

Michał Brząkała

e-mail: 181318@student.ue.wroc.pl

ORCID: 0009-0001-0680-5489

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

***Platooning* pojazdów ciężarowych w kontekście celów zrównoważonego rozwoju współczesnych przedsiębiorstw logistycznych**

DOI: 10.15611/2024.55.0.03

JEL Classification: Q56, R41

© 2024 Michał Brząkała

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Brząkała, M. (2024). *Platooning* pojazdów ciężarowych w kontekście celów zrównoważonego rozwoju współczesnych przedsiębiorstw logistycznych. W: D. Teneta (red.), *Zrównoważony rozwój – trendy, wyzwania, kontrowersje* (s. 37-48). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Streszczenie: Innowacje w transporcie stały się ostatnio jednym z kluczowych obszarów zainteresowania łańcuchów dostaw współczesnych przedsiębiorstw logistycznych. Wyzwaniem jest nie tylko sprośanie oczekiwanom rynku, ale także osiągnięcie tego zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Problem badawczy sformułowano w formie następującego pytania: w jaki sposób zastosowanie technologii zautomatyzowanej jazdy może przyczynić się do poprawy efektywności procesów transportowych i jednocześnie przyczynić się do zrównoważonego rozwoju. Celem artykułu jest identyfikacja i ocena roli, jaką odgrywa *truck platooning* w procesie zrównoważonego rozwoju współczesnych przedsiębiorstw logistycznych. Zastosowano metodę badawczą analizy danych zastanych – raportów, sprawozdań oraz protokołów. Z badań wynika, że *truck platooning*, ze względu na swoje ograniczenia, nie powinien być postrzegany jako docelowe rozwiązanie dla branży transportowej, ale jako kolejny szczebel przybliżający współczesne przedsiębiorstwa do osiągnięcia założonych celów biznesowych w kontekście zrównoważonego rozwoju.

Słowa kluczowe: innowacje, *platooning* pojazdów ciężarowych, zrównoważony rozwój, przedsiębiorstwo logistyczne

1. Wstęp

Rosnący rynek konsumencki, a także ciągła presja związana ze skróceniem czasu realizacji dostaw do dwóch dni lub nawet jednego stanowią wyzwanie dla współczesnego transportu i logistyki. Oferty darmowej dostawy i darmowego zwrotu prowadzą do wzrostu przewożonego wolumenu produktów. Z jednej strony szacuje się, że sektor transportu towarowego w Europie wzrośnie o 42% do 2050 r. Z drugiej strony Komisja Europejska dąży do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla o 60% do 2050 r. (Boysen i in., 2018). Transport drogowy stanowi 3/4 wszystkich towarów przewożo-

nych w Europie i szacuje się, że będzie nadal rósł. Wynikiem tego wzrostu są coraz większe zanieczyszczenie, zatory na drogach oraz wyższe ryzyko wypadków drogowych. Do tego dochodzi niedobór kierowców, a także wysokie koszty paliwa, które stanowią ok. 1/3 kosztów operacyjnych przeciętnego operatora floty (Krüger i Teuteberg, 2018). Im bardziej rozwija się gospodarka, tym większy jest wpływ działalności człowieka na środowisko. Wymaga to poszukiwania nowych rozwiązań, które nie tylko pomogą biznesowi być bardziej wydajnym, ale także zadbają o środowisko naturalne. Problemem jednak jest nie tylko to, jak sprostać wysokim oczekiwaniom rynku, ale także jak zrobić to zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju (Motowidlak, 2017, s. 140). Dlatego właśnie transport jest jednym z obszarów, w których pojawiają się różnorodne innowacje. Jedną z takich innowacji jest plutonowanie ciężarówek (*truck platooning*).

Celami artykułu są identyfikacja i ocena roli, jaką odgrywa plutonowanie w procesie zrównoważonego rozwoju współczesnych przedsiębiorstw logistycznych. Wykorzystaną metodą badawczą była analiza danych zastanych, tzw. *desk research*. Bazuje ona na wykorzystaniu danych wtórnych – pochodzących z ogólnodostępnych źródeł, takich jak: Internet, prasa, raporty, sprawozdania, urzędy, roczniki statystyczne, materiały konferencyjne, oferty handlowe firm, a także informacje własne (Infobrokerska.pl, 2021).

2. Idea zrównoważonego rozwoju

Dynamiczny rozwój gospodarczy, a także postęp w dziedzinie nauki oraz zaawansowanych technologii stanowią środek do poprawy ogólnych warunków życia ludności dzięki zwiększeniu dobrobytu, dostępowi do nowych technologii i urządzeń zapewniających szeroko rozumianą wygodę. Jednakże rozwój cywilizacyjny, oparty na zaawansowanym konsumpcjonizmie i materializmie, zagrażać zaczął nie tylko obecnym, ale i przyszłym pokoleniom (Kiełczewski, 2001, s. 32). Dlatego też coraz częściej szczególną uwagę zwraca się na konieczność zapewnienia takiego rozwoju, który zagwarantuje kompromis pomiędzy celami gospodarczymi, społecznymi i środowiskowymi. Gospodarka światowa wymaga więc nowego paradygmatu, który respektować będzie zasady zrównoważonego rozwoju w wymiarze globalnym (Bocian, 2011, s. 30). W ostatnich latach obserwuje się coraz większe zainteresowanie zjawiskiem zrównoważenia oraz jego implikacjami dla procesów planowania i funkcjonowania systemu transportu (Litman i Burwell, 2006). W praktyce istnieją jednak duże trudności z rozwojem transportu w konwencji ładu zintegrowanego (tab. 1), czyli w kontekście szerokiego rozumienia zrównoważonego transportu.

W opracowaniu Borysa (2008) przedstawione zostały różnice między wąskim a szerokim ujęciem transportu zrównoważonego w literaturze przedmiotu. Nowy paradygmat rozwoju transportu wymaga szerokiego podejścia do zrównoważenia, uwzględniającego kryteria środowiskowe, społeczne i ekonomiczne. Zatem w ramach zrównoważonego rozwoju transportu przewozy osób i ładunków powinny być

Tabela 1. Wymiary zrównoważonego rozwoju transportu

Zrównoważony transport – wymiary		
społeczny	ekonomiczny	środowiskowy
<ul style="list-style-type: none"> • mobilność • dostępność • płynność • bezpieczeństwo • spójność społeczna • integralność systemu transportowego 	<ul style="list-style-type: none"> • konkurencyjność • warunki pracy w sektorze • infrastruktura (rozwój/modernizacja/zainwestowanie/nośność/ilość i jakość sieci transportowej) • intermodalność 	<ul style="list-style-type: none"> • przyjazność środowiskowa transportu (minimalizacja wpływów na środowisko) • przeciwdziałanie skutkom transportowym i zagrożeniom środowiskowym i ich likwidacja

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Borys, 2009).

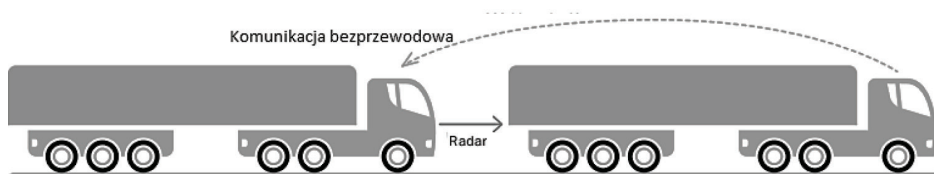
realizowane w sposób efektywny pod względem różnych aspektów, takich jak przydatność cenowa, duży wybór środków transportu, ograniczona emisyjność, minimalizacja zużycia zasobów nieodnawialnych oraz wykorzystanie gruntów czy ograniczenie natężenie hałasu. Dążenie do zrównoważonego transportu wymaga również uwzględnienia etycznej ochrony i maksymalnego wykorzystania zasobów (Przybyłowski, 2013, s. 21). W Unii Europejskiej od lat istnieje potrzeba dostosowania strategii rozwoju transportu do idei zrównoważonego rozwoju, co zostało wyeksponowane w białych księgach transportu. Zrównoważenie rozwoju transportu powinno się więc charakteryzować osiągnięciem takiego układu poszczególnych jego elementów, jaki pozwala na maksymalizację efektywności rozwoju pod względem ekonomicznym, społecznym i środowiskowym (Pawłowska, 2013, s. 210). Odpowiedzią na te potrzeby może być zastosowanie plutonowania ciężarówek (*truck platooning*).

3. Technologia plutonowania ciężarówek

Technologia plutonowania, wywodząca się z języka wojskowego, polega na poruszaniu się – w niewielkiej odległości od siebie – jednostek składających się z dwóch lub więcej pojazdów. Pojazdy są połączone za pomocą bezprzewodowej komunikacji *Vehicle-to-Vehicle* (V2V).

Platoon, zwany również elektronicznym dyszlem, obejmuje automatyczne podążanie za jednym lub kilkoma konwencjonalnymi pojazdami w formie konwoju. Kierowca pierwszego pojazdu kontroluje kierunek i prędkość pojazdów podążających za nim. Pojazd wiodący utrzymuje stałą prędkość, podczas gdy pojazdy podążające za nim zachowują tę samą odległość (Wang i in. 2019). Jednakże na skutek zmieniającego się ukształtowania dróg, okazało się, że *platooning* nie jest skutecznym sposobem generowania oszczędności, dlatego stosuje się bardziej zaawansowane systemy, które umożliwiają pojazdom zmianę prędkości i zachowanie odpowiedniej odległości (Torabi i Wahde, 2018). Technologie te opierają się na wymianie danych, umożliwiając komunikację między pojazdami oraz koordynację ruchów konwoju. W plutonie kierowca pojazdu wiodącego zajmuje się kierowaniem pojazdu, podczas gdy pozostałe pojazdy automatycznie podążają za nim, utrzymując niewielką

odległość. Jednak obecna technologia nie jest jeszcze na tyle zaawansowana, aby zastąpić kierowcę w każdej sytuacji. Dlatego testy plutonowania na autostradach wymagają obecności kierowcy w każdym pojeździe.



Rysunek 1. Konwój składający się z dwóch pojazdów ciężarowych z komunikacją bezprzewodową i technologią radarową

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Janssen i in., 2015).

Wymóg obecności kierowcy w każdym pojeździe jest powodem, dla którego *platooning* został sklasyfikowany jako poziom trzeci w skali automatyzacji znormalizowanej przez Society of Automotive Engineers (SAE), amerykańską globalną organizację opracowującą standardy dla przemysłu motoryzacyjnego. Poziom trzeci oznacza warunkową automatyzację, która nadal wymaga obecności kierowcy, ale pozwala systemowi na wykonywanie wszystkich aspektów jazdy, takich jak zmiana pasa ruchu, skręcanie lub używanie sygnałów. Kierowca natomiast pozostaje w trybie gotowości, aby interweniować w razie potrzeby (Pająk i Cyplik, 2020).

3.1. *Truck platooning* jako element wspierający zrównoważony rozwój

Badania nad platooningiem zyskały ostatnio zainteresowanie zarówno przemysłu, jak i środowisk akademickich. Poza tym, oprócz korzyści ekonomicznych i środowiskowych płynących z jazdy w konwoju, istnieje również potencjał zmniejszenia zagęszczenia ruchu drogowego poprzez lepsze wykorzystanie obecnej infrastruktury transportowej. Dostrzeżono, iż cele zrównoważonego rozwoju w kontekście pojazdów konwojowanych są współzależne, mając odzwierciedlenie we wszystkich wymiarach zrównoważonego transportu. W rezultacie *platooning* pojazdów ciężarowych może wspierać zrównoważony rozwój w wymiarach: społecznym, ekonomicznym i środowiskowym (tab. 2).

Tabela 2. Wymiary zrównoważonego rozwoju transportu pojazdów ciężarowych, dla których *platooning* jest elementem wspierającym

Zrównoważony transport – wymiary		
społeczny	ekonomiczny	środowiskowy
<ul style="list-style-type: none"> • zmiana pracy kierowcy pojazdu ciężarowego • zmniejszenie zatłoczenia na drogach • wzrost poziomu bezpieczeństwa na drogach 	<ul style="list-style-type: none"> • oszczędność paliwa • redukcja kosztów pracy 	<ul style="list-style-type: none"> • redukcja emisji CO₂

Źródło: opracowanie własne.

Wymiar ekonomiczny

Jeśli chodzi o wymiar ekonomiczny w kontekście oszczędności paliwa, udowodniono, że pojazdy ciężarowe poruszające się w konwoju osiągają oszczędność paliwa dzięki niższemu oporowi powietrza (Alam, 2014). Jednak na typowej drodze, o zróżnicowanej topografii, takie podejście może prowadzić do nadmiernego przyspieszania i hamowania na odcinkach drogi pod górę i w dół w celu utrzymania zadanej prędkości lub odległości między pojazdami. Takie przyspieszenia znacznie zwiększają zużycie paliwa przez pojazd (Valerio, 2015), co sprawia, że pojazd nie nadaje się do jazdy po drogach niepełskich. W związku z tym konieczne jest uwzględnienie wpływu topografii dróg, aby w pełni wykorzystać potencjał konwoju w zakresie oszczędności paliwa. Można to osiągnąć, umożliwiając zmianę prędkości pojazdów podczas jazdy po typowych drogach poprzez generowanie paliwooszczędnych profili prędkości, tj. profili reprezentujących prędkość pojazdu w funkcji jego położenia na drodze.

W badaniach jazdy w konwoju, w których uwzględniono wpływ topografii dróg na efektywność paliwową (Alam i in., 2013), wszystkie pojazdy poruszały się po tym samym profilu prędkości, który był generowany z uwzględnieniem charakterystyki i ograniczeń wszystkich pojazdów. Na syntetycznej drodze o długości 4 km (z jednym odcinkiem podjazdu, a następnie segmentem zjazdowym), zużycie paliwa przez pluton zostało zmniejszone o 14% na odcinku zjazdowym drogi i o 0,7% na odcinku pod górę. W efekcie uzyskano oszczędność paliwa na poziomie ok. 13% (w zależności od konfiguracji konwoju) w stosunku do zużycia paliwa przez każdy pojazd osobno (Turri i in., 2016).

Rzeczywisty potencjał oszczędności wynikający z jazdy w plutonie zależy od kombinacji wielu innych czynników, np.: pozycji pojazdu w plutonie, odległości między pojazdami czy też czasem potrzebnym na sformowanie plutonu (Boysen i in., 2018). Ideą plutonowania jest bowiem umożliwienie doraźnego dołączania i opuszczania plutonów w razie potrzeby. Jest to czynnik, który należy wziąć pod uwagę przy szacowaniu redukcji kosztów takiego transportu, gdyż korzyści wynikające z redukcji zużycia paliwa mogą zostać zniwelowane przez czas oczekiwania na utworzenie plutonu (Larson i in., 2013).

Platooning pojazdów ciężarowych zakłada również, że to system będzie manewrował pojazdem. Z tego względu kierowca może być zaangażowany w wykonywanie zupełnie innych czynności. Mogłoby to potencjalnie pomóc w osiągnięciu redukcji kosztów pracy, gdy kierowca zajmuje się pewnymi obowiązkami natury administracyjnej, np. planowaniem optymalnej trasy przejazdu. Potencjalna redukcja kosztów pracy ma jednak tylko charakter teoretyczny, ponieważ system czy też zastosowana technologia wymagają, aby kierowca był w stanie w razie potrzeby przejąć kontrolę nad zespołem pojazdów. Z tego też względu kierowca musi być niezwykle cierpliwy, uważny, stale obserwować drogę. W obliczaniu redukcji kosztów pracy należy również wziąć pod uwagę potencjalne zapotrzebowanie na zaplecze biurowe do obsługi plutonowania, ponieważ aby skorzystać z systemu wymiany danych między pojaz-

dami ciężarowymi w plutonie, koordynacja zaplecza warunkuje obsługę ogólnej nawigacji. Z tego powodu ewentualny potencjał redukcji kosztów pracy nie znajduje się *stricte* w samych plutonach, ale w popularyzacji jazdy bez kierowcy na drogach (Muratori i in., 2017).

Wymiar środowiskowy

W kontekście redukcji emisji CO₂ transport powoduje degradację ekosystemów i rozbudowę niezbędnej infrastruktury transportowej. Do degradacji ekosystemów zalicza się w szczególności: deforestację, zanik bioróżnorodności, a także większe zanieczyszczenia powietrza (Laurance i in., 2009). *Truck platooning* to jedna z najnowszych technologii, która ma na celu zmniejszenie zużycia oleju napędowego przez pojazdy ciężarowe, a tym samym zmniejszenie emisji CO₂, ale tylko w określonych warunkach. Korzyści bowiem ze zmniejszenia emisji CO₂ dzięki plutonowaniu ciężarówek można osiągnąć tylko na autostradzie, gdzie pojazdy poruszają się z większą prędkością, aby stymulować efekt jazdy w poślizgu. *Platooning* ciężarówek nie rozwiązuje problemu zanieczyszczeń na drogach poza autostradami lub w miastach czy metropoliach z korkami spowodowanymi przez pojazdy. Technologia plutonowania pojazdów ciężarowych, nawet jeśli wspiera cele zrównoważonego rozwoju, robi to tylko w niewielkim stopniu (Caparros-Midwood i in., 2017).

Wymiar społeczny

Jeżeli chodzi o aspekt społeczny zastosowania konwojów pojazdów, to zakłada się, że kierowcy w kolejnych pojazdach w plutonie nie będą musieli być zaangażowani w kierowanie nimi, ale mogą wykonywać inne czynności. Może to nie tylko zwiększyć produktywność, ale także pomóc stworzyć inny profil kierowcy zawodowego. W obliczu niedoborów kierowców tradycyjnych pojazdów ciężarowych na rynku europejskim w ostatnich latach, może się to okazać niezwykle zachętą w kontekście wykonywania tego rodzaju pracy. Podejmowanie się innych czynności podczas plutonowania może być bardziej atrakcyjnym elementem środowiska pracy niż konwencjonalna jazda pojazdem ciężarowym. *Platooning* – owszem – może zastąpić kierowcę w niektórych czynnościach, ale nie we wszystkich. Należy tu zwrócić uwagę na zachowanie kierowców, a także czas ich reakcji na przejście kontroli nad pojazdem w razie nagłej potrzeby czy potencjalnego wypadku i/lub niebezpieczeństwa. Tak więc z jednej strony pluton ciężarówek zwalnia kierowcę z niektórych czynności związanych z prowadzeniem pojazdu, z drugiej jednak wymaga nie tylko umiejętności prowadzenia pojazdu, ale także umiejętności wielozadaniowych, szybkiego czasu reakcji, monitorowania sytuacji na drodze podczas wykonywania innych zadań za kierownicą (Pająk i Cyplik, 2020). Z tego też względu istotny wydaje się rozwój innych stanowisk i funkcji potrzebnych np. do wsparcia kontroli ruchu, podczas gdy jazda bez kierowcy stanie się rozwiązaniem powszechnie obowiązującym i spopularyzowanym na rynku transportowym.

Dzięki znacznie mniejszym odległościom między kolejnymi pojazdami w konwoju zmniejsza się przestrzeń na autostradzie potrzebna do obsługi tej samej liczby pojazdów niebędących w plutonie. Trzy pojazdy ciężarowe na autostradzie zajmują ok. 150 m bez plutonu, natomiast zwarty charakter pojazdów pozwala na redukcję do 80 m w konwoju. Z tego względu uważa się, że plutony znacznie zmniejszają zatłoczenie na drogach, w szczególności na autostradach (Shladover i in., 2012). Naukowcy uważają także, że *platooning* ciężarówek znacznie zwiększa bezpieczeństwo na drogach. Dzięki połączeniu między pojazdami czas reakcji w przypadku nagłego hamowania jest o wiele krótszy. Podczas gdy kierowca potrzebuje ok. 1,4 s na zareagowanie, ciężarówki w plutonie zaczynają hamować już po 0,1 s. Droga hamowania ciężarówki z kierowcą jest większa z powodu czasu reakcji i jego percepcji przed rozpoczęciem hamowania, dlatego ciężarówki kierowane przez ludzi muszą zachować odległość co najmniej 50 m, gdy nie są w plutonie. Mimo że odległość między ciężarówkami w konwoju jest zazwyczaj mniejsza (tj. 7-12 m), są one bezpieczniejsze pod względem hamowania, co bezpośrednio zwiększa bezpieczeństwo na drogach (Pająk i Cyplik, 2020).

4. Wpływ technologii plutonowania na strony zainteresowane – perspektywa interesariuszy

Truck platooning z pewnością spowoduje zmianę w logistyce i w sieci łańcucha dostaw, ponieważ wiąże się z pewnego rodzaju innowacją obejmującą cały system, mającą wpływ na każdą stronę zaangażowaną w spedycję i transport. Aby wdrożyć *platooning* w społeczeństwie, potrzebny jest wspólny wysiłek wszystkich zainteresowanych stron. Spedytorzy będą zachęcać przewoźników do współpracy, nawet między konkurentami, w celu tworzenia plutonów i wykorzystania potencjału synergii. Powstanie także dostawca usług plutonowania, który będzie pośredniczył w tworzeniu konwojów. Przewoźnicy i dostawcy usług logistycznych będą pozyskiwać technologię od producentów samochodów ciężarowych, ale tylko wtedy, gdy *platooning* będzie zgodny z przepisami. Natomiast kluczowi decydenci oraz organy regulacyjne (państwowe) mogą znacząco ułatwić lub utrudnić tę zmianę. W przypadku plutonowania istnieją cztery kluczowe kategorie interesariuszy, którymi są: deweloperzy i użytkownicy (komercyjna strona innowacji) oraz decydenci i organy regulacyjne (strona umożliwiająca innowacje) (Janssen i in., 2015).

4.1. Deweloperzy

Deweloperzy to podmioty zaangażowane w rozwój techniczny, a także w ułatwianie korzystania z urządzeń i technologii uzupełniających. Istnieją tu dwie odrębne grupy interesariuszy: producenci samochodów ciężarowych – producenci oryginalnego sprzętu, oraz dostawcy. Producenci, tacy jak DAF, Volvo i Scania, produkują samochody ciężarowe i sami mogą integrować innowacje technologiczne. Dla tych pod-

miotów przewaga wynikająca z bycia pierwszym producentem dostarczającym samochody ciężarowe, które są w stanie łączyć się w konwoje, daje możliwość zdobycia większego udziału w rynku. Inne korzyści to wgląd w wymagania testowe oraz pozytywny wpływ na wizerunek i marketing. Choć przewagę zyskują pierwsi, w interesie wszystkich producentów leżą standaryzacja i kompatybilność technologii plutonowania wśród różnych marek. Dostawcy natomiast zapewniają komponenty lub produkty, które są wykorzystywane do montażu ciężarówki. Dostarczają sprzęt do nowych samochodów ciężarowych, ale także zapewniają modernizację obecnej floty samochodów ciężarowych (Calvert i in., 2018).

4.2. Użytkownicy

Użytkownikami technologii plutonowania są strony zaangażowane w logistykę, czyli: spedytorzy, przewoźnicy i dostawcy usług plutonowania (Tsugawa i in., 2016). Spedytorzy chcą, aby ich produkty były transportowane z jednej lokalizacji do drugiej. Chociaż ich rola w procesie nie ulegnie zmianie, ich wpływ na wdrożenie plutonowania może być istotny. Przewoźnicy korzystający z plutonowania mogą dostarczać towary po niższej cenie, więc będą preferowani w stosunku do swoich konkurentów niekorzystających z tej technologii. Spedytorzy, dla których zrównoważony rozwój i redukcja emisji są kluczowymi wskaźnikami wydajności, również odniosą korzyści z plutonowania, ponieważ technologia ta pozwala na znaczne oszczędności paliwa i wynikającą z tego redukcję emisji.

Przewoźnicy wyrażają swoje życzenia dotyczące sprzętu producentom samochodów ciężarowych, ponieważ są głównymi beneficjentami plutonowania. Ze względu na ich centralną pozycję w sektorze, ich rola zmienia się w fazach wdrażania. W przypadku plutonowania we własnej firmie, muszą dostosować swoje procesy planowania, aby umożliwić *platooning*. Korzyści będą jednak większe w przypadku plutonowania z innymi przewoźnikami, być może nawet z konkurentami. Przewoźnicy, którzy są innowacyjni i wcześniej wdrażają nowe technologie, jako pierwsi skorzystają na redukcji kosztów dzięki plutonowaniu.

Platooning wymaga innego sposobu planowania logistyki. Dopasowanie kombinacji ciężarówek staje się nową usługą dodatkową. Dostawcy usług plutonowania jeszcze nie istnieją, ale jest prawdopodobne, że w pewnym momencie pojawią się, aby świadczyć usługi związane z tą technologią, a ich rola będzie rozwijać się w czasie. W początkowej fazie rozwoju plutonowania wystarczy niewielkie dostosowanie oprogramowania do zarządzania transportem przewoźnika. Jednakże gdy pojazdy ciężarowe różnych przewoźników współpracują ze sobą i łączą się w konwoje, niezależny dostawca usług jest niezbędny do połączenia ciężarówek. Korzystanie z dostawcy usług plutonowania, jako neutralnej strony trzeciej, może również sprzyjać zaufaniu między przewoźnikami – im większa bowiem pula uczestniczących przewoźników i spedytorów, tym więcej pojazdów zostanie dopasowanych do plutonów i tym większa będzie wynikająca z tego opłata za zarządzanie (Neubauer i in., 2020).

4.3. Decydenci

Istnieją działania, głównie związane z aspektami prawnymi, które należy podjąć, zanim *platooning* stanie się rzeczywistością. Najważniejszymi decydentami są ministerstwo oraz władze na szczeblu lokalnym. W interesie ministerstwa leży umożliwienie innowacji. Innowacje te mogą mieć na celu lepsze wykorzystanie istniejącej infrastruktury, zwiększenie dostępności i zmniejszenie wpływu systemu transportu na środowisko. Natomiast władze lokalne zainteresowane są zwiększeniem innowacyjności w swoim regionie, np. mogą zezwolić na *platooning* na lokalnych drogach.

4.4. Organy regulacyjne

Organy regulacyjne egzekwują prawo lub sprawiają, że prawo jest możliwe do wdrożenia. Najważniejszymi organami regulacyjnymi dla plutonowania są: urzędy odpowiedzialne za licencjonowanie kierowców oraz wydawanie świadectw homologacji, Inspekcja Transportu Drogowego, Służba Celna, a także towarzystwa ubezpieczeniowe. Pojazdy ciężarowe wyposażone w technologię umożliwiającą *platooning* muszą uzyskać świadectwo homologacji, zanim będą mogły z niej korzystać na drogach publicznych. Bardzo ważne jest również licencjonowanie kierowców ciężarówek. W konwoju mają oni dodatkowe obowiązki, a więc wymagane jest dodatkowe szkolenie licencyjne. Inspekcja Transportu Drogowego jest odpowiedzialna za utrzymanie i rozbudowę sieci infrastruktury drogowej oraz badanie wpływu plutonowania na przepustowość dróg, środowisko, bezpieczeństwo, incydenty, a także roboty drogowe. Organy celne mają procedury dotyczące dokumentów i/lub ładunku, które wymagają obecności kierowcy w ciężarówce, gdyż to kierowca właśnie musi być w stanie okazać dokumenty w razie potrzeby. Dlatego też transgraniczny *platooning* może wymagać opracowania nowych przepisów celnych ułatwiających transport poza granice danego kraju. Ubezpieczyciele również mogą postrzegać *platooning* jako poważne zagrożenie dla ich istnienia, ponieważ wypadki spowodowane błędem ludzkim zostaną ograniczone, co oznacza, że ubezpieczenie stanie się mniej atrakcyjne. Ponadto w razie wypadku usterki systemu w połączeniu dwóch lub większej ilości ciężarówek różnych firm staną się trudne do zdiagnozowania oraz ustalenia, po której stronie doszło do zaniedbania (Shladover i in., 2018).

5. Koszty wdrożenia i implementacji technologii

Z wdrożeniem platooningu wiążą się różnego rodzaju koszty. Można je podzielić na dwie zasadnicze kategorie. Pierwsza to koszty społeczne/rządowe, takie jak nakłady czasowe na dostosowanie przepisów, ewentualne dostosowanie infrastruktury i dodatkowe koszty jej utrzymania. Istnieją również koszty związane z rozwojem i udoskonalaniem technologii. W chwili obecnej koszty te nie są na tyle uchwytne, aby można je było szczegółowo omówić. Oprócz tego, druga kategoria składa się z bardziej wymiernych kosztów, które przewoźnicy muszą ponieść po nabyciu i wykorzystaniu tech-

nologii. Niektóre koszty, takie jak instalacja technologii, są częścią początkowej inwestycji. Pojazdy ciężarowe muszą być wyposażone w urządzenia do komunikacji między pojazdami, komunikacji z kierowcą oraz w niezbędne dodatkowe środki bezpieczeństwa. Nie można również zapomnieć o kosztach dla dostawcy usług plutonowania, a także kosztach okresowych testów i konserwacji systemu. Główni kierowcy konwojów będą musieli przejść dodatkowe szkolenia, aby uzyskać licencję. Wdrożenie technologii plutonowania jest stosunkowo drogie, jednak większość wymienionych wcześniej kosztów jest częścią początkowej inwestycji. Pozostałe zaś związane są z amortyzacją, utrzymaniem oraz serwisowaniem (Janssen i in., 2015).

6. Podsumowanie

Celami artykułu były identyfikacja i ocena roli, jaką odgrywa *truck platooning* w procesie zrównoważonego rozwoju współczesnych przedsiębiorstw logistycznych. Cel zrealizowany został dzięki analizie danych zastanych – raportów, sprawozdań oraz protokołów. Z badań wynika, że *truck platooning* może być wykorzystywany jako jedno z narzędzi zwiększania potencjału transportowego zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Jednakże ma on ograniczony wkład w realizację celów zrównoważonego rozwoju. Wynika to z tego, że jego potencjalne korzyści mogą być generowane tylko w określonych okolicznościach, które rzadko występują w rzeczywistej sytuacji biznesowej w Europie. Osobne zagadnienia stanowiły poprawa jakości życia oraz dalsza optymalizacja wykorzystania zasobów – w tym systemów oraz rozwiązań technologicznych – niezbędna do efektywnego i skutecznego wykonania danego procesu transportowego.

Artykuł ten traktować należy jako rozpoznanie tematu, ponieważ studia literaturowe wykazały, że niewiele jest naukowych opracowań na ten temat. Artykuł wskazuje na *platooning* nie tylko z perspektywy jego potencjalnych korzyści, ale także umieszcza go w perspektywie kilku różnych ograniczeń, biorąc pod uwagę ekonomiczny, ekologiczny i społeczny aspekt tej technologii. Artykuł ma charakter poglądowy i jest jedynie wstępem do dalszych, pogłębionych rozważań. Pomimo że *platooning* samochodów ciężarowych jest technologią i innowacją w branży transportowej znaną od lat, to nie ma rzeczywistych przypadków jej użycia w Europie. Dopuszcza się także możliwość, że wpływ plutonowania ciężarówek na cele zrównoważonego rozwoju może być inny na innych rynkach, takich jak Australia czy Stany Zjednoczone (Pająk i Cyplik, 2020). Wnioski te bezpośrednio prowadzą do przyszłych potrzeb badawczych. *Platooning* wydaje się jedynie krokiem na drodze do świata pojazdów bez kierowcy zasilanych przyjaznym dla środowiska źródłem energii. Z tego powodu technologia, prawodawstwo i świadomość ludzi powinny być rozwijane w tym kierunku. *Platooning* pojazdów ciężarowych, ze względu na wszystkie swoje ograniczenia, nie powinien być postrzegany tylko jako ostateczne rozwiązanie dla branży transportowej, ale jako kolejny szczebel przybliżający współczesne przedsiębiorstwa do osiągnięcia założonych celów biznesowych w kontekście zrównoważonego rozwoju.

Literatura

- Alam, A. (2014). *Fuel-efficient Heavy-duty Vehicle Platooning*. KTH Royal Institute of Technology. https://people.kth.se/~kallej/grad_students/alam_phdthesis14.pdf
- Alam, A., Martensson, J. i Johansson, K. H. (2013). *Look-ahead Cruise Control for Heavy Duty Vehicle Platooning*. W: Proceedings of the 2013 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems: Intelligent Transportation Systems for All Modes, ITSC 2013 (s. 928—935).
- Bocian, A. F. (2011). Globalizacja a zrównoważony rozwój. W: B. Poskrobko (red.), *Teoretyczne aspekty ekonomii zrównoważonego rozwoju*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Białymstoku.
- Borys, T. (2008). *Analiza istniejących danych statystycznych pod kątem ich użyteczności dla określenia poziomu zrównoważonego transportu wraz z propozycją ich rozszerzenia*. Raport z realizacji pracy badawczej. Ministerstwo Infrastruktury.
- Borys, T. (2009). Pomiar zrównoważonego rozwoju transportu. W: D. Kiełczewski, B. Dobrzyńska (red.), *Ekologiczne problemy zrównoważonego rozwoju* (s. 166-185). Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Białymstoku.
- Boysen, N., Briskorn, D. i Schwerdfeger, S. (2018). The Identical-path Truck Platooning Problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 109, 26-39. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.01.006>
- Calvert, S. C., Mecacci, G., Heikoop, D. D. i De Sio, F. S. (2018). Full Platoon Control in Truck Platooning: A Meaningful Human Control Perspective. W: *2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (s. 3320-3326). <https://doi.org/10.1109/ITSC.2018.8570013>
- Caparros-Midwood, D., Barr, S. i Dawson, R. (2017). Spatial Optimization of Future Urban Development with Regards to Climate Risk and Sustainability Objectives. *Risk Analysis*, 37(11), 2164-2181. <https://doi.org/10.1111/risa.12777>
- Infobrokerska.pl. (2021). *Desk research w marketingu*. <https://infobrokerska.pl/desk-research-w-marketingu/>
- Janssen, R., Zwijnenberg, H., Blankers, I. i De Kruijff, J. (2015). *Truck Platooning, Driving the Future of Transportation*. TNO. <https://publications.tno.nl/publication/34616035/dLIjFM/janssen-2015-truck.pdf>
- Kiełczewski, D. (2001). *Ekologia społeczna*. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko.
- Krüger, N. i Teuteberg, F. (2018). Truck Platooning: Towards Future Business Models. *Proceedings of Multikonferenz Wirtschaftsinformatik*, 3-9. https://www.researchgate.net/publication/323628804_Truck_Platooning_Towards_Future_Business_Models
- Larson, J., Kammer, C., Liang, K. Y. i Johansson, K. H. (2013). Coordinated Route Optimization for Heavy-duty Vehicle Platoons. W: *16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)* (s. 1196-1202). <https://doi.org/10.1109/ITSC.2013.6728395>
- Laurance, W. F., Goosem, M. i Laurance, S. G. (2009). Impacts of Roads and Linear Clearings on Tropical Forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(12), 659-669. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>
- Litman, T. i Burwell, D. (2006). Issues in Sustainable Transportation. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(4), 331-347. <https://doi.org/10.1504/IJGENVI.2006.010889>
- Motowidlak, U. (2017). Rozwój transportu a paradygmat zrównoważonego rozwoju. *Studia Ekonomiczne*, 337, 138-152.
- Muratori, M., Holden, J., Lammert, M., Duran, A., Young, S. i Gonder, J. (2017). *Potentials for Platooning in U.S. Highway Freight Transport* (NREL/CP-5400-67618). <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67618.pdf>
- Neubauer, M., Schauer, O. i Schildorfer, W. (2020). *A Scenario-based Investigation of Truck Platooning Acceptance*. W: *Advances in Human Factors of Transportation: Proceedings of the AHFE 2019*

- International Conference on Human Factors in Transportation, July 24-28, 2019, Washington DC, USA 10 (s. 453-461). Springer International Publishing.
- Pająk, M. i Cyplik, P. (2020). Truck Platooning in the Context of Sustainable Development's Targets Defined in European Union's Strategies. *LogForum*, 16(2), 311-321. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2020.411>
- Pawłowska, B. (2013). *Zrównoważony rozwój transportu na tle współczesnych procesów społeczno-gospodarczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Przybyłowski, A. (2013). *Inwestycje transportowe jako czynnik zrównoważonego rozwoju regionów w Polsce*. Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni.
- Shladover, S. E., Su, D. i Lu, X. Y. (2012). Impacts of cooperative adaptive cruise control on freeway traffic flow. *Transportation Research Record*, 2324(1), 63-70.
- Shladover, S. E., Lu, X., Yang, S., Ramezani, H., Spring, J., Nowakowski, C. i Nelson, D. (2018). *Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) for Partially Automated Truck Platooning: Final Report*. California Partners for Advanced Transportation Technology, UC Berkeley. <https://escholarship.org/uc/item/260060w4>
- Torabi, S. i Wahde, M. (2018). Fuel-efficient Driving Strategies for Heavy-duty Vehicles: A Platooning Approach Based on Speed Profile Optimization. *Journal of Advanced Transportation*. <https://doi.org/10.1155/2018/4290763>
- Tsugawa, S., Jeschke, S. i Shladover, S. E. (2016). A Review of Truck Platooning Projects for Energy Savings. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 1(1), 68-77. <https://doi.org/10.1109/TIV.2016.2577499>
- Turri, V., Besselink, B. i Johansson, K.H. (2016). Cooperative Look-ahead Control for Fuel-efficient and Safe Heavy-duty Vehicle Platooning. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 25(1), 1-17. <https://doi.org/10.1109/TCST.2016.2542044>
- Valerio, T. (2015). *Fuel-efficient and Safe Heavy-duty Vehicle Platooning Through Look-ahead Control*. Stockholm: KTH Royal Institute of Technology. <http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A852885>
- Wang, M., van Maarseveen, S., Happee, R., Tool, O. i van Arem, B. (2019). Benefits and Risks of Truck Platooning on Freeway Operations Near Entrance Ramp. *Transportation Research Record*, 2673(8), 588-602. <https://doi.org/10.1177/0361198119842821>

Truck Platooning in the Context of Sustainable Development's Targets of Modern Logistics Companies

Abstract: The research problem was formulated in the form of the following question: How can the application of automated driving technology contribute to improving the efficiency of transportation processes and, at the same time, contribute to sustainable development. The purpose of the article is to identify and assess the role played by truck platooning in the process of sustainable development of modern logistics enterprises. The research method of analyzing found data – reports, reports and protocols – was used. The research shows that truck platooning has a limited contribution to sustainability goals. Its potential benefits can be generated only under certain circumstances, which rarely occur in the actual business situation in Europe. Truck platooning, due to its limitations, should not be seen as a target solution for the transportation industry, but as another rung bringing modern companies closer to achieving their business goals in the context of sustainable development.

Keywords: innovations, truck platooning, sustainable development, logistics company