

Michał Tumielewicz

Społeczna Akademia Nauk w Łodzi

Dominik Lemański

Społeczna Akademia Nauk w Łodzi

Rozdział 7

Optymalizacja tras samochodów dostawczych w międzynarodowym transporcie drogowym

Streszczenie. Celem rozdziału było porównanie różnych wariantów trasy międzynarodowej w transporcie drogowym dla pojazdów o dopuszczalnej masie do 3,5 tony, z uwzględnieniem przepisów prawnych, czasu przejazdu, spalania paliwa oraz obsługi punktów pośrednich. Metodyka badawcza oparta została na analizie dwóch tras: bezpośredniej (Łódź – Amsterdam) oraz trasy z punktami pośrednimi (Bydgoszcz, Poznań, Hamburg). Wyniki wskazują, że najbardziej efektywnym rozwiązaniem jest trasa bezpośrednia drogą krótszą oraz wariant z punktami pośrednimi, gdzie pierwszy załadunek odbywa się w Bydgoszczy. Ograniczeniem badania jest przyjęcie danych teoretycznych bez ujęcia zmiennych losowych (np. korków, awarii). Praktyczne implikacje obejmują usprawnienie planowania tras oraz zwiększenie efektywności operacyjnej przewoźników. Wartość pracy polega na dostarczeniu narzędzia analitycznego do optymalizacji przewozów drogowych w skali międzynarodowej, z uwzględnieniem rzeczywistych uwarunkowań prawnych i logistycznych.

Słowa kluczowe: optymalizacja transportu, transport drogowy

Wprowadzenie

Proces planowania logistycznego jest sposobem odpowiedniej regulacji przebiegu oraz koordynowania działań w czasie, a także obejmuje on procedurę oraz środki, przy pomocy których powyższe działania będą przeprowadzone. Działania te są podejmowane dla pozyskania pewności, iż proces ten przebiegał będzie w sposób optymalny, umożliwiając maksymalnie efektywne oraz skuteczne osiągnięcie celów podejmowanego planowania. Planowanie o charakterze logistycznym może być również pojmowane jako proces podejmowania istotnych decyzji, które odnoszą się do procesów oraz zasobów logistycznych, funkcjonowania całościowego systemu logistycznego podmiotu gospodarczego, a także współpracy w ramach konkretnego łańcucha dostaw, zmierzających do osiągnięcia zamierzonego celu logistyki, jaki wynika z celu funkcjonowania przedsiębiorstwa¹.

Przez metodę planowania o charakterze logistycznym rozumie się technikę organizacji oraz reguł postępowania, która jest celowo dobierana do danego przedmiotu, a także w stosunku do zakładanego celu planowania, zmierzającą do podejmowania decyzji o charakterze planistycznym. Metoda ta powinna być stosowana w świadomy oraz precyzyjnie dopasowany sposób, tak do wymagań warunków, jak również obszarów podejmowanego planowania. W obrębie logistyki wyróżnić można liczne obszary związane z planowaniem. Planowanie pojawia się na takich płaszczyznach logistyki, jak między innymi: obsługa klientów, dystrybucja, logistyka produkcyjna, logistyka zaopatrzenia oraz gospodarki materiałowej, magazyny oraz gospodarka magazynowa, transportowanie i spedycja, budowanie zapasów, a także skoordynowanego przepływu materiałów. W związku z tym, wyróżnić można wiele rozmaitych metod planowania. Jako przykłady tych metod można wyróżnić: planowanie dotyczące zaopatrzenia materiałów w procesie zaopatrzenia, planowanie związane z wykorzystywaniem przestrzeni składowej na terenie magazynu, planowanie tras transportowych w zakresie transportu oraz spedycji. W tym przypadku planowane są w tym zakresie zasoby logistyki – plan wykorzystywania urządzeń, budynków czy też środków finansowych, jak również operacje logistyczne. Do wszystkich z powyższych grup przypisywane są pozostałe metody planowania².

Wszystkie metody planowania logistycznego mogą być podzielone na dwie zasadnicze grupy, czyli³:

- planowanie wprzód – mowa tutaj o technice tworzenia planu działań, które polegają na ustalaniu z odbiorcą zamówienia początkowego możliwego do wykonania terminu rozpoczęcia całego toku, wszystkich operacji,

1 W. Rydzkowski, K. Wojewódzka-Król (1997), *Transport*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 47.

2 B. Liberadzki, L. Mindur (2006), *Uwarunkowania rozwoju systemu transportowego Polski*, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Warszawa, s. 517.

3 B. Śliwczyński (2007), *Planowanie logistyczne*, Biblioteka Logistyka, Poznań, s. 14–16.

które składają się na realizację konkretnego zamówienia. Poprzez sukcesywne obliczenie terminów rozpoczęcia oraz zakończenia następujących po sobie operacji, wylicza się czas finalizacji zamówienia danego klienta. Skonkretyzowany termin zakończenia realizacji danego zamówienia jest prezentowany jako propozycja do zaakceptowania przez klientów. Nazwa opisywanej metody wynika z dokonania obliczeń „wprzód” terminu zakończenia danego zamówienia.

- planowanie wstecz – dotyczy to techniki stworzenia planu działań, które polegają na uzgodnieniu z odbiorcą terminu końcowego zakończenia całego toku; wszelkiego rodzaju operacji, które składają się na realizację danego zamówienia. W wyniku sukcesywnego obliczania wstecz terminów zakończenia oraz rozpoczęcia następujących po sobie operacji, pojawia się możliwość wyznaczania czasu koniecznego na rozpoczęcie zamówienia klienta. Obliczony w taki sposób termin rozpoczęcia realizacji zamówienia przedstawiany jest jako jedna z głównych możliwości dla zaakceptowania przez klientów. Nazwa tej metody wynika z podejmowania obliczania „wstecz” terminu, w którym ma rozpocząć się realizacja danego zamówienia.

Decyzje dotyczące wyboru terminów rozpoczęcia albo zakończenia realizowania zamówienia podejmowane są przez klientów. Już po wprowadzeniu ich do wykorzystywanego systemu planowania pojawia się możliwość przeliczania terminu najwcześniejszego zakończenia albo najpóźniejszego rozpoczęcia konkretnych operacji, biorąc pod uwagę: dostępność posiadanych zapasów, poziom możliwego obciążenia zarówno ludzi, jak również maszyn oraz urządzeń. Poprzez zastosowanie w procesie planowania licznych przedstawionych wyżej metod obliczeniowych, pojawia się możliwość wykrywania braku sposobności realizowania planu w oczekiwanym czasie (pojawia się tutaj tak zwane „wąskie gardło”). Poza tym, zasygnalizowane są również czasy efektywne podejmowanych operacji⁴.

Poszczególne metody planowania w szeroko rozumianej logistyce są stosowane, aby osiągnąć następujące cele⁵:

- utrzymanie optymalnych poziomów zapasów w przedsiębiorstwie,
- precyzyjne zdefiniowanie czasów dostaw surowców oraz półproduktów, które są otrzymywane od poszczególnych podwykonawców,
- zdefiniowanie określonych czasów związanych z realizowaniem produktów końcowych dla odbiorców,
- szczegółowe wyznaczenia kosztów działań o charakterze logistycznym, takich jak między innymi koszty operacji związanych z zaopatrzeniem, czy też koszty dostaw wyrobów końcowych do ostatecznych odbiorców,

4 M. Stajniak (2007), *Transport i spedycja. Podręcznik do kształcenia w zawodzie technik logistyk*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, s. 17.

5 C. Skowronek, Z. Sarjusz-Wolski (2012), *Logistyka w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa, s. 122–135.

- bardziej efektywne i skuteczne zagospodarowanie zasobów ludzkich, posiadanych środków finansowych, pracy wykorzystywanych maszyn, urządzeń produkcyjnych, magazynów, a także floty transportowej,
- przyspieszone reagowanie na zmiany, które zachodzą w otoczeniu danego podmiotu gospodarczego, dzięki możliwości odpowiednio szybkiej reorganizacji oraz wprowadzenia zmian w ramach ciągu operacji zamówienia,
- możliwość kontrolowania realizacji konkretnych operacji, a w związku z tym, poszczególnych etapów realizowania zamówień odbiorców.

Proces planowania transportu złożony jest z dwóch stopni. Pierwszy z tych stopni odnosi się przede wszystkim do bazowej zdolności o charakterze przewozowym, a zatem do wielkości zdolności przewozowej oraz przebiegu linii dla opierającej się na rozkładzie jazdy komunikacji liniowej. Zgodnie z literaturą przedmiotu, „średnia dzienna wartość strumienia towarów z i do zaplanowanego bloku terminalowego określa wielkość zdolności przewozowej i przebieg linii dla przewozów dalekobieżnych z i do danego regionu do i z pozostałych rejonów przewozowych. Główną zasadą w planowaniu jest fakt, że przewozy liniowe muszą się głównie odbywać między dwoma regionami wchodzącymi w skład większego bloku terminalowego. Z kolei druga zasada uzupełniająca, która jest rzadziej stosowana oznacza, iż wprowadzana jest ograniczona ilość dni z przejazdami między regionami lub blokami. Wynikiem planowania są plany liniowe dla wszystkich rejonów przewozowych wchodzących w skład planowanego bloku terminalowego. Plany te precyzują dni rozładunku i ilość zestawów transportowych”⁶.

Drugi ze stopni planowania odwołuje się zaś do dodatkowej zdolności przewozowej dla potencjalnych zatorów w przepływie towarów. Podstawę dla kalkulacji stanowią w powyższym przypadku dzienne wahania strumienia towarów, które przemieszczają się do oraz z planowanego bloku transportowego, wraz z rozpoznaną bazową zdolnością o charakterze przewozowym. Przy stosunkowo dużych wahaniami strumienia wykorzystuje się dość niską bazową zdolność, zaś przy stabilnym strumieniu – wyższą dodatkową zdolność o charakterze przewozowym w konkretnym bloku terminalowym. Efektem procesu planowania drugiego stopnia jest plan, który będzie obrazował wielkość dodatkowej zdolności o charakterze przewozowym, a w związku z tym, ilość dodatkowych pojazdów, jakimi przedsiębiorstwo ma dysponować w sytuacji zaistnienia ewentualnych zatorów⁷.

Przemieszczenie towarów i osób może być wykonywane przy użyciu różnych gałęzi transportowych. Należy zwrócić uwagę że udział transportu drogowego w przewozie towarów ostatnimi laty wzrasta. Automatycznie zwiększa to liczbę samochodów ciężarowych, przez co rośnie natężenie ruchu na drogach europejskich.

6 M. Jacyna (2009), *Wybrane zagadnienia modelowania systemów transportowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s. 59.

7 B. Ambrożkiewicz, K. Przystupa, B. Nawłatyna (2018), *Czas pracy kierowcy samochodu ciężarowego: teoria, a praktyka*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe”, t. 19 (12), s. 855–858.

Źle wpływa to na komfort jazdy ludzi i obniża poziom bezpieczeństwa na drogach⁸. Transport samochodowy jest drugą co do wielkości gałęzią transportu pod względem ilości przewożonej masy towarowej w transporcie międzynarodowym. Strefę zastosowania transportu samochodowego wyznaczają obszary kontynentów. Ze względu jednak na czynniki ekonomiczne i organizacyjne najbardziej charakterystyczne dla tej gałęzi transportu są przewozy na bliskie i średnie odległości. Transport samochodowy, zdaniem T. Szczepaniaka, swą popularność zawdzięcza następującym czynnikom: przestrzennemu rozmieszczeniu dróg, charakteryzującemu się największą spośród wszystkich gałęzi gęstością i spójnością, najkorzystniejszym dostosowaniem sieci dróg do rozmieszczenia produkcji i osadnictwa, przystosowaniem środków transportu do przewozu niemal wszystkich rodzajów ładunków, przy czym domeną transportu samochodowego są ładunki drobnicowe o stosunkowo wysokiej wartości jednostkowej, dobrym właściwościami związanym z czasem trwania transportu, a zwłaszcza znacznej szybkości eksploatacyjnej, najkorzystniejszej dostępności środków przewozowych w czasie, dużej częstotliwości jazd, możliwości korzystania z najdogodniejszych tras przewozu, dlatego też transport samochodowy jest szczególnie przydatny do przewozu ładunków wymagających szybkiej dostawy, największej możliwości wykonywania przewozów w relacji dom – dom bez czasochłonnych, pośrednich operacji przeładunkowych⁹.

Cel i metodyka badań

W ramach prowadzonej analizy empirycznej zaplanowano szczegółowe opracowanie trasy międzynarodowej realizowanej w transporcie drogowym z wykorzystaniem pojazdu o dopuszczalnej masie całkowitej (DMC) nieprzekraczającej 3,5 tony. Celem badania jest ocena efektywności logistycznej na podstawie wybranych wariantów przejazdu, z uwzględnieniem czynników operacyjnych, prawnych oraz technicznych. Trasa została zaplanowana z punktu początkowego w Łodzi do punktu docelowego w Amsterdamie, przy uwzględnieniu trzech lokalizacji pośrednich: Bydgoszczy, Poznania oraz Hamburga.

Szczegółowe dane adresowe punktów geograficznych istotnych dla badania przedstawiają się następująco:

- punkt wyjazdu – Łódź, ul. Żeligowskiego 35/37;
- punkt pośredni 1 – Bydgoszcz, ul. Magazynowa 11;
- punkt pośredni 2 – Poznań, ul. Księcia Mieszka I 1;
- punkt pośredni 3 – Hamburg, ul. Billbrookdeich 32;
- punkt docelowy – Amsterdam, ul. Sixhavenweg 15, 1021 (port morski).

Dla przeprowadzenia analizy przygotowano dwa warianty trasy, których efektywność zostanie porównana na podstawie długości trasy, czasu przejazdu oraz zużycia paliwa.

8 M. Fertsch, T. Janiak (2006), *Słownik terminologii logistycznej*, ILiM, Poznań, s. 198.

9 T. Szczepaniak (2002), *Transport i spedycja w handlu zagranicznym*, PWE, Warszawa, s. 116.

Warto zaznaczyć, że zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa od dnia 1 stycznia 2023 r. kierowcy realizujący komercyjny transport międzynarodowy pojazdami o DMC do 3,5 tony zobowiązani są do posiadania licencji wspólnotowej. Jednocześnie, jeżeli pojazd ten nie jest połączony z przyczepą, nie istnieje obowiązek rejestrowania przejazdów za pomocą tachografu cyfrowego. W analizowanym przypadku, przewóz będzie realizowany jednym pojazdem, obsługiwanym przez jednego kierowcę, co wymaga przestrzegania przepisów dotyczących czasu pracy. Jeżeli kierowca wykonuje swoje obowiązki przez co najmniej sześć godzin w ciągu doby, należy zapewnić mu piętnastominutową przerwę, która jest wliczana do czasu pracy. Dodatkowo, każdego dnia kierowca musi mieć zapewniony nieprzerwany odpoczynek trwający co najmniej jedenaście godzin. Taki odpoczynek może odbywać się w pojeździe, pod warunkiem, że jest on wyposażony w miejsce do spania.

W niniejszym badaniu wykorzystano samochód dostawczy marki Peugeot Boxer III 2.2 HDI (150 KM, 110 kW), trzeciej generacji, wyprodukowany w 2021 r. Pojazd ten spełnia normę emisji spalin Euro 6d-TEMP i charakteryzuje się dopuszczalną masą całkowitą wynoszącą 3 500 kg oraz średnim zużyciem paliwa na poziomie około 8,5 litra na 100 kilometrów w cyklu mieszanym. Pojemność zbiornika paliwa wynosi 90 litrów, co pozwala na pokonanie znacznego odcinka bez konieczności tankowania. Przestrzeń ładunkowa ma długość 3700 mm, szerokość 1870 mm oraz wysokość 1930 mm. Pojazd wyposażony jest w miejsce do spania, co umożliwia realizację obowiązkowych przerw zgodnie z przepisami prawa pracy. Szczegółowe dane techniczne pojazdu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane techniczne pojazdu

Parametr techniczny	Wartość
Model	Peugeot Boxer III
Silnik	2.2 HDI, 4-cylindrowy turbodiesel
Moc silnika	150 KM (110 kW)
Skrzynia biegów	Manualna, 6-biegowa
Rok produkcji	2021
Dopuszczalna masa całkowita (DMC)	3 500 kg
Ładowność techniczna	ok. 1 400 kg
Średnie zużycie paliwa (cykl mieszanym)	ok. 8,5 l/100 km
Pojemność zbiornika paliwa	90 litrów
Norma emisji spalin	Euro 6d-TEMP
Wymiary przestrzeni ładunkowej	dł. 3700 mm, szer. 1870 mm, wys. 1930 mm
Miejsce do spania	Tak (przystosowana kabina kierowcy)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych technicznych producenta.

Przyjęto, że kierowca rozpoczyna przejazd z Łodzi w poniedziałek o godzinie 00:00. Pojazd jest w pełni zatankowany, uprzednio załadowany, a cała dokumentacja przewozowa znajduje się w kabinie. Przyjęto również, że w punktach pośrednich kierowca nie będzie oczekiwał na obsługę – zostanie natychmiast obsłużony przez pracowników magazynowych. W Bydgoszczy czas obsługi (załadunek i odbiór dokumentacji) wynosi 1 godzinę, w Poznaniu – 45 minut, natomiast w Hamburgu – 1 godzinę.

Ostateczny wybór wariantu trasy zostanie dokonany na podstawie analizy czasu przejazdu, długości trasy, zużycia paliwa oraz możliwych kosztów związanych z opłatami drogowymi. Uwzględnione zostaną również kwestie organizacyjne i operacyjne wynikające z przepisów prawa transportowego obowiązującego na terytorium Unii Europejskiej.

Wyniki badań

W niniejszej części opracowania przedstawiono analizę proponowanych wariantów przejazdu trasy międzynarodowej pomiędzy Łodzią a Amsterdamem z uwzględnieniem uwarunkowań czasowych, logistycznych oraz przepisów dotyczących czasu pracy kierowców w transporcie drogowym pojazdami o dopuszczalnej masie całkowitej (DMC) do 3,5 tony.

Wariant I – trasa bezpośrednia: ŁÓDŹ – Amsterdam

W przypadku trasy bezpośredniej możliwe są dwa główne warianty przejazdu. Dla pierwszego z nich (droga 1) długość trasy wynosi 1097 km, a teoretyczny czas przejazdu – bez uwzględnienia postojów – to 12 godzin i 16 minut. Drugi wariant (droga 2) zakłada długość 1219 km i czas przejazdu wynoszący 12 godzin i 46 minut. Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa pracy, kierowca jest zobowiązany do odbycia przerwy trwającej co najmniej 15 minut po każdych 6 godzinach pracy. Ponieważ czas przejazdu dla obu wariantów przekracza 12 godzin, wymagane są co najmniej dwie takie przerwy.

W przypadku wariantu drogi 1 struktura czasu pracy i odpoczynku kierowcy przedstawia się następująco: 6 godzin jazdy, 15 minut przerwy, kolejne 6 godzin jazdy, ponownie 15 minut przerwy, a następnie 16 minut jazdy kończące przejazd. Taki układ nie przekracza 13 godzin dopuszczalnej aktywności w ciągu doby roboczej. Dla wariantu drogi 2, przy dłuższym czasie przejazdu, konieczne staje się dodatkowe uwzględnienie okresu dziennego odpoczynku. Proponowana struktura obejmuje: 6 godzin jazdy, 15 minut przerwy, kolejne 6 godzin jazdy, następnie 15 minut przerwy, 30 minut jazdy oraz obowiązkową 11-godzinną przerwę odpoczynkową, po której następuje ostatni odcinek przejazdu trwający 16 minut.

Warto zaznaczyć, że obie trasy możliwe są do zrealizowania bez konieczności dodatkowego tankowania pojazdu, ze względu na pojemność zbiornika paliwa wynoszącą 90 litrów oraz szacowane średnie zużycie paliwa na poziomie 8,5 l/100 km.

Wariant II – trasa z punktami pośrednimi: Łódź – Bydgoszcz – Poznań – Hamburg – Amsterdam

Drugi analizowany wariant zakłada realizację przewozu z uwzględnieniem trzech punktów pośrednich: Bydgoszczy, Poznania oraz Hamburga. Na wstępnym etapie konieczne jest określenie optymalnej kolejności obsługi punktów pośrednich. Rozważono dwa możliwe scenariusze: (1) pierwszy punkt pośredni – Bydgoszcz, następnie Poznań i Hamburg; (2) pierwszy punkt pośredni – Poznań, następnie Bydgoszcz i Hamburg.

W przypadku pierwszego scenariusza długość trasy wynosi 1415 km, a szacowany czas przejazdu – bez uwzględnienia postojów – to 15 godzin i 18 minut. Dla drugiego wariantu długość trasy wzrasta do 1539 km, a czas przejazdu wynosi 16 godzin i 26 minut. W drugim przypadku dodatkowe wydłużenie trasy wynika z konieczności powrotnego pokonania odcinka pomiędzy Poznaniem a Bydgoszczą.

Dla każdego z wariantów przeanalizowano również szczegółowo odcinki czasowe, obejmujące zarówno przejazdy, jak i czasy operacyjne (załadunki), które przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Szczegółowe odcinki czasowe i operacyjne dla wariantów trasy z punktami pośrednimi

Wariant II z pierwszym punktem w Bydgoszczy	Wariant II z pierwszym punktem w Poznaniu
Łódź – Bydgoszcz: 2 godz. 27 min	Łódź – Poznań: 2 godz. 21 min
Załadunek w Bydgoszczy: 1 godz.	Załadunek w Poznaniu: 45 min
Bydgoszcz – Poznań: 1 godz. 51 min	Poznań – Bydgoszcz: 1 godz. 51 min
Załadunek w Poznaniu: 45 min	Załadunek w Bydgoszczy: 1 godz.
Poznań – Hamburg: 5 godz. 31 min	Bydgoszcz – Hamburg: 7 godz. 12 min
Załadunek w Hamburgu: 1 godz.	Załadunek w Hamburgu: 1 godz.
Hamburg – Amsterdam: 4 godz. 39 min	Hamburg – Amsterdam: 4 godz. 39 min

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników analizy.

W obu wariantach uwzględniono wymagane przerwy kierowcy zgodnie z przepisami o czasie pracy. Przyjęto założenie, że przynajmniej część obowiązkowych przerw na odpoczynek może być realizowana podczas postojów załadunkowych.

Łączny czas przejazdu z uwzględnieniem przerw w wariacie z pierwszym punktem w Bydgoszczy wynosi 1708 minut, czyli 28 godzin i 28 minut. Dla wariantu z pierwszym punktem w Poznaniu, całkowity czas przejazdu wynosi 1767 minut, co odpowiada 29 godzinom i 27 minutom.

Wybór optymalnej trasy

Analiza przedstawionych wariantów przejazdu wskazuje na zasadność przyjęcia kryterium czasu całkowitego jako podstawowego czynnika decyzyjnego. W przypadku trasy bezpośredniej, bardziej optymalnym rozwiązaniem jest wariant drogi 1, którego realizacja mieści się w dobowym limicie pracy kierowcy, bez konieczności wydłużonego odpoczynku. W przypadku trasy z punktami pośrednimi, za korzystniejsze uznano rozwiązanie, w którym pierwszym punktem załadunku jest Bydgoszcz. Wariant ten jest krótszy zarówno pod względem dystansu, jak i czasu przejazdu, co przekłada się na wyższą efektywność logistyczną całej operacji przewozowej.

Podsumowanie

Podsumowując przeprowadzoną analizę, należy wskazać na szereg istotnych wniosków oraz spostrzeżeń wynikających z rozważań teoretycznych i empirycznych. Planowanie międzynarodowego transportu drogowego ładunków uzależnione jest od wielu czynników, takich jak typ pojazdu, jego ładowność, charakter przewożonego towaru czy obowiązujące przepisy prawa, w szczególności regulacje dotyczące czasu pracy kierowcy. W kontekście działalności firm transportowych, zarówno na rynku krajowym, jak i międzynarodowym, kluczową kwestią staje się minimalizacja kosztów operacyjnych. Dążenie do osiągnięcia maksymalnej efektywności finansowej sprawia, że trasy przejazdu planowane są w sposób mający na celu ograniczenie zbędnych wydatków.

Należy podkreślić, że niewłaściwie zaplanowana trasa przewozu nie tylko generuje wyższe koszty eksploatacyjne, lecz także zwiększa ryzyko wystąpienia niebezpiecznych sytuacji drogowych. Może to prowadzić do zagrożenia zarówno dla przewożonego ładunku, jak i uczestników ruchu drogowego. W dobie rozwoju technologicznego osoby odpowiedzialne za planowanie tras wyposażone są w różnorodne narzędzia informatyczne, które znacząco usprawniają ten proces. Szczególne znaczenie mają one w przypadku pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 tony, choć oczywiście wykorzystywane są także w transporcie cięższym.

Analiza przeprowadzona w niniejszym opracowaniu miała charakter zarówno teoretyczny, jak i empiryczny, co pozwoliło na uchwycenie wielowymiarowości zagadnienia. Wskazane zostały różnice wynikające z rodzaju pojazdu, którym realizowany jest przewóz. W przypadku analizowanych pojazdów o masie całkowitej

do 3,5 tony należy zauważyć, że nie podlegają one obowiązkowi stosowania tachografów – choć należy spodziewać się w tym zakresie zmian legislacyjnych. Odmienne natomiast kształtują się wymogi dotyczące czasu pracy kierowców, które także muszą być odpowiednio uwzględnione w procesie planowania.

Znaczenie ma również charakter przewożonego ładunku. Przewóz materiałów niebezpiecznych wiąże się z koniecznością spełnienia dodatkowych, rygorystycznych norm, które różnią się w zależności od kraju. Przykład pandemii Covid-19 jednoznacznie pokazał, jak zróżnicowane mogą być przepisy w poszczególnych państwach – m.in. w zakresie kwarantanny czy obowiązku szczepień. W przypadku transportu międzynarodowego szczególnie ważne jest więc uwzględnianie przepisów prawa obowiązujących w kraju docelowym i tranzytowym.

Planowanie tras przejazdu w transporcie drogowym, zwłaszcza o charakterze międzynarodowym, stanowi proces złożony, w którym należy brać pod uwagę zarówno aspekt operacyjny, jak i kosztowy. Efektywne zarządzanie trasą przejazdu pozwala minimalizować koszty paliwa, opłaty drogowe oraz efektywnie wykorzystywać czas pracy kierowców. Ma to kluczowe znaczenie w kontekście konkurencyjności rynku transportowego w Polsce, gdzie rentowność przedsiębiorstw uzależniona jest bezpośrednio od skuteczności planowania operacyjnego.

Należy także zaakcentować, że bezpieczeństwo stanowi równie istotny aspekt. Nieprawidłowo zaplanowana trasa może prowadzić do nadmiernego obciążenia kierowcy, zwiększając ryzyko wypadku. Zmęczenie wynikające z długotrwałej jazdy przekłada się na obniżenie koncentracji oraz refleksu, co ma bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo przewozu. W związku z powyższym, osoby odpowiedzialne za planowanie tras przejazdu ponoszą istotną odpowiedzialność za skuteczność, ekonomiczność i bezpieczeństwo realizowanych przewozów.

Bibliografia

- Ambrożkiewicz B., Przystupa K., Nawłatyna B. (2018), *Czas pracy kierowcy samochodu ciężarowego: teoria, a praktyka*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe”, t. 19 (12).
- Fertsch M., Janiak T. (2006), *Słownik terminologii logistycznej*, ILiM, Poznań.
- Jacyna M. (2009), *Wybrane zagadnienia modelowania systemów transportowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Liberadzki B., Mindur L. (2006), *Uwarunkowania rozwoju systemu transportowego Polski*, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Warszawa.
- Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K. (1997), *Transport*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Skowronek C., Sarjusz-Wolski Z. (2012), *Logistyka w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa.
- Stajniak M. (2007), *Transport i spedycja. Podręcznik do kształcenia w zawodzie technik logistyk*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
- Szczepaniak T. (2002), *Transport i spedycja w handlu zagranicznym*, PWE, Warszawa.

Śliwczyński B. (2007), *Planowanie logistyczne*, Biblioteka Logistyka, Poznań.

Topolski M. (2016), *Planowanie optymalnej trasy przejazdu transportu samochodowego z wykorzystaniem miękkich metod obliczeniowych*, „Autobusy”, nr 6.