń K., *Trzy logistyki. Wojskowa, kryzysowa, rynkowa*, Bel Studio, Warszawa 2015.
3. Hennicke P., Koska T., Rasch J., Reutter O., Seifried D., *Nachhaltige Mobilität für alle: ein Plädoyer für mehr Verkehrsgerechtigkeit*, Oekom-Verlag, München 2021.
4. Hermann A., *Mobilität für alle auf Knopfdruck*, Campus Verlag GmbH, Frankfurt am Mein 2022.
5. Hloušek V., Sychra Z., *Rakousko v evropské a středoevropské politice*, Mezinárodní politologický ústav Masarykovy univerzity, Praha 2004.
6. *Öffentlicher Personennah- und Regionalverkehrsgesetz 1999 (ÖPNRV-G 1999)*, Bundesgesetzblatt I 204/1999.
7. Ostermann N., *Handbuch ÖPNV Schwerpunkt Österreich*, Trackomedia, Hamburg 2016.
8. Pszczołowski T., *Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1978.
9. Schwedes O., Canzler W., Knie A., *Handbuch Verkehrspolitik*, Springer VS, Wiesbaden 2016.

10. Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym, DzU 2011, nr 5, poz. 13.

Źródła internetowe

11. www.ec.europa.eu/eurostat (dostęp 12.06.2024).
12. www.kaerntner-linien.at (dostęp 12.06.2024).
13. www.mobilitaetsverbunde.at (dostęp 12.06.2024).
14. www.oebb.at (dostęp 12.06.2024).
15. www.oeevv.at (dostęp 12.06.2024).
16. www.postbus.at (dostęp 12.06.2024).
17. www.salzburg-verkehr.at (dostęp 12.06.2024).
18. www.verbundlinie.at (dostęp 12.06.2024).
19. www.vmobil.at (dostęp 12.06.2024).
20. www.vor.at (dostęp 12.06.2024).
21. www.vvt.at (dostęp 12.06.2024).
22. www.zvon.de (dostęp 12.06.2024).

ASSESSMENT OF AUSTRIAN SOLUTIONS IN THE MANAGEMENT OF AUSTRIAN PUBLIC TRANSPORT IN THE CONTEXT OF THEIR ADAPTATION IN POLAND

The article presents the functioning of regional public transport in Austria in terms of organization, management and marketing of public transport. The Austrian public transport system is based on the strong participation of public entities, in particular seven regional public transport organizers – transport associations established by the Länder. The study briefly presents the functioning of exemplary transport associations and describes the legal basis for the functioning of public transport. Austrian solutions in public transport management were assessed, including the prospects for using some Austrian solutions in Poland. The aim of the article is to systematize knowledge about the latest achievements of Austrian regional public transport and to assess the usefulness of these solutions in the context of their potential adaptation in the management of Polish public transport.

Keywords: transport, Austria, public transport management, public transport marketing, bus, train.

Szymon Ługiewicz, Maria Minczykow

Uniwersytet Morski w Gdyni

MOŻLIWOŚCI DEKARBONIZACJI TRANSPORTU KOLEJOWEGO Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII WODOROWEJ

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości dekarbonizacji transportu kolejowego poprzez wykorzystanie technologii wodorowych. Podczas analizy uwzględniono założenia Europejskiego Zielonego Ładu. Scharakteryzowano aktualny stan infrastruktury wodorowej w Polsce i przybliżono założenia Polskiej Strategii Wodorowej do 2030 r. Omówiono podział wodoru ze względu na metodę produkcji i możliwości zastosowania jego wybranych rodzajów jako paliwa alternatywnego. Opisano działanie wodorowych ogniw paliwowych stosowanych w kolejnictwie. Przedstawiono wybrane sposoby wykorzystania wodoru jako paliwa stosowane w Polsce i na świecie. Scharakteryzowano zespół trakcyjny Coradia iLint, lokomotywę wodorową SM42-6Dn i pojazd szynowy wodorowo-elektryczny. Autorzy wskazują na konieczność rozwijania infrastruktury wodorowej, by w przyszłości móc połączyć ten sposób dekarbonizacji kolejnictwa z elektryfikacją linii kolejowych.

Słowa kluczowe: transport, kolej, wodór, dekarbonizacja, elektryfikacja.

WSTĘP

W związku z postępującymi zmianami klimatycznymi naukowcy, instytucje i przedsiębiorcy są zmuszeni do szukania i tworzenia rozwiązań, które mają spowolnić te przemiany. W ciągu ostatnich lat w UE nastąpił wzrost wydatków na pokrycie szkód, związanych z ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi:

- przez 40 lat UE straciła ponad 487 mld EUR;
- ponad 138 tys. osób w UE straciło życie przez ekstremalne zjawiska pogodowe;
- koszt gospodarczy UE, spowodowany przez powodzie rzeczne, wynosi średnio 5 mld EUR rocznie;
- koszt gospodarczy UE, wynikający z pożarów lasów, wynosi około 5 mld EUR rocznie [24].

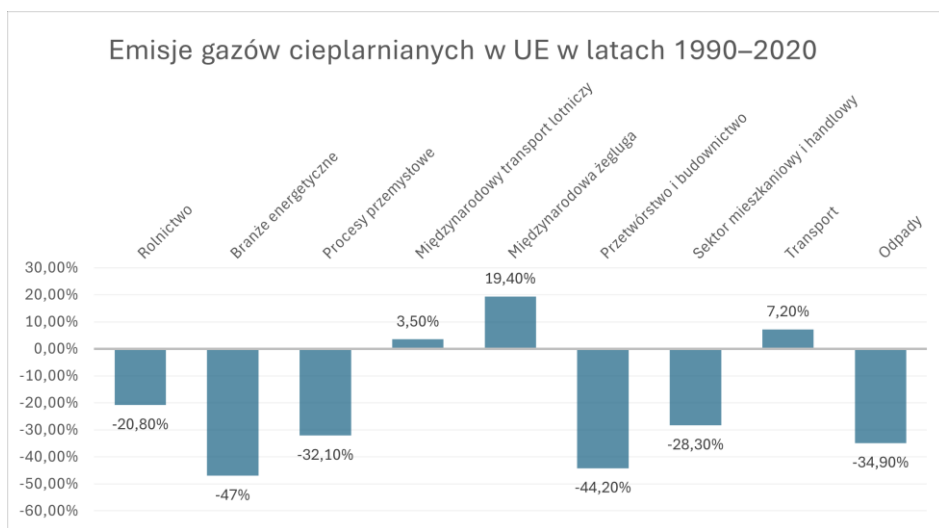
Aby zapobiec zmianom klimatycznym, przywódcy UE w grudniu 2019 roku uzgodnili, że UE do roku 2050 powinna osiągnąć neutralność klimatyczną.

Założeniami Europejskiego Zielonego Ładu są:

- wytwarzanie czystej energii;
- stworzenie gospodarki obiegu zamkniętego;
- renowacja i efektywność energetyczna budynków;

- zero zanieczyszczeń;
- ochrona ekosystemów i bioróżnorodności;
- zrównoważony i inteligentny transport [24].

Osiągnięcie zerowego bilansu emisji CO₂ oznacza znaczące obniżenie emisji gazów cieplarnianych i zrekompensowanie emisji niemożliwych do usunięcia. W latach 1990–2020 UE udało się zmniejszyć emisję o 30% (rys. 1).



Rys. 1. Emisje gazów cieplarnianych w UE w latach 1990–2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Rady UE [24].

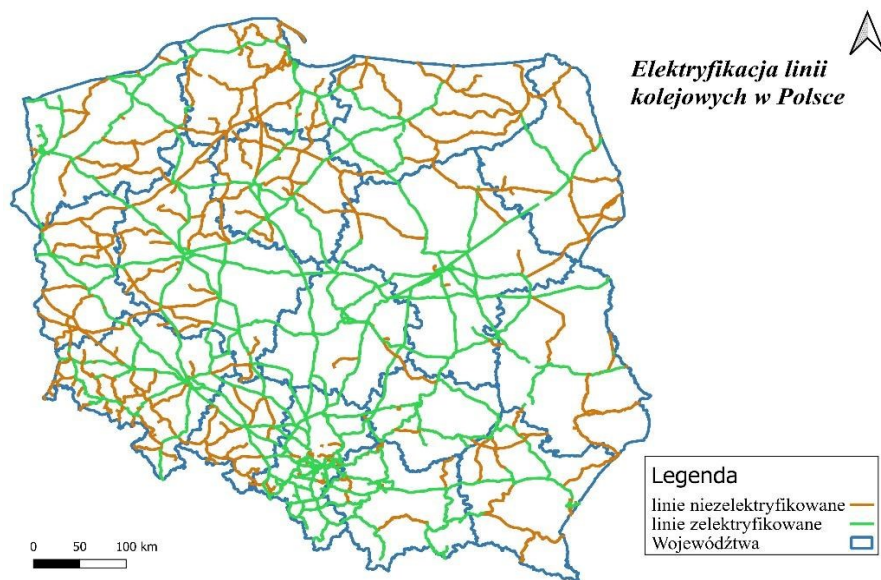
Większość sektorów gospodarki wykazała spadek emisji – poza tymi związanymi z transportem. W związku z tym wymagają one modernizacji.

Alternatywą dla silników napędzanych paliwami kopalnianymi, jakie oferują nam obecnie przedsiębiorstwa w fazach testowych, są silniki napędzane wodorem. W 2020 roku UE w swoich strategiach postawiła właśnie na technologie wodorowe. Choć w Polsce infrastruktura wodorowa nie jest jeszcze powszechnie dostępna, to nasz kraj pod względem wodoru znajduje się na trzecim miejscu w Europie (produkujemy przede wszystkim wodór szary). W związku z potrzebą dekarbonizacji naszej gospodarki, która opiera się głównie na paliwach kopalnianych (85% końcowego zużycia energii pokrywają paliwa kopalne), powstała Polska Strategia Wodorowa.

Elektryfikacja sieci kolejowej jest szeroko stosowana zarówno w Polsce, jak i na świecie. W Polsce według danych Urzędu Transportu Kolejowego na rok

2022 w Polsce linie zelektryfikowane stanowią 62,5% długości sieci kolejowej. To wynik powyżej średniej europejskiej, wynoszącej 55,8% (rys. 2).

Przy zwiększeniu udziałów czystej energii elektryfikacja sieci może okazać się najbardziej opłacalną technologią w transporcie kolejowym pod względem ekonomicznym i środowiskowym [20].



Rys. 2. Elektryfikacja linii kolejowych w Polsce (luty 2024)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze strony www.geoportal.gov.pl.

Przebudowa linii o niskiej przepustowości oraz linii w trudnych warunkach terenowych wiąże się z ogromnymi nakładami inwestycyjnymi, dlatego też są one ekonomicznie nieopłacalne, przez co inwestorzy nie będą skorzy do ich elektryfikacji. W związku z tym uzupełnieniem elektryfikacji sieci transportu kolejowego mogą stać się pociągi napędzane wodorowymi ogniwami paliwowymi.

1. PODZIAŁ WODORU ZE WZGLĘDU NA PROCES OTRZYMYWANIA – KOLORY WODORU

Wodór jest to bezbarwny, bezwonny gaz o najmniejszej liczbie atomowej. Znajduje się w pierwszej grupie i pierwszym okresie atomowym w układzie okresowym pierwiastków. Z powodów praktycznych wprowadzono umowy podziału wodoru ze względu na proces jego otrzymywania. Każda grupa ma przypisany odpowiedni kolor, który symbolizuje wpływ danej metody na

środowisko naturalne. Największe znaczenie podczas nadawania koloru miała emisja CO₂.

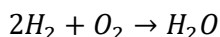
Podział wygląda następująco:

- wodór zielony – tym kolorem określa się wodór powstający podczas elektrolizy wody, w której energia elektryczna pochodzi w 100% z odnawialnych źródeł energii. Jego cechą charakterystyczną jest brak emisji CO₂ podczas produkcji i wykorzystywania [7];
- wodór niebieski – wodór wytwarzany głównie przy użyciu reformingu parowego metodą wychwytu i składowania CO₂ emitowanego podczas procesu (CCS). Jego podstawą jest gaz ziemny [7];
- wodór szary – wytwarzany z paliw kopalnych, głównie przy użyciu metody reformingu parowego. Gazy cieplarniane, zwłaszcza CO₂, są uwalniane do atmosfery [7];
- wodór biały – pochodzi ze złóż naturalnych [7];
- wodór czerwony/różowy/purpurowy – wodór powstający głównie podczas elektrolizy wody, gdzie energia elektryczna pochodzi z elektrowni atomowej. Może również pochodzić z wysokotemperaturowej elektrolizy [7];
- wodór czarny – powstaje podczas gazyfikacji węgla kamiennego [27];
- wodór brązowy – powstaje podczas gazyfikacji węgla brunatnego [27].

Aktualnie przewiduje się wzrost produkcji wodoru zielonego i spadek produkcji wodorów, wykorzystujących paliwa kopalne. Według danych z 2021 roku wodór, pochodzący z paliw kopalnych, stanowi około 95% całości produkcji europejskiej, co każdego roku powoduje uwalnianie 70–100 mln ton CO₂. Na ten moment wodór stanowi około 2% koszyka energetycznego UE. Prognozuje się, że do roku 2050 jego udział w koszyku może wzrosnąć nawet do 20% koszyka energetycznego [25].

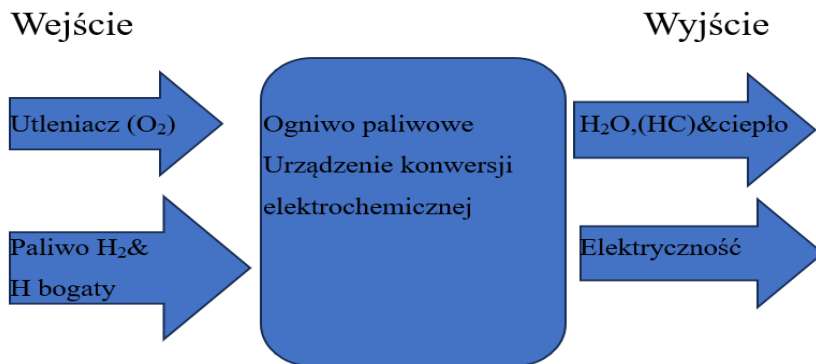
2. WODOROWE OGNIWA PALIWOWE STOSOWANE W KOLEJNICTWIE

Istnieje wiele rodzajów ogniw paliwowych. Z powodu wymagań technicznych przy projektowaniu pojazdów szynowych uwzględnia się tylko jeden rodzaj ogniw – PEMFC (ang. *Polimer Electrolite Membrane Fuel Cell*), w języku polskim określane jako niskotemperaturowe ogniwa z elektrolitem w postaci membrany polimerowej [8]. W tym typie ogniwa paliwowego powstaje energia elektryczna, która jest efektem reakcji chemicznej, gdzie paliwem jest cząsteczka wodoru (H₂), reagująca z cząsteczką tlenu (O₂), a produktem reakcji jest woda. Zapis reakcji:



Jest to reakcja spalania bezpłomieniowego.

Na rysunku 3 przedstawiono ogólną koncepcję działania ogniwa paliwowego, odpowiada ona reakcji chemicznej. Zaletą gromadzenia energii w ogniwach jest większy stosunek mocy do masy w porównaniu z energią gromadzoną w akumulatorach.



Rys. 3. Koncepcja ogólna ogniwa paliwowego

Źródło: [2].

W praktyce nie potrafimy korzystać z ogniwa paliwowego bez akumulatorów (zazwyczaj litowo-jonowych). Dzięki połączeniu tych dwóch źródeł zasilania można korzystać z zalet obydwu magazynów energii. Budowa ogniw paliwowych zasilanych wodorem jest stosunkowo droższa niż budowa spalinowych jednostek napędowych, co jest wadą tego rozwiązania i hamuje komercjalizację wodoru jako paliwa. Kolejną przeszkodą w szerszym stosowaniu ogniw, w których rolę paliwa pełni wodór, jest wskaźnik jego czystości. W ogniwach może być stosowany tylko bardzo czysty wodór (99,999%), dlatego nie każdy „kolor” wodoru nadaje się do wykorzystywania jako paliwo [6]. Wyklucza to m.in. wodór powstały poprzez zgazowanie węgla.

3. INFRASTRUKTURA WODOROWA W POLSCE

Aby korzystać z pełni potencjału, jaki przynoszą technologie wodorowe, należy najpierw stworzyć do nich całą infrastrukturę. Do lutego 2021 roku zbierano sugestie, dotyczące systemu wsparcia państwowego, który miał zachęcić do rozwoju technologii wodorowych przez dofinansowania. Polska produkuje obecnie wodór, ale nie jest on wytwarzany z odnawialnych źródeł energii i nie może być

uwzględniony w procesie transformacji energetycznej. W związku z tym istnieje potrzeba stworzenia gospodarki opartej na wodorze praktycznie od podstaw.

W czerwcu 2021 roku opublikowano projekt Polskiej Strategii Wodorowej, w którym zawarto 6 celów koniecznych do spełnienia:

- Cel 1 – wdrożenie technologii wodorowych w energetyce. W związku z warunkami przyrodniczo-geograficznymi w Polsce stwierdzono, że najkorzystniejsze ekonomicznie będzie wykorzystanie energii pozyskanej z morskich farm wiatrowych do wytworzenia zielonego wodoru.
- Cel 2 – wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie. Projekt zakłada, że zielony wodór ma być powszechnie stosowany w transporcie miejskim, ciężkim transporcie drogowym krótko- i długodystansowym oraz w kolejowym i wodnym. Przewiduje się, że w przyszłości z wodoru będzie korzystać również transport morski i lotniczy.
- Cel 3 – wsparcie dekarbonizacji przemysłu. Przemysł będzie prawdopodobnie największym odbiorcą zielonego wodoru w związku z brakiem alternatywnych opcji dekarbonizacji, dlatego założono stworzenie dolin wodorowych blisko ośrodków przemysłowych.
- Cel 4 – produkcja wodoru w nowych instalacjach. W ramach modelu klastrowego produkcja wodoru ma odbywać się jak najbliżej miejsc zapotrzebowania na wodór. Dotacje są skierowane do przedsiębiorstw inwestujących w wodór powstały przez wykorzystanie odnawialnych źródeł energii i wykorzystujących technologie bezemisyjne.
- Cel 5 – sprawny i bezpieczny przesył, dystrybucja i magazynowanie wodoru. Początkowo do dystrybucji wodoru zostanie wykorzystany transport drogowy i kolejowy (w cysternach). W przyszłości do wielkoskalowego transportu wodoru ma być wykorzystywana obecna infrastruktura dla gazu ziemnego (po uprzednim jej przygotowaniu). Strategia nie wyklucza też budowy rurociągów dedykowanych wodorowi, budowanych na podstawie modelu klastrowego.
- Cel 6 – stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego. Do prawidłowego funkcjonowania rynku wodoru należy opracować i wprowadzić w życie odpowiednie przepisy i normy prawne. Według założeń do końca 2023 roku miały zostać podjęte działania legislacyjne w zakresie:
 - stworzenia ram regulacyjnych funkcjonowania wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie;
 - opracowania wodorowego pakietu legislacyjnego, tworzącego podstawy funkcjonowania rynku;
 - opracowania przepisów określających szczegóły funkcjonowania rynku (kolejny pakiet), implementujących prawo UE w tym zakresie oraz wdrażających system zachęt do produkcji niskoemisyjnego wodoru [11].

Obecnie działa w Polsce 11 projektów dolin wodorowych (rys. 4). Każda z nich ma określone specjalizacje, dostosowane do ich możliwości i lokalnego rynku. Dla przykładu: Mazowiecka Dolina Wodorowa specjalizuje się w produkcji paliw syntetycznych, przemyśle petrochemicznym, wychwycie CO₂, przemyśle chemicznym, transporcie rzeczonym, wodorze w transporcie publicznym, produkcji autobusów wodorowych, wykorzystaniu w przemyśle lokomotywy wodorowej oraz trailerów wodorowych (autonomiczne i bezemisyjne auta ciężarowe) [12].



Rys. 4. Polski Ekosystem Innowacji Dolin Wodorowych

Źródło: [12].

4. POLSKIE I ZAGRANICZNE ROZWIĄZANIA W KOLEJNICTWIE WYKORZYSTUJĄCE OGNIWA WODOROWE

4.1. Zespół trakcyjny Coradia iLint

Firma Alstom jest liderem wśród producentów zeroemisyjnych pojazdów szynowych i odpowiada za produkcję spalinowego zespołu trakcyjnego Coradia iLint, który może być też zasilany paliwem alternatywnym – wodorem [22]. Przedsiębiorstwo kontynuuje prace związane z ekologicznymi pojazdami szynowymi. Efektem tych prac jest powstanie nowego projektu o nazwie Coradia iLint. Zasadnicza różnica pomiędzy tymi zespołami trakcyjnymi polega na tym, że Coradia

Lint może być zasilana paliwem kopalnym lub wodorem, natomiast Coradia iLint – wyłącznie poprzez wodorowe ogniwa paliwowe.

Coradia iLint to nowoczesny zespół trakcyjny, w którym jako napęd są wykorzystywane silniki elektryczne, a jako paliwo – wodór. Pierwiastek ten, znajdujący się w zbiornikach na dachu, jest dostarczany do ogniwa paliwowego, które wytwarza energię elektryczną [5]. Zespół trakcyjny wyposażono dodatkowo w zestaw akumulatorów litowo-jonowych, które magazynują energię, przekazując ją do silników elektrycznych. Wspomagają one układy elektryczne znajdujące się w pojeździe w przypadku zwiększonego zapotrzebowania na energię. Podczas hamowania praca ogniwa jest zatrzymywana, a energia odzyskiwana i wykorzystywana przez urządzenia pokładowe lub kumulowana w bateriach (rys. 5).

Pojazd może osiągać prędkość do 140 km/h. Jego zasięg wynosi do 1000 km, a pojemność – 300 pasażerów. Zespół trakcyjny Coradia iLint jest aktualnie testowany w Kanadzie i przeszedł już pomyślnie testy w Niemczech, Polsce, Szwecji i Holandii. Pozwala to optymistycznie patrzeć na wprowadzenie zeroemisyjnych zespołów trakcyjnych firmy Alstom na niezelektryfikowane linie kolejowe, nie tylko na krótkich relacjach [15].



Rys. 5. Coradia iLint

Źródło: [22].

4.2. Polska lokomotywa wodorowa – SM42-6Dn

Firma PESA zaprojektowała lokomotywę manewrową, którą zaprezentowała na Międzynarodowych Targach Kolejowych TRAKO 2021 [16]. Jest zasilana ogniwami wodorowymi i eksploatowana przez RCP Orlen-Koltrans. Lokomotywa została zaprojektowana w Bydgoszczy i tam też jest produkowana. Pojazd czerpie

wodór ze zbiorników o ładowności 175 kg, które są umieszczone przed i za kabiną maszynisty. Ciśnienie wodoru w zbiornikach wynosi 350 MPa. Lokomotywa jest zasilana dwoma ogniwami o mocy 85 kW każde, dzięki którym może osiągać prędkość maksymalną 90 km/h (rys. 6).

Jedną z potencjalnych form eksploatacji lokomotywy jest używanie jej w terminalach intermodalnych i „zielonych portach”. Zeroemisyjna lokomotywa wpisuje się w koncepcję zapewnienia zaplecza kolejowego dla zrównoważonych portów, chcących zredukować swój ślad węglowy. Pojazd był testowany w firmie Ciech Cargo na bocznicy w Inowrocławiu [29]. Może w przyszłości zastąpić lokomotywy, wykorzystujące silniki Diesla, przyczyniając się do spadku emisji CO₂.



Rys 6. Schemat rozmieszczenia elementów technicznych w lokomotywie SM42-6Dn

Źródło: [17].

4.3. Pomysły innych państw w dążeniu do dekarbonizacji kolei poprzez wykorzystanie wodoru

Państwa, takie jak Wielka Brytania, Chiny czy Stany Zjednoczone, również są poważnie zainteresowane zmianą napędu pojazdów szynowych ze spalinowego na wodorowy. Wielka Brytania planuje zmodyfikować swoje pojazdy EZT klasy 321. Będą one zasilane przez wodorowe generatory energii, których zaletą jest możliwość spalania wodoru niższej czystości [8]. Modernizacji dokona firma Alstom [19].

Chiny opracowują hybrydowe pociągi i tramwaje zasilane ogniwami paliwowymi. Jednostka ForCity 15T została zaprezentowana w 2015 roku. Obecnie państwo pracuje nad wprowadzeniem pociągu w pełni zasilanego wodorem i zwiększeniem udziału zeroemisyjnych tramwajów [14].

Stany Zjednoczone nawiązały współpracę ze szwajcarską firmą Stadler, która w 2019 roku sprzedała im zespół trakcyjny FLIRT H2. Korzysta on z ogniw paliwowych i akumulatorów. Deklarowany minimalny zasięg jednostki wynosi 460 km, a jego prędkość maksymalna wynosi 127 km/h [17].

Wiele państw wprowadza innowacyjne pojazdy szynowe na swoje linie kolejowe, a zwiększony popyt może ułatwić transformację energetyczną, wywołując efekt skali. Liczne testy pozwalają zlikwidować potencjalne zagrożenia i błędy konstrukcyjne, przybliżając rynek kolejowy do całkowitej wymiany jednostek spalinowych na jednostki przyjazne środowisku.

5. POCIĄGI HYBRYDOWE WODOROWO-ELEKTRYCZNE

Unia Europejska, mając świadomość, że nie wszystkie sieci kolejowe są w wystarczającym stopniu zelektryfikowane (obecnie w pełni zelektryfikowana linia znajduje się tylko w Szwajcarii), stworzyła projekt FCH2RAIL. W jego ramach ma zostać opracowany hybrydowy zespół zasilający, oparty na wodorowych ogniwach paliwowych. Pozwoli on na dopasowanie się do obecnej infrastruktury kolejowej w Europie. Dodatkowo planowany system ma być przystosowany do instalacji w istniejących pociągach elektrycznych. Będzie można go też wykorzystać do modernizacji pociągów spalinowych.

W 2023 roku zostały przeprowadzone testy demonstracyjnego pociągu FCH2Rail, który zbudowano na bazie modelu Civia od firmy CAF, wyposażonego w ogniwa paliwowe Toyoty drugiej generacji. Dzięki nim pojazd może być zasilany z sieci trakcyjnej oraz baterii i wodorowych ogniw paliwowych Toyoty. Na pierwszą testową trasę wybrano połączenie Saragossa – Canfranc. Była to wymagająca trasa z niewielką długością linii zelektryfikowanej, złożona z licznych i stromych podjazdów, na których trzeba było korzystać z napędu wodorowego. Test wypadł pomyślnie, a pociąg został skierowany do dalszych testów sprawdzających go w eksploatacji codziennej. Umożliwi to sprawdzenie jego możliwości oraz porównanie ich z osiąganymi silników Diesla. Według producenta pociąg ma być gotowy do użytku w 2024 roku (rys. 7).



Rys. 7. Demonstracyjny pociąg FCH2Rail

Źródło: [4].

Dzięki technologii hybrydowej można korzystać z wielu zalet pociągów elektrycznych oraz z ogniwami paliwowymi. Są to:

- niskie koszty eksploatacji;
- wykorzystywanie już rozwiniętej linii zelektryfikowanej;
- ograniczenie częstotliwości tankowania pojazdu poprzez wykorzystywanie obecnej na trasie sieci trakcyjnej, a w konsekwencji korzystanie z energii ze źródeł odnawialnych (np. farm wiatrowych i słonecznych);
- możliwość poruszania się po liniach, które jeszcze nie zostały zelektryfikowane bądź takich, których elektryfikacja jest kosztowo nieopłacalna.

PODSUMOWANIE

Dekarbonizacja gospodarki to nieunikniony element jej rozwoju. Należy pozyskiwać coraz więcej energii ze źródeł odnawialnych, a docelowo wyeliminować eksploatację paliw kopalnianych i innych źródeł energii nieodnawialnej. Wykorzystanie zielonego wodoru pozwala na modernizację sieci kolejowej, która nie zostanie zelektryfikowana. Jak wykazały badania firmy Alstom [23], ogniwa wodorowe pozytywnie przechodzą testy w warunkach eksploatacji użytkowej (zgodnie z rozkładem jazdy). Dzięki technologii hybrydowej (FCH2Rail) obecnie używane pociągi będzie można zmodernizować tak, by wykorzystywały energię z sieci kolejowej, a na odcinkach niezelektryfikowanych – wodór.

LITERATURA

1. Anwar M., Cole C., Hassan N.M.S., Spiryagin M., Sun Y.Q., *A review of hydrogen technologies and engineering solutions for railway vehicle design and operations*, 2021.
2. Barbosa F.C., *Fuel cell rail technology review – A tool for an autonomous rail*, Proceedings of the Joint Rail Conference, Snowbird 2019.
3. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*, European Commission, Brussels 2020.
4. Durzyński Z., *Napędy trakcyjne pojazdów szynowych zasilane wodorem (cz. 1)*, Pojazdy szynowe/Rail Vehicles, 2021, nr 2.
5. Graff M., *Pojazdy Coradia iLint z ogniwami paliwowymi na wodór*, TTS Technika Transportu Szynowego, 2018, nr 3.
6. Graff M., *Wodór jako paliwo – zalety i wady*, TTS Technika Transportu Szynowego, 2020, nr 5–6.
7. Pilszyk M., Juszcak A., Gonera Ł., *Wyścig po wodór. Państwa i ich strategie wodorowe*, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa 2023.

8. Siwiec J., *Zastosowanie wodorowych ogniw paliwowych w transporcie*, Problemy Kolejnictwa, 2021, nr 190.
9. Stachowiak B., *Wodór jako nośnik energii i paliwo przyszłości: możliwości jego wykorzystania w sektorze transportu*, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, Warszawa 2019.
10. Załącznik do uchwały nr 149 Rady Ministrów z dn. 2.11.2021 r. ws. przyjęcia „Polskiej strategii wodorowej do roku 2030 z perspektywą do 2040 r.”, Warszawa, październik 2021.
11. *Zielony wodór z OZE w Polsce. Raport*, Dolnośląski Instytut Studiów Energetycznych, Wrocław 2021.

Źródła internetowe

12. <https://arp.pl/pl/jak-dzialamy/transformacja-energetyczna-/doliny-wodorowe/> (dostęp 18.02.2024).
13. <https://cordis.europa.eu/project/id/101006633/pl> (dostęp 17.02.2024).
14. <https://h2poland.eu/pl/kategorie/transport/pojazdy-specjalne/wodorowe-tramwaje-i-pojazdy-specjalne/> (dostęp 18.02.2024).
15. <https://h2poland.eu/pl/kategorie/transport/wodorowe-pociagi/coradia-ilint-pierwszy-na-swiecie-pociag-napedzany-wodorem/> (dostęp 18.02.2024).
16. <https://pesa.pl/kolejowa-premiera-roku-pesa-zaprezentowala-lokomotywe-wodorowa-na-trako/> (dostęp 18.02.2024).
17. <https://pesa.pl/produkty/lokomotywy/sm42-6dn-hydrogen> (dostęp 18.02.2024).
18. <https://pgeenergetykakolejowa.pl/aktualnosc/pge-chce-rozwijac-technologie-wodorowa-w-sektorze-kolejowym> (dostęp 4.03.2024).
19. <https://railcolornews.com/2019/01/07/uk-breeze-alstom-and-everholt-to-develop-hydrogen-trains-for-the-uk/> (dostęp 18.02.2024).
20. <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/20336,Linie-kolejowe-w-Polsce.html> (dostęp 19.02.2024)
21. <https://verkehrsforshung.dlr.de/en/projects/fch2rail> (dostęp 19.02.2024).
22. <https://www.alstom.com/pl/press-releases-news/2021/6/polska-premiera-alstom-zaprezentowal-coradia-ilint-pierwszy-na-swiecie> (dostęp 18.02.2024).
23. https://www.alstom.com/sites/alstom.com/files/2020/09/30/Rapport%20Waterstoffrein%20Groningen_EN.pdf (dostęp 21.02.2024).
24. <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/climate-change/> (dostęp 17.02.2024).
25. <https://www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20210512STO04004/odnawialny-wodor-jakie-sa-korzysci-dla-ue> (dostęp 10.02.2024).
26. <https://www.forum-energii.eu/rocznik-dane-o-energetyce> (dostęp 17.02.2024).
27. <https://www.h2bulletin.com/knowledge/hydrogen-colours-codes/> (dostęp 10.02.2024).
28. <https://www.railway-technology.com/news/japan-railway-hydrogen-train/> (dostęp 17.02.2024).
29. <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/lokomotywa-wodorowa-pesy-na-testach-w-ciech-cargo-116087.html> (dostęp 18.02.2024).
30. <https://www.stadlerail.com/pl/flirt-h2/details/> (dostęp 18.02.2024).
31. <https://www.toyota.pl/swiat-toyoty/nawosci/fch2rail-to-pociag-wykorzystujacy-wodorowe-ogniwa-paliwowe-toyoty-ii-generacji-jego-mozliwosci-zostaly-przetestowane-na-wymagajacej-trasie-w-hiszpanii> (dostęp 17.02.2024).



POSSIBILITIES OF DECARBONISATION OF RAILWAY TRANSPORT BASED ON THE USE OF HYDROGEN TECHNOLOGY

The aim of the article is to present the possibilities of decarbonizing railway transport through the use of hydrogen technologies. The analysis takes into account the assumptions of the European Green Deal. The current state of hydrogen infrastructure in Poland is characterized, and the assumptions of the Polish Hydrogen Strategy until 2030 are outlined. The article discusses the division of hydrogen based on production methods and the possibilities of using selected types of hydrogen as alternative fuels. The functioning of hydrogen fuel cells used in rail transport is described. Various ways of utilizing hydrogen as fuel, both in Poland and globally, are presented. The article characterizes the Coradia iLint traction unit, the hydrogen locomotive SM42-6Dn, and the hydrogen-electric train. The authors emphasize the need to develop hydrogen infrastructure in order to integrate this method of decarbonizing rail transport with the electrification of railway lines in the future.

Keywords: *transport, rail, hydrogen, decarbonization, electrification.*

Weronika Socha, Martyna Bator

Uniwersytet Morski w Gdyni

ROLA TRANSPORTU I JEGO ZADANIA W SYSTEMIE LOGISTYCZNYM NA PRZYKŁADZIE PRZEDSIĘBIORSTWA X

Celem artykułu jest przedstawienie roli transportu w organizacji jako systemu, na przykładzie przedsiębiorstwa X. W pracy opisano historyczny rozwój teorii systemów przez naukowców oraz ich wpływ na dzisiejsze działania transportowe. Przedstawiono podstawowe definicje związane z systemami i logistyką oraz wyjaśniono relacje w systemach logistycznych. Omówiono poszczególne gałęzie transportu, wskazując ich wady, zalety, środki transportu i jednostki transportowe. Porównano je pod względem przydatności dla wysyłek w zależności od rodzaju, wartości towaru oraz odległości między miejscem wysyłki a przeznaczenia. Przedstawiono także transporty łączone, które wykorzystują więcej niż jedną gałąź transportu. Praca zawiera krótką charakterystykę przedsiębiorstwa X, które posłużyło jako przykład zastosowania różnych rozwiązań transportowych.

Słowa kluczowe: transport morski, drogowy, kolejowy, intermodalny, multimodalny, kombinowany.

WSTĘP

Systemy logistyczne są stosowane w przedsiębiorstwach, od małych firm usługowych po duże koncerny produkujące dobra konsumpcyjne. Stopień zaawansowania tych systemów zależy od potrzeb przedsiębiorstwa i obejmuje różne elementy. Skupiono się tu na roli transportu w logistyce, analizując przykłady krajowego i międzynarodowego transportu w firmie X. Przedstawiono teoretyczne podstawy systemów logistycznych, błędy w definicjach logistycznych pojęć oraz klasyfikację systemów z uwzględnieniem różnych czynników. Omówiono także szczegółowo transport, jego znaczenie i elementy składowe, takie jak transport drogowy, kolejowy, morski i lotniczy. Przedstawiono również infrastrukturę transportową oraz różne rodzaje ładunków. Porównano wady i zalety różnych rodzajów transportu oraz ich potencjał rozwojowy związany z postępem technologicznym. Ostatni rozdział dotyczy przedsiębiorstwa X, jego działalności eksportowej oraz stosowanych rozwiązań transportowych. Opisano asortyment firmy, jednostki ładunkowe, kierunki wysyłek, a także sposoby optymalizacji kosztów oraz wykorzystania dostępnych technologii i infrastruktury transportowej.

1. WPROWADZENIE DO SYSTEMÓW

1.1. Teoria systemów

Systemy koordynowanych działań można zauważyć wszędzie, nawet w najprostszycy czynnościach, które wzajemnie na siebie wpływają. Świadomość istnienia takich systemów skłoniła badaczy do poszukiwań matematycznego wzoru na ich identyfikację, ale okazało się, że systemy są zbyt złożone, aby jeden wzór mógł je opisać.

Kluczową postacią w rozwijaniu teorii systemów był austriacki biolog Ludwik von Bertalanffy, który dążył do stworzenia metateorii systemów, obejmującej różne dziedziny nauki [2].

Jego prace kontynuowali inni, w tym amerykański naukowiec Gerald M. Weinberg, który promował współpracę między badaczami. Początkowo teoria systemów rozwijała się w biologii i naukach ścisłych, a następnie rozszerzyła się na cybernetykę i inne dziedziny życia, w tym zarządzanie organizacjami.

W celu dalszego rozwijania teorii systemów założono w USA Towarzystwo do Badania Systemów Ogólnych, którego celem było m.in. badanie i przenoszenie modeli między dziedzinami, rozwijanie adekwatnych modeli i usprawnienie komunikacji między ekspertami.

Towarzystwo propagowało współpracę między badaczami różnych dziedzin, co pozwalało na szybsze i lepsze efekty badawcze, zgodnie z ideą Weinberga, który zachęcał do współpracy i otwartości na różne podejścia [6].

1.2. System logistyczny

Pojęcia „logistyka” i „system” mają szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach, od przedsiębiorstw po codzienne życie. Przykładem logistyki może być pracownik firmy kurierskiej odpowiedzialny za podział obszarów obsługiwanych przez kierowców. Systemy są to różne schematy i działania w przedsiębiorstwach oraz codziennych czynnościach.

E. Michałowicz zauważa, że terminy te są często nadużywane z powodu niewystarczającego podłoża naukowego i szerokiego zakresu badań. Definicje logistyki i systemów są stale rozwijane, aby lepiej pasować do nowych sytuacji w firmach i na rynku [8].

Z. Korzeń definiuje logistykę jako zintegrowany system zarządzania przepływami materiałowymi i informacyjnymi w celu optymalizacji tworzenia i transformacji dóbr [6].

Europejska Organizacja Logistyczna (ELA) określa logistykę jako zarządzanie procesami przemieszczania dóbr i osób oraz wspomagającymi je działaniami w różnych systemach gospodarczych i niegospodarczych.

S. Mynarski definiuje system jako zbiór elementów i relacji między nimi, celowo wyodrębnionych [9].

Podsumowując, system logistyczny jest to celowo zorganizowany zbiór elementów i podsystemów, takich jak produkcja, transport i magazynowanie, wraz z ich wzajemnymi relacjami, umożliwiającą optymalizację zarządzania łańcuchami dostaw. Jest on zintegrowany i spójny, a zmiany w jednym podsystemie wpływają na pozostałe [8].

1.3. Elementy systemu logistycznego

W literaturze specjalistycznej istnieje wiele prób klasyfikacji elementów systemu logistycznego, każda z nich ma swoje wady i zalety.

Jednym ze sposobów podziału elementów systemu logistycznego jest podział na elementy podstawowe/bazowe i uzupełniające [5].

Tabela 1

Elementy systemu logistycznego

Podsystem logistyczny	Elementy systemu logistycznego	
	bazowe	uzupełniające
Transport	Wielkość i struktura środków transportu Wybór środków transportowych lub przewoźników Wykorzystane systemy telematyczne Ustalenie stawek przewozowych	Wykorzystanie przestrzeni ładunkowej środków transportu Średnia prędkość środków transportu Średnie koszty eksploatacyjne środków transportu Dokumentacja przewozu

Źródło: [5, s. 110].

Wszystkie elementy, przedstawione w tabeli 1, są ze sobą połączone i dotyczą jednego podsystemu. Elementy uzupełniające mają bezpośredni wpływ na bazowe, a ich udoskonalanie zwiększa efektywność procesów bazowych. Bez procesów bazowych nie byłoby potrzeby realizowania procesów uzupełniających [5].

Elementy systemu logistycznego dzielą się na bazowe i uzupełniające oraz obejmują węzły i ścieżki sieci zaopatrzeniowej w dwóch warstwach: fizycznej (ludzie i zasoby materialne) oraz informacyjnej (ilościowa i wartościowa).

Najważniejsze elementy stanowią: środki techniczne, zintegrowane sieci komputerowe i służby decyzyjne [1].

2. TRANSPORT JAKO ELEMENT SYSTEMU

2.1. Definicja oraz pojęcia związane z transportem

Transport jest kluczowym elementem systemów logistycznych i wielu codziennych procesów. Każdego dnia wszyscy stykamy się z transportem, np. dojeżdżając do pracy, szkoły czy sklepu. Nawet w najprostszych przypadkach transport wymaga planowania, które staje się bardziej złożone wraz ze wzrostem obszaru działania, co zwiększa odpowiedzialność i potrzebę odpowiedniego przygotowania. Skuteczne zarządzanie transportem wymaga odpowiedniego sprzętu i wykwalifikowanych osób.

W literaturze przedmiotu transport definiuje się jako proces przemieszczania osób lub przedmiotów. I. Tarski określa transport jako „proces techniczny wszelkiego przenoszenia na odległość”, a J. Neider podkreśla jego kluczowe znaczenie dla gospodarki, definiując go jako działalność gospodarczą, polegającą na przemieszczaniu osób i ładunków za pomocą środków transportowych i usług pomocniczych [10, 11].

Transport rozwija się dzięki nowoczesnym systemom teleinformatycznym, które umożliwiają lepszą kontrolę tras, optymalne wykorzystanie sprzętu oraz redukcję kosztów. Outsourcing w procesie transportu, np. przez firmy spedycyjne, umożliwia organizację transportu od klienta do odbiorcy, oferując dodatkowe usługi, takie jak obsługa dokumentów eksportowych.

Proces transportu obejmuje wiele zadań, w tym przewóz towarów między miejscem odbioru a miejscem przeznaczenia, który jest podstawową czynnością. Dodatkowe manipulacje w punktach transportowych, takie jak załadunek i rozładunek, są nieodzowną częścią tego procesu [11].

2.2. Podział transportu

Klasyfikacja transportu jest wielopoziomowa i może obejmować różne kryteria, takie jak obszar działania, wykorzystywane środki transportu, rodzaj działalności czy częstotliwość. Najpopularniejsze są klasyfikacje poziome i pionowe, które dzielą transport na grupy i kategorie. Klasyfikacja pozioma opiera się na środowisku transportu i technice przemieszczania.

Poniżej opisano trzy główne gałęzie transportu.

Transport drogowy wymaga liniowej i punktowej infrastruktury. Liniowa infrastruktura obejmuje drogi, chodniki, ścieżki rowerowe i inne elementy, natomiast punktowa infrastruktura są to dworce, przystanki i centra logistyczne. Środki transportu drogowego dzielą się na przeznaczone do przewozu osób oraz ładunków. Transport ten, dzięki rozbudowie infrastruktury, umożliwia coraz swobodniejsze przemieszczanie się na poziomie krajowym i międzynarodowym [12].

Biorąc pod uwagę najpopularniejszy rodzaj transportu lądowego bez podziału na klasyfikacje, rodzaj używanego sprzętu lub obszar działalności zarobkowej lub niezarobkowej, w transporcie drogowym można wymienić grupę wad i zalet, które charakteryzują go i pozwalają uzyskać jego uproszczony obraz.

Tabela 2 przedstawia zarówno pozytywne, jak i negatywne aspekty transportu drogowego.

Tabela 2

Wady i zalety transportu drogowego

Transport drogowy	
wady	zalety
<p>Niewielka ładowność względem innych gałęzi transportu</p> <p>Negatywny wpływ na środowisko naturalne</p> <p>Wysoka liczba zdarzeń drogowych opóźniających dostawę</p> <p>Ograniczenia w czasie pracy kierowców</p>	<p>Dobrze rozwinięta sieć dróg</p> <p>Stosunkowo krótki czas transportu</p> <p>Szeroka dostępność infrastruktury punktowej</p> <p>Możliwość realizacji „door to door” za pomocą jednego środka transportu</p> <p>Stosunkowo niska cena</p>

Źródło: opracowanie własne.

W transporcie drogowym jako najpowszechniej stosowanym i dostępnym dla szerokiej grupy odbiorców najłatwiej odnaleźć wady, ale również zalety. Podstawowe ograniczenia tej gałęzi transportu stanowią: niewielka ładowność ograniczona przepisami drogowymi, duże zużycie paliwa i emisja spalin, wpływające negatywnie na środowisko oraz natężenie w ruchu drogowym, powodujące wypadki i kongestie. Głównymi zaletami są ogólna dostępność oraz krótki czas transportu wynikający z rozbudowanej sieci dróg, a także niewielkie ograniczenia w zasięgu dostępności transportu drogowego, samochodem ciężarowym można bowiem dojechać praktycznie wszędzie.

Podstawowe elementy transportu kolejowego obejmują sterowanie centralne, przewoźników, regulator rynku (Urząd Transportu Kolejowego) oraz użytkowników i klientów. Kolej obsługuje głównie duże ładunki i grupy pasażerów. Infrastruktura kolejowa dzieli się na punktową (stacje, terminale, rampy) i liniową (linie kolejowe). W Polsce sieć kolejowa ma średnią gęstość 6,2 km/100 km², a w 2019 roku z pociągów skorzystało 335,9 mln pasażerów [14].

Transport kolejowy ma ograniczenia związane z infrastrukturą, co utrudnia zmianę tras w porównaniu z transportem drogowym. Infrastruktura punktowa jest rozbudowana, umożliwiając efektywne przeładunki i przesiadki. Istotne jest posiadanie uniwersalnych wagonów towarowych i rozwój transportu intermodalnego. W transporcie pasażerskim kluczowy jest rozwój szybkich kolei, podobnych do francuskiego TGV, co wymaga nowoczesnej infrastruktury i pociągów.

W tabeli 3 przedstawiono wady i zalety transportu kolejowego związanego z transportem pasażerów i ładunków, bez rozróżnienia na odległości pomiędzy punktami przeznaczenia i nadania. Największym ograniczeniem transportu kolejowego jest brak możliwości mijania się pociągów na jednej linii kolejowej, który wiąże się z małym zagęszczeniem sieci, uniemożliwiającym dostawę pod drzwi. Mimo ograniczeń w infrastrukturze liniowej, punktowa jest w stosunku do niej rozbudowana i pozwala na dotarcie do centrów wielu miast. Kolejnym zaś atutem jest duża ładowność wagonów, które wraz z rozwojem technologii są przystosowane do coraz bardziej różnorodnych ładunków.

Tabela 3

Wady i zalety transportu kolejowego

Transport kolejowy	
wady	zalety
Ograniczona, niewielka sieć torów kolejowych Brak odpowiedniej infrastruktury dla kolei szybkiej prędkości Brak możliwości mijania się pociągów na jednej linii kolejowej Ograniczona możliwość organizacji dostawu „door to door”	Duża dostępność infrastruktury punktowej Duża ładowność Stosunkowo krótki czas przewozu Szeroki asortyment wagonów towarowych

Źródło: opracowanie własne.

Transport morski charakteryzuje się większą równowagą między infrastrukturą liniową a punktową. Szlaki morskie umożliwiają przemieszczanie się wielu jednostek jednocześnie, co jest głównym czynnikiem wpływającym na udział transportu morskiego w międzynarodowej wymianie towarowej. Około 75% międzynarodowej wymiany towarowej stanowią przewozy drogą morską. Infrastruktura transportu morskiego obejmuje zarówno elementy liniowe, jak i punktowe. Szlaki morskie są naturalnymi i sztucznymi drogami komunikacyjnymi, które łączą główne centra wydobycia surowców z ośrodkami przemysłowymi. Porty morskie pełnią funkcję punktową i dzielą się na różne kategorie, takie jak pasażerskie, przemysłowe, handlowe, jachtowe, rybackie i wojenne [10].

Ładunki transportowane drogą morską można podzielić na masowe (jednorodne, przewożone w dużych partiach) i drobnicowe (suche lub płynne, przewożone w mniejszych partiach). Transport towarów drogą morską dominuje przede wszystkim na trasach międzykontynentalnych, ze względu na niższe koszty w porównaniu z transportem lotniczym. Transport pasażerski morski stanowi niewielką część rynku, głównie z powodu długiego czasu podróży, choć rośnie popularność rejsów turystycznych.

Do najpopularniejszych środków transportu morskiego należą statki pasażerskie, kontenerowce, gazowce, masowce, tankowce i drobnicowce [15].

W tabeli 4 zestawiono wady i zalety transportu morskiego, pierwsze ograniczają możliwości transportu morskiego ze względu na małą dostępność infrastruktury punktowej, która ma bezpośredni związek z położeniem geograficznym.

Tabela 4

Wady i zalety transportu morskiego

Transport morski	
wady	zalety
Brak możliwości organizacji transportu „door to door” Długi czas realizacji transportu Niska opłacalność na krótkich odcinkach Mała częstotliwość kursowania statków Długi czas załadunku i rozładunku statków Ograniczony dostęp do kontenerów	Nieograniczone możliwości ładunkowe Niska cena w dalekich relacjach Różnorodność sprzętu używanego do transportu Światowy zasięg Wraz ze wzrostem odległości maleje koszt jednostkowy

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym utrudnieniem w tej gałęzi jest długi proces załadunku statków, który wiąże się z jego zaletą, jaką jest duża ładowność, pozwalająca na transportowanie dużych ładunków, w długim czasie, ale niskim kosztem. Jest to zatem idealne rozwiązanie dla ładunków o niskiej wartości transportowanych na duże odległości, nie stosuje się go raczej przy towarach o dużej wartości, ponieważ stanowiłoby to zamrażanie kapitału na długi okres [7].

2.3. Transport multimodalny, intermodalny oraz kombinowany

Współczesne zapotrzebowanie na transport ładunków i osób na różnych trasach wymusza na uczestnikach branży transportowej ciągły rozwój i poprawę usług. Przewoźnicy starają się zwiększać wydajność, obniżać koszty i wyróżniać się konkurencyjną ceną. Poszczególne gałęzie transportu specjalizują się w określonych rodzajach przewozów, oferując szeroki wybór opcji dla klientów. Wzajemny rozwój poszczególnych gałęzi transportu prowadzi do współpracy w ramach transportu multimodalnego, intermodalnego i kombinowanego. Rodzaje transportu różnią się od siebie, ale mają wspólny cel – poprawę efektywności i redukcję kosztów oraz emisji spalin [4].

Transport multimodalny obejmuje przewóz towarów w co najmniej dwóch różnych gałęziach transportu. Transport intermodalny polega na przewozie towarów w tej samej jednostce ładunkowej bez przeładunku między różnymi gałęziami transportu.

Transport kombinowany jest formą transportu intermodalnego, gdzie główna część przewozu odbywa się koleją, żeglugą śródlądową lub morską, a początkowy i końcowy odcinek – transportem drogowym.

Każda gałąź transportu ma swoje mocne i słabe strony, które klient ocenia, wybierając odpowiednią opcję. Stały rozwój i adaptacja technologii oraz infrastruktury pozwalają na coraz bardziej efektywne i wydajne świadczenie usług transportowych. Wzajemna współpraca między różnymi gałęziami transportu zwiększa ofertę dostępną dla klientów i wspiera rozwój całej branży [11].

3. ROZWIĄZANIA TRANSPORTOWE W PRZEDSIĘBIORSTWIE X

3.1. Charakterystyka przedsiębiorstwa

Przedsiębiorstwo X działa w sektorze spożywczym i od wielu lat jest liderem w produkcji cukru na rynku polskim oraz jednym z największych producentów w Europie. Działa od około 20 lat, produkując i sprzedając cukier oraz przetwarzając owoce i warzywa. Surowce pochodzą z Polski od długoterminowych dostawców. Przedsiębiorstwo jest członkiem Związku Producentów Cukru w Polsce i Europejskiego Związku Producentów Cukru (CEFS), co umożliwia mu reprezentowanie swoich interesów na arenie międzynarodowej.

Oprócz cukru firma handluje produktami ubocznymi, takimi jak melasa, wysłodki oraz wapno, i posiada udziały w pięciu spółkach związanych z przetwórstwem owoców i warzyw, w tym jednej za granicą. Siedziba główna znajduje się w centralnej Polsce, a oddziały produkcyjne w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim, wielkopolskim i lubelskim, oraz na północy Polski, gdzie znajduje się oddział odpowiedzialny za przeładunek i wysyłkę towaru za granicę.

Każdy oddział produkcyjny ma własne magazyny zewnętrzne. Centrum logistyczne w Trójmieście posiada magazyn płaski oraz silos, przygotowując towar do wysyłek morskich i kolejowych. Produkty przedsiębiorstwa są dystrybuowane do Europy, Azji, Afryki i Nowej Zelandii, głównie drogą morską, ale także transportem drogowym na Bałkany i transportem kolejowym do Europy.

Wysyłki rosną z roku na rok, a przedsiębiorstwo nawiązuje współpracę z nowymi krajami. Z powodu niskiej wartości jednostkowej cukru firma nie korzysta z transportu lotniczego, który jest nieopłacalny.

3.2. Wewnętrzne rozwiązania transportowe

Systemy logistyczne w przedsiębiorstwie X składają się z wielu elementów podzielonych według zadań i współpracujących jednostek. Najważniejsze jest ich wzajemne oddziaływanie, które pozwala na sprawną realizację celów finansowych i produkcyjnych. Bazowe elementy są uzupełniane przez pomniejsze systemy,

wspomagane przez wiedzę i technologie. Koordynacja działań i nadzór realizowane są przez ludzi, wspieranych przez systemy informacyjne, co umożliwia kontrolę procesów na wszystkich etapach [3].

Przedsiębiorstwo X zarządza logistyką gotowych produktów cukrowych poprzez magazynowanie ich zarówno w wewnętrznych, jak i zewnętrznych magazynach cukrowni. Główna część towaru jest przechowywana w silosach, z których cukier jest przepakowywany zgodnie z zamówieniami. Cukier jest pakowany w różne opakowania: 1 kg paczki, worki 10 kg, 25 kg, 50 kg, 1000–1100 kg, luzem w kontenerach, oraz ładowany do wagonów silosowych i autocystern. Największy udział w eksporcie mają worki 50 kg (około 50%).

Produkty są magazynowane w silosach i magazynach płaskich, rozmieszczonych w różnych oddziałach w Polsce oraz w oddziale na Pomorzu, który nie prowadzi działalności produkcyjnej, ale zajmuje się przeładunkiem. Magazynowanie cukru w silosach umożliwia łatwe wyładunki za pomocą otworów na dole i bokach silosu. Transport między oddziałami odbywa się głównie drogą, w cysternach spożywczych i ciężarówkach z naczepą plandekową. Przedsiębiorstwo rozwija technologię transportu cukru do silosów za pomocą specjalnych wagonów kolejowych.

Transport własny firmy jest wspierany przez zewnętrznych przewoźników. Procesy transportowe nadzoruje zespół logistyczny, który współpracuje z pracownikami odpowiedzialnymi za wysyłki i magazynowanie, korzystając z narzędzi informatycznych, takich jak portal awizacyjny. Przewoźnicy mogą rezerwować okna awizacyjne, a osoby nadzorujące pracę magazynu ustalają dostępność tych okien w zależności od zasobów i przestrzeni magazynowej. Skuteczna współpraca między tymi osobami zapewnia płynność dostaw, pozwalając na lepsze zarządzanie przestrzenią magazynową i zasobami ludzkimi.

3.3. Rozwiązania transportowe w eksporcie

Cukier produkowany przez przedsiębiorstwo X powinien być odpowiednio dystrybuowany między krajowych i zagranicznych klientów. Dział logistyczny planuje dyspozycję cukru z różnych oddziałów, aby zrealizować wszystkie kontrakty. Wysyłki dzielą się na wewnątrzspółnotowe (UE) i eksportowe (poza UE). Wewnętrzne dostawy towarów dotyczą wywozu do innych krajów UE, podczas gdy eksport oznacza wysyłki poza UE [13].

W ciągu ostatnich 3 lat przedsiębiorstwo wyprodukowało około 2,5 mln ton cukru, z czego 30% przeznaczono na eksport. Eksport realizowany jest głównie trzema środkami transportu: morskim (79%), kolejowym (16%) i drogowym (6%). Transport morski jest dominujący, z różnymi typami kontenerów dostosowanymi do produktów i opakowań. Procesy załadunkowe są ściśle kontrolowane, aby zapewnić

bezpieczeństwo transportu. Wysyłki morskie cukru z przedsiębiorstwa X kierowane są do krajów z Europy, Azji, Afryki, Ameryki Południowej oraz Australii i Oceanii.

Transport kolejowy jest wykorzystywany głównie na kontynencie euroazjatyckim, a wysyłki odbywają się do krajów takich, jak Białoruś, Mołdawia i Szwajcaria. Załadunek odbywa się bezpośrednio w cukrowniach, wyposażonych w odpowiednią infrastrukturę.

Transport drogowy jest najmniej używany, głównie ze względu na duże odległości do krajów spoza UE. Wykorzystywany jest do wysyłek do krajów takich jak Mołdawia, Albania i Uzbekistan. Od 2019 roku przedsiębiorstwo wysyła większe opakowania cukru samochodami ciężarowymi.

Przedsiębiorstwo X stale rozwija infrastrukturę i rozwiązania logistyczne, aby minimalizować koszty, skracać czas realizacji i maksymalizować wydajność. Dzięki zastosowaniu transportów kombinowanych zapewnia wysyłki w systemie „door to door”.

PODSUMOWANIE

Znaczenie pojęć, takich jak „teoria systemów”, „logistyka” i „transport” ewoluowało wraz z postępem nauki i technologii. Teoria systemów, zapoczątkowana przez von Bertalanffy'ego, została rozwinięta przez badaczy i jest kluczowa dla zrozumienia współczesnych zjawisk. Logistyka i systemy, choć odrębne, są ze sobą powiązane i wzajemnie na siebie wpływają. Organizacje, zarówno rządowe, non-profit, jak i komercyjne, tworzą systemy logistyczne, składające się z różnych podsystemów, co zwiększa efektywność ich działań.

Transport jako jeden z podsystemów, wspiera inne systemy, umożliwiając przemieszczanie osób i towarów. Przedsiębiorstwa dobierają środki transportu i jednostki ładunkowe zgodnie ze specyfiką swoich wyrobów. Nowe rozwiązania umożliwiają transport towarów wymagających specjalnych warunków, np. kontrolowanej temperatury. Infrastrukturę transportową (drogi, linie kolejowe, porty) dostosowuje się do potrzeb klientów. Transport morski, kolejowy i drogowy w przedsiębiorstwie X są kluczowe dla realizacji wysyłek. Dzięki doświadczeniu i narzędziom teleinformatycznym, dział logistyczny koordynuje wysyłki i przesunięcia magazynowe, dobierając odpowiednie środki transportu w zależności od rodzaju towaru i miejsca docelowego. Rozbudowa infrastruktury i nowe rozwiązania transportowe zwiększają efektywność działań przedsiębiorstwa, pozwalając na lepsze wsparcie i współpracę między podsystemami. Przedsiębiorstwo X, dążąc do optymalizacji procesów transportowych, stale dostosowuje swoje działania do wymagań rynku, minimalizując koszty i zwiększając wydajność, co pozwala na utrzymanie klientów i dobrą pozycję na rynku.

LITERATURA

1. Abt S., *Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 1998.
 2. L. von Bertalanffy, *Ogólna teoria systemów*, PWN, Warszawa 1984.
 3. Blaik P., *Logistyka*, PWE, Warszawa 2001.
 4. Bujak A., *Transport intermodalny w Polsce. Uwarunkowania i perspektywy rozwoju*, Zeszyty Naukowe US, Szczecin 2013.
 5. Gołemska E., *Kompendium wiedzy o logistyce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
 6. Korzeń Z., *Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 1988.
 7. Kubicki J., Urbanyi-Popiołek I., Miklińska W., *Transport międzynarodowy i multimodalne systemy transportowe*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 2000.
 8. Michałowicz E., *Systemy logistyczne a teoria systemów*, Zeszyty Naukowe AGH w Krakowie, Kraków 2009.
 9. Mynarski S., *Elementy teorii systemów i cybernetyki*, PWN, Warszawa 1979.
 10. Neider J., *Transport w handlu międzynarodowym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2006.
 11. Tarski I., *Ekonomika i organizacja w handlu międzynarodowym*, PWE, Warszawa 1993.
 12. Urbanyi-Popiołek I. (red.), *Ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu*, Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2013.
- Źródła internetowe
13. <https://poradnikprzedsiębiorcy.pl/-czym-jest-wdt-definicja-przyklady> (dostęp 12.06.2024).
 14. <https://utk.gov.pl/> (dostęp 20.06.2024).
 15. <https://www.logistyka.net.pl> (dostęp 12.06.2024).

THE ROLE OF TRANSPORT AND ITS TASKS IN THE LOGISTICS SYSTEM USING THE EXAMPLE OF COMPANY X

The aim of this paper is to present the role of transportation within an organization as a system, using Company X as an example. The paper describes the historical development of system theory by scientists and its impact on today's transportation activities. It presents basic definitions related to systems and logistics and explains the relationships within logistics systems. Various branches of transportation are discussed, highlighting their advantages, disadvantages, means of transport, and transport units. These branches are compared in terms of their suitability for shipments based on the type and value of goods and the distance between the shipping and destination points. Combined transport, which utilizes more than one branch of transport, is also presented. The paper includes



a brief characterization of Company X, which serves as an example of the application of various transportation solutions.

Keywords: *sea transport, road transport, rail transport, intermodal transport, multimodal transport, combined transport.*