STUDIA I PRACE
Kolegium Zarządzania i Finansów
ZESZYT NAUKOWY 196

196/2024
s. 41–53

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Kolegium Zarządzania i Finansów
https://econjournals.sgh.waw.pl/SiP

Alicja Bulanda
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-2169-3575

Dorota Dziedzic
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
ORCID: https://orcid.org/0000-00018358-7780

Sposoby realizacji dostaw w strefach niskiej emisji

Streszczenie

Rozwój przemysłu oraz transportu mają negatywny wpływ na środowisko naturalne. W odpowiedzi na ten problem w wielu europejskich miastach powstają strefy niskiej emisji (w Polsce zwane Strefami Czystego Transportu), które mają na celu zmniejszenie negatywnych skutków transportu drogowego dla środowiska. Przedsiębiorstwa logistyczne muszą w związku z tym dostosować się do nowych wymogów, aby kontynuować świadczenie usług transportowych w obszarach objętych tymi strefami. Realizacja dostaw w tych strefach wymaga zastosowania innowacyjnych rozwiązań, takich jak: budowa hubów i mikrohubów, korzystanie z pojazdów niskoemisyjnych (elektrycznych lub zasilanych wodorem), rowerów cargo czy autonomicznych robotów drogowych. Celem artykułu jest przegląd oraz porównanie powyższych sposobów realizacji dostaw, uwzględniając ich wady i zalety. Treść artykułu oparta jest na analizie literatury przedmiotu.

Słowa kluczowe: strefy niskiej emisji, strefy czystego transportu, transport, pojazdy niskoemisyjne, dostawy
Kody klasyfikacji JEL: R4; Q42; Q48; Q52

1. Wprowadzenie

Postępujące zmiany klimatu, które od dłuższego czasu stanowią problem na skalę globalną, są uważane za poważne wyzwanie oddziałujące zarówno na zdrowie i życie ludzi, jak i światową gospodarkę. Dane dotyczące okresu, w którym miał miejsce szeroko rozumiany rozwój przemysłu, wskazują, że istnieje zależność pomiędzy postępem w dziedzinie produkcji przemysłowej a wzrostem ilości gazów cieplarnianych [Budziszewska, Kardaś, Bohdanowicz, 2023, s. 58]. W związku z tym uznaje się, że za pogłębienie zjawiska globalnego ocieplenia w dużym stopniu odpowiada działalność człowieka. Jednym z sektorów, które w znaczącej części przyczyniają się do emisji gazów cieplarnianych, a w szczególności tlenków węgla i metanu, jest transport drogowy [EDGAR, 2023].

Chcąc ograniczyć negatywne skutki związane z nadmiernym eksploatowaniem pojazdów drogowych w miastach, na całym świecie zaczęły pojawiać się strefy ograniczonego ruchu dla samochodów, które emitują najwięcej szkodliwych substancji do otoczenia. Tego typu obszary mają zostać wprowadzone również w Polsce, a pierwsza Strefa Czystego Transportu miała zacząć funkcjonować od lipca 2024 r. w Krakowie[1]. W związku z tym przedsiębiorstwa logistyczne działające na obszarach, w których już są lub mają w niedalekiej przyszłości zostać wprowadzone takie strefy, muszą dostosowywać się do narzuconych im wymagań, tak aby dalej móc świadczyć usługi transportowe w danym mieście.

2. Istota stref niskiej emisji transportu

Funkcjonujące już od dłuższego czasu strefy niskiej emisji są rozwiązaniem, którego głównym celem jest przeciwdziałanie negatywnego wpływu transportu drogowego na środowisko. Obszary te mogą przyjmować różne nazwy i być definiowane w różnorodny sposób [Pawłowski, 2022, s. 387–399]. W tabeli 1 przedstawiono wybrane definicje stref niskiej emisji funkcjonujące w wybranych krajach europejskich.

Przytoczone w tabeli 1 definicje świadczą o tym, że pomimo różnic w nazewnictwie, strefy niskiej emisji w europejskich miastach skupiają się przede wszystkim na ograniczeniu natężenia ruchu pojazdów mających największy wpływ na zanieczyszczanie środowiska. W zależności od miejsca ich występowania, poruszanie się po strefie niskiej emisji możliwe jest po spełnieniu wymagań dotyczących normy emisji spalin oraz niekiedy również po wcześniejszym uregulowaniu określonej opłaty.

[1] 11 stycznia 2024 r. Wojewódzki Sąd Administracyjny unieważnił przyjętą przez Radę Miasta Krakowa uchwałę w sprawie ustanowienia Strefy Czystego Transportu (SCT), ze względu na niedoprecyzowanie kwestii związanych m.in. z granicami obszaru, co wpłynęło na przesunięcie terminów wprowadzania zasad obowiązujących na terenie SCT.

Tabela 1. Nazwy i definicje stref niskiej emisji w wybranych krajach europejskich

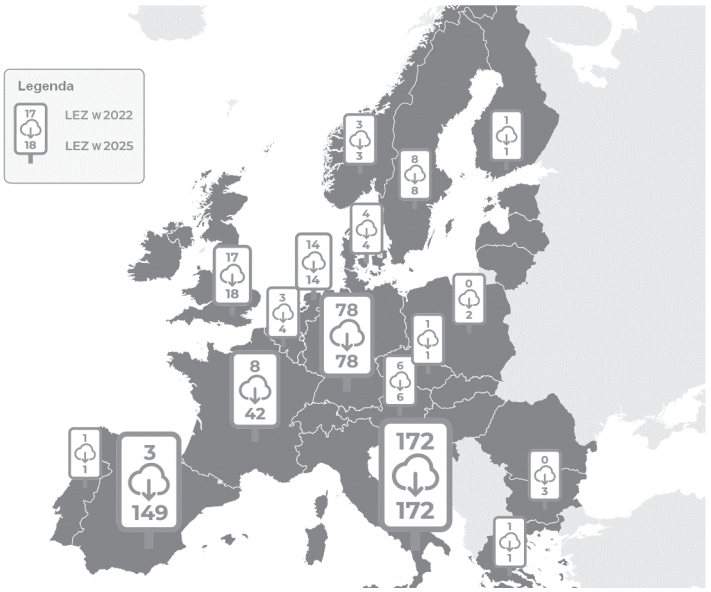
Państwo	Pojęcie	Definicja
Niemcy	*Die Umweltzone*	Obszar aglomeracji miejskiej z zakazem poruszania się środkami transportu o podwyższonej emisji [Umweltzonen in Deutschland, 2024].
Holandia	*Milieuzones*	Strefa, do której zabroniony jest wjazd określonych pojazdów z silnikiem wysokoprężnym [Veelgestelde vragen, b.d.].
Francja	*Zones à faibles émissions mobilité (ZFEm)*	Obszar geograficzny, w granicach którego obowiązuje ograniczony ruch pojazdów w największym stopniu zanieczyszczających środowisko [Périmètre Zone à Faibles Emissions mobilité (ZFEm), b.d.].
Belgia	*Lage-emissiezone*	Określona strefa, do której niektóre pojazdy, ze względu na ich wysoką emisyjność, nie mogą wjeżdżać lub mogą wjeżdżać, ale pod pewnymi warunkami [Lage-emissiezones (LEZ), b.d.].
Wielka Brytania	*Low Emission Zone (LEZ)*	Strefa ma na celu zachęcenie właścicieli pojazdów ciężarowych z silnikiem diesla, tj. tymi, które najbardziej zanieczyszczają powietrze, do stania się bardziej czystymi (ekologicznymi) [Jowit, 2008].
Włochy	*Zone a traffico limitato (ZTL)*	Strefy, na terenie których poruszanie się określonych środków transportu jest dozwolone w wyznaczonych godzinach [ZTL | Zone a traffico limitato, corsie riservate, aree pedonali, b.d.].
Polska	Strefy Czystego Transport (SCT)	W celu zapobiegania negatywnym oddziaływaniom na zdrowie ludzi i środowisko w związku z emisją zanieczyszczeń z transportu drogowego w gminie liczącej powyżej 100 000 mieszkańców dla terenu śródmiejskiej zabudowy lub jej części, stanowiącej zgrupowanie intensywnej zabudowy na obszarze śródmieścia, określonej w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego, a w przypadku jego braku w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy, można ustanowić na obszarze obejmującym drogi, których zarządcą jest gmina, strefę czystego transportu, do której ogranicza się wjazd pojazdów innych niż: 1) elektryczne; 2) napędzane wodorem; 3) napędzane gazem ziemnym [Dz.U. 2018 poz. 317, art. 39 ust. 1].

Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury przedmiotu.

W ciągu ostatnich lat strefy czystego transportu są coraz bardziej powszechne w Europie. Na rysunku 1 przedstawiono mapę z zaznaczonymi strefami, na terenie których występują lub będą funkcjonować restrykcje przyczyniające się do minimalizowania emisji szkodliwych substancji.

Pierwsza strefa czystego transportu zaczęła funkcjonować w Sztokholmie w 1996 r. [Pawłowski, 2022, s. 389]. Obecnie w samej Europie istnieje ich już ponad 320, a do 2025 r. planowane jest otwarcie kolejnych 187, tak aby pod koniec 2025 roku było ich 507. Stanowi to przyrost aż o 58% w stosunku do 2022 r. Najwięcej obszarów, na terenie których obowiązują restrykcje dotyczące natężenia ruchu najbardziej emisyjnych pojazdów, powstało we Włoszech (172 strefy). Kolejnymi państwami pod względem liczebności są kolejno: Niemcy (78 stref), Wielka Brytania (17 stref) oraz Holandia (14 stref). Spośród wszystkich europejskich krajów, Hiszpania oraz Francja wyróżniają się na tle pozostałych pod względem planowanych stref niskiej emisji, gdyż do 2025 r. chcą one ustanowić kolejno 146 i 34 takich obszarów.

Rysunek 1. Całkowita liczba zadeklarowanych stref niskiej emisji w Europie w 2022 roku wraz z projekcją na 2025 rok



Źródło: Azdad, Stoll, Müller [2022, s. 9].

3. Zalety i wady stref czystego transportu

Ustanowienie stref niskiej emisji bez wątpienia wpływa na ograniczanie negatywnego oddziaływania transportu drogowego na środowisko naturalne. W miastach zauważalne jest zmniejszenie natężenia ruchu drogowego. W Londynie, dzięki stworzeniu ULEZ, między rokiem 2019 a 2022, zmniejszyło się ono o ok. 8,82%. Na zmianę natężenia ruchu miało wpływ zmniejszenie liczby samochodów poruszających się po mieście. W 2022 r., za sprawą rozszerzenia Strefy Ultra Niskiej Emisji w Londynie (miało to miejsce w 2021 r.), odnotowano, że średnio, na tym obszarze, poruszało się dziennie o 47 000 mniej pojazdów niż przed jej powiększeniem. Oprócz tego odnotowano spadek liczby samochodów niezgodnych z wymaganiami aż o ok. 60%, co stanowi średnią redukcję takich samochodów o 74 000 dziennie. Wśród pojazdów poruszających się w całej londyńskiej ULEZ, przeciętnie aż 94,4% z nich spełnia normy emisji [Mayor of London, 2023].

W miastach, w których wprowadzono restrykcje dla pojazdów generujących najwięcej zanieczyszczeń, zanotowano redukcję szkodliwych substancji wydzielanych do otoczenia. Szacuje się, że dzięki utworzeniu w Madrycie tzw. Obszaru C średnia dzienna ilość tlenków azotu (NO_x) powstających wskutek ruchu drogowego została w 2021 r. zredukowana o 74%, czyli o 192 kg, w stosunku do 2011 r., tj. okresu przed stworzeniem strefy. W tym samym przypadku całkowita emisja pyłu zawieszonego (PM10) zmniejszyła się o ok. 11,5 kg na dzień, co oznacza spadek o 59,59% [Sevino, 2022].

Zanieczyszczenie powietrza powoduje nie tylko liczne problemy zdrowotne związane z układem oddechowym. Wpływa ono również negatywnie na układ krwionośny, nerwowy, a także na przebieg ciąży, przyczyniając się niekiedy do przedwczesnego porodu lub nawet obumarcia płodu [Badyda, Dąbrowiecki, Jędrak, Konduracka, 2017, s. 19–23]. Ograniczenie wydzielania szkodliwych substancji do otoczenia poprawia jakość powietrza, a to z kolei wpływa korzystnie na zdrowie mieszkańców miast [Chamberlain, Fecht, Davies, Laverty, 2022].

Ponadto wprowadzenie wymagań, które muszą spełniać środki transportu wjeżdżające oraz poruszające się po tych strefach, przyczynia się do poprawy nie tylko aspektów zdrowotnych, ale także jakości życia mieszkańców. Dzięki mniejszej liczbie samochodów poruszających się w strefach zmniejsza się hałas powstający w wyniku ruchu ulicznego. Dodatkowo, nieużytkowane elementy infrastruktury drogowej mogą zostać ponownie wykorzystane do stworzenia przestrzeni do rekreacji i wypoczynku. Przykładowo, dzięki przekształceniu dawnego parkingu zlokalizowanego na Obszarze C w pobliżu Castello Sforzesco, mieszkańcy Mediolanu zyskali deptak wraz z nowymi wypożyczalniami rowerów [Sevino, 2022].

Wprowadzenie stref zmniejszonej emisji przyczynia się również do popularyzacji pojazdów elektrycznych, w wielu bowiem przypadkach mają one nieograniczony i darmowy dostęp do takiej strefy. Uzasadnia się to tym, że środki transportu napędzane energią elektryczną nie emitują podczas jazdy szkodliwych substancji do środowiska. Tym samym przyczyniają się do realizowania celów związanych z ustanawianiem obszarów niskiej emisji. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę cały cykl życia samochodu elektrycznego, okazuje się, że nie są one aż tak przyjazne dla środowiska jak mogłoby się wydawać. Związane jest to zarówno z ich produkcją, jak i eksploatacją. W obu procesach zużywana jest energia elektryczna powstająca w głównej mierze w wyniku spalania paliw kopalnych, generując tym samym dużą ilość CO_2. Ponadto, ze względu na rosnące zapotrzebowanie na akumulatory litowe, wykorzystywane w samochodach elektrycznych, istnieje ryzyko wyczerpania surowców potrzebnych do ich produkcji [Sendek-Matysiak, 2019, s. 59–67].

Ustanowienie na określonych obszarach miasta stref niskiej emisji oprócz zalet ma również wady. Jedną z nich jest konieczność dostosowania najbardziej emisyjnych pojazdów do restrykcyjnych wymagań. Jednak dostosowanie to może okazać się nieopłacalne, ze względu na przewyższenie kosztu modernizacji nad wartość pojazdu, a dodatkowo przyczynia się do zwiększonej liczby odpadów (zamiana silnika, zastąpienie pewnych funkcjonujących elementów nowymi). Obszary niskiej emisji mogą przyczynić się także do utrudnienia życia mieszkańców miast, w których obszary te funkcjonują. Właściciele pojazdów mających zakaz poruszania się po obszarze niskiej emisji, których nie stać na zakup nowego samochodu lub modernizację starego, mogą zostać dotknięci wykluczeniem komunikacyjnym [Pawłowski, 2022, s. 396]. Ponadto kierowcy, którzy chcą uniknąć dodatkowych opłaty za wjazd i poruszanie się po strefie, są zmuszani do wybierania alternatywnych tras, które niekiedy są znacznie dłuższe – wpływa to na zwiększenie natężenia ruchu w obszarach poza granicami stref oraz na większe spalanie paliwa, a tym samym przyczynia się do wzrostu zanieczyszczenia powietrza na innych obszarach. W Madrycie, pomimo spadku ruchu na terenie strefy niskiej

emisji, zaobserwowano wzrost natężenia na obszarach z nią graniczących [Moral-Carcedo, 2022, s. 47–48]. Dodatkowo wymienione powyżej sytuacje mogą wpływać na wzrost stresu, irytację lub depresję.

4. Porównanie nieskoemisyjnych sposobów realizowania dostaw

Wprowadzenie w miastach obszarów, na terenie których mogą poruszać się pojazdy spełniające określone warunki emisyjności, wymusiło na przedsiębiorstwach konieczność szukania sposobów realizacji dostaw w taki sposób, aby przestrzegać obowiązujących wymagań. Jednym z nich jest budowanie hubów i mikrohubów przeładunkowych w miastach oraz dostawy do końcowego odbiorcy przy użyciu pojazdów bezemisyjnych, do których zaliczyć można m.in.: rowery cargo, samochody elektryczne i wodorowe [Brodacki, Dąbrowski, Mizak, Szałański, 2022, s. 10–12].

Większość centrów logistycznych zlokalizowana jest na obrzeżach aglomeracji lub poza jej granicami. Jednak w celu ułatwienia dostarczania przesyłek do klienta końcowego za pomocą niskoemisyjnych pojazdów, które często mają ograniczony zasięg, tworzone są w centrach miast tzw. ośrodki dystrybucji towarów [Brodacki, Dąbrowski, Mizak, Szałański, 2022, s. 10–12]. W zależności od miejsca ich położenia mogą one odznaczać się różnym sposobem funkcjonowania, lecz głównym zadaniem obiektów tego typu jest możliwość dokonania przeładowania towaru z jednego środka transportu na inny pojazd, który będzie miał możliwość wjazdu i poruszania się po obszarze strefy niskiej emisji.

W Oslo, 8 maja 2019 r., firma DR Schenker utworzyła Oslo City Hub, czyli skład towarowy służący do przeładunku towarów przewożonych przez większe samochody na mniejsze pojazdy elektryczne [Evaluation of Oslo City Hub, s. 1–5]. Konstrukcja hubu złożona jest z kilku połączonych ze sobą kontenerów, dzięki którym możliwy jest efektywny przeładunek towarów. W Rotterdamie, w ramach Zero Emission Urban Logistic Plan, czyli koncepcji zakładającej rozwój bezemisyjnych rozwiązań w zakresie logistyki miejskiej, zaproponowano wybudowanie punktów zlokalizowanych na obrzeżach strefy zerowej emisji, w których możliwe będzie przeładowanie towaru, przyczepienie nadwozia lub naczepy pojazdu dostawczego do samochodów, które spełniają wymagane normy emisji spalin [Brodacki i in., 2022, s. 18]. Podobny pomysł został przedstawiony w styczniu 2020 r. w Hamburgu, gdzie zaproponowano stworzenie sieci mikromagazynów (mikrohubów) [Brodacki i in., 2022, s. 24–26], współdzielonych przez różne firmy logistyczne i dostawców regionalnych. Raz dziennie mają do nich być dostarczane przesyłki, które następnie zostaną rozwiezione do klientów za pomocą pojazdów bezemisyjnych. Te niewielkie centra logistyczne mogłyby powstawać w istniejących już budynkach, np. na wielopoziomowych parkingach lub w częściach dworców, które nie są już użytkowane.

Najbardziej powszechnym sposobem transportowania przesyłek do odbiorców zlokalizowanych na terenie stref niskiej emisji jest wykorzystanie do tego celu pojazdów niskoemisyjnych (*low emission vehicle*, LEV), które uważane są za mniej szkodliwe dla środowiska naturalnego. Wśród tego typu środków transportu wyróżnia się [Grabanski, Igliński, Szymczak, 2018, s. 426]:

- pojazdy zasilane sprężonym gazem ziemnym (*compressed natural gas*, CNG),
- pojazdy zasilane skroplonym gazem ziemnym (*liquified natural gas*, LNG),
- pojazdy ze spalinowo-elektrycznym napędem hybrydowym (*plug-in hybrid electric vehicle*, PHEV),
- pojazdy z ogniwem paliwowym (*fuel cell electric vehicle*, FCEV),
- pojazdy elektryczne zasilane akumulatorami (*battery electric vehicle*, BEV).

Jednakże, ze względu na różne zasady obowiązujące w strefach niskiej emisji, nie każdy pojazd niskoemisyjny jest lub będzie uprawniony do wjazdu na jej obszar. W związku z tym, najczęściej wykorzystywanymi pojazdami dostawczymi w strefach są samochody elektryczne. W ramach programu „Zukunft.de" między rokiem 2018 a 2020 firmy logistyczne, do których zaliczyć można DPD, GLS, UPS oraz Hermes, sprawdzały praktyczność i opłacalność zastosowania pojazdów zasilanych energią elektryczną do dostarczania przesyłek na terenie centrów miast w Niemczech [Brodacki i in., 2022, s. 22–23]. Początkowo przedsiębiorstwa zdecydowały się na rozszerzenie floty o ponad 500 pojazdów tego typu, jednak w trakcie trwania projektu ich liczebność zwiększyła się do ok. 1000. W związku z dostarczaniem zamówień za pomocą samochodów elektrycznych, emisja dwutlenku węgla została ograniczona o ok. 13 000 ton w ciągu 3 lat.

Do mocnych stron samochodów elektrycznych można zaliczyć stosunkowo niższe koszty eksploatacji, wynikające m.in. z braku potrzeby wymiany oleju oraz substancji chłodniczych, a także większej dynamiczności i przyspieszenia, związanych z uzyskaniem prawie natychmiast maksymalnego momentu obrotowego. Oprócz tego, podczas poruszania się pojazdy te nie emitują hałasu oraz szkodliwych dla środowiska spalin. Jednakże za jedną z ich największych wad można uznać ograniczony zasięg [Zajkowski, Sroka, 2017, s. 483–486].

Interesującą alternatywą dla elektrycznych środków transportu drogowego na obszarach niskiej emisji są samochody napędzane wodorem. W odróżnieniu od elektryków charakteryzuje je zasięg porównywalny do zasięgu pojazdów napędzanych paliwami kopalnymi. Samochody te, dzięki zamontowaniu ogniw paliwowych, w reakcji utleniania wytwarzają energię, wydzielają do środowiska jedynie wodę i ciepło, które nie wpływają negatywnie na jakość powietrza. Dodatkowo, za sprawą wykorzystania silnika elektrycznego, samochody wodorowe nie emitują szkodliwego dla życia i zdrowia hałasu [Ślęzak, Wiśniowski, Gis, 2015]. Pomimo swoich zalet, zastosowanie wodoru jako paliwa związane jest z licznymi wadami, do których zaliczyć można głównie koszty produkcji ogniw paliwowych oraz problemy związane z magazynowaniem wodoru w zbiornikach [Lampton, b.d.]. Mimo tych niedogodności zauważalny jest rozwój tej technologii, gdyż podejmowane są działania skoncentrowane na popularyzacji tego rodzaju pojazdów. W maju 2023 r. firma Ford ogłosiła trzyletni projekt, w wyniku

którego będzie można określić całkowity koszt zakupu i eksploatacji dużych samochodów wodorowych [Ford Media, 2023]. Do testów zaplanowanych na okres sześciu miesięcy posłużą pojazdy dostawcze Fordy E-Transit napędzane wodorem.

Innym zyskującym na popularności środkiem transportu, który może zostać wykorzystany do dostarczania przesyłek na terenie stref niskiej emisji, są rowery transportowe (cargo) [Brodacki i in., 2022, s. 12–15]. Są to najczęściej dwu- lub trzykołowe środki transportu z napędem elektrycznym, przeznaczone do transportu osób i/lub towarów. Ich ładowność zazwyczaj umożliwia na przewożenie ładunku o masie pomiędzy 40 kg a 250 kg, w związku z czym stanowią idealny pojazd do realizowania dostaw mniejszych i lżejszych przesyłek, które są w miarę odporne na uszkodzenia. Dzięki możliwości bezproblemowego dostosowywania się do sytuacji oraz większej manewrowości, w porównaniu do samochodów, rowery cargo są atrakcyjnym sposobem realizowania szybkich i bezemisyjnych dostaw na gęsto zabudowanym obszarze, a także do miejsc zlokalizowanych w niedużej odległości od siebie.

Badanie przeprowadzone przez Uniwersytet Nauk Stosowanych w Rotterdamie wykazało, że dystrybucja przy pomocy rowerów transportowych okazuje się być w niektórych przypadkach bardziej opłacalna, biorąc pod uwagę aspekt czasowy oraz finansowy [Brodacki i in., 2022, s. 20–22]. Firma DHL oszacowała, że co roku, dzięki zastąpieniu samochodów dostawczych rowerami cargo, w Oslo do atmosfery emitowana jest mniejsza ilość dwutlenku węgla oraz dwutlenku azotu, o kolejno 6,5 tony oraz 22 kg rocznie. Jednak, biorąc pod uwagę ich ograniczenia, tj. zasięg, prędkość i ładowność, a także zależność od warunków atmosferycznych, ten środek transportu może stanowić jedynie uzupełnienie floty, a nie alternatywę dla samochodów.

W ostatnim czasie zauważalny jest także rozwój i wykorzystanie autonomicznych robotów drogowych (ARD) do dostarczania przesyłek na terenie miast. Są to pojazdy, które mogą realizować dostawy niewielkich zamówień do odbiorców końcowych, bez konieczności angażowania osoby dostarczającej [Białokozowicz, Ryciuk, 2022, s. 391–394]. Dzięki wyposażeniu ich w specjalne urządzenia i czujniki, tj. kamery oraz radary, a także system nawigacji, posiadają one zdolność do samodzielnego poruszania się i reagowania na pojawiające się na drodze przeszkody. Jednakże cały przebieg procesu dostawy nadzoruje operator, który poprzez sieć komórkową, kamery oraz czujniki czuwa nad pracą robota, a w razie konieczności przejmuje nad nim kontrolę. W związku z ich ograniczonym zasięgiem, mogą one być wysyłane jedynie z hubu miejskiego, zlokalizowanego w niedalekiej odległości od miejsca dostawy lub z pojazdu dostawczego, pełniącego funkcję mobilnego magazynu.

W miastach najczęściej spotykane są autonomiczne roboty, które nie poruszają się po jezdni, lecz przemieszczają się po chodnikach i ścieżkach rowerowych z prędkością nie większą niż około 6 km/h. Pojazdy te przeznaczone są do transportowania maksymalnie sześciu przesyłek o sumarycznej wadze nieprzekraczającej 10 kg, które mają trafić do jednego odbiorcy. Chcąc ochronić paczki przed nieautoryzowanym dostępem, wykorzystuje się elektroniczne zabezpieczenia, które mogą zostać dezaktywowane w docelowej lokalizacji, po podaniu indywidualnego kodu dostępu przez odbiorcę końcowego [Białokozowicz,

Ryciuk, 2022, s. 392–393]. Na wykorzystanie autonomicznych robotów, które dostarczają przesyłki na terenie miast, zdecydowała się firma Amazon [Scott, 2019]. W 2019 r. pojazd Amazon Scout realizował dostawy towarów zamawianych przez klientów na terenie hrabstwa Snohomish w stanie Waszyngton.

Tabela 2. Porównanie sposobów realizowania dostaw za pomocą wybranych pojazdów niskoemisyjnych

	Elektryczne pojazdy dostawcze	Wodorowe pojazdy dostawcze	Rowery cargo	Autonomiczne roboty drogowe (ARD)
Zasięg pojazdu	Zależny od pojemności akumulatorów, do ok. 300 km na jednym ładowaniu [VolvoTrucks, b.d.].	Zależny od pojemności zbiornika na wodór, do ok. 600 km na jednym tankowaniu [Lampton, b.d.].	Zależny od ilości i pojemności akumulatorów, do ok. 100 km na jednym ładowaniu (w przypadku rowerów elektrycznych) [Kross, b.d.].	Zależny od pojemności akumulatorów, do ok. 16 km na jednym ładowaniu [Silverstein, 2022].
Rodzaj, masa i rozmiar transportowanego ładunku	Zróżnicowane towary pod względem rodzaju, masy, rozmiaru oraz wymaganych warunków przewozu. Możliwość transportu zarówno dużych przesyłek (np. paletowych jednostek ładunkowych), jak i pojedynczych paczek. Liczba i masa przewożonych przesyłek zależą od ładowności naczepy [Smartload.pl, 2021]		Zróżnicowane towary pod względem rodzaju. Głównie niewielkie i lekkie przesyłki. Ładowność roweru wynosi zazwyczaj między 40 kg a 250 kg [Brodacki i in., 2022, s. 12–15].	Wykorzystywane głównie do transportu lekkich zakupów ze sklepów oraz dostaw z restauracji [Silverstein, 2022].
Mocne strony	Możliwość transportu zróżnicowanych ładunków, niższe koszty eksploatacji (w porównaniu do samochodów spalinowych i wodorowych), coraz większa dostępność stacji do ładowania [Zajkowski, Sroka, 2017, s. 483–486].	Możliwość transportu zróżnicowanych ładunków, szybki czas tankowania, duży zasięg [Lampton, b.d.].	Zwinność w ruchu miejskim, niskie koszty eksploatacji [Brodacki i in., 2022, s. 12–15].	Realizowanie dostaw bez bezpośredniego nadzoru człowieka, zwinność w ruchu miejskim [Białokozowicz, Ryciuk, 2022, s. 392–393].
Słabe strony	Niewielki zasięg (w porównaniu do samochodów spalinowych i wodorowych), długi czas ładowania akumulatorów [Zajkowski, Sroka, 2017, s. 483–486].	Wysokie koszty eksploatacji, ograniczona dostępność infrastruktury do tankowania [Lampton, b.d.].	Zależność od warunków pogodowych, ograniczona ładowność [Brodacki i in., 2022, s. 12–15].	Większa podatność na kradzież towaru, ograniczona ładowność [Białokozowicz, Ryciuk, 2022, s. 392–393].

Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury przedmiotu.

Przedsiębiorcy, świadczący usługi na obszarach stref niskiej emisji, powinni dokładnie ocenić swoje wymogi operacyjne i logistyczne, a także dostępność infrastruktury, aby wybrać środek transportu, który najlepiej odpowiada ich potrzebom. Na podstawie podsumowanych w tabeli 2 informacji dotyczących pojazdów niskoemisyjnych można wywnioskować, że dostawcze samochody elektryczne mogą okazać się przydatne do realizacji dostaw z hubów miejskich do docelowych lokalizacji dostaw, w obrębie miasta lub na jego przedmieściach. Ich zasięg powinien być wystarczający do większości operacji miejskich, a możliwość szybkiego dostępu do stacji ładowania w obrębie hubu może pomóc zniwelować problem dłuższego czasu ładowania. Są one odpowiednie dla firm realizujących liczne dostawy w ciągu dnia, które mogą skorzystać z krótkotrwałego ładowania w trakcie załadunku i rozładunku towarów.

Wodorowe pojazdy dostawcze, z ich dłuższym zasięgiem, mogą być wykorzystywane przez przedsiębiorstwa, które muszą pokonywać większe odległości pomiędzy hubem a miejscem dostawy, w szczególności gdy trasy te wykraczają poza ścisłe centrum miasta. Ich zdolność do szybkiego tankowania i duża ładowność mogą być korzystne dla przedsiębiorców, którzy oczekują większej elastyczności w planowaniu oraz realizacji dostaw.

Rowery cargo są wyjątkowo przydatne w miejscach, gdzie dostęp do drogowych środków transportu jest ograniczony, np. ze względu na restrykcje ruchu w strefach pieszych. Dzięki temu firmy będą miały możliwość dostarczania niewielkich przesyłek do klientów w ciasnych obszarach miejskich, gdzie konieczna jest wysoka manewrowość i zdolność do szybkiego dostępu do trudno dostępnych lokalizacji. Natomiast autonomiczne roboty drogowe mogą okazać się pomocne dla przedsiębiorstw, które świadczą usługi wymagające wysokiej częstotliwości krótkodystansowych dostaw w kontrolowanych środowiskach, tj. kampusy uniwersyteckie lub kompleksy przemysłowe, gdzie mogą zapewniać regularną i przewidywalną obsługę.

5. Podsumowanie

Sektor transportu drogowego ma wpływ na gospodarkę nie tylko na poziomie lokalnym, ale także krajowym, a nawet globalnym. W przypadku Polski jest on najczęściej wybieraną formą dostarczania towarów z jednego punktu do drugiego. Niestety, za sprawą wykorzystania do tego celu samochodów z silnikami spalinowymi wpływa na zwiększanie się ilości szkodliwych substancji, w tym gazów cieplarnianych, w atmosferze.

Biorąc pod uwagę liczne zalety transportu drogowego, wśród których można wyróżnić przede wszystkim elastyczność i dostępność, ograniczenie jego zastosowania przy dostarczaniu zamówień mogłoby być trudne. W związku z tym lepszym pomysłem może okazać się szukanie rozwiązań dla problemów związanych z zanieczyszczaniem środowiska naturalnego spalinami samochodowymi. Jednym z nich jest stworzenie obszarów, w których mogłyby poruszać się wyłącznie pojazdy nieemitujące zbyt dużej ilości szkodliwych substancji.

Na całym świecie można znaleźć liczne strefy, które pomimo zróżnicowanego nazewnictwa łączy wspólna cecha, jaką jest całkowity zakaz lub ograniczenie możliwości wjazdu

samochodom, które w największym stopniu zanieczyszczają środowisko. Na obszarach tych zauważalne jest poprawienie się nie tylko jakości powietrza, ale także zdrowia oraz komfortu życia mieszkańców. Jednak dostosowanie do wymagań obowiązujących w strefach niskiej emisji może stanowić wyzwanie nie tylko dla osób zamieszkujących lub odwiedzających te strefy, ale także dla firm, które świadczą usługi na tym terenie.

Przedsiębiorcy, chcąc dalej prowadzić swoją działalność w miastach objętych strefami czystego powietrza, muszą dostosować swoje procesy do określonych wymagań. Z tego powodu decydują się na stosowanie różnych sposobów realizacji dostaw, które stanowią alternatywę dla samochodów spalinowych. Wśród nich wyróżnić można tworzenie hubów lub mikrohubów zlokalizowanych w miastach lub na ich obrzeżach, w których dokonywane jest przeładowanie towarów z tradycyjnie napędzanych samochodów ciężarowych na inne, mniejsze środki transportu, uprawnione do wjazdu na teren strefy niskiej emisji. Coraz bardziej powszechnymi, przeznaczonymi do dostarczania niewielkich przesyłek środkami transportu stają się rowery cargo oraz autonomiczne roboty dostawcze. Dla większych ładunków przeznaczone są samochody wyposażone w alternatywne źródła napędu, do których zaliczyć można głównie pojazdy elektryczne, a także zyskujące na popularności samochody zasilane wodorem.

Bibliografia

Dokumenty prawne

1. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317).

Wydawnictwa zwarte

1. Badyda, A., Dąbrowiecki, P., Jędrak, J., Konduracka, E. (2017). *Wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie.* Kraków: Krakowski Alarm Smogowy.
2. Budziszewska, M., Kardaś, A., Bohdanowicz, Z. (2023). *Klimatyczne ABC. Interdyscyplinarne podstawy współczesnej wiedzy o zmianie klimatu.* Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.

Artykuły prasowe i okolicznościowe

1. Białokozowicz, A., Ryciuk, U. (2022). Wykorzystanie autonomicznych robotów dostawczych w usługach kurierskich ostatniej mili, *Akademia Zarządzania*, 6(3), s. 387–404.
2. Chamberlain, R.C., Fecht, D., Davies, B., Laverty, A.A. (2023). Effects of low emission zones and congestion charging zones on physical health outcomes: a systematic review, *Lancet Public Health*, 8, s. e559–574.
3. Grabanski, S., Igliński, H., Szymczak, M. (2018) Transport niskoemisyjny i autonomiczny w dystrybucji. Problem dostaw ostatniej mili, *Handel Wewnętrzny*, 6(377), s. 422–437.

4. Moral-Carcedo, J. (2022). Dissuasive effect of low emission zones on traffic: the case of Madrid Central, *Transportation*, 51, s. 25–49.
5. Pawłowski, S. (2022). Low Emission Zones a strefy czystego transportu w Polsce – trudne początki i prognozy, *Studia Prawnoustrojowe*, 58, s. 387–401.
6. Sendek-Matysiak, E. (2019). Ocena baterii litowo-jonowych stosowanych w samochodach elektrycznych typu BEV pod względem bezpieczeństwa i wpływu na środowisko, *Problemy Transportu i Logistyki*, 2(46), s 59–68.
7. Zajkowski, K., Sroka, K. (2017). Przegląd możliwych sposobów ładowania akumulatorów w pojazdach z napędem elektrycznym, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 7, s. 483–486.

Materiały internetowe

1. Azdad, Z., Stoll, B., Müller, J. (2022). *CLEAN CITIES. The development trends od low- and zero-emission zones in Europe*, Clean Cities Campaign, https://cleancitiescampaign.org/wp-content/uploads/2022/07/The-development-trends-of-low-emission-and-zero-emission-zones-in-Europe-1.pdf (dostęp: 7.04.2024).
2. Brodacki, D., Dąbrowski, D., Mizak, J., Szałański, A. (2022). *Transformacja ostatniej mili. Zeroemisyjność w logistyce miejskiej*, Polityka Insight, https://www.politykainsight.pl/prawo/rankingkancelariiregulacyjnych/_resource/multimedium/20308460 (dostęp: 7.04.2024).
3. Ørving, T., Eidhammer, O. (2019). *Evaluation of Oslo City Hub – The planning and establishment of a depot for transshipment of goods*, https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=51225 (dostęp: 7.04.2024).
4. Kross (b.d.). *E-CARGO 1.0 BUSINESS*, https://kross.eu/pl/ebike/e-cargo/e-cargo-1-0-business-szary-matowy (dostęp: 7.04.2024).
5. EEA Raport nr 2/2020, *Transport and environment report 2021Decarbonising road transport – the role of vehicles, fuels and transport demand*, https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2021 (dostęp: 7.04.2024).
6. VolvoTrucks (b.d.). *Elektromobilność – to proste*, https://www.volvotrucks.pl/pl-pl/trucks/alternative-fuels/electric-trucks.html (dostęp: 7.04.2024).
7. Ford Media (2023). *Ford announces three-year hydrogen fuel cell E-Transit trial,* https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/gb/en/news/2023/05/09/ford-announces-three-year-hydrogen-fuel-cell-e-transit-trial.html (dostęp: 7.02.2024).
8. EDGAR (2023). *GHG emissions of all world countries*, https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023 (dostep: 7.02.2024).
9. Mayor of London (2023). *Inner London Ultra Low Emission Zone Expansion One Year Report*, https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/environment-and-climate-change/environment-and-climate-change-publications/inner-london-ultra-low-emission-zone-expansion-one-year-report?auHash=IxeIM3L6iJh-CwYvb2wek2UKMCSJvpOqMgtpRAMt5B8 (dostęp: 7.02.2024).
10. Jowit, J. (2008). *Q&A: London's Low Emission Zone (LEZ)*, https://www.theguardian.com/environment/2008/feb/04/travelandtransport.carbonemissions (dostęp: 6.02.2024).
11. *Lage-emissiezones (LEZ)* (b.d.). https://www.vlaanderen.be/lage-emissiezones-lez (dostęp: 6.02.2024).

12. Lampton, C. (b.d.). *What are the benefits of hydrogen-powered vehicles?*, https://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/alternative-fuels/hydrogen-vehicle-benefit.htm (dostęp: 7.02.2024).
13. *Périmètre Zone à Faibles Emissions mobilité (ZFEm)* (b.d.). https://www.data.gouv.fr/en/datasets/perimetre-zone-a-faibles-emissions-mobilite-zfem/ (dostęp: 6.02.2024).
14. Smartload.pl (2021). *Rodzaje pojazdów transportowych*, https://smartload.pl/pl/transport/rodzaje-pojazdow-i-wymiary-naczep-transportowych (dostęp: 7.04.2024).
15. Scott, S. (2019). *Meet Scout*, https://www.aboutamazon.com/news/transportation/meet-scout (dostęp: 7.02.2024).
16. Sevino, V. (2022). *AREA C and AREA B in Milan*, https://www.ruedelavenir.com/wp-content/uploads/2022/06/9_Milan_Area_C-Area_B-ENG.pdf (dostęp: 7.02.2024).
17. Silverstein, S. (2022). *Retail startup opens first frictionless grocery store, eyes 500 more*, https://www.grocerydive.com/news/retail-startup-opens-first-frictionless-grocery-store-eyes-500-more/618253/ (dostęp: 7.04.2024).
18. Ślęzak, M., Wiśniowski, P., Gis, M. (2015). *Wodór jako paliwo w motoryzacji*, http://plusuj.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=354%3Apraktyczna-szkoa-modelowania-molekularnego-iii&Itemid=58 (dostęp: 7.02.2024).
19. *Umweltzonen in Deutschland* (2024). https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub/umweltzonen-in-deutschland#1-wie-ist-der-aktuelle-stand-der-umweltzonen (dostęp: 6.02.2024).
20. *Veelgestelde vragen* (b.d.). https://www.milieuzones.nl/veelgestelde-vragen (dostęp: 6.02.2024).
21. Transport of London (b.d.). *Ways to meet the LEZ standards*, https://tfl.gov.uk/modes/driving/low-emission-zone/ways-to-meet-the-standards (dostęp: 7.02.2024).
22. *ZTL | Zone a traffico limitato, corsie riservate, aree pedonali* (b.d.). https://www.comune.milano.it/aree-tematiche/mobilita/ztl-zone-a-traffico-limitato-corsie-riservate-aree-pedonali (dostęp: 6.02.2024).

Delivery methods in low emission zones

Abstract

Industrial development and transportation have a negative impact on the environment. In response to this problem, low emission zones (in Poland called *Clean Transport Zones*) are being established in many European cities to reduce the negative effects of road transport on the environment. Therefore, logistics companies must adapt to the new requirements in order to continue providing transportation services in the areas covered by these zones. Making deliveries in these zones requires the use of innovative solutions, such as the construction of hubs and microhubs, the use of low-emission vehicles (electric or hydrogen-powered), cargo bikes, or autonomous road robots. The purpose of the article is to review and compare the above-mentioned delivery methods, taking into account their advantages and disadvantages. The content of the article is based on an analysis of the literature on the subject.

Keywords: low emission zones, clean transport zones, transportation, low emission vehicles, deliveries