Joanna Archutowska

TRANSPORT

Elementy i uwarunkowania mobilności

2026



© 2026 Joanna Archutowska

Just Moving Around

Joanna Archutowska

TRANSPORT

Elementy i uwarunkowania mobilności

2026

Spis treści

Wprowadzenie 1

Gałęzie transportu, środki transportu i rodzaje transportu 2

Transport drogowy ... 3

Transport kolejowy ... 5

Transport lotniczy ... 7

Transport morski (żegluga morska) ... 9

Transport wodny śródlądowy (żegluga śródlądowa) ... 11

Transport przesyłowy ... 13

Transport multimodalny ... 13

Pytania kontrolne i Powtórz pojęcia ... 17

Drzwi-drzwi z Polski do Andaluzji ... 18

Transport na budowę – jak dowieźć pracowników? ... 20

Rodzaje ładunków i jednostki transportowe w transporcie towarowym 21

Rodzaje ładunków ... 21

Jednostki transportowe ... 24

Podatność ładunków na przewóz ... 30

Pytania kontrolne i Powtórz pojęcia ... 39

Zboże w trzech opakowaniach ... 40

Ładunek w temperaturze kontrolowanej – owoce morza w handlu wewnątrzeuropejskim ... 42

Pasażerowie, ich potrzeby, ograniczenia i preferencje 44

Motywacje podróży i ograniczenia transportowe ... 44

Przesłanki wyborów transportowych ... 47

Transport publiczny czy transport indywidualny? 50
Alternatywne sposoby przemieszczania się 55
Pytania kontrolne i Powtórz pojęcia 57
Wybór opcji transportu zgodnie z własnymi preferencjami 58
Dojazd do pracy w szczycie komunikacyjnym 59
Wykluczenie transportowe 61

Ekonomika i organizacja infrastruktury transportu **63**
Czym jest infrastruktura transportu 63
Infrastruktura poszczególnych gałęzi transportu 65
Państwo a infrastruktura transportu 70
Proces inwestycyjny 74
Pytania kontrolne i Powtórz pojęcia 77
Terminal intermodalny działa, ale traci rynek przez konflikt sieciowy po uruchomieniu 78
Droga po latach zaniedbań – remont generalny czy modernizacja 80

Nowe technologie w transporcie **82**
Analityka, monitorowanie i sterowanie procesami transportowymi 82
Automatyzacja i autonomizacja działalności operacyjnej 89
Autonomizacja w transporcie drogowym 95
Pytania kontrolne i Powtórz pojęcia 99
Przełożenie operacji ręcznie sterowanych na sterowane cyfrowo 100
ITS i priorytet transportu publicznego – autobus jedzie, pasażer nie zdąża 102

Podsumowanie **104**

Słownik pojęć **105**

Wprowadzenie

Efektywny transport jest jednym z podstawowych warunków funkcjonowania współczesnych społeczeństw i gospodarki. Umożliwia codzienną mobilność ludzi, ich dostęp do pracy, edukacji i usług oraz wymianę handlową. Bez transportu nie byłaby też możliwa wymiana handlowa i obsługa łańcuchów logistycznych. System transportowy jest jednocześnie systemem złożonym, w którym decyzje podejmowane przez użytkowników, operatorów transportu i instytucje publiczne są silnie uzależnione od uwarunkowań technicznych, organizacyjnych, przestrzennych i ekonomicznych systemu transportowego.

Celem tej części podręcznika jest zbudowanie wspólnej ramy pojęciowej dla bardziej szczegółowych rozważań o transporcie. Przedstawiono tuj podstawowe elementy systemu transportowego, podstawowe zasady funkcjonowania poszczególnych gałęzi transportu, a także czynniki wpływające na wybory transportowe właścicieli ładunków i pasażerów. Omówiono też rolę infrastruktury jako warunku mobilności oraz znaczenie nowoczesnych technologii w planowaniu, organizacji i realizacji procesów transportowych.

Zebrane w tej części zagadnienia pozwalają spojrzeć na transport nie jako zbiór odrębnych elementów, lecz jako spójny system, w którym mobilność jest wynikiem interakcji popytu, podaży, środków transportu oraz infrastruktury i technologii.

Podręcznik skierowany jest do studentów uczelni ekonomicznych. Wiele pojęć technicznych zostało w nim uproszczonych. Jednak pojawiły się one w podręczniku po to, aby zobrazować na czym polegają procesy transportowe i logistyczne w praktyce, zanim poruszone zostaną kwestie związane z rachunkiem ekonomicznym i zarządzaniem. Kolejne części podręcznika poświęcona będą specyfice funkcjonowania poszczególnych gałęzi transportu, przewozom multimodalnym w transporcie towarowymi pasażerskim oraz szeroko pojętej analityce transportu.

01

Gałęzie transportu, środki transportu i rodzaje transportu

Transport odgrywa kluczową rolę w codziennym życiu, umożliwiając przemieszczanie się ludzi oraz przewóz towarów na różnych dystansach. Pojęcia związane z transportem, takie jak środki transportu, gałęzie czy rodzaje transportu, są nam znane od najmłodszych lat, ale ich właściwe zrozumienie i usystematyzowanie bywa wyzwaniem. W tym rozdziale przedstawiono podstawowe pojęcia i różnice między środkami transportu, gałęziami oraz rodzajami transportu.

Przedstawiono poszczególne gałęzie transportu:

- Transport drogowy
- Transport kolejowy
- Transport lotniczy
- Żeglugę morską
- Żeglugę śródlądową
- Transport przesyłowy

skupiając się na specyfice każdej z nich. W ramach każdej gałęzi, przedstawiono środki transportu wykorzystywane w przewozie pasażerów i towarów. Dodatkowo omówiono różne rodzaje transportu, takie jak transport indywidualny i publiczny, pasażerski i towarowy, oraz omówiono transport multimodalny jako sposób organizacji przewozu z wykorzystaniem więcej niż jednej gałęzi transportu.

Kiedy mówimy o tym, że podróżowaliśmy samochodem, pociągiem czy samolotem, odnosimy się do środków transportu. Gdy jednak powiemy, że podróżując, możemy skorzystać z transportu drogowego, kolejowego lub lotniczego (a więc nie wskazując na konkretny środek transportu), odnosimy się do gałęzi transportu. Jeśli natomiast mówiąc o podróży, nawiązujemy do podróży transpor-

tem publicznym (zbiorowym) lub transportem indywidualnym[1], wskazujemy na rodzaj transportu. O rodzajach transportu mówimy także, gdy rozróżniamy transport towarowy i transport pasażerski lub transport krótkodystansowy i długodystansowy (dalekobieżny).

Transport drogowy

W transporcie pasażerskim transport drogowy realizowany jest za pomocą takich środków transportu jak samochody osobowe, busy, autobusy, trolejbusy oraz autokary. Pomijając klasyfikację pojazdów drogowych do celów podatkowych, a koncentrując się na cechach użytkowych pojazdów, samochód osobowy to pojazd, którym może podróżować do 9 osób, wliczając kierowcę. Większa liczba pasażerów zmieści się w busie, autobusie lub autokarze.

Bus i autokar to środki transportu pasażerskiego, które zazwyczaj posiadają tylko miejsca siedzące i są przeznaczone do podróży długodystansowych. Bus może pomieścić od 10 do 15, a nawet więcej osób oraz ich bagaż. Autokar jest większy od busa i może pomieścić nawet 50-60 osób. Posiada duży luk bagażowy oraz inne udogodnienia, takie jak toaleta, a nawet telewizory czy bar na pokładzie. W autobusie i trolejbusie natomiast znajdują się zarówno miejsca siedzące, jak i stojące. Autobusy i trolejbusy są przeznaczone do podróży krótkodystansowych, w tym transportu miejskiego i aglomeracyjnego[2].

W transporcie towarowym transport drogowy realizowany jest przy użyciu pojazdów dostawczych, pojazdów ciężarowych jednoczłonowych oraz pojazdów ciężarowych wieloczłonowych. Charakteryzują się one różną ładownością.

Samochód dostawczy to lekki pojazd przeznaczony do przewozu ładunków o dopuszczalnej masie całkowitej (DMC)[3] do 3,5 tony. Ponieważ masa całkowita pojazdu uwzględnia zarówno masę własną pojazdu (tzw. tarę[4]), jak i masę ładunku, można przyjąć, że w pojeździe dostawczym przewieziemy od 1 do 1,5 tony ładunku.

Pojazd ciężarowy jednoczłonowy to pojazd, w którym kabina kierowcy oraz ładownia stanowią nierozłączny zestaw. Najprostszy pojazd ciężarowy wieloczłonowy to zestaw składający się z ciągnika siodłowego (część pojazdu, w której mieści się kabina kierowcy i napęd) i naczepy (część ładunkowa pojazdu). Po drogach mogą poruszać się również zestawy drogowe, w których do pojazdu ciężarowego jedno-lub wieloczłonowego dołączono przyczepę. Dopuszczalne wymiary i masy sa-

[1]Transport publiczny to system transportu dostępny dla ogółu społeczeństwa. Jest on organizowany przez instytucje publiczne i bardzo często przez nie dofinansowywany. Środkami transportu publicznego są autobusy, trolejbusy, tramwaje, metro oraz pociągi pasażerskie. Choć podróże samolotami i statkami pasażerskimi mają również charakter transportu dostępnego dla ogółu społeczeństwa, z różnych przyczyn nie są klasyfikowane jako transport publiczny, jednak są rodzajem transportu zbiorowego. Transport indywidualny to podróże podejmowane samochodami osobowymi na własny użytek.

[2]Transport aglomeracyjny odnosi się do komunikacji miejskiej i podmiejskiej, obsługującej duże miasta i przyległe tereny.

[3]Dopuszczalna masa całkowita (DMC) to maksymalna masa, jaką pojazd może osiągnąć w pełnym załadunku, zgodnie z normami prawnymi.

[4]Tara to masa pojazdu gotowego do jazdy, ale bez ładunku i bez pasażerów. Tara obejmuje masę samego pojazdu wraz z wszystkimi elementami wyposażenia standardowego oraz materiałami eksploatacyjnymi, takimi jak oleje, płyny i paliwo.

mochodów ciężarowych są regulowane przez przepisy prawa w poszczególnych krajach[5]. Pamiętać, należy, że faktyczna masa ładunku znajdująca się w pojeździe niekoniecznie sięga jego maksymalnej ładowności. Drugim ograniczeniem jest objętość ładunku. Ponadto, nie zawsze musimy mieć do czynienia z ładunkiem całopojazdowym (czyli takim, który wypełnia całą przestrzeń ładunkową pojazdu).

Pojazd ciężarowy jednoczłonowy oraz dwuczłonowy składający się z ciągnika siodłowego i naczepy



Transport drogowy jest najbardziej elastyczną gałęzią transportu. Dociera wszędzie. Dotyczy to zarówno przewozów towarowych, jak i pasażerskich.

Jeśli przewozimy ładunek inną gałęzią transportu, to przewóz na tzw. pierwszej i ostatniej mili[6] będzie i tak wykonany transportem drogowym. Wyjątkiem będzie, na przykład, sytuacja, kiedy ładunek jest przewożony koleją, a na terenie danego zakładu produkcyjnego – nadawcy, bądź odbiorcy ładunku – znajduje się bocznica kolejowa, czyli tor kolejowy lub układ torowy odgałęziony od linii głównej, służący do obsługi ładunków i manewrów.

Transport drogowy wybierany jest, gdy potrzebna jest szybka i elastyczna dostawa ”od drzwi do drzwi”[7] na krótkich lub średnich dystansach. Transport drogowy dominuje również w przewozach długodystansowych. Mimo, że im dłuższa trasa i większy potok ładunków, tańszym rozwiązaniem może być transport kolejowy, transport drogowy jest, zwłaszcza w przypadku ładunków niemaso-

[5] W Europie kontynentalnej standardowe maksymalne limity długości i masy dla zestawów drogowych to zazwyczaj 18,75 metra dla długości i 40-44 tony dla masy całkowitej. W krajach skandynawskich, takich jak Szwecja i Finlandia, dopuszcza się większe ciężarówki niż w większości krajów Europy kontynentalnej. Maksymalna dopuszczalna długość zestawów drogowych (ciągnik siodłowy z naczepą) może wynosić do 25,25 metra, a maksymalna masa całkowita to 60 ton. W niektórych przypadkach, na wybranych trasach w Finlandii, dopuszczalne są nawet ciężarówki o masie do 76 ton i długości do 34,5 metra.

[6] Pierwsza mila odnosi się do początkowego etapu w łańcuchu dostaw, który obejmuje transport towarów od miejsca ich nadania, takiego jak magazyn, fabryka czy centrum dystrybucyjne, do najbliższego punktu przeładunkowego, gdzie ładunek zostanie przeładowany na środek transportu, który przewiezie go na głównej trasie przewozu (zasadniczej drodze przewozu). Ostatnia mila to końcowy etap w łańcuchu dostaw, który obejmuje dostarczenie towarów z lokalnego punktu przeładunkowego bezpośrednio do odbiorcy końcowego – klienta indywidualnego lub magazynu, fabryki czy centrum dystrybucyjne. Pierwsza i ostatnia mila to najbardziej kosztowny i czasochłonny etap podróży.

[7] „Od drzwi do drzwi” czyli od pierwszego miejsca nadania ładunku, do ostatecznego miejsca odbioru ładunku.

wych, bardziej konkurencyjny w percepcji załadowców niż transport kolejowy. Chodzi tu zarówno o konkurencyjność pod względem prędkości handlowej przewozu[8], jak i jego niezawodności.

W transporcie pasażerskim nawet tam, gdzie funkcjonuje publiczna komunikacja szynowa (kolej miejska, metro lub tramwaj) i dla części osób może ona zastąpić dojazd drogowy, zasięg tej sieci jest ograniczony. I tu również więc przejazd na pierwszej i ostatniej mili najczęściej realizowany jest transportem drogowym. Ponadto, jeśli decydujemy się na transport indywidualny, a nie na transport publiczny, prawie zawsze podróż odbędziemy samochodem, ponieważ – oprócz środków transportu osobistego, takich jak rower, czy hulajnoga – nie istnieje inna alternatywa indywidualnego przemieszczania się poza samochodem osobowym lub innym pojazdem drogowym[9].

Transport kolejowy

Kolejowy transport pasażerski realizowany jest za pomocą klasycznych pociągów, składających się z lokomotywy (lub kilku lokomotyw) i wagonów pasażerskich, albo zespołów trakcyjnych (składów zespolonych)[10] jeżdżących pojedynczo lub w trakcji wielokrotnej.



Elektryczny zespół trakcyjny (EZT)

Skład z lokomotywą i wagonami pozwala na elastyczne dostosowanie pojemności pociągu do zapotrzebowania, bo można doczepiać i odczepiać pojedyncze wagony. W zespole trakcyjnym, który jest niepodzielny, pojemność pociągu można tylko zwiększyć skokowo, najczęściej przez dołączenie drugiej takiej samej jednostki (tzw. trakcja podwójna). Zespół trakcyjny ma jednak inne zalety. Szybciej przyspiesza po ruszeniu i sprawniej hamuje niż klasyczny skład kolejowy składający się z lokomotywy i wagonów. Zwykle zespół trakcyjny ma też więcej drzwi niż skład wagonowy. To

[8] Prędkość handlowa określa średnią prędkość przejazdu na całej trasie, przy uwzględnieniu zarówno czasu samej jazdy, jak i wszystkich przystanków oraz innych opóźnień.

[9] Tylko nieliczne bardzo zamożne osoby posiadają własny helikopter lub samolot.

[10] Zespoły trakcyjne to pociągi, w których wagony i napęd tworzą jeden zintegrowany skład, nie wymagający oddzielnej lokomotywy.

skraca wymianę pasażerów na stacji i ogranicza opóźnienia. Ma on też możliwość jazdy w obydwu kierunkach, co eliminuje potrzebę manewrów lokomotywą na stacjach końcowych.

Patrząc na funkcjonalności pociągów, wyróżniamy pociągi aglomeracyjne (podmiejskie), pociągi regionalne oraz pociągi dalekobieżne. Pociągi podmiejskie są zazwyczaj używane do transportu pasażerów na krótkich dystansach, głównie w aglomeracjach miejskich i ich okolicach. Są one zaprojektowane z myślą o przewozie dużej liczby pasażerów w krótkim czasie, często oferując zarówno miejsca siedzące, jak i stojące. Pociągi regionalne obsługują trasy na średnich dystansach, łącząc miasta w obrębie jednego regionu lub województwa. W odróżnieniu od pociągów podmiejskich, pociągi regionalne oferują więcej miejsc siedzących i są lepiej dostosowane do dłuższych podróży, zapewniając wyższy komfort. Pociągi dalekobieżne są przeznaczone do podróży na długich dystansach, zarówno krajowych, jak i międzynarodowych. Te pociągi oferują głównie miejsca siedzące. Oferta przewoźników zawiera również pociągi dalekobieżne składające się z wagonów sypialnych. Pociągiem regionalnym i dalekobieżnym można podróżować bez rezerwacji miejsca lub z rezerwacją miejsc. W Polsce na przykład pociągi EIP (*Express Intercity Premium*) objęte są bezwzględną rezerwacją miejsc. Pociągi dalekobieżne charakteryzują się wyższym standardem, oferując pasażerom dodatkowe udogodnienia, np. restauracja na pokładzie pociągu. Pojemność pociągu zależy od jego długości (liczby wagonów lub członów składu zespolonego) oraz od proporcji miejsc siedzących i stojących.

Rozróżniamy ponadto pociągi konwencjonalne oraz pociągi dużych prędkości (KDP, koleje dużych prędkości). W warunkach europejskich pociągiem dużych prędkości będzie pociąg zdolny do rozwijania prędkości 250 km/h lub więcej. W warunkach europejskich, prędkości powyżej 320-330 km/h, stanowią natomiast granicę prędkości przy których koszt energii niezbędnej do napędzania takiego pociągu i inne koszty prowadzenia pociągu bilansują dodatkowe korzyści, które pasażerowie osiągają dzięki dużym prędkościom. Na świecie natomiast, spotykane są połączenia KDP rozwijające wyższe prędkości.

Kolejowy transport towarowy, określany też w języku transportu kolejowego jako transport rzeczy, realizowany jest za pomocą różnych typów wagonów towarowych, dostosowanych do przewozu konkretnych rodzajów ładunków. Wśród nich można wyróżnić wagony kryte, wagony odkryte, platformy, wagony kieszeniowe, cysterny i inne. Wagony kryte są przeznaczone do przewozu towarów wymagających ochrony przed warunkami atmosferycznymi, takich jak produkty spożywcze czy materiały przemysłowe. Z kolei wagony odkryte (węglarki lub platformy odkryte) są przeznaczone do transportu ładunków masowych, takich jak węgiel, ruda, złom, drewno czy inne surowce, które nie wymagają ochrony przed warunkami atmosferycznymi. Ze względu na swoją konstrukcję, wagony odkryte umożliwiają łatwy załadunek i rozładunek towarów z użyciem dźwigów lub ładowarek. Niektóre z nich to wagony samozsypowe posiadające możliwość łatwego wyładunku przewożonego ładunku poprzez automatyczne otwieranie klap umieszczonych na dnie wagonu, bez potrzeby stosowania dodatkowego sprzętu przeładunkowego. Platformy są wykorzystywane do przewozu kontenerów, pojazdów oraz maszyn, natomiast wagony kieszeniowe do przewozu naczep drogowych. Cysterny są przeznaczone do transportu ładunków płynnych, takich jak paliwa czy chemikalia. Dopuszczalne wymiary i masy wagonów oraz pociągów towarowych są ściśle regulowane przez przepisy prawa w poszczególnych krajach.

Europejska sieć kolejowa jest siecią w większości zelektryfikowaną. Powoduje to, że ładunek umieszczony na wagonach nie może przekroczyć pewnej wysokości. Dlatego też, w Europie nie

wozimy koleją kontenerów jeden na drugim, a aby przewieźć naczepę drogową musimy użyć wagonu kieszeniowego, który pozwala na zagłębienie kół naczepy w podłodze wagonu.

Naczepa drogowa na wagonie kieszeniowym



Kolejowy transport towarowy jest często wybierany ze względu na możliwość przewozu dużych ilości ładunków na znaczne odległości przy stosunkowo niskich kosztach.

W odróżnieniu od infrastruktury innych gałęzi transportu, linie kolejowe w Europie charakteryzują się znaczną techniczną niekompatybilnością, co stanowi poważne wyzwanie dla efektywnego funkcjonowania międzynarodowego transportu kolejowego. Różnice w szerokości torów, systemach zasilania elektrycznego, sygnalizacji oraz standardach technicznych powodują, że pociągi często nie mogą swobodnie przemieszczać się między krajami bez konieczności przeładunku ładunków, zmiany lokomotyw, a nawet wymiany wózków pod wagonami. W przypadku transportu pasażerskiego, tak aby zmniejszyć uciążliwości na przejściach granicznych stosuje się wagony o zmiennym rozstawie kół.

Aby przezwyciężyć te ograniczenia, UE podejmuje obecnie wiele wysiłków na rzecz zwiększenia interoperacyjności[11] sieci kolejowej na całym kontynencie. Działania te obejmują harmonizację standardów technicznych, wdrażanie jednolitych systemów sygnalizacji, takich jak Europejski System Sterowania Pociągiem (ETCS, *European Train Control System*), oraz inwestycje w modernizację infrastruktury, które mają na celu ułatwienie transgranicznego ruchu kolejowego.

Transport lotniczy

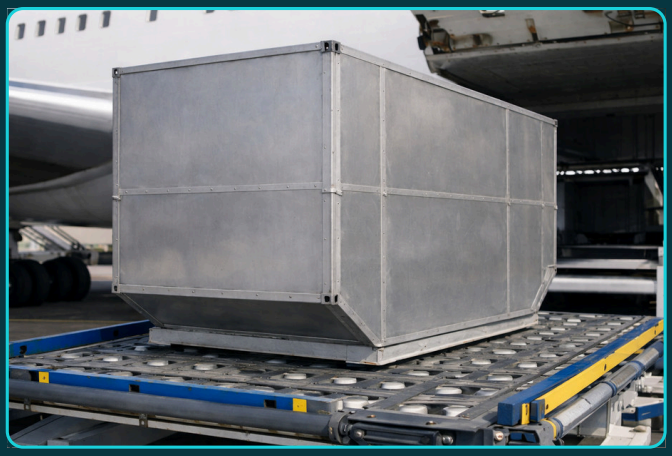
Pasażerski transport lotniczy realizowany jest za pomocą różnych typów samolotów, które różnią się wielkością, zasięgiem oraz komfortem podróży. Małe samoloty regionalne obsługują krótkie trasy, często łącząc mniejsze miasta i regiony. Mogą jednorazowo przewieźć od kilkudziesięciu do

[11] Interoperacyjność to wzajemna kompatybilność różnych systemów kolejowych, w szczególności infrastruktury, systemów sygnalizacji i zasilania.

ok. 120 pasażerów. Średniej wielkości samoloty są wykorzystywane na trasach krajowych i kontynentalnych. Największe samoloty dalekodystansowe są przeznaczone do lotów międzykontynentalnych i mogą pomieścić 500-600+ pasażerów, oferując przy tym najwyższy standard podróży. Samoloty tego samego typu są przez producentów konfigurowane w zakresie liczby i rozstawienia miejsc siedzących zgodnie z preferencjami zamawiającego ich przewoźnika.

Przewozy tradycyjnymi liniami lotniczymi oferują pełen zakres usług, takich jak posiłki, rozrywka na pokładzie i większy komfort, często przy wyższych cenach biletów. Linie niskokosztowe koncentrują się na minimalizacji kosztów, oferując tańsze bilety kosztem ograniczonych usług i większej liczby opłat dodatkowych. Inną kategorią lotów są loty czarterowe, czyli specjalnie wynajmowane loty, które są realizowane na zlecenie grup podróżnych, biur podróży lub firm, często na trasach nieobsługiwanych przez regularne połączenia lotnicze. Ponadto, niewielka część ruchu lotniczego prowadzona jest jako *general aviation*. Są to loty cywilne inne niż loty komercyjne, w tym prywatne lotnictwo rekreacyjne, biznesowe, szkoleniowe oraz specjalistyczne operacje, takie jak loty ratunkowe.

Większość przesyłek lotniczych to tzw. *belly cargo*, czyli ładunki przewożone w lukach bagażowych samolotów pasażerskich. Ładunki przewożone są również frachtowcami, czyli samolotami dedykowanymi do przewozu ładunków.



Załadunek kontenera lotniczego do samolotu pasażerskiego (belly cargo)

Ładunki w transporcie lotniczym przewozi się w kontenerach lotniczych, specyficznych tylko dla transportu lotniczego i niekompatybilnych ze środkami transportu innych gałęzi transportu. Kontenery te są małe, a więc nie zmieścimy w nich bardziej objętościowych ładunków. Frachtowce natomiast mogą przewozić ładunki różnej wielkości od przesyłek ekspresowych po duże ładunki przemysłowe. Ze względu na swoją szybkość, transport lotniczy jest najczęściej wybierany do przewozu towarów o wysokiej wartości, takich jak elektronika, farmaceutyki, czy produkty wymagające szybkiej dostawy, takich jak kwiaty czy świeże owoce.

Transport morski (żegluga morska)

Morski transport pasażerski obejmuje głównie przewozy promowe oraz rejsy wycieczkowe. W przewozach pomiędzy kontynentami pasażerski transport morski został wyparty przez transport lotniczy. Promy służą do transportu pasażerów, a często także pojazdów, na relatywnie krótkich trasach, łącząc wyspy z lądem stałym lub różne kraje rozdzielone morzem. Są one kluczowym elementem infrastruktury transportowej w regionach, gdzie nie są dostępne mosty i tunele. Rejsy wycieczkowe to natomiast forma turystyki, w której pasażerowie spędzają kilka dni lub tygodni na statkach wycieczkowych, oferujących różnorodne atrakcje i udogodnienia, takie jak restauracje, baseny, teatry czy centra rozrywki.

Statek wycieczkowy



W transporcie morskim realizacji tych przewozów wykorzystuje się różne typy statków, takie jak kontenerowce, tankowce, masowce oraz statki ro-ro (roll-on/roll-off[12]). Kontenerowce są przystosowane do przewozu kontenerów. Tankowce są używane do przewozu ładunków płynnych lub gazowych, takich jak ropa naftowa, gaz czy chemikalia, natomiast masowce przewożą ładunki masowe sypkie, takie jak zboże, węgiel, ruda żelaza czy cement. Statki ro-ro (często są to promy pasażersko-towarowe) umożliwiają przewóz pojazdów, które mogą samodzielnie wjeżdżać i zjeżdżać z pokładu. Mogą to być zarówno samochody osobowe i ciężarowe, jak i specjalne platformy toczne oraz składy wagonowe.

Transport morski jest najważniejszą formą przewozu towarów na skalę globalną, szczególnie w przypadku ładunków masowych oraz skonteneryzowanych. Jest on preferowany przy przewozie dużych ilości ładunków na duże odległości, zwłaszcza między kontynentami. Ma on wysoką efektywność kosztową i zdolność do obsługi ogromnych ilości ładunku. Dlatego mówiąc o dominacji transportu morskiego w handlu międzynarodowym mamy na myśli jego dominację ponad innym gałęziami transportu pod względem wykonywanej pracy przewozowej. Praca przewozowa to iloczyn tonażu ładunku i kilometrażu trasy przewozu. Transportem morskim przewozimy największy tonaż ładunków na najdłuższe odległości.

[12] Statek ro-ro (roll-on/roll-off) to rodzaj statku, na który pojazdy wjeżdżają i zjeżdżają na własnych kołach po rampach.



Tankowiec

Wjazd ciężarówek na prom (statek ro-ro)



W przypadku relacji handlowych Europy z innymi kontynentami, tylko w przypadku ładunków azjatyckich, przede wszystkim chińskich, alternatywą wobec transportu morskiego są przewozy transportem kolejowym, obecnie głównie Nowym Jedwabnym Szlakiem[13]. Motywem do wyboru transportu kolejowego zamiast morskiego w ruchu Azja-Europa jest krótszy czas trwania przewozu. W zależności od tego, jak kształtują się w danym czasie stawki w transporcie morskim, może być to również motyw kosztowy[14]. W ostatnim czasie dodatkowym czynnikiem są także względy bezpieczeństwa, ponieważ na szlaku morskim z Azji do Europy statki towarowe bywają atakowane

[13] Nowy Jedwabny Szlak to projekt infrastrukturalny i handlowy zainicjowany przez Chiny w 2013 roku. Celem tej inicjatywy jest rozwinięcie sieci transportowych łączących Chiny z Europą, Azją, Afryką i Bliskim Wschodem, nawiązując do historycznego Jedwabnego Szlaku, który łączył Wschód z Zachodem w czasach starożytnych. Część kolejowa NJS obejmuje sieć tras łączących Chiny z Europą przez Azję Środkową i Rosję do Europy. Główne połączenie do Europy Zachodniej przechodzi przez polskie przejście graniczne w Małaszewiczach. Transport kolejowy tą trasą jest szybszy niż morski (12-18 dni w porównaniu do 30-40 dni) i tańszy niż lotniczy.

[14] Stawki frachtu morskiego cechują się bardzo dużą zmiennością. Bardzo szybko reagują na zmiany popytu, dostępności tonażu statków, sytuacji w portach i zakłócenia na szlakach żeglugowych. W efekcie wybór pomiędzy transportem morskim a alternatywami na Nowym Jedwabnym Szlaku może pod względem frachtu w krótkich okresach przechylać się raz w jedną, raz w drugą stronę.

przez bojówki Huti[15]. Są okresy, gdy wraz z nasileniem ataków na żeglugę w rejonie Morza Czerwonego część armatorów woli kierować statki na trasę wokół Przylądka Dobrej Nadziei zamiast przez Kanał Sueski. Wydłuża to rejs i podnosi koszty operacyjne, a w konsekwencji może przekładać się na wyższe stawki frachtów dla załadowców.

Transport wodny śródlądowy (żegluga śródlądowa)

Żegluga śródlądowa to rodzaj transportu wodnego, który odbywa się na rzekach, zazwyczaj uregulowanych przez człowieka, kanałach zbudowanych przez człowieka oraz czasami jeziorach. Rzekę dostosowuje się do żeglugi m.in. przez budowę śluz, które wyrównują różnice poziomów wody i umożliwiają bezpieczne pokonywanie odcinków o zmiennym spadku. Jednocześnie umacnia się nabrzeża i brzegi, aby ograniczyć erozję wywoływaną nurtem oraz falowaniem i zawirowaniami wody podczas przepływu statków.

Statki pasażerskie obsługują rejsy turystyczne oraz przewozy lokalne. Pasażerska żegluga śródlądowa to realny element codziennej mobilności w miejscach, gdzie rzeka lub kanał stanowi barierę transportową. Dojazd do części osiedli lub miejscowości jest praktycznie możliwy tylko promem, bo alternatywą byłby długi objazd do najbliższego mostu lub tunelu.



Lokalny prom pasażerski

W transporcie towarowym, żegluga śródlądowa wykorzystywana jest do przewożenia ładunków masowych i ponadgabarytowych. Może również służyć do *feederowej* obsługi ładunków skonteneryzowanych[16], które przybyły do portu morskiego na dużym kontenerowcu i zostały przeładowane na barkę kontenerową. Żegluga odbywa się przy użyciu barek.

[15] Huti to jemeńska grupa bojowników, która przeprowadza ataki na statki handlowe, głównie w rejonie Morza Czerwonego i Zatoki Adeńskiej.

[16] Feeder service to usługa transportowa, w której mniejsze statki przewożą ładunki między lokalnymi portami a większymi portami, gdzie ładunki są przeładowywane na większe statki oceaniczne.

Barka kontenerowa w śluzie w oczekiwaniu na wyrównanie poziomu wody



Żegluga śródlądowa w Europie jest najlepiej rozwinięta w regionie dorzecza Renu, obejmując takie kraje jak Niemcy, Holandia, Belgia i Francja. Podobnie Dunaj, przepływający przez wiele krajów od Niemiec po Rumunię, odgrywa kluczową rolę w żegludze śródlądowej w Europie Środkowo-Wschodniej i Południowej, szczególnie w Austrii, na Węgrzech, w Serbii, Rumunii i Bułgarii. Ważnym szlakiem wodnym łączącym Morze Północne z Morzem Czarnym jest korytarz Ren-Men-Dunaj, który integruje żeglugę na Renie, kanale Men-Dunaj oraz Dunaju, umożliwiając ciągły transport rzeczny między zachodnią a wschodnią częścią Europy. Men jest dopływem Renu, co umożliwia połączenie tych dwóch kluczowych rzek właśnie poprzez Kanał Men-Dunaj. W Polsce jednak żegluga śródlądowa ma marginalne znaczenie, choć istnieją plany dalszego użeglowienia Odry.

Zmiany klimatyczne, w tym coraz częstsze i intensywniejsze susze, znacząco wpływają na żeglugę śródlądową, obniżając poziom wód w rzekach i kanałach. Niski stan wód ogranicza maksymalną nośność statków[17], zmuszając armatorów do redukcji ładunków lub całkowitego zawieszenia żeglugi na niektórych odcinkach. Żegluga ta jest również utrudniona podczas długotrwałych mrozów, kiedy rzeki i kanały pokrywa warstwa lodu. Wtedy jednak dla zapewnienia ich drożności wykorzystuje się lodołamacze. Specjaliści od zmian klimatu i gospodarki wodnej coraz częściej krytykują regulację rzek, ponieważ w części rozwiązań przyspiesza ona przepływ wody, co dodatkowo pogłębia problemy związane z niedoborem wody. W niektórych regionach Europy odchodzi się od intensywnej regulacji rzek, choć jednocześnie należy pamiętać, że kaskadyzacja rzek może służyć jako narzędzie polityki przeciwsuszowej i przeciwpowodziowej[18].

[17] Nośność statku to maksymalna masa ładunku, jaką statek może przewieźć bezpiecznie, uwzględniając wyporność, konstrukcję jednostki oraz poziom zanurzenia.

[18] Regulacja rzek polega na technicznych ingerencjach w naturalny bieg rzeki w celu poprawy jej przepustowości, zabezpieczenia przeciwpowodziowego, ułatwienia żeglugi oraz ochrony terenów przyległych. Działania te obejmują prostowanie meandrów, pogłębianie koryta, budowę wałów przeciwpowodziowych, a także umacnianie brzegów. Kaskadyzacja jest specyficzną formą regulacji rzek, polegającą na budowie stopni wodnych, czyli tam i zbiorników retencyjnych, które spowalniają przepływ wody umożliwiając kontrolę poziomu wody.

Transport przesyłowy

Transport przesyłowy to metoda transportu, która polega na przesyłaniu surowców, energii lub innych materiałów za pomocą infrastruktury liniowej, takiej jak rurociągi, gazociągi, naftociągi, linie energetyczne, kable telekomunikacyjne czy przewody ciepłownicze. Jest to kluczowy sposób transportu dla takich surowców jak ropa naftowa, gaz ziemny, woda czy energia elektryczna. Transport przesyłowy charakteryzuje się dużą efektywnością, ciągłością przesyłu i stosunkowo niskimi kosztami operacyjnymi, szczególnie na duże odległości.



Ropociąg

Europa intensywnie dywersyfikuje źródła energii, minimalizując zależność od Rosji, co jest kluczowe dla bezpieczeństwa energetycznego. W odpowiedzi na ryzyka geopolityczne rozwija alternatywne trasy przesyłowe. Prowadzone są także inwestycje w międzynarodowe powiązania sieci energetycznych. Są to na przykład połączenia między Skandynawią a resztą Europy, umożliwiające transfer energii z elektrowni wodnych zlokalizowanych na północy kontynentu do innych regionów.

Transport multimodalny

Transport multimodalny to rodzaj transportu, w której w jednym procesie przewozowym wykorzystuje się więcej niż jedną gałąź transportu (np. drogowy, kolejowy, morski, lotniczy). Pojęcie transportu multimodalnego odnosi się zarówno do transportu pasażerskiego, jak i transportu towarowego.

Multimodalność w transporcie pasażerskim polega na łączeniu w jednej podróży różnych gałęzi, środków i rodzajów transportu w sposób skoordynowany, tak aby przesiadki były możliwie szybkie i wygodne, a cała trasa tworzyła spójny łańcuch podróży. Coraz większą wagę przywiązuje się więc do multimodalnych węzłów przesiadkowych, które integrują różne możliwości realizacji podróży w jednym miejscu, ułatwiają orientację oraz skracają czas i uciążliwość przesiadek. Węzły multimodalne, zwłaszcza stacje kolejowe wyposaża się też w punkty handlowo-usługowe, co

z jednej strony pozwala pasażerom w trakcie podróży zrobić zakupy lub skorzystać z różnych dodatkowych usług, a z drugiej strony – dzięki opłatom czynszowym – pozwala na utrzymanie infrastruktury węzła przesiadkowego[19]. Z różnych przyczyn, nie wszyscy organizatorzy transportu publicznego przykładają wagę do takich rozwiązań, co zwiększa uciążliwość przejazdów transportem publicznym z perspektywy pasażera.

Multimodalny pasażerski węzeł przesiadkowy



Transport multimodalny ładunków może odbywać się ze zmianą jednostki przewozowej w trakcie procesu przeładunku towaru z jednej gałęzi transportu na inną (transport kombinowany), albo zakładać wykorzystanie jednej zunifikowanej jednostki transportu intermodalnego (ITU, *intermodal transport unit*) na całej trasie przewozu (transport intermodalny). Wiele ładunków musi być przeładowanych za każdym razem, kiedy zmieniają gałąź transportu. Tak dzieje się w przypadku większości ładunków masowych sypkich, chyba, że są podatne na konteneryzację. W przypadku kontenera, podczas całego procesu przewozowego nie jest koniecznie jego rozformowanie podczas przeładunku[20]. W transporcie wewnątrzeuropejskim, ITU to również naczepy drogowe oraz nadwozia wymienne.

Przewozy międzykontynentalne realizowane transportem lotniczym lub morskim na zasadniczej drodze przewozu pomiędzy kontynentami, z nielicznymi wyjątkami, są prowadzone jako transport kombinowany lub intermodalny. Na pierwszej i ostatniej mili trzeba zwykle skorzystać z transportu drogowego lub transportu kolejowego. W transporcie wewnątrzeuropejskim na zasadniczej drodze przewozu wykorzystuje się transport kolejowy, a w ruchu dowozowo-odwozowym – transport drogowy. W krajach, gdzie rozwinięta jest żegluga śródlądowa, transport intermodalny może być prowadzony w kombinacji żeglugi śródlądowej z transportem drogowym lub transportem drogowym

[19]W Polsce – zwłaszcza w niektórych dużych miastach – idea nowoczesnego węzła przesiadkowego bywa wypaczana: zamiast priorytetu dla integracji środków transportu powstaje de facto centrum handlowe z „doklejoną" funkcją przesiadkową, podczas gdy usługi i handel powinny jedynie wspierać pasażera w codziennych sprawach, a nie dominować nad multimodalnością.

[20]Rozformowanie ładunku (wyjęcie go z kontenera) może mieć jednak miejsce na życzenie służb celnych, które podejmują rewizję celną. Rewizja celna to szczegółowa kontrola ładunku przeprowadzana przez służby celne w celu sprawdzenia zgodności towaru z deklaracjami celnymi. Różni się od standardowej odprawy celnej, ponieważ koncentruje się na dokładnym przeglądzie zawartości przesyłki, a nie tylko na weryfikacji dokumentów.

i kolejowym. Przeładunki jednostek intermodalnych na trasie przewozu odbywają się w terminalach intermodalnych.



Terminal intermodalny

Szczególnym przypadkiem transportu intermodalnego jest transport intermodalny konwojowany, w którym przewozi się całe pojazdy ciężarowe koleją. Ten rodzaj przewozów w Europie prowadzi się głównie w Szwajcarii oraz w tunelu kolejowym pod kanałem La Manche[21].

Przewóz pełnych zestawów drogowych koleją przez Szwajcarię



W szerszej praktyce europejskiej nie stosuje się przewozów konwojowanych, mając na względzie rachunek finansowy przewozów. W czasie, w którym naczepa znajduje się na wagonie kolejowym, zarówno ciągnik siodłowy, jak i kierowca powinni być zaangażowani w inne procesy transportowe.

[21]Tunel kolejowy pod kanałem La Manche otwarty w 1994 roku, ma długość około 50,5 km, z czego 37,9 km przebiega pod dnem Morza Północnego. Jest jednym z najdłuższych podmorskich tuneli na świecie. Transport w tunelu jest realizowany za pomocą specjalnych pociągów, które mogą przewozić zarówno samochody osobowe (tzw. shuttles), jak ciężarówki. Tunel obsługuje również pociągi pasażerskie dużych prędkości (Eurostar).



Ciężarówka wjeżdżająca do wagonu obsługującego przewozy kolejowe w tunelu pod kanałem La Manche

Istotną cechą transportu multimodalnego może być wykonanie całego procesu przewozowego na podstawie jednego listu przewozowego (umowy przewozowej)[22] organizowanego w całości przez jednego operatora. W praktyce handlowej, jeżeli przejście gestii transportowej pomiędzy eksporterem a importerem ma miejsce na trasie podróży, strony kontraktu podpisują umowy przewozowe osobno na odcinki trasy, na których przewóz ładunku jest w ich gestii[23].

[22] List przewozowy to dokument, który pełni funkcję umowy przewozowej, określającą warunki i szczegóły transportu towarów między nadawcą a przewoźnikiem.

[23] Gestia transportowa odnosi się do prawa i odpowiedzialności za organizację oraz nadzór nad transportem ładunków. Może być przypisana zarówno sprzedającemu (eksporterowi), jak i kupującemu (importerowi), w zależności od warunków umowy handlowej. Ten, kto posiada gestię transportową, ten odpowiada za organizację transportu, podpisanie umowy z przewoźnikiem i pokrycie jego kosztów. Gestia transportowa może przechodzić ze sprzedawcy na kupującego w umówionym przez strony miejscu na trasie przewozu.

01 Pytania sprawdzające

- Jakie są główne gałęzie transportu i jakie środki transportu są charakterystyczne dla każdej z nich?
- Jak można przewieźć ładunek pomiędzy Poznaniem w Polsce a odbiorcą w Mediolanie w transporcie lądowym? Podaj dwie alternatywy
- Jak można przewieźć ładunek umieszczony w kontenerze pomiędzy Chinami a Polską? Podaj dwie alternatywy
- Na czym polega transport przesyłowy. Jakie surowce i zasoby są nim przesyłane?
- Na czym polega transport multimodalny. Jakie działania powinni podejmować organizatorzy transportu publicznego, aby przesiadki nie były uciążliwe? Podaj przykłady rozwiązań w pasażerskich węzłach multimodalnych, które uważasz za dobre, oraz przykłady chybionych decyzji inwestycyjnych pod tym względem.

02 Powtórz pojęcia



03 Drzwi-drzwi z Polski do Andaluzji

Producent z Polski organizuje dostawę komponentów meblowych do zakładu w Andaluzji. Odbiorca przyjmuje dostawy wyłącznie w ściśle określonym oknie czasowym, a dojazd do zakładu prowadzi drogami dojazdowymi o niższym standardzie niż drogi szybkiego ruchu. Możliwość nadrobienia opóźnień na końcu trasy jest więc ograniczona. Zakład nie ma bocznicy kolejowej, więc ostatni odcinek dostawy musi zostać zrealizowany transportem drogowym.

Ładunek nie jest szczególnie wrażliwy na warunki atmosferyczne, ale łatwo ulega obtarciom i uszkodzeniom powierzchniowym. Dotychczas firma realizowała przewóz w całości transportem drogowym, jednak koszty rosną, a czas przejazdu na długiej relacji bywa zmienny. Ponadto, cenę za przewóz podnosi konieczność pokrycia kosztów noclegów kierowcy. W związku z tym firma rozważa wariant realizacji przewozu transportem intermodalnym szyna-droga – naczepa z towarem pojedzie drogą do terminala intermodalnego, następnie pokona odcinek zasadniczy koleją, po czym zostanie rozładowywana na południu Francji, niedaleko granicy z Hiszpanią, i dalej pojedzie transportem drogowym do Andaluzji.

Jak dobrać konfigurację łańcucha transportowego, aby ograniczyć koszty i poprawić przewidywalność dostawy, nie zwiększając jednocześnie ryzyka reklamacji jakościowych i ryzyka nietrafienia w okno przyjęcia u odbiorcy? Jakie są konsekwencje operacyjne wariantu drogowego, a jakie – wariantu intermodalnego? Gdzie kumuluje się największe ryzyko opóźnień, a gdzie największe ryzyko uszkodzenia ładunku podczas transportu? Która część procesu transportowego jest stała niezależnie od wariantu?

Stały elementem procesu jest przewóz drogą na początku i końcu przewozu drogowego oraz dotrzymanie okna przyjęć u odbiorcy, ponieważ brak bocznicy u klienta wykluczają inny sposób obsługi ostatniej mili. Nawet jeśli firma (nadawca ładunku) posiada bocznicę kolejową, jeśli ładunek ma jechać w naczepie, powinien być do niej załadowany już na początku procesu.

Wariant czysto drogowy jest organizacyjnie prostszy, ponieważ eliminuje zależność od harmonogramów operacyjnych terminali intermodalnych i połączeń kolejowych. Jego główne ryzyko czasowe wynika z losowych zakłóceń rozproszonych na całej długości trasy. Ryzyko jakościowe zależy przede wszystkim od prawidłowego umocowania ładunku w naczepie i warunków jazdy.

Wariant intermodalny szyna-droga nie polega na wożeniu ładunku koleją wymagającym przeładunku towaru na trasie, tylko na przewozie naczepy z ładunkiem na odcinku zasadniczym koleją (czyli transportem intermodalnym). Dzięki temu nie zwiększa się ryzyko uszkodzeń podczas przeładunku mebli, bo naczepa nie jest na trasie rozformowana. W porównaniu z wariantem drogowym, ten wariant jednak nie usuwa ryzyka związanego z niewłaściwym zabezpieczeniem ładunku wewnątrz naczepy. W tym wariancie ryzyko opóźnień koncentruje się w terminalach intermodalnych – terminalu nadania w Polsce i terminalu odbioru na południu Francji, na trasie przewozu kolejowego,

zwłaszcza na przejściach granicznych oraz w organizacji dalszego dowozu drogowego do Hiszpanii. To one decydują, czy naczepa zostanie podjęta na czas i czy dowóz na ostatniej mili trafi w okno odbioru u klienta.

Wybór sprowadza się więc do oceny, czy firma ma większą kontrolę nad ryzykiem w trasie drogowej na całej relacji, czy nad ryzykiem w terminalach intermodalnych i harmonogramach przeładunkowych oraz punktualności przejazdu kolejowego w wariancie szyna-droga, przy założeniu, że w obu opcjach kluczowe jest poprawne zabezpieczenie ładunku w naczepie.

04 Transport na budowę – jak dowieźć pracowników?

Firma wykonawcza realizuje kontrakt budowlany w odległości około 200 kilometrów od swojej bazy. Możliwości zatrudnienia lokalnych pracowników są ograniczone. Każdego dnia musi więc dowieźć na miejsce kilkudziesięciu pracowników. Prace zaczynają się o stałej godzinie, a spóźnienia powodują opóźnienia kolejnych etapów robót i realne koszty. Pracownicy mieszkają w różnych miejscowościach rozproszonych wokół bazy, część z nich nie ma samochodu, a część może dojechać własnym autem, ale nie zawsze w sposób powtarzalny. Firma chce porównać dwa warianty zorganizowanego dowozu pracowników – dowóz kilkoma busami albo dowóz jednym większym autokarem.

Jak dobrać sposób dowozu pracowników, aby zapewnić punktualność i akceptowalny koszt? Który wariant jest korzystniejszy z punktu widzenia punktualności, a który z punktu widzenia kosztu jednostkowego przewozu, i dlaczego?

W obu wariantach gałęzią transportu jest transport drogowy, a rodzajem transportu jest przewóz zbiorowy zorganizowany przez pracodawcę. Różnica dotyczy środka transportu – w jednym wariancie są to busy, w drugim autokar.

Kilka busów daje większą elastyczność, ponieważ pozwala rozdzielić pracowników na grupy i obsłużyć kilka punktów zbiórek w różnych miejscowościach. W tym rozwiązaniu ryzyko dotrzymania godziny rozpoczęcia pracy rozkłada się na kilka grup pracowników. Minusem jest większa złożoność organizacyjna i wyższy koszt w przeliczeniu na jednego pasażera, zwłaszcza gdy busy nie są w pełni wykorzystane.

Jeden autokar upraszcza organizację przewozu i zwykle obniża koszt jednostkowy dzięki konsolidacji pracowników w jednym większym środku transportu, ale wprowadza dodatkowy warunek – pracownicy muszą samodzielnie dojechać do jednego lub kilku ustalonych punktów zbiórki. To oznacza, że część ryzyka punktualności przenosi się na dojazd pracownika do autokaru. Jeśli ktoś spóźni się na zbiórkę, autokar musi albo czekać, albo odjechać bez tej osoby, a obie decyzje mają konsekwencje organizacyjne – spóźnienie wszystkich pracowników albo brak części pracowników na placu budowy. Ponadto awaria lub opóźnienie jednego autokaru wpływa na punktualność całej brygady naraz.

02

Rodzaje ładunków i jednostki transportowe w transporcie towarowym

W transporcie towarowym kluczową rolę odgrywa odpowiednie zrozumienie charakterystyki ładunków, które mają zostać przewiezione oraz potrzeb załadowców (właścicieli ładunków). Różnorodność towarów, od surowców po zaawansowane produkty przemysłowe, wymaga stosowania zróżnicowanych metod transportu i jednostek ładunkowych. Właściwy wybór metody przewozu wpływa nie tylko na efektywność procesu przewozowego, ale także na bezpieczeństwo przewożonych ładunków.

Rozdział ten omawia główne rodzaje ładunków, czyli ładunki masowe i drobnicowe oraz inne specyficzne kategorie ładunków. Omówiono jednostki transportowe (ładunkowe), takie jak palety, kontenery czy naczepy, podkreślając znaczenie standaryzacji w procesach logistycznych. Ponadto, rozdział przybliża pojęcia związane z podatnością ładunków na przewóz oraz wymogi związane z przygotowaniem ładunku do przewozu.

Rodzaje ładunków

Na użytek przygotowania i realizacji procesów transportowych, niezależnie od zróżnicowania asortymentu towarów, rozróżniamy zróżnicowanie tych towarów pod względem prostoty lub skomplikowania ich obsługi w procesie przewozowym. Towar w procesie transportowym nazywamy ładunkiem.

Dwa podstawowe rodzaje ładunków to ładunki masowe i ładunki drobnicowe.

Ładunek masowy (nie mylić z przewozem masowym[24]) to ładunek w postaci sypkiej, płynnej lub gazowej, który można wyrazić za pomocą masy i objętości, ale nie można policzyć z ilu sztuk się składa. O tym, jaka jest proporcja masy do objętości ładunku, decyduje jego gęstość – dlatego ta sama masa różnych ładunków może zajmować różną objętość. Tego typu ładunek może, acz nie zawsze, zostać zjednostkowany (na paletach lub w kontenerach). Ładunki masowe sypkie są zazwyczaj wożone luzem a gazowe i ciekłe w cysternach i innych zbiornikach. W transporcie morskim wozi się je masowcami i tankowcami, a w transporcie lądowym albo transportem kolejowym, albo drogowym.

Ładunek drobnicowy inaczej nazywany drobnicą (nie mylić z przewozem drobnicowym[25]) to ładunek, który można policzyć w sztukach. Znamy masę każdej sztuki oraz całości ładunku, a także jego wymiary. Ładunkiem drobnicowym będzie na przykład pojedyncze opakowanie zbiorcze jakiegoś towaru lub kilka takich opakowań, a także skrzynia lub worek z towarem, pojedyncza paleta lub kilka palet.

Również zjednostkowane ładunki masowe możemy zaliczyć do ładunków drobnicowych. Na przykład zboże przewożone luzem jest ładunkiem masowym. Po zapakowaniu w worki staje się ładunkiem drobnicowym. Worki ze zbożem umieszczone na paletach są również ładunkiem drobnicowym.

Zboże luzem jako ładunek masowy (po lewej) i spaletyzowany w workach jako ładunek drobnicowy (po prawej)



Spośród ładunków drobnicowych zazwyczaj wyodrębnia się paczki, które są przewożone przez firmy kurierskie (przewoźników ekspresowych).

Istnieje też pewna grupa ładunków, która formalnie jest ładunkiem drobnicowym, lecz w ramach segmentu ładunków drobnicowych kwalifikowana jest jako ładunki ponadgabarytowe. Są to ładunki, które nie są ciężkie ani technologicznie złożone, ale ze względu na gabaryty nie mieszczą się w standardowych parametrach obsługi drobnicy. Typowe przykłady to sofy, elementy wyposaże-

[24]W żargonie transportowym, w transporcie drogowym, jako ładunek masowy może być określony całopojazdowy ładunek drobnicowy (ang. full-truck load, FTL).

[25]W żargonie transportowym, w transporcie drogowym, jako ładunek drobnicowy, może być określony ładunek drobnicowy nadany przez jego nadawcę jako ładunek niecałopojazdowy (ang. less-than-a-truck load, LTL).

nia wnętrz, duże AGD, gotowe moduły wystawiennicze czy nietypowe opakowania handlowe. Ze względu na swoje wymiary wymagają one od przewoźników specjalnego traktowania.

W transporcie krajowym i międzynarodowym wewnątrzeuropejskim drobnica wożona jest głównie transportem drogowym lub intermodalnym, a rzadziej transportem kolejowym. Na szlakach międzykontynentalnych jej niewielka część jest przewożona transportem lotniczym, a większość transportem morskim lub w relacjach z Chinami – również Nowym Jedwabnym Szlakiem jako ładunek skonteneryzowany.

Zarówno drobnica, w tym drobnica ponadgabarytowa, jak i ładunki masowe, a także inne nietypowe ładunki, mogą podlegać konteneryzacji. Z perspektywy procesów transportowych, zarówno samego przewozu, jak i przeładunku, zawartość kontenera nie ma znaczenia – kontener traktowany jest jako rodzaj ładunku. W międzykontynentalnym transporcie morskim znacząca większość drobnicy jest obecnie wożona w kontenerach. Jeżeli chodzi o wewnątrzeuropejską wymianę handlową, jako ekwiwalent kontenera można traktować również inne ITU (naczepy i nadwozia wymienne), pod warunkiem, że w całym procesie przewozowym od miejsca nadania do miejsca przeznaczenia ładunku, ładunek znajdujący się w środku nie będzie z nich wyjmowany.

Oprócz wyżej wymienionych podstawowych rodzajów ładunków, w praktyce transportowej możemy też mieć do czynienia z ładunkami nietypowymi. Za przykład mogą posłużyć ładunki dłużycowe, czyli ładunki o dużej długości, zazwyczaj związane w wiązki, takie jak profile stalowe, rury, słupy czy bale drewna.



Ładunek dłużycowy

Również samochody podlegają przewozom jako ładunek. W transporcie drogowym i kolejowym wozi się je na wielopoziomowych samochodach lub wagonach lawetach, umożliwiających jednoczesny przewóz wielu pojazdów i ich stabilne mocowanie. W transporcie morskim gotowe samochody przewożone są na wyspecjalizowanych statkach typu *car carrier*, zaliczanych do jednostek ro-ro.

Przewóz samochodów koleją



Jeszcze inną kategorię stanowią ładunki typu *project cargo*, czyli ładunki wielkogabarytowe, nienormatywne lub bardzo ciężkie, takie jak elementy farm wiatrowych, tarcze TBM[26] czy duże maszyny i urządzenia.

Jednostki transportowe

Wiele ładunków przygotowywanych jest do przewozu poprzez umieszczenie ich w specjalnych opakowaniach transportowych nazywanych jednostkami transportowymi (ładunkowymi). Mówimy wtedy o jednostkowaniu ładunków. W przypadku ładunków zjednostkowanych w procesie przewozowym ładunkiem staje się jednostka transportowa a przestaje nim być towar, który jest w środku. Do jednostki transportowej przypisuje się natomiast ewentualne wymagania dodatkowe wynikające ze specyfiki towaru.

Rodzaje jednostek transportowych

Podstawowe rodzaje jednostek transportowych to:

- Palety
- Kontenery
- Naczepy, przyczepy oraz nadwozia wymienne
- Inne, np. *big bagi*, worki, skrzynie, beczki itd.

Palety to platformy wystandaryzowane pod względem wymiarów, sposobu wykonania i parametrów technicznych, zwykle wykonane z drewna, plastiku lub metalu. W logistyce europejskiej dominują europalety, znane również jako palety typu EUR lub EPAL (od nazwy organizacji *European Pallet Association*). Standardowe wymiary europalety wynoszą 1200 mm x 800 mm x 144 mm (długość

[26]Tarcza w TBM (Tunnel Boring Machine) to przednia część maszyny drążącej tunel, w której znajduje się głowica tnąca grunt lub skałę.

x szerokość x wysokość). Europalety mają maksymalną nośność do 1500 kg przy równomiernym rozłożeniu ładunku. Posiadają one wystandaryzowane oznaczenia, które zawierają m.in. logo EPAL, kod producenta oraz informacje o certyfikacji. Oznaczenia te potwierdzają, że paleta spełnia wymogi jakościowe. Europalety są szeroko używane w logistyce europejskiej, szczególnie w transporcie drobnicowym. Dzięki ich standaryzowanym wymiarom są kompatybilne ze standardowymi naczepami oraz systemami magazynowymi. Istnieją też europalety o innych wymiarach, na przykład tzw. palety przemysłowe o wymiarach 1200 mm x 1000 mm.

Co do zasady, załadowana paleta na czas operacji manipulacyjnych (przemieszczeń wewnątrz magazynu i przeładunków) oraz na czas transportu powinna być zafoliowana, tak aby ustabilizować na niej ładunek i zapobiec jego spadaniu z palety. Co do zasady ładunek położony na palecie nie powinien też wystawać poza obwód jej podstawy.

Na paletach mogą też być umieszczane specjalne nadstawki, na przykład nadstawki koszowe. Wtedy paleta zachowując wymiary podstawy ma formę kosza, w którym można umieścić luzem paczki. Nadstawki koszowe wykorzystywane są na przykład przez firmy kurierskie.



Europaleta z ładunkiem zafoliowanym na czas realizacji przewozu oraz europaleta z nadstawką koszową

Ładunek umieszczony na palecie to ładunek spaletyzowany.

Kontenery to zamknięte pojemniki wykonane z metalu lub tworzyw sztucznych, używane do transportu zarówno towarów masowych, jak i drobnicowych. Choć pojedynczy przewoźnicy bądź firmy produkcyjne mogą na swój użytek stosować wyprodukowane specjalnie dla nich kontenery niestandardowe, to najpopularniejsze w obrocie międzynarodowym są wystandaryzowane kontenery ISO. Kontenery ISO to standardowe kontenery zaprojektowane zgodnie z normami Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO, *International Standardisation Organisation*).

Podstawowy standard kontenerów charakteryzuje się taką samą szerokością i wysokością, natomiast zróżnicowana jest długość kontenera. Kontenery ISO w podstawowym standardzie nie są kompatybilne z europaletami. Najpopularniejsze kontenery ISO pod względem długości to konte-

nery 20-i 40-stopowe[27]. Wielość kontenera określa się w TEU (*twenty-feet equivalent unit*), która odpowiada wielkości kontenera 20-stopowgo. Istnieją także inne wersje kontenerów odbiegające od podstawowego standardu, takie jak na przykład kontenery wysokie (*High Cube*) lub kontenery kompatybilne z europaletami (*pallet-wide*). Kontenery ISO mogą być izotermiczne oraz mogą zawierać agregat chłodniczy (*reefer*). Za kontener uważa się też cysternę, która znajduje się w stelażu spełniającym kryteria wielkości i wytrzymałości standardowego kontenera. Kontenery ISO są wytrzymałe, zabezpieczają ładunek przed uszkodzeniami i warunkami atmosferycznymi. Ładunek umieszczony w kontenerze to ładunek skonteneryzowany.

(Od lewej) kontener standardowy, kontener cysterna i kontener do przewozu ładunków w temperaturze kontrolowanej



Naczepy to jednostki ładunkowe stosowane w transporcie drogowym i intermodalnym. Naczepy mogą być otwarte, zamknięte, izotermiczne, chłodnicze lub specjalistyczne, w zależności od rodzaju przewożonego towaru. Naczepa posiada z jednej strony koła a z drugiej podporę, która umożliwia położenie jej na ciągniku siodłowym. Samodzielnie stanowi ona jednostkę ładunkową, w której można przechować towar, na przykład w oczekiwaniu na rozładunek, lub potraktować ją jako jednostkę transportu intermodalnego, która na zasadniczej drodze przewozu samodzielnie znajduje się w wagonie kolejowym (wagonie kieszeniowym). Naczepa połączona z ciągnikiem siodłowym to pojazd ciężarowy.

Z perspektywy podatności na transport intermodalny wyróżniamy naczepy intermodalne (*craneable*) oraz naczepy standardowe nieintermodalne (*non-craneable*). Naczepy intermodalne są wyposażone w dodatkowe wzmocnienia i specjalną konstrukcję, które pozwalają na ich przeładunek w technologii przeładunku pionowego, tj. poprzez podniesienie i postawienie (*lift off-lift on*). Naczepy nieintermodalne mogą być natomiast przeładowywane w technologii pionowej tylko poprzez umieszczenie ich w specjalnym koszu (tzw. interkonektorze), lub w technologii przeładunku poziomego (*roll off-roll on*). W transporcie europejskim większość naczep to naczepy nieintermodalne.

[27] Kontenery morskie, które stały się standardem globalnym, pierwotnie powstały na bazie specyfikacji amerykańskich, gdzie powszechnie stosowany jest imperialny system miar (kiedyś obowiązujący w całym Imperium Brytyjskim). Pomimo szerokiego użycia systemu metrycznego na świecie, w handlu morskim utrzymuje się tradycję stosowania stóp jako jednostki miary.



Ciągnik siodłowy i naczepa osobno

Naczepa nieintermodalna podnoszona na interkonektorze



Naczepy intermodalne mogą też być ładowane na wagony kolejowe w technologii przeładunku poziomego (*roll on – roll off*). W Europie jednak nie istnieje jedna uniwersalna metoda tego rodzaju przeładunków. Ponadto technologie te są dużo droższe niż technologie przeładunku pionowego. Dlatego też ten rodzaj przeładunku naczep nie jest upowszechniony.

Nadwozia wymienne (*swap body*) to jednostki ładunkowe wykorzystywane zarówno w transporcie drogowym, jak i kolejowym. Nie są one wystandaryzowane przez jedną globalną organizację w takim stopniu jak kontenery morskie, jednak funkcjonują w oparciu o zestaw norm branżowych, które zapewniają ich interoperacyjność. Nadwozie wymienne jest z obu stron wyposażone w rozkładane podpory, które umożliwiają jego szybkie podjęcie przez pojazd drogowy. Może też być bez problemu załadowane na wagon platformę poprzez podniesienie i postawienie. Ma ono też większą pojemność użytkową niż standardowe kontenery. Jest też w porównaniu z kontenerem ISO lepiej dopasowane do wymiarów naczep-platform stosowanych w europejskim transporcie drogowym.

Kontenery, naczepy i nadwozia wymienne są jednostkami transportu intermodalnego.

Poza paletami i jednostkami intermodalnymi istnieją jeszcze mniejsze lub większe jednostki ładunkowe. Niektóre takie jak *big bagi* są wystandaryzowane pod względem ich konstrukcji i bezpieczeń-



Nadwozie wymienne

stwa, ale nie ma ich standardowego rozmiaru. *Big bagi* to wielkogabarytowe worki, często wykonane z wytrzymałych materiałów, takich jak polipropylen, używane do przewozu sypkich materiałów, np. piasku, cementu, zboża. W praktyce ich standaryzacja dotyczy przede wszystkim parametrów użytkowych i wymogów bezpieczeństwa, takich jak dopuszczalne obciążenie robocze, czy odporność szwów i pętli nośnych, a w przypadku niektórych ładunków także właściwości elektrostatycznych. Rozmiary *big bagów* są dobierane do gęstości ładunku, sposobu składowania i potrzeb przeładunkowych, dlatego spotyka się wiele wariantów wymiarowych, choć często projektuje się je tak, aby dobrze współpracowały z typowymi wymiarami palet i systemami piętrzenia. Worki to mniejsze jednostki ładunkowe wykonane z materiałów takich jak juta, papier czy plastik, służące do pakowania sypkich produktów, np. mąki, cukru, pasz. W przypadku worków standaryzacja również częściej dotyczy wymagań jakościowych i użytkowych. Wymiary samych worków są zróżnicowane i dopasowane do produktu oraz linii pakujących. Skrzynie to zamknięte jednostki ładunkowe różnych rozmiarów, wykonane z drewna, metalu lub plastiku. Standaryzacja skrzyń występuje głównie tam, gdzie skrzynie są elementem obiegu wielokrotnego lub systemu magazynowego o wymiarach kompatybilnych z europaletami. Skrzynie jednorazowe, zwłaszcza drewniane, bywają często wykonywane na wymiar pod konkretny towar, co ogranicza ich standaryzację wymiarową. Beczki to cylindryczne pojemniki wykonane z metalu, plastiku lub drewna, stosowane głównie do przewozu cieczy, takich jak oleje, chemikalia czy alkohol. W przypadku beczek funkcjonują powszechnie rozpoznawalne typowe wielkości. Jednocześnie, mogą one typem zamknięcia, grubością ścianek czy doborem materiału, co wynika z wymagań ładunku, sposobu przewozu i rodzaju obiegu (jednorazowy lub wielokrotny).

Korzyści ze standaryzacji jednostek ładunkowych

Standaryzacja jednostek ładunkowych, w tym przede wszystkim paletyzacja i konteneryzacja, zapewnia wzajemną kompatybilność ładunków pochodzących od różnych załadowców. Dzięki niej można konsolidować ładunki od różnych załadowców zarówno na środkach transportu, jak i w systemach magazynowych.

Wymiary europalet oraz wymiary przestrzeni ładunkowej naczep są wzajemnie kompatybilne. W standardowej naczepie można na jednym poziomie ustawić 33 palety, a jeśli możliwe jest ich

Big bagi, beczki i skrzynie



piętrzenie, czyli stawianie palet jednej na drugiej – 66 palet. W ten sposób można zapełnić całą przestrzeń ładunkową naczepy „na styk". Systemy magazynowe są również dostosowane do wymiarów palet – wielkość miejsca składowania, nazywanego miejscem paletowym, jest zaprojektowana z niewielkim marginesem po wielkości europalety lub palety przemysłowej. Co więcej, wystandaryzowane palety są wymienne. Jeśli ładunek trafia na europalecie do magazynu, a palety mają być oddane nadawcy, to do nadawcy odsyła się puste palety, które aktualnie znajdują się w magazynie. Nie ma potrzeby przekładania ładunku z jednej palety na drugą, aby odesłać dokładnie tę samą paletę, na której nadano ładunek. Warunkiem, jest jednak to aby odesłane palety spełniały normy europalet.



Magazyn wypełniony ładunkami na europaletach

Podobne zalety ma konteneryzacja. W przestrzeni ładunkowej statków kontenerowych (kontenerowców) kontenery układa się jeden obok drugiego, co umożliwia bardzo szczelne wypełnienie tej przestrzeni. W przypadku pociągów kompatybilność nie zawsze jest zachowana, ponieważ niektóre wagony platformy podkontenerowe nie pozwalają na kombinację dwóch kontenerów 40-stopowych lub czterech kontenerów 20-stopowych, a jedynie na kombinację jednego kontenera 40-stopowego i jednego kontenera 20-stopowego lub trzech kontenerów 20-stopowych. Standar-

dowa naczepa jest nieco dłuższa od kontenera, więc naczepa platforma podkontenerowa pozwala na przewiezienie zarówno dwóch kontenerów 20-stopowych, jak i jednego kontenera 40-stopowego. Jeżeli zestaw kontenerów, który trzeba przewieźć nie odpowiada wagonom w dyspozycji przewoźnika, na niektórych wagonach pozostaną luki, co podwyższy jednostkowy koszt przewozu ładunków znajdujących się na pociągu. Na placach składowych kontenery mogą być ustawiane jeden na drugim. Sprzęt do przeładunku kontenerów oraz przemieszczania ich na terenie terminala kontenerowego jest również wystandaryzowany. Podobnie jak palety, kontenery są wymienne.

Najważniejszą korzyścią wynikającą z wzajemnej kompatybilności spaletyzowanych lub skonteneryzowanych ładunków pochodzących od różnych nadawców oraz ich kompatybilności ze środkami transportu, urządzeniami magazynowymi i przeładunkowymi, jest możliwość obniżenia kosztów procesów logistycznych. Jeśli ładunek jest przewożony w szczelnie zapełnionym samochodzie ciężarowym, koszty przewozu rozkładają się na jak największą ilość ładunku, co sprawia, że koszt jednostkowy przewozu jest najniższy możliwy przy zastosowaniu danego środka transportu. Kompatybilność ze sprzętem przeładunkowym i magazynowym sprawia, że do obsługi logistycznej różnych klientów inwestuje się w te same urządzenia, a każdy dodatkowy ładunek, który można tym sprzętem obsłużyć, powoduje obniżenie jednostkowego kosztu tej obsługi. Ponadto, obsługa wystandaryzowanych ładunków podnosi podatność na automatyzację, a nawet autonomizację czynności przeładunkowych.

Jak ważna jest sprawna obsługa przeładunków najlepiej widać na nabrzeżach kontenerowych w portach morskich. Obecnie kontenerowce są zdolne do przewożenia kilkunastu tysięcy, a nawet ponad dwadzieścia tysięcy TEU, co odpowiada kilku tysiącom pojazdów ciężarowych. Gdy taki kontenerowiec dokuje na nabrzeżu w porcie, konieczne jest rozładowanie i załadowanie w krótkim czasie kilku tysięcy kontenerów. Bez znacznego przyspieszenia tego procesu rozładunek mógłby trwać dwa, trzy tygodnie, a nawet dłużej, jak to miało miejsce w przeszłości. Tymczasem suwnica nabrzeżowa, tzw. suwnica STS (*ship-to-shore gantry*)[28], jest w stanie przeładować jeden kontener w ciągu 45 sekund, od momentu podjęcia go z pokładu statku do postawienia na nabrzeżu. Dzięki temu możliwe jest rozładowanie ogromnej masy ładunków drobnicowych w kontenerach w ciągu jednego dnia, pod warunkiem że wszystkie te ładunki zostały skonteneryzowane.

Podatność ładunków na przewóz

O sposobie przewozu ładunku, w tym wyborze gałęzi i środka transportu oraz o sposobie przygotowania ładunku do przewozu mówią tzw. podatności ładunków na przewóz. Wyróżniamy:

- Podatność naturalną
- Podatność techniczną
- Podatność na piętrzenie (piętrowanie)
- Podatność ekonomiczną

[28] Suwnica STS (Ship-to-Shore) to specjalistyczny dźwig portowy przeznaczony do przeładunku kontenerów pomiędzy statkami kontenerowymi a nabrzeżem. Jest zazwyczaj zamontowana na szynach na nabrzeżu.

Naturalna podatność ładunków na przewóz odnosi się do właściwości samego ładunku – fizycznych, chemicznych i biologicznych – które powodują, że w trakcie przewozu może on zmieniać swoje parametry, tracić jakość, ulegać uszkodzeniu albo stwarzać różnego rodzaju ryzyka. Podatność techniczna wiąże się natomiast z ilością zabiegów, które trzeba wykonać aby przygotować ładunek do przewozu. Przygotowanie ładunku do transportu jest zarówno w gestii producentów, którzy projektują opakowania jednostkowe i zbiorcze swoich produktów, jak i osób bezpośrednio obsługujące procesy przewozowe. Podatność na piętrowanie definiuje czy nie ma przeciwskazań do położenia na danym ładunku innych ładunków. Ekonomiczna podatność ładunków na przewóz odnosi się natomiast do efektywności kosztowej procesu przewozowego.

Naturalna podatność ładunków na przewóz

Naturalna podatność ładunku na przewóz może być związana z reakcją ładunku na wahania temperatury, wilgotność i kondensację wody, dostęp światła, czas przewozu, warunki środowiskowe, a także kontakt z innymi ładunkami lub zanieczyszczeniami. Specjalnego traktowania wymagają w tej grupie również ładunki klasyfikowane jako niebezpieczne.

Wrażliwość na temperaturę i czas przewozu dotyczy przede wszystkim świeżych produktów spożywczych (owoce, warzywa, mięso, nabiał, ryby), farmaceutyków, czy niektórych materiałów chemicznych. W trakcie podróży może dojść do przyspieszonego psucia się lub pogorszenia jakości towaru oraz do problemów związanych z wahaniami temperatury i kondensacją wilgoci. Ładunki te wymagają utrzymana wymaganej temperatury na całej drodze przewozu oraz opakowań, które zapewniają cyrkulację powietrza. Wymaganą temperaturę muszą zapewniać nie tylko środki transportu, lecz także powinna ona być utrzymana podczas wszystkich operacji magazynowych i przeładunkowych mających miejsce na trasie przewozu ładunku. Kompletny i nieprzerwany łańcuch logistyczny w temperaturze kontrolowanej to tzw. łańcuch chłodniczy (*cold chain*).

Obsługa ładunku w łańcuchu chłodniczym



Wrażliwość na wahania temperatury dotyczy również niektórych produktów farmaceutycznych. W transporcie ryzykiem jest utrata stabilności i skuteczności farmaceutyków. Tu również należy utrzymać właściwą temperaturę w całym procesie przewozowym. W tym celu stosuje się m.in. opakowania termoizolacyjne.

Wrażliwość chemiczna na wilgoć i światło słoneczne dotyczy niektórych chemikaliów, na przykład sody kaustycznej, niektórych środków dezynfekcyjnych i odczynników laboratoryjnych. W trakcie przewozu mogą one zmienić swoje właściwości. Do ich przewozu stosuje się tzw. opakowania barierowe[29] oraz pochłaniacze wilgoci.

Wrażliwość na czas przewozu dotyczy ładunków, o krótkiej przydatności do spożycia/użycia (np. kwiaty cięte, świeże pieczywo, świeże warzywa i owoce). W trakcie podróży zagrożeniem są opóźnienia, przestoje lub wielokrotne przeładunki, które zwiększają ryzyko utraty jakości lub wartości tych produktów. Podstawowe działania zapobiegawcze to priorytetyzacja obsługi logistycznej oraz ograniczanie liczby przeładunków.

Wrażliwość na zanieczyszczenie i obce zapachy dotyczy ładunków o wysokich wymaganiach czystości oraz takich, które łatwo chłoną zapachy (np. ryż, mąka, cukier, herbata, kawa, przyprawy, wyroby higieniczne). Tu wskazana jest przede wszystkim dbałość o czystość przestrzeni ładunkowej. Należy też przestrzegać zasad kompatybilności i separacji ładunków, czyli zasad mówiących o tym, które ładunki można ze sobą łączyć, a które nie. Odwrotne zjawisko dotyczy ładunków, które wydzielają intensywny zapach albo pylą lub łatwo brudzą otoczenie, np. ryby i przetwory rybne, karma dla zwierząt, pasze, nawozy, węgiel/biomasa, cement, wapno. Te ładunki powinny być odizolowane od innych lub szczelnie opakowane.

Wrażliwość na stres i warunki środowiskowe dotyczy żywych zwierząt. W transporcie może dojść do urazów, odwodnienia, przegrzania lub wychłodzenia oraz silnego stresu transportowego. Należy więc zapewnić wentylację wewnątrz środka transportu, odpowiednią temperaturę i wilgotność, dostęp do wody i – gdy to konieczne – karmienia, a także unikać gwałtownych manewrów podczas przewozu.

Ładunki klasyfikowane jako niebezpieczne, ze względu na swoje właściwości chemiczne, fizyczne lub biologiczne, mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzi, środowiska naturalnego czy ogólnie pojętego bezpieczeństwa. Wymagają więc specjalistycznego traktowania, odpowiedniego opakowania, znakowania i przestrzegania przepisów dotyczących ich przewozu. W przypadku każdej gałęzi transportu istnieją konwencje i umowy międzynarodowe, które szczegółowo regulują przewóz ładunków niebezpiecznych[30]. Specjalnych procedur wymagają również sytuacje, gdy pojazd przewożący ładunki niebezpieczne uległ wypadkowi.

[29] Opakowanie barierowe to opakowanie wykonane z materiałów, które tworzą barierę ograniczającą przenikanie czynników zewnętrznych – przede wszystkim pary wodnej (wilgoci), tlenu, światła (w tym UV) oraz w pewnym stopniu wymianę ciepła.

[30] Transport drogowy – ADR (Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych); transport kolejowy – RID (Regulamin międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych); transport morski – IMDG Code (Międzynarodowy kodeks towarów niebezpiecznych w transporcie morskim); transport lotniczy – ICAO TI / Annex 18 (Instrukcje Techniczne ICAO dotyczące bezpiecznego transportu towarów niebezpiecznych drogą powietrzną, załącznik 18 do Konwencji chicagowskiej); transport żeglugą śródlądową – ADN (Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu towarów niebezpiecznych śródlądowymi drogami wodnymi).



Zabezpieczenie miejsca wypadku ciężarówki z ładunkiem niebezpiecznym

Techniczna podatność ładunków na przewóz

Podatność techniczna dotyczy cech ładunku i jego przygotowania do przewozu, takich jak masa i wymiary, konsystencja, kształt i położenie środka ciężkości, wrażliwości na uszkodzenia wskutek wstrząsów i drgań, podatności na wyciek i wysypywanie się, i in.

Wrażliwość techniczna związana z masą i wymiarami dotyczy *project cargo*. W trakcie przewozu i operacji załadunkowo-wyładunkowych może dojść do przekroczenia udźwigu sprzętu manipulacyjnego, utraty przezeń stateczności lub uszkodzeń oraz problemów wynikających z nacisków na osie pojazdów i ograniczeń infrastruktury[31]. Ze względu na swoje nietypowe wymiary, wagę lub kształt, przewóz takich ładunków wymaga specjalistycznego sprzętu, precyzyjnego planowania trasy oraz często współpracy z władzami, aby uzyskać odpowiednie zezwolenia na transport. Ich przewóz jest często konwojowany przez dodatkowe pojazdy zabezpieczające proces przewozowy. W skrajnych przypadkach może być konieczne usunięcie części wyposażenia infrastruktury drogowej lub kolejowej po, której odbywa się przewóz, np. zdjęcie sygnalizacji świetlnej na drogach. Przewozy tego typu często prowadzone są w godzinach nocnych, tak aby nie blokować regularnego ruchu w środku dnia.

Wrażliwość techniczna wynikająca z nietypowego kształtu i wysokiego środka ciężkości dotyczy zbiorników, kotłów, silosów, itp. W trakcie podróży może dojść do przechyłów, przemieszczenia ładunku lub utraty stabilności. Przewożąc takie ładunki należy więc zadbać o właściwe podparcie, dobór punktów mocowania, zabezpieczenie przed przechyłem i przesunięciem oraz równomiernie pod względem masy rozmieścić ładunek w przestrzeni ładunkowej.

Wrażliwość ładunków związana z kruchością oraz podatnością na uszkodzenia podczas przewozu i operacji manipulacyjnych dotyczy m.in. szkła, ceramiki, armatury sanitarnej, elementów precyzyjnych i elektroniki. Drgania, wstrząsy i naciski punktowe mogą wywołać pęknięcia, wyszczerbienia,

[31]W transporcie drogowym kluczowe znaczenie mają dopuszczalne naciski na oś, których przekroczenie prowadzi do przyspieszonej degradacji nawierzchni, natomiast w transporcie kolejowym ograniczenia te odnoszą się do dopuszczalnych nacisków zestawów kołowych na tor oraz obiekty inżynierskie. Wartości w ruchu kolejowym są z reguły wyższe niż w ruchu drogowym. Niezależnie od gałęzi transportu istotną barierą są także ograniczenia skrajni pionowej i poziomej, które mogą uniemożliwiać przejazd pod wiaduktami, w tunelach lub w pobliżu innych elementów infrastruktury.

Nocny przewóz project cargo transportem drogowym



mikrouszkodzenia, rozkalibrowanie lub utratę parametrów. W przypadku takich ładunków stosuje się opakowania amortyzujące wstrząsy oraz przekładki, zabezpiecza się naroża i powierzchnie, ogranicza się piętrzenia i naciski punktowe. Ważne jest też stabilne rozmieszczenie ich w przestrzeni ładunkowej oraz zabezpieczenie przed przemieszczeniem.

Ładunki płynne i sypkie przewożone luzem, np. paliwa, oleje, mleko, a także zboża, cukier, cement, czy granulaty są podatne na wycieki, rozsypanie, pylenie albo problemy związane z niekontrolowanym przemieszczeniem się masy w jednostce ładunkowej. Podstawowe działania przygotowujące ładunek do przewozu to dobór właściwych jednostek ładunkowych oraz sprawdzenie ich szczelności. W przypadku kontenerów, aby zapobiec wysypowi drobnoziarnistych ładunków, stosuje się też worki (linery) kontenerowe[32].



Kontener wyścielany linerem wypełniony cukrem przewożonym luzem

[32] Liner kontenerowy (container liner) to elastyczna wkładka montowana wewnątrz kontenera, wykonana zwykle z tworzyw sztucznych, która tworzy zamkniętą „torbę" dopasowaną do jego wnętrza. Stosuje się ją głównie do przewozu ładunków sypkich i granulowanych luzem, takich jak zboża, pasze, cukier, granulat tworzyw czy proszki chemiczne.

Niezależnie od specyficznych cech niektórych ładunków trzeba mieć na względzie, że w wielu procesach przewozowych konieczne jest równomierne rozmieszczenie ładunku pod względem generowanych obciążeń oraz umocowanie ładunku w przestrzeni ładunkowej pojazdu (czyli tzw. sztauowanie). Na statkach ponadto praktykuje się stosowanie grodzi. Przestrzeń ładunkowa dzielona jest na komory, których ściany podczas sztormu zapobiegną przesuwaniu się ładunku w ładowani, tym samym zapobiegając zatonięciu statku.

Podatność ładunków na piętrzenie

Podatność ładunków na piętrzenie odnosi się do ich wytrzymałość na nacisk (z góry) oraz stabilność całego stosu. W trakcie podróży podstawowym ryzykiem jest zgniecenie dolnych warstw, zdeformowanie opakowań lub osunięcie się stosu. Wysoka podatność na piętrzenie dotyczy ładunków o sztywnych, wytrzymałych opakowaniach i przewidywalnym kształcie, na przykład palet z napojami w butelkach plastikowych, ładunków w zgrzewkach, kartonach lub w skrzyniach. Niska podatność na piętrzenie dotyczy ładunków wrażliwych na nacisk i odkształcenia, takich jak delikatna elektronika, telewizory, sprzęt IT, ale też duże urządzenia AGD (lodówki, pralki, zmywarki) oraz meble i elementy wyposażenia wnętrz, ze względu na potencjalną niestabilność stosu.

W przewozach, w których piętrzenie jest pożądane z uwagi na wykorzystanie przestrzeni, stosuje się rozwiązania ograniczające nacisk na ładunek, takie jak przekładki rozkładające ciężar a także inne akcesoria, które przenoszą obciążenia na mocniejsze punkty zamiast bezpośrednio na wrażliwe opakowania. Stosy są stabilizowane poprzez wypełnienia i separatory lub za pomocą pasów.

W transporcie drogowym, przydatnym rozwiązaniem są pojazdy z podwójną podłogą (*double deck*), gdzie drugi poziom podłogi można ustawić na różnej wysokości dostosowując przestrzeń ładunkową do gabarytów ładunku. Cięższe ładunki kładzie się na parterze, a lżejsze i wrażliwsze – na drugiej podłodze.

Pojazd ciężarowy z podwójną podłogą



Ekonomiczna podatność ładunków na przewóz

Podatność ekonomiczna ładunków na przewóz dotyczy relacji kosztów transportu (frachtów) do wartości samego ładunku. W przypadku ładunków o wysokiej wartości jednostkowej (np. smartfony, komputery, aparatura medyczna, części lotnicze) koszty transportu stanowią zazwyczaj niewielki udział w ich wartości. Mówimy wtedy, że ładunki te mają wysoką ekonomiczną podatność na przewóz i możemy dla nich rozważać droższe opcje przewozu, np. transport lotniczy. Jednocześnie w tej grupie rośnie znaczenie kosztów pośrednich: ubezpieczenia, ochrony, monitoringu, a także ryzyka kradzieży lub uszkodzenia, które mogą podnosić koszty pieniężne przewozu mimo niewielkiej masy i objętości przesyłki. W tej samej grupie są np. pilne dostawy części zamiennych do linii produkcyjnych. Sama część może nie być droga, jednak w jej przypadku długi czas dostawy oznaczałby przestój w produkcji, a co za tym idzie straty finansowe. Aby im zapobiec, ma sens poniesienie wyższych kosztów przewozu.

Ważnym aspektem podatności ekonomicznej ładunków na przewóz jest wartość tzw. zapasów w drodze. Każdy ładunek to towar, w którym zamrożono środki pieniężne. Im szybciej towar znajdzie nabywcę i zostanie opłacony, tym szybciej właściciel ładunku odzyska te środki. W przypadku ładunków bardzo drogich, również koszt zamrożonego kapitału może decydować o preferencji dla jak najszybszej formy przewozu.

Z kolei ładunki masowe o niskiej wartości jednostkowej, takie jak węgiel, kruszywa, rudy, zboże, pasze, a często także nawozy czy surowce energetyczne, wykazują niską podatność ekonomiczną na droższe formy przewozu, ponieważ koszt transportu może nawet przekraczać wartość samego ładunku. W ich przypadku kluczowe jest uzyskanie jak najniższego kosztu jednostkowego poprzez wykorzystanie efektu skali przewozu i wysokiej ładowności środków transportu. Dlatego w ich przypadku preferuje się kolej i żeglugę morską/śródlądową. W skrajnych przypadkach szuka się klientów lub dostawców zlokalizowanych jak najbliżej odbiorcy. W przypadku drobnicy o niskiej wartości, jeśli podstawowym rozwiązaniem będzie przewóz drogowy – należy poszukiwać rozwiązań, które minimalizują koszt jednostkowy przewozu (na sztukę lub na tonę ładunku). Będzie to więc realizacja przewozów w cyklicznych interwałach, tak aby skompletować ładunek całopojazdowy, lub konsolidowanie ładunku z innymi ładunkami w ładunek całopojazdowy. Praktycznym rozwiązaniem dla wielu nadawców takich ładunków są usługi tzw. przewoźników konsolidatorów, którzy specjalizują się w przewozach paletowych. Przewoźnicy tacy konsolidują w ładunki całopojazdowe pojedyncze palety nadawane przez wielu klientów tego samego dnia.



Wybór gałęzi transportu i sposobu przewozu

Decyzje transportowe zależą od cech ładunku, podatności na zjednostkowanie, tego skąd dokąd trzeba go przewieźć oraz od kombinacji różnych podatności transportowych. Rozważać można różne jednostki transportowe, różne gałęzie transportu lub ich połączenie w jednym procesie przewozowym.

Poniżej przedstawiono kilka praktycznych przykładów decyzji, o tym jak przewieźć różnego rodzaju ładunki.

Węgiel może być przewożony ciężarówkami, co jest konieczne, gdy dostawa dotyczy kilku prywatnych domów lub małej ciepłowni, gdzie brak jest bocznicy kolejowej. W takim układzie ładunek jest zwykle dzielony na mniejsze partie i dowożony bezpośrednio do wielu punktów odbioru. Jest to więc transport w mniejszych partiach luzem lub w prostych opakowaniach. Z powodów technicznych i ekonomicznych wybiera się wtedy transport drogowy. Inaczej wygląda sytuacja przy większych dostawach do odbiorcy dysponującego bocznicą kolejową. Wówczas można zorganizować przewóz w postaci dużej, jednorodnej partii węgla, którą można zapełnić cały skład wagonowy pociągu towarowego lub grupę wagonów (przesyłka wagonowa). Przewóz koleją pozwala ograniczyć koszt przewozu w przeliczeniu na tonę. Raz zestawiony skład przewozi duży wolumen bez konieczności angażowania wielu kierowców i wielu pojazdów, a po stronie odbiorcy rozładunek odbywa się w miejscu przystosowanym do obsługi ładunków masowych. W transporcie międzykontynentalnym węgiel przewozi się zazwyczaj drogą morską. W tym przypadku jest to przewóz ładunku masowego w ilości, które wypełniają całą ładownię statku. Koszt przewozu rozkłada się wtedy na ogromny tonaż. Transport lotniczy nie jest rozważany ze względu na relację frachtu lotniczego do wartości i objętości węgla.

Podatność naturalna ładunków takich jak świeże owoce morza wymaga szybkiego transportu, który zapewni odpowiednią temperaturę przewozu. W praktyce pierwszą decyzją jest tu wybór jednostki ładunkowej i technologii utrzymania temperatury – czyli opakowań termoizolacyjnych i rozwiązań chłodniczych. To one decydują, czy ładunek da się bezpiecznie konsolidować z innymi przesyłkami, czy musi być obsługiwany w bardziej dedykowanym trybie. Jeżeli wolumen jest mały lub nieregularny, a priorytetem jest czas, ładunek trafia zwykle do strumienia przesyłek chłodniczych

w drogowych przewozach drobnicowych lub do wysyłki lotniczej. Tu decyduje relacja przewozowa i odległość przewozu. Płaci się za szybkość i stabilność łańcucha chłodniczego. Gdy wolumen jest większy i powtarzalny, i nie mamy do czynienia z przewozem międzykontynentalnym, częściej wybiera się całopojazdowy przewóz drogowy w temperaturze kontrolowanej bezpośrednio do odbiorcy. Kolejowy transport takich ładunków lub transport intermodalny z wykorzystaniem kolei jest rzadko stosowany. W transporcie intermodalnym problemem jest zasilanie agregatów chłodniczych kontenerów lub naczep znajdujących się na składzie kolejowym. Nie można jednak wykluczyć, że jeżeli ten problem zostanie wyeliminowany przy jednoczesnym postępie stopnia interoperacyjności na europejskich kolejach, w niedalekiej przyszłości opcją stanie się kolejowo-drogowy przewóz intermodalny – zwłaszcza gdy ograniczenia czasu pracy kierowców wydłużają realny czas przejazdu drogowego na długich dystansach (np. z Hiszpanii do Polski).

Jeśli chcemy przewieźć elektronikę z Chin do Europy, mamy do wyboru kilka opcji transportu: lotniczy, morski lub kolejowy (NJS). Transport morski jest zwykle podstawową opcją kosztową, ponieważ pozwala przewozić duże partie w kontenerach przy najniższym koszcie w przeliczeniu na jednostkę masy i objętości. Transport kolejowy na trasach euroazjatyckich jest rozwiązaniem pośrednim czasowo i kosztowo. Wybiera się go wtedy, gdy czas jest istotny, ale koszt lotniczy jest nieakceptowalny. W tych obydwu przypadkach elektronika jest konteneryzowana. Oprócz różnic w samym frachcie znaczenie mają stawki ubezpieczenia, lub tego czy ubezpieczyciele chcą w ogóle ubezpieczyć ładunek (tu słabiej wypada transport kolejowy) oraz koszt zapasu w drodze (tu słabiej wypada transport morski). Transport lotniczy wybiera się, gdy elektronika ma wysoką wartość, relatywnie małą objętość, jest pilnie potrzebna lub gdy koszty opóźnienia są większe niż różnica w stawce frachtu. Dotyczy to też części zamiennych krytycznych dla wznowienia produkcji albo dostaw w szczycie sprzedażowym, gdzie opóźnienie oznacza utratę przychodów. Do kalkulacji kosztów poza frachtem i ubezpieczeniem włącza się wtedy realne koszty przestoju lub utraty klientów, które mogą zdecydowanie przeważyć różnice w kosztach transportu.

Na krótszych odległościach przewóz lotniczy może być preferowany również wtedy, gdy istnieje wysokie ryzyko zatorów na granicach lub w korytarzach drogowych, które wydłużają transport samochodowy o kilkadziesiąt godzin. W takim przypadku decyzja nie wynika wyłącznie z szybkości samolotu, lecz z przewidywalności całego procesu i minimalizacji ryzyka opóźnienia w krytycznym terminie dostawy.

01 Pytania sprawdzające

- Czym różni się ładunek masowy od ładunku drobnicowego?
- Jakie są przykłady podatności naturalnej i technicznej ładunków na przewóz?
- Co to jest *cold chain*?
- Co to jest jednostkowanie ładunków? Jakie są korzyści wynikające ze standaryzacji jednostek ładunkowych?
- Co należy wziąć pod uwagę podejmując decyzję o przewozie ładunku?

02 Powtórz pojęcia



03 Zboże w trzech opakowaniach

Firma sprzedaje zboże trzem różnym odbiorcom, ale każdy z nich oczekuje innej formy dostawy. Pierwszy odbiorca to duży zakład przetwórczy wyposażony w silosy, który przyjmuje zboże luzem. Drugi odbiorca preferuje dostawy w workach ułożonych na paletach, ponieważ w tej formie łatwiej mu zarządzać magazynem i partiami towaru. Trzeci odbiorca kupuje zboże z przeznaczeniem na eksport i oczekuje dostaw w kontenerach. Dział handlowy chce te różnice jasno rozróżniać, bo pozwala to dopasować warunki dostawy do potrzeb klientów. Dział logistyki również opowiada się za rozróżnieniem mając świadomość, że każda z form dostawy oznacza inny proces obsługi i inne źródła ryzyka. Trudność pojawia się po stronie finansów i księgowości, które dążą do uproszczenia rozliczeń i porównywania kosztów według jednego schematu, tak jakby w każdym przypadku realizowany był taki sam przewóz tego samego towaru.

Jak wyjaśnić, że postać ładunku i zastosowana jednostka transportowa zmieniają przebieg procesu, profil ryzyka oraz strukturę kosztów, a więc nie da się uczciwie porównywać tych dostaw jedną miarą? Jaka podatność na przewóz dominuje w każdym z trzech wariantów i jakie ma to konsekwencje dla organizacji przewozu oraz obsługi u nadawcy i odbiorcy? Jakie koszty powstają poza samym przewozem, czyli takie, które wynikają z przygotowania ładunku, jego obsługi i kontroli? Co w praktyce daje standaryzacja ładunku, a co jedynie przenosi koszty i ryzyka w inne miejsce?

W dostawach zboża luzem dominują podatności związane z warunkami przewozu i obsługi: ryzyko zawilgocenia, zanieczyszczeń, strat masy, pylenia oraz pogorszenia jakości. Zaletą jest sprawna obsługa dużych wolumenów ładunków u odbiorcy, ale tylko wtedy, gdy odbiorca ma odpowiednią infrastrukturę, na przykład silosy i instalacje rozładunkowe oraz bocznicę kolejową. Poza kosztem przewozu istotne są tu koszty i działania związane z kontrolą jakości, utrzymaniem czystości, ewentualnymi stratami oraz technologiczną obsługą załadunku i rozładunku.

W dostawach w workach na paletach rośnie znaczenie podatności technicznej, ponieważ pojawia się opakowanie i jednostkowanie. Zyskiem jest większa kontrola partii oraz łatwiejsze magazynowanie i operacje manipulacyjne, natomiast kosztem jest większa liczba operacji manipulacyjnych i związane z nim ryzyka uszkodzenia opakowań i ewentualne problemy wynikające z piętrzenia. Pojawiają się koszty worków, palet, foliowania, pracy przy pakowaniu i paletyzacji oraz większej pracochłonności przeładunków.

W dostawach kontenerowych podstawową korzyścią jest możliwość łatwego włączenia towaru w obsługę eksportową poprzez zastosowanie kontenera. Jednocześnie dochodzą koszty i ryzyka charakterystyczne dla konteneryzacji – dostępność kontenerów i koszty przygotowania kontenera, w tym zabezpieczenia ładunku linerem, a także technologiczna obsługa załadunku (wyposażenie

w urządzenia podnośnikowe dla kontenerów, umożliwiające wsypanie ładunku w kontener uniesiony pod kątem.)

Z perspektywy finansów kluczowe jest to, że te trzy warianty tworzą trzy różne pakiety kosztów i trzy różne źródła ryzyka. Nie da się więc ich rzetelnie porównywać, jeśli do analizy bierze się wyłącznie stawkę za przewóz. W dostawach luzem większa część kosztu i ryzyka ujawnia się w jakości, stratach oraz w czynnościach technologicznych przy załadunku i rozładunku. W dostawach w workach na paletach ciężar przesuwa się na opakowanie, jednostkowanie i pracochłonność operacji. W dostawach kontenerowych istotną rolę odgrywają koszty i warunki dostępności kontenerów oraz przygotowania kontenera do załadunku.

Jeżeli księgowość chce wprowadzić wspólny standard rozliczeń, powinien on polegać nie na ujednoliceniu procesu, lecz na ujednoliceniu sposobu opisu kosztów, tak aby dla każdego wariantu ujmować porównywalne kategorie, na przykład przewóz, przygotowanie ładunku, obsługę, straty i kontrolę jakości, a dopiero potem zestawiać je w ujęciu całkowitym.

04 Ładunek w temperaturze kontrolowanej – owoce morza w handlu wewnątrzeuropejskim

Dystrybutor świeżych owoców morza realizuje dostawy w handlu wewnątrzeuropejskim do sieci gastronomicznych i wyspecjalizowanych sklepów. Produkt ma wysoką wartość i bardzo krótki budżet czasu na dotarcie do klienta. Odbiorcy wymagają utrzymania temperatury w całym procesie i weryfikują to na podstawie zapisów z rejestratorów. Jeżeli pojawią się odchylenia temperatury lub dostawa dotrze zbyt późno, partia może zostać odrzucona.

Firma porównuje dwa warianty: dostawę wyłącznie transportem drogowym w warunkach chłodniczych oraz wariant z odcinkiem lotniczym, który skraca czas przemieszczenia, ale wprowadza dodatkowe etapy obsługi na lotnisku i konieczność utrzymania łańcucha.

Gdzie w przewozie owoców morza powstaje największe ryzyko pogorszenia jakości: podczas samego przewozu czy w trakcie obsługi i oczekiwania? Jak w praktyce różni się profil ryzyka jakościowego w wariancie drogowym i w wariancie z odcinkiem lotniczym? Jakie są zasady organizacyjne transportu lotniczego towarów wymagających temperatury kontrolowanej, w szczególności w zakresie wyładunku z samolotu, postępowania z przesyłką w terminalu cargo oraz przeładunku do samochodu chłodni? W jakich sytuacjach wariant lotniczy realnie zmniejsza ryzyko odrzucenia dostawy, a w jakich może je zwiększyć?

W przewozach świeżych owoców morza największe ryzyko pogorszenia jakości zwykle nie wynika z samego faktu przemieszczania, lecz z przerw w ciągłości *cold chain*, kiedy ładunek wychodzi poza warunki kontrolowane.

Wariant drogowy ma tę zaletę, że może być zorganizowany jako jednolity proces przewozowy od nadawcy do odbiorcy. Nie ma punktów, w których trzeba przenieść ładunek pomiędzy środkiem transportu a terminalem cargo. Główne ryzyko w tym wariancie dotyczy czasu – korki i inne zdarzenia drogowe na dłużej trasie mogą spowodować, że przesyłka dotrze zbyt późno, mimo że temperatura była utrzymana. Kluczowe są więc takie elementy jak wybór godzin przejazdu, planowanie zapasu czasu oraz umówienie odbioru w sposób ograniczający oczekiwanie przy dostawie (okno czasowe).

Wariant z odcinkiem lotniczym różni się tym, że wprowadza wyraźne etapy obsługi, które trzeba świadomie zaprojektować pod utrzymanie łańcucha chłodniczego. W uproszczeniu proces wygląda następująco: przesyłka jest przygotowywana do przewozu lotniczego i dostarczana pojazdem ciężarowym do strefy cargo na lotnisku; następnie jest przyjmowana do obsługi i ładowana do

samolotu; po locie jest wyładowywana, przewożona do terminala cargo; a potem wydawana do dalszego transportu drogowego w chłodni.

O ile przeładunek pomiędzy pojazdem ciężarowym a terminalem cargo pozwala na utrzymanie właściwej temperatury, to przed odlotem i po przylocie krytyczny jest moment wyładunku z samolotu. Przesyłka nie powinna pozostawać na płycie lotniska dłużej niż to konieczne. W praktyce oznacza to priorytetową obsługę ładunków wymagających temperatury kontrolowanej i natychmiastowe podstawienie środków obsługi naziemnej, które pozwalają ograniczyć kontakt z temperaturą otoczenia. Następnie przesyłka powinna zostać możliwie szybko przetransportowana do terminala cargo, a w terminalu – skierowana do strefy przeznaczonej dla towarów w temperaturze kontrolowanej.

Jeżeli terminal nie zapewnia takich warunków albo jeżeli przesyłka czeka w niekontrolowanej strefie, zysk z krótkiego przelotu może zostać utracony, a ryzyko odchylenia temperatury rośnie. Utrzymanie łańcucha chłodniczego w terminalu lotniczym polega na tym, że przesyłka nie stoi przypadkowo w dowolnym miejscu, tylko jest obsługiwana w warunkach, które ograniczają wahania temperatury. Przeładunek do samochodu chłodni musi być zorganizowany jako możliwie krótka operacja. Kluczowe jest, aby przesyłka została przekazana bez zbędnego przebywania w temperaturze otoczenia, a samochód był już schłodzony i przygotowany do przyjęcia towaru.

Wariant lotniczy realnie zmniejsza ryzyko odrzucenia dostawy przede wszystkim wtedy, gdy transport drogowy nie jest w stanie dotrzymać wymaganego czasu realizacji dostawy, na przykład gdy zamówienie pojawia się późno, a okno dostawy jest bardzo krótkie. Jednocześnie może zwiększać ryzyko, jeżeli proces na lotnisku jest słabo zsynchronizowany, przesyłka długo czeka na wyładunek lub wydanie, albo terminal cargo nie zapewnia sprawnych warunków dla ładunków w temperaturze kontrolowanej. W takim przypadku skrócenie czasu lotu nie kompensuje dodatkowych etapów obsługi, a to właśnie one stają się głównym źródłem odchyleń temperatury widocznych w logach.

03

Pasażerowie, ich potrzeby, ograniczenia i preferencje

Współczesne społeczeństwo charakteryzuje się zróżnicowanymi potrzebami transportowymi, wynikającymi z różnych motywacji podróży i osobistych preferencji – obiektywnych i subiektywnych, a także realnych ograniczeń mobilności.

W tym rozdziale omówiono motywacje i ograniczenia wpływające na wybory transportowe podejmowane przez podróżnych zarówno w przypadku transportu indywidualnego (prywatnego, odbywanego własnymi samochodami), jak i publicznego (lub innych rodzajów transportu zbiorowego). Wskazano przesłanki decydujące o wyborze środka transportu oraz czynniki, które mogą utrudniać mobilność. Przedstawiono również alternatywne formy transportu, które zyskują na popularności jako odpowiedź na wyzwania związane z tradycyjnymi metodami przemieszczania się.

Motywacje podróży i ograniczenia transportowe

Motywacje podróży pozwalają zrozumieć, po co i dokąd przemieszczają się ludzie, ale same nie wyjaśniają, czy i w jaki sposób dana podróż jest możliwa do zrealizowania. Na mobilność wpływają zarówno potrzeby i preferencje podróżnych, jak i bariery wynikające z dostępności usług przewozowych oraz indywidualnych ograniczeń.

Motywacje podróży

Motywacje podróży to przyczyny, dla których podróżujemy.

Najczęstszą motywacją podróży są dojazdy do pracy oraz szkół. Nawet jeśli w ostatnich latach w wielu przedsiębiorstwach wprowadzono możliwość pracy zdalnej, dotyczy ona tylko pracowników, którzy ze względu na charakter swoich obowiązków mogą pracować w domu, a ich pracodawca godzi się na taki tryb pracy. W praktyce oznacza to, że część podróży może zostać ograniczona, ale nie znika potrzeba codziennej mobilności w skali całego rynku pracy. Osoby pracujące na przykład w sklepach, restauracjach, szpitalach i urzędach muszą fizycznie pojawiać się w miejscu pracy,

aby wykonywać swoje obowiązki. Wyludnianie się mniejszych miejscowości oraz chaotyczny rozwój miast sprawiają, że sieć szkół się przerzedza. Dzieci i młodzież coraz częściej muszą korzystać z dojazdów do szkół poza miejscem zamieszkania.

Dojazdy do pracy i szkoły odbywają się zazwyczaj w podobnym czasie. Są bezpośrednią przyczyną zwiększonego zapotrzebowania na transport w tzw. szczycie porannym i popołudniowym. Organizatorzy transportu publicznego i przewoźnicy[33], planując ofertę przewozową i zakup pojazdów, dostosowują je głównie do okresów szczytu komunikacyjnego, mając świadomość, że część pojazdów nie będzie wyjeżdżała na trasy poza godzinami szczytu lub będzie wtedy słabo zapełniona. W większych miastach zarówno rano, jak i po południu mamy do czynienia z zatłoczeniem zarówno na drogach, jak i w środkach transportu publicznego.

Szczyt komunikacyjny



Rzadziej natomiast podróżujemy w celach służbowych, czyli aby wykonać swoje obowiązki zawodowe w innym miejscu niż siedziba firmy, w której pracujemy. Inne motywacje podróży to zakupy, rozrywka, cele turystyczne, odwiedzanie rodziny i znajomych oraz inne potrzeby osobiste. Te podróże są bardziej rozproszone w czasie, choć istnieją pewne wyjątki. Kumulację podróży w innych celach niż dojazdy do pracy i szkół możemy obserwować w Polsce np. w tzw. długie weekendy lub w okresach świątecznych.

Niezależnie jednak od motywacji, o realnej możliwości odbycia podróży decydują różne ograniczenia – zarówno po stronie dostępności transportu, jak i po stronie samego podróżnego.

[33] Organizator transportu publicznego to podmiot (najczęściej samorząd), który planuje i zamawia publiczny transport zbiorowy: ustala sieć połączeń, rozkłady, standardy i zasady taryfowo-biletowe oraz wybiera wykonawcę usługi. Przewoźnik (operator) to podmiot, który fizycznie realizuje przewozy – zapewnia tabor i personel i wykonuje kursy zgodnie z warunkami określonymi przez organizatora, zwykle na podstawie umowy.

Ograniczenia w dostępie do transportu

Zapewne każdy z nas spotkał się z pojęciem wykluczenia transportowego, czyli ograniczenia możliwości odbywania podróży w sposób pozwalający na realny dostęp do pracy, edukacji, ochrony zdrowia, usług i relacji społecznych[34]. W dyskusji publicznej pojęcie to bywa sprowadzane do braku lub niskiej jakości oferty transportu publicznego. Jednak w praktyce obejmuje ono także bariery po stronie samego podróżnego, w tym ograniczoną mobilność, brak samochodu lub uprawnień do prowadzenia pojazdów oraz ograniczenia finansowe.

Osoby o ograniczonej mobilności (*persons with reduced mobility*, PRM) to osoby, które z różnych przyczyn mają ograniczoną zdolność poruszania się. Może to być niepełnosprawność fizyczna, sensoryczna, czy intelektualna, albo tymczasowe okoliczności, takie jak podróżowanie z małymi dziećmi, przewożenie ciężkiego bagażu, itp. PRM to więc nie tylko osoby starsze i niepełnosprawne, ale również każdy, kto w danym momencie doświadcza trudności w korzystaniu z transportu. Jeżeli osoby o ograniczonej mobilności są zdane na transport publiczny, to brak odpowiednio dostosowanej infrastruktury, takiej jak przystanki z podjazdami, windy, czy schody ruchome, brak możliwości wjazdu wózkiem inwalidzkim, chodzikiem albo wózkiem dziecięcym do autobusu, czy tramwaju może znacząco utrudniać mobilność, nawet jeśli jest dostępna szeroka oferta transportu publicznego. W skrajnych przypadkach, na przykład osób starszych i schorowanych, nawet długie odległości pomiędzy przystankami wymagające przejścia pieszego pomiędzy nimi mogą być przesłanką do rezygnacji z podróży i w praktyce prowadzić do ich wykluczenia transportowego.



Asysta kierowcy autobusu wobec osoby o ograniczonej mobilności

Również brak uprawnień do prowadzenia pojazdów znacząco ogranicza mobilność części społeczeństwa, nawet jeśli osoby te nie zaliczają się do grupy PRM. Dotyczy to szczególnie dzieci i mło-

[34]W dokumentach instytucji Unii Europejskiej częściej niż określenie wykluczenie transportowe stosuje się pojęcie transport poverty (ubóstwo transportowe), a niekiedy także mobility poverty. Ubóstwo transportowe oznacza sytuację, w której osoby lub gospodarstwa domowe doświadczają trudności w pokrywaniu kosztów transportu prywatnego lub publicznego, lub mają ograniczony dostęp do transportu niezbędnego do dotarcia do podstawowych usług i aktywności społeczno-gospodarczych (z uwzględnieniem uwarunkowań krajowych i przestrzennych). Źródło: Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/955 z 10 maja 2023 r. ustanawiające Społeczny Fundusz Klimatyczny.

dzieży, seniorów (którzy stracili prawo do prowadzenia pojazdów) oraz osób niezdolnych do prowadzenia pojazdów z innych powodów, a także osób świadomie rezygnujących z posiadania prawa jazdy. Osoby te są zawsze zależne od transportu publicznego, taksówek, innego rodzaju przewozów „na żądanie" lub pomocy innych, np. rodziny lub przyjaciół. Nie mają one możliwości samodzielnego skorzystania z samochodu, nawet jeśli jest je stać na jego posiadanie. Ta grupa jest szczególnie dotknięta wykluczeniem transportowym, tam gdzie nie ma wystarczającej oferty transportu publicznego lub nie ma jej w ogóle.

Niska siła nabywcza ogranicza natomiast mobilność osób, które nie mogą sobie pozwolić na posiadanie własnych samochodów, poniesienie kosztów taksówki, ani na korzystanie z płatnego transportu publicznego. Dotyczy to szczególnie gospodarstw domowych o niskich dochodach na jednego członka rodziny, w tym często seniorów mających niskie emerytury oraz młodych osób o niskich dochodach wchodzących na rynek pracy. Dlatego też, w transporcie publicznym często funkcjonują zniżki dla seniorów, dzieci i młodzieży, czy dużych rodzin. W transporcie kolejowym oraz części autobusów regionalnych lub dalekobieżnych będą to tzw. zniżki ustawowe[35]. Zniżki te są rekompensowane przewoźnikom ze środków budżetu państwa. W większych miastach, które dysponują wysokimi budżetami, w odróżnieniu od małych miejscowości, istnieje realna zdolność do znaczącego dofinansowania transportu publicznego. Niskie ceny biletów oraz ulgi mają na celu zapewnienie dostępności transportu publicznego dla każdego, w tym osób o niskich dochodach, a także – z innych przyczyn – mają zachęcać do rezygnacji z samochodu na rzecz transportu publicznego.

Przesłanki wyborów transportowych

Załóżmy, że wymienione powyżej ograniczenia nas nie dotyczą. Nie mamy ograniczeń osobistych, a oferta transportu publicznego jest dostępna. Co zatem decyduje o tym, że wybieramy taki, a nie inny środek transportu jadąc do pracy, szkoły, czy na wakacje? Czy jest to jedynie cena biletu lub koszt benzyny i inne koszty związane z podróżą własnym samochodem, czy też nasze wybory są znacznie bardziej złożone?

W ekonomice transportu istnieje pojęcie zgeneralizowanych (uogólnionych) kosztów transportu. Jest to pojęcie, które uświadamia nam, że pasażer porównuje nie tylko koszty podróży, ale całe doświadczenie podróży – czas, wygodę, niepewność, wysiłek organizacyjny, itp. Zgeneralizowane koszty podróży to:

- Koszty pieniężne podróży, stałe i zmienne[36]
- Koszty niepieniężne podróży, tj. inne czynniki, które pasażer bierze pod uwagę podejmując wybory transportowe, często bardzo intuicyjnie, a niekiedy świadomie

W transporcie publicznym koszty stałe dla pasażera rozumiane jako stały miesięczny wydatek to przede wszystkim bilety okresowe na transport publiczny miejski lub kolej, które umożliwiają nie-

[35] Ich podstawą jest ustawa z 20 czerwca 1992 r. o uprawnieniach do ulgowych przejazdów środkami publicznego transportu zbiorowego, która reguluje ulgi w regularnych przewozach osób wykonywanych przez uprawnionych przewoźników kolejowych i autobusowych (z wyłączeniem komunikacji miejskiej).

[36] Koszty stałe to wydatki, które pozostają niezmienne niezależnie od poziomu aktywności. Koszty zmienne to wydatki, które zmieniają się w zależności od intensywności lub częstotliwości podejmowania działań.

ograniczone korzystanie z ich usług przez określony czas. Koszty zmienne to bilety jednorazowe, które pasażerowie muszą zakupić przed każdą podróżą. Płacimy za każdą podejmowaną podróż osobno. Korzystanie z własnego samochodu wiąże się z innymi rodzajami kosztów. Koszty stałe obejmują ubezpieczenie pojazdu, jego amortyzację, czyli stopniowe zużycie samochodu, oraz opłaty i podatki związane z samym posiadaniem samochodu. Koszty zmienne to wydatki na paliwo, opłaty parkingowe, opłaty drogowe (myto lub winiety) oraz koszty związane z serwisem i naprawami pojazdu. Dla osób już posiadających samochód, decyzje dotyczące podjęcia podróży samochodem – jeśli mają znaczenie – koncentrują się na kosztach zmiennych, ponieważ koszty stałe są już poniesione, niezależnie od tego, jak często pojazd jest używany.

Głównym niepieniężnym kosztem podróży jest koszt czasu spędzonego w podróży. W ekonomice transportu istnieją sposoby na monetyzację tego kosztu, czyli wyrażenie go wartościach pieniężnych. Zwykle odnoszą się one do średnich zarobków w danym kraju, czy regionie albo ustala się je na bazie badań preferencji pasażerów. Kiedy jednak podróżny podejmuje decyzję o podjęciu podróży, nie prowadzi skomplikowanych kalkulacji. Jego wybór jest intuicyjny. Jeśli ma do wyboru kilka opcji podróży, to porównuje czas potrzebny na realizację podróży w każdej z opcji.

Prawidłowe oszacowanie czasu trwania podróży powinno odnosić się do całej podróży „od drzwi do drzwi". Oszacowanie czasu podróży w przypadku czasu podróży samochodem jest dość proste i obejmuje czas potrzebny na przejazd oraz ewentualne przerwy na odpoczynek jeśli podejmujemy dłuższą podroż. W mieście powinniśmy także doliczyć orientacyjny czas potrzebny na znalezienie miejsca parkingowego.

W transporcie publicznym oraz innych formach transportu zbiorowego rachunek czasu spędzonego w podróży staje się bardziej skomplikowany. Na czas podróży „od drzwi do drzwi" składają się czas trwania jazdy oraz czas oczekiwania na przystankach, stacjach kolejowych i terminalach pasażerskich oraz czas potrzebny na piesze przejścia, na przykład dojście do przystanku. Jeśli na trasie przejazdu będziemy się przesiadać, należy również doliczyć czas potrzebny na wszystkie inne piesze przejścia pomiędzy przystankami, stacjami, czy terminalami. Czas podróży w odczuciu pasażera nie jest jednak równy faktycznemu czasowi trwania podróży. Im dłuższe oczekiwanie na przejazd, im dłuższe i mniej wygodne przejścia piesze, a także im niższy komfort podróży, na przykład z powodu konieczności stania lub dużego zatłoczenia, tym dłuższy wydaje się pasażerowi czas podróży.

W transporcie kolejowym często mamy wybór pomiędzy droższym pod względem ceny pociągiem ekspresowym, a tańszym pociągiem międzyregionalnym, który pokonuje co prawda podobną trasę, jednak przejazd trwa dłużej. Pociągi ekspresowe nie zatrzymują się w każdej miejscowości, przez którą przejeżdżają. Pociągi międzyregionalne z założenia obsługują więcej miejscowości. Podczas takiego przejazdu zatrzymują się częściej niż pociągi ekspresowe, i dlatego, mimo że długość trasy jest porównywalna, pociągi międzyregionalne jeżdżą wolniej niż ekspresowe. Pociągi międzyregionalne są zresztą częściej dofinansowywane z budżetów publicznych ze względu na swoją rolę w zapewnianiu społeczeństwu dostępu do mobilności. Dlatego ceny biletów na przejazd nimi są niższe niż w komercyjnych pociągach ekspresowych. Znajdą się zarówno pasażerowie, którzy będę woleli zapłacić więcej za bilet w komercyjnym pociągu ekspresowym i być na miejscu szybciej, jak i tacy, którzy w tę samą trasę wybiorą się wolniejszym i dofinansowywanym ze środków publicznych pociągiem międzyregionalnym płacąc za bilet mniej.

Czas – niepieniężna przesłanka wyborów transportowych



Podobnie będzie w przypadku podróży lotniczych. Lot tanimi liniami lotniczymi kosztuje mniej, ale samoloty często startują i lądują na lotniskach nie posiadających dobrego skomunikowania z miastami. Trzeba więc zaplanować więcej czasu na dojazdy. Lotniska, gdzie operują tylko linie niskokosztowe mają też niski standard obsługi pasażerów. Musimy się liczyć z tym, że bez względu na pogodę drogę pomiędzy samolotem a terminalem pokonamy pieszo. Również i tu czasami mamy do czynienia z przypadkami dofinansowania z budżetów publicznych, bo utrzymanie nawet nieopłacalnego lotniska jest kwestią tak, czy inaczej rozumianego prestiżu. Pośrednio, do tanich biletów dopłacamy więc wszyscy z naszych podatków. Samolot linii tradycyjnych przy wyższej cenie biletów, zwykle startuje i ląduje na lotnisku mającym dobre połączenie kolejowe z centrum miasta, więc czas poświęcony na dojazdy będzie dużo krótszy. Pasażer ma też do dyspozycji więcej udogodnień. Znajdą się zarówno podróżni, którzy będą woleli zapłacić mniej za podróż samolotem tanich linii lotniczych, jak i tacy, którzy są skłonni zapłacić więcej za lot tradycyjnymi liniami, by spędzić mniej czasu w podróży i odbyć ją w bardziej komfortowych warunkach.

Patrząc na koszty pieniężne, naturalnie odnosimy je do budżetu, którym dysponujemy. Jeśli mamy większy budżet, łatwiej jest podejmować wybory transportowe w oparciu o inne przesłanki niż kosztowe. Jednak również i czas, którym dysponujemy, nie jest nieograniczony. We współczesnym społeczeństwie coraz większego znaczenia nabiera budżet czasu, który możemy poświęcić na podróże. Inne spojrzenie na czas podróży będzie miała osoba mająca wiele obowiązków i zobowiązań rodzinnych i towarzyskich, lubiąca spędzać aktywnie czas, a inny ktoś, kto nie ma rodziny albo prowadzi mało aktywny tryb życia.

Poza kosztem i czasem podróży możemy też mieć do czynienia z wieloma mniej lub bardziej subiektywnymi przesłankami wyboru tej, albo innej opcji podróży. Wśród nich są komfort i ogólna uciążliwość podróży. Liczą się warunki w których odbywamy podróż. Ważne są takie elementy jak zatłoczenie, hałas, temperatura, czystość, zapach i poziom bodźców wokół nas. Dla części osób kluczowy jest komfort fizyczny. Dla innych ważniejszy jest komfort psychiczny. Tłum, bliski kontakt z obcymi czy intensywne bodźce mogą wywoływać napięcie i zmęczenie. Wtedy podróż jest postrzegana jako trudniejsza. Kolejna przesłanka to uciążliwość organizacyjna i wysiłek, który musimy włożyć w podróż. Chodzi o to, ile wysiłku wymaga przygotowanie oraz sama logistyka podróży w jej trakcie. Wysiłek w planowaniu podroży ma większe znaczenie w podróżach odbywanych jednorazowo, bądź okazjonalnie. Traci natomiast na znaczeniu w powtarzalnych podróżach codziennych.

Duże znaczenie ma też to, co zabieramy ze sobą. Bagaż, wózek dziecięcy lub inny sprzęt zmieniają sposób postrzegania podróży. Rośnie wrażliwość na niedogodności. Ważne są również prywatne przekonania oraz bariery psychiczne. Jedni szukają spokoju i przewidywalności. Inni stawiają na prywatność i kontrolę. Pasażer porównuje więc nie tylko parametry podróży, które można policzyć, ale także to, jak będzie się w niej czuł.

W mieście o rozwiniętej sieci transportu publicznego pasażer często ma kilka opcji odbycia tej samej podróży. Jeśli dysponuje biletem miesięcznym, koszt przejazdu jest w praktyce taki sam. Nawet jeśli w każdej opcji liczba przesiadek jest taka sama, wybory mogą być różne. Jeden pasażer wybierze wariant szybszy, nawet kosztem dłuższych odcinków pieszych i pokonywania wielu schodów. Inny zdecyduje się na wariant trwający dłużej, ale bardziej przyjazny w odbiorze, w którym dojścia są krótsze, a przesiadki mniej męczące i mniej stresujące – bez długich przejść międzyprzystankowych, tłoku i nieprzyjemnych warunków w węźle przesiadkowym.

Transport publiczny czy transport indywidualny?

W każdej społeczności znajdą się osoby, które będą zawsze korzystały z transportu indywidualnego. Albo nigdy nie zdecydują się na przejazd transportem publicznym, albo robią to bardzo rzadko. Zawsze znajdzie się też grupa osób, która albo nie chce, albo nie może skorzystać z opcji transportu indywidualnego. Jeśli dostępna jest oferta transportu publicznego, wybór pomiędzy transportem publicznym a transportem indywidualnym dotyczy więc osób, które nie mają ograniczeń osobistych, a decyzje transportowe podejmują, biorąc pod uwagę koszt podróży, czas podróży oraz inne elementy przejazdu, które razem składają się na doświadczenie podróży.

Argumenty stojące za wyborem jednej bądź drugiej opcji mogą być różne w zależności od motywacji podróży. Ta sama osoba może podejmować inne decyzje w podróżach codziennych, a inne w podróżach o odmiennych motywacjach, na przykład w wyjazdach turystycznych. W podróżach codziennych liczy się przede wszystkim powtarzalność przejazdów i ich dopasowanie do rytmu dnia. W podróżach długodystansowych rośnie natomiast znaczenie wygody, ilości bagażu, celu wyjazdu, elastyczności wyborów, itd.

Pierwsza przesłanka wyboru pomiędzy transportem indywidualnym a publicznym to koszt podróży. Przy wyższej sile nabywczej podróżnego znaczenie kosztu pieniężnego słabnie jednak na rzecz innych przesłanek. W podróżach miejskich koszt przejazdu transportem publicznym jest zazwyczaj niższy niż koszt paliwa i opłat parkingowych (jeśli są). W mniejszych miejscowościach bilet komunikacji publicznej może kosztować więcej niż w dużym mieście, jednak wciąż koszt przejazdu komunikacją publiczną będzie niższy niż w transporcie indywidualnym. W podróżach dalekich dużo zależy od tego, czy podróżujemy sami, czy w kilka osób. Bilet kolejowy, nawet w pociągu ekspresowym i w pierwszej klasie, może kosztować mniej niż wynosić będzie koszt paliwa na całej trasie. Jednak im więcej osób podróżuje samochodem, tym niższy jest koszt paliwa w przeliczeniu na osobę. Może się zdarzyć, że będzie on niższy niż cena biletu kolejowego nawet w najtańszym pociągu.

W dużych miastach ważniejszą barierą niż koszt pieniężny bywa problem ze znalezieniem miejsc parkingowych. Gdy znalezienie miejsca jest trudne, sama niepewność i strata czasu mogą skłaniać do wyboru transportu publicznego. Dotyczy to zwłaszcza miast o starej strukturze urbanistycznej,

gdzie brakuje przestrzeni na nowe parkingi, oraz miast, które celowo ograniczają liczbę miejsc postojowych w centrach, aby zmniejszyć ruch samochodowy. Takie działania mogą być skuteczniejsze niż polityka bardzo niskich cen biletów, bo wybór pasażera staje się zero-jedynkowy – „nie mam gdzie zostawić samochodu, więc nie jadę samochodem".



Poszukiwanie miejsca parkingowego – problem współczesnych miast

Pod względem czasu podróży, w bardzo zakorkowanym mieście z dobrze rozwiniętym transportem publicznym o dużej częstotliwości kursowania środków komunikacji publicznej, intuicyjnie może się wydawać, że pasażerowie będą wybierali komunikację publiczną. Metro jeździ szybko, tramwaje nie stoją w korkach, a autobusy mają do dyspozycji buspasy. Na bilet miesięczny wydamy poza tym mniej niż na codzienną jazdę samochodem. I tak zapewne dzieje się w przypadku wielu pasażerów.

Jednak jeśli podczas jednej podróży musimy się raz, dwa, a nawet trzy razy przesiąść, prędkość handlowa przejazdu samochodem osobowym, mimo korków, może być wyższa niż prędkość handlowa transportu publicznego. Nawet jeśli pojazdy transportu publicznego poruszają się szybciej na poszczególnych odcinkach trasy, łączny czas podróży wydłużają dojścia i oczekiwania na przystankach. Osoba, która ma dużo obowiązków rodzinnych i jednocześnie pracuje, może preferować codzienne dojazdy do pracy samochodem. Będzie zwracała mniejszą uwagę na niskie ceny biletów transportu publicznego i wysokie koszty parkingów, jeśli samochodem dojedzie na miejsce szybciej niż transportem publicznym, a zaoszczędzony czas będzie mogła efektywnie wykorzystać na inne czynności.

W mniejszych miejscowościach oferta transportu publicznego ma zwykle niską częstotliwość. Koszt komunikacji publicznej bywa wyższy niż w dużych miastach, w których ceny biletów są często obniżane dzięki efektom skali i dofinansowaniu z budżetów publicznych. Tu jednak również kluczowe znaczenie ma czas podróży, ale jest on rozumiany inaczej niż w dużym mieście. Obejmuje on nie tylko sam przejazd, lecz także konieczność dopasowania całego planu dnia do rozkładu jazdy. Pasażer podporządkowuje moment wyjazdu i powrotu temu, co oferuje przewoźnik, a nie temu, czego wymaga praca, szkoła czy inny cel podróży. W konsekwencji komunikacja publiczna sprzyja bardziej biernemu trybowi organizacji dnia, w którym aktywności wymagające przemieszczenia się układa się pod dostępne kursy komunikacji publicznej. Jednocześnie, w transporcie indywidualnym ograniczenia związane z kongestią i dostępnością miejsc postojowych są mniejsze niż w dużych miastach, co dodatkowo wzmacnia przewagę samochodu w codziennej mobilności. Dostęp do usług

jest bardziej rozproszony, zwłaszcza poza podstawowymi. O ile podstawowe potrzeby mogą być zaspokojone lokalnie, o tyle dostęp do szerszej oferty, na przykład do pracy, edukacji ponadpodstawowej czy specjalistycznej opieki zdrowotnej, wymaga dłuższych podróży. W takich warunkach szczególnie istotny staje się problem skomunikowania poszczególnych środków transportu publicznego oraz koordynacji rozkładów jazdy, czyli w praktyce z perspektywy pasażera eliminacji strat czasu ponoszonych w związku z koniecznością zmiany środka transportu. Z innych przyczyn niż w miastach, ale również i tutaj transport indywidualny może przynosić oszczędności czasu, a także sprzyjać bardziej aktywnemu trybowi życia.

Oceniając dostępność transportu publicznego dla celów codziennej mobilności, należy więc pamiętać, że nie tyle ważny jest sam fakt dostępności transportu publicznego, co czas, który trzeba poświęcić na realizację celu podróży w kombinacji z siłą nabywczą podróżnego.



W podróżach dalekich układ czynników bywa inny. Dla części osób czas podróży pozostaje kluczowy, ale rośnie też znaczenie ciągłości przejazdu i możliwości zabrania ze sobą różnych rzeczy. Transport publiczny częściej konkuruje wygodą przejazdu i możliwością odpoczynku w drodze, ale jeśli nie mamy bezpośredniego połączenia, przegrywa brakiem ciągłości podróży. Transport indywidualny zyskuje przewagę, gdy podróż odbywa się w kilka osób. Jego logistyka jest też łatwiejsza, gdy podróżujemy z dziećmi albo seniorami, gdy zabieramy większy bagaż albo gdy celem są lokalizacje nieobsługiwane transportem publicznym, itd.

Pasażerowie transportu publicznego

Kto więc korzysta z transportu publicznego? Przede wszystkim są to osoby, które nie posiadają własnego samochodu, w tym młodzi ludzie, którzy nie mają jeszcze prawa jazdy lub nie odczuwają potrzeby posiadania samochodu, seniorzy, którzy nie mogą już prowadzić samochodu, a także osoby o niższych dochodach, dla których transport publiczny jest bardziej dostępny finansowo.

Transport publiczny jest również popularny wśród mieszkańców dużych miast, gdzie sieć transportowa jest dobrze rozwinięta. Zwłaszcza w codziennych podróżach do pracy transport publiczny umożliwia wygodne i efektywne przemieszczanie się, chociaż nie każdy znajdzie dla siebie dogodne

bezpośrednie połączenie na każdą trasę, a podróż będzie wiązała się z przesiadkami. W zatłoczonych miastach, gdzie parkowanie jest drogie i trudne, wiele osób wybiera transport publiczny, aby uniknąć kosztów i stresu związanego z poszukiwaniem miejsc parkingowych.

Z transportu publicznego zazwyczaj korzystają też turyści i osoby podróżujące służbowo. W podróżach służbowych, może, acz nie musi liczyć się możliwość pracy w podróży. Dotyczy ona tylko wybranych grup zawodowych, które mogą realizować swoją pracę pracując na laptopie, czy tablecie i tylko niektórych podróży, głównie tych długodystansowych wykonywanych pociągiem objętym rezerwacją miejsc, gdzie łatwo jest zachować ciągłość pracy.

Nie można też zapomnieć o osobach o motywacji ekologicznej, które wybierają transport publiczny, niezależnie do rodzaju podróży tak, aby zmniejszyć swój ślad węglowy i dbać o środowisko. Wreszcie, wiele osób korzysta z transportu publicznego ze względu na możliwość relaksu – mogą wtedy czytać lub oglądać film, zamiast skupiać się na prowadzeniu pojazdu.

Podróżni w transporcie indywidualnym

Wśród obiektywnych i subiektywnych przesłanek podnoszących skłonność do korzystania z transportu indywidualnego w podróżach miejskich, regionalnych i krajowych znajdziemy zarówno te związane z wyższą konkurencyjnością transportu indywidualnego ponad transportem publicznym w zakresie kosztów pieniężnych i czasu podróży oraz komfortu, czy dyskomfortu podróżowania, jak i inne nie omawiane do tej pory, które spowodują, że podróżni będą bardziej skłonni zdecydować się na transport indywidualny.

Pod względem kosztów pieniężnych transport indywidualny staje się bardziej atrakcyjny, gdy podróż jest współdzielona przez kilka osób, na przykład członków rodziny, ponieważ wtedy – zwłaszcza na trasach średnio-i długodystansowych – koszt paliwa bywa niższy niż na przykład łączny koszt zakupu kilku biletów kolejowych.

Pod względem wygody, samochód ułatwia przewóz większej ilości bagażu, co ma znaczenie w dłuższych podróżach, wyjazdach wakacyjnych i w podróżach rodzinnych. Pozwala też przewozić sprzęt, który trudno zabrać do środka transportu publicznego. Z tego powodu po samochód częściej sięgają rodziny z dziećmi oraz osoby podróżujące „z całym ekwipunkiem", dla których przejścia i przesiadki wiążą się z koniecznością przenoszenia bagażu i zbyt dużym wysiłkiem fizycznym i logistycznym.

Samochód bywa wyborem wynikającym z elastyczności podróżowania. Pozwala zacząć i zakończyć podróż o dowolnej porze. Nie trzeba dopasowywać się do rozkładów jazdy. Po samochód częściej sięgają osoby o nieregularnym czasie pracy i osoby, które w ciągu dnia realizują kilka aktywności w różnych miejscach. W przejazdach na długie dystanse, liczy się też możliwość dostosowania warunków przejazdu do własnych potrzeb, na przykład tempa przerw oraz pozwala na większą spontaniczność w podróżowaniu.

Są też przesłanki zdrowotne, zarówno związane ze zdrowiem fizycznym, jak i psychicznym, które w określonych okresach mogą zwiększać skłonność do podróży samochodem. Transport indywidualny ogranicza kontakt z innymi osobami, co bywa ważne w czasie podwyższonego ryzyka zakażeń oraz dla osób, które z różnych powodów chcą minimalizować ekspozycję na tłok. W tej grupie częściej znajdują się osoby o obniżonej odporności, a także osoby, które w praktyce źle znoszą zatłoczenie, hałas i stres związany z podróżą w tłumie. Dla części użytkowników znaczenie ma też



Podróż „z ekwipunkiem" w transporcie indywidualnym

poczucie bezpieczeństwa wynikające z podróży we własnej przestrzeni, bez konieczności dzielenia jej z nieznajomymi.

Samochód bywa też niezbędnym narzędziem pracy w zawodach wymagających mobilności i przewozu narzędzi lub materiałów, na przykład w budownictwie, usługach świadczonych u klienta, czy innych pracach wykonywanych w wielu lokalizacjach w ciągu dnia. W takich przypadkach kierowcą/pasażerem samochodu jest w praktyce pracownik w ruchu, który musi dojechać na miejsce o określonej godzinie, przewieźć sprzęt i wykonać zadanie.

Dla niektórych grup zawodowych i społecznych samochód pełni funkcję reprezentacyjną lub statusową, a jego wybór wynika bardziej z czynników symbolicznych i tożsamościowych niż z rachunku czasu i kosztów. W pierwszym przypadku dotyczy to osób na eksponowanych stanowiskach – m.in. menedżerów wysokiego szczebla, ludzi biznesu, osób pełniących funkcje publiczne oraz wykonujących zawody, w których wizerunek jest elementem relacji zawodowych – dla których auto stanowi część sposobu działania i budowania wiarygodności, a transport publiczny bywa postrzegany jako niezgodny z oczekiwanym obrazem roli. Ponadto, samochód może być też w ich przypadku wybierany ze względów bezpieczeństwa. W drugim przypadku chodzi o osoby, dla których samochód jest przede wszystkim sygnałem statusu i sukcesu, powiązanym z aspiracjami i stylem życia, dlatego transport publiczny nie jest dla nich realną alternatywą nawet wtedy, gdy jest sprawny i tani.

Istnieją też przesłanki niezależne od preferencji pasażera dotyczące sytuacji, w których transport publiczny nie jest realną alternatywą. Dotyczy to przede wszystkim podróży na obszarach, gdzie transport publiczny jest słabo rozwinięty lub go nie ma w praktyce, a codzienne funkcjonowanie wymaga dojazdów do pracy, szkoły, lekarza i różnych usług. Bez dostępu do auta mieszkańcy takich miejsc byliby wykluczeni transportowo. Tu transport indywidualny nie jest „jedną z opcji", tylko warunkiem uczestnictwa w życiu społecznym i gospodarczym. W tej grupie znajdują się również miejsca, do których dociera się przede wszystkim okazjonalnie, na przykład w celach turystycznych i rekreacyjnych. Samochód bywa konieczny, gdy celem podróży jest lokalizacja trudno dostępna, gdzie dojazd transportem publicznym jest ograniczony lub wymaga wielu przesiadek i długich dojść.

Alternatywne sposoby przemieszczania się

W praktyce wybór podróżnego rzadko sprowadza się do prostego podziału na transport indywidualny i publiczny. Pomiędzy nimi istnieją rozwiązania pośrednie. Wiele z nich pełni też funkcję domykania podróży multimodalnej – skraca dojścia, ogranicza liczbę przesiadek i zmniejsza niepewność. Pasażer sięga po nie wtedy, gdy chce obniżyć uogólnione koszty podróży, czyli nie tylko wydatek pieniężny, ale też czas, wysiłek organizacyjny, stres, niepewność i dyskomfort. Takie rozwiązania są wybierane wtedy, gdy poprawiają konkretne elementy „doświadczenia podróży": skracają dojście i oczekiwanie, zmniejszają liczbę przesiadek, ułatwiają przewóz bagażu, pozwalają uniknąć parkowania, dają większą prywatność albo zwiększają poczucie bezpieczeństwa.

System parkuj i jedź łączy samochód i transport publiczny. Kierowca dojeżdża autem do parkingu przy stacji lub węźle przesiadkowym i przesiada się na pociąg, metro lub tramwaj. Wybiera to rozwiązanie, gdy chce zachować elastyczność na początku podróży, ale uniknąć korków i problemów z parkowaniem w centrum miasta. Jest to także sposób na ominięcie słabego dojazdu do przystanku, gdy w pobliżu domu nie ma wygodnego połączenia.

Parkuj i jedź



Taksówki i przejazdy zamawiane w aplikacji zapewniają przejazd „od drzwi do drzwi" w warunkach podobnych do samochodu prywatnego, ale bez konieczności posiadania auta i bez konieczności prowadzenia pojazdu. Pasażer wybiera je, gdy liczy się szybka organizacja przejazdu, przewidywalność, brak przesiadek oraz większa prywatność. Takie usługi bywają też wybierane z powodów bezpieczeństwa, zwłaszcza wieczorem, przy złej pogodzie lub z bagażem. Z kolei carpooling polega na wspólnej podróży prywatnym samochodem kilku osób jadących w tym samym kierunku, przy podziale kosztów przejazdu pomiędzy uczestników. Pasażer wybiera tę opcję przede wszystkim wtedy, gdy chce obniżyć koszt podróży, a jednocześnie akceptuje konieczność dopasowania się do ustalonej godziny i miejsca spotkania oraz podróż wspólną z innymi osobami. Transport „na żądanie" oraz carpooling mogłyby w przyszłości, po uregulowaniu prawnym i organizacyjnym, pomóc ograniczać wykluczenie transportowe tam, gdzie klasyczny transport publiczny jest nieopłacalny.

Środki transportu osobistego (mikromobilność) to lekkie pojazdy dla jednej osoby, najczęściej rower i hulajnoga. Wybiera się je w podróżach krótkich, bo często skracają czas przejazdu i dają dużą

elastyczność. Są też wykorzystywane do „domknięcia" podróży, czyli dojazdu do przystanku lub z przystanku do celu, gdy odcinek pieszy jest zbyt długi. W systemach współdzielonych (takich jakie widzimy w ostatnich latach w różnych miastach w Polsce) pasażer korzysta z pojazdu za opłatą bez kosztów jego posiadania. Nie każdy pasażer jest jednak w stanie korzystać z roweru, na przykład ze względu na kondycję fizyczną, czy rodzaj pracy, którą wykonuje.



Stacja rowerów miejskich

Sposobem na dostęp do samochodu bez jego posiadania jest wynajem samochodu oraz *carsharing*. Wynajem samochodu polega na czasowym korzystaniu z auta na podstawie umowy, zwykle na co najmniej dobę, z odbiorem i zwrotem w ustalonym miejscu. Pasażer wybiera wynajem wtedy, gdy potrzebuje samochodu przez dłuższy czas i chce mieć go do dyspozycji w trakcie całego wyjazdu lub dnia, na przykład w podróży wakacyjnej, służbowej, rodzinnej albo w regionie o słabej dostępności transportu publicznego. *Carsharing* polega natomiast na wypożyczeniu auta na krótki czas, najczęściej na minuty lub godziny, zwykle uruchamianym w aplikacji i rozliczanym za czas lub dystans. Pasażer wybiera to rozwiązanie, gdy potrzebuje samochodu doraźnie, głównie w mieście, na pojedynczy przejazd lub kilka krótkich odcinków, na przykład aby przewieźć cięższe zakupy, dojechać do miejsca słabo obsługiwanego przez transport publiczny albo zrealizować kilka spraw w różnych punktach bez własnego auta.

Rozwiązaniem przyszłościowym są pojazdy autonomiczne, czyli pojazdy, które mogą samodzielnie wykonywać część lub całość zadań kierowcy dzięki czujnikom i oprogramowaniu, na przykład utrzymywać pas ruchu, kontrolować prędkość, reagować na przeszkody i planować manewry. Z perspektywy pasażera kluczowe jest to, że podróż będzie mogła mieć cechy transportu indywidualnego bez konieczności prowadzenia pojazdu. To może zwiększyć mobilność osób starszych, osób z ograniczoną mobilnością oraz tych, które nie mogą lub nie chcą same prowadzić samochodu. Bariery rozwoju transportu autonomicznego zostaną omówione jednym z kolejnych rozdziałów.

01 Pytania kontrolne

- Jakie są najczęstsze motywacje podróży?
- Co to jest wykluczenie transportowe i jakie są jego przyczyny?
- Jakie są obiektywne i subiektywne przesłanki wyborów transportowych?
- Jakie czynniki wpływają na konkurencyjność czasu podróży transportem publicznym w porównaniu do transportu indywidualnego?
- Jakie alternatywne formy transportu zyskują na popularności i dlaczego?

02 Powtórz pojęcia



03 Wybór opcji transportu zgodnie z własnymi preferencjami

Przeanalizuj swoje preferencje transportowe na kilku przykładach wyjazdów, biorąc pod uwagę zarówno obiektywne, jak i subiektywne przesłanki swoich wyborów. Rozważ następujące scenariusze:

- Codzienny dojazd do pracy lub uczelni w dużym mieście
- Wyjazd na weekend do odległego miasta w Polsce
- Podróż służbowa do innego kraju europejskiego
- Wyjazd wakacyjny z rodziną w region górski lub nadmorski

Dla każdego z tych scenariuszy określ dostępne alternatywy transportowe, uwzględniając koszty, czas podróży, wygodę oraz inne czynniki, które wpływają na Twój wybór. Następnie uzasadnij swoje decyzje, wskazując na kluczowe obiektywne i subiektywne przesłanki.

04 Dojazd do pracy w szczycie komunikacyjnym

Pewna menedżerka, o relatywnie wysokich zarobkach, dojeżdża codziennie do pracy w aglomeracji w porannym szczycie komunikacyjnym i musi dotrzeć na określoną godzinę. Jej spóźnienie może mieć konsekwencje organizacyjne. Do wyboru są trzy warianty dojazdu – samochód, transport publiczny z przesiadką oraz wariant mieszany z mikromobilnością na pierwszej lub ostatniej mili. Wariant transportu publicznego odbywa się metrem a potem tramwajem. W obydwu przypadkach częstotliwość kursowania jest wysoka, jednak przejście pomiędzy nimi wymaga pokonania wielu schodów W wariancie z mikromobilnością można wykorzystać rowery miejskie, przy czym stacje rowerów znajdują się zarówno przy stacji metra oraz około 500 metrów od budynku, w którym menadżerka pracuje.

Jakie koszty podróży ponosi menedżerka w każdej z trzech opcji? Jakie elementy trzeba uwzględnić, w każdej z opcji kiedy szacuje się czas dojazdu „od drzwi do drzwi"? Jakie niepieniężne ograniczenia mogą przesądzić o wyborze środka transportu?

Niestety, nie da się określić kosztów pieniężnych i niepieniężnych podróży, bez ustalenia dwóch brakujących informacji – kim jest menedżerka oraz jak długa jest relacja, czyli ile w praktyce trwa podróż w każdej opcji. Profil osoby jest kluczowy, bo może eliminować warianty niezależnie od czasu. Jeżeli menedżerka jest osobą starszą, ma ograniczenia ruchowe albo odczuwa dyskomfort przy wchodzeniu po schodach, to przesiadka z metra do tramwaju, wymagająca pokonania wielu schodów, może być barierą krytyczną. Jeżeli w pracy obowiązuje ją formalny *dress code* i ważny jest wygląd, wariant z rowerem miejskim również nie będzie opcją. Z kolei jeśli ma zapewnione miejsce parkingowe, samochód zyskuje na atrakcyjności. Zresztą, przy relatywnie wysokich zarobkach menedżerka może próbować zapewnić sobie przewidywalność, na przykład poprzez abonament parkingowy w pobliżu pracy, co obniży uciążliwość końcowego etapu dojazdu.

Druga brakująca informacja dotyczy długości podróży, bo dopiero ona pokazuje, które elementy są naprawdę dominujące. Metro i tramwaj zasadniczo nie stoją w korkach ulicznych, więc ich czas przejazdu na odcinkach jest zwykle bardziej stabilny niż czas przejazdu samochodem w szczycie. To oznacza, że ryzyko opóźnienia w transporcie publicznym może pojawić się w dojściach, przesiadce i warunkach tłoku, a w samochodzie – w zmienności warunków ruchu i niepewności końcowego domknięcia podróży. Jeżeli relacja jest długa, stabilność czasu przejazdu metrem i tramwajem może przeważać nad uciążliwością przesiadki, a stabilność przejazdu będzie przemawiała za wybraniem transportu publicznego. Jeżeli relacja jest krótka, wtedy udział przesiadki i przejść w całej podróży rośnie i schody oraz tłok mogą dominować w odczuciu uciążliwości, nawet przy wysokiej częstotliwości kursowania.

Oszacowanie czasu podróży musi więc obejmować pełny czas „od drzwi do drzwi". W transporcie publicznym, mimo wysokiej częstotliwości, trzeba wkalkulować dojście do metra, czas wejścia na stację i zejścia na peron, przejście między metrem a tramwajem wraz ze schodami, a w szczycie także spowolnienie ruchu w tłumie. W wariancie z mikromobilnością trzeba uwzględnić nie tylko sam przejazd rowerem, ale również pobranie roweru przy metrze, jego zwrot oraz końcowe 500 metrów dojścia do budynku. W szczycie istotne jest także to, że brak miejsca siedzącego w metrze lub tramwaju staje się realnym ograniczeniem przy dłuższej podróży, bo długie stanie podnosi zmęczenie i może obniżać akceptowalność tej opcji.

05 Wykluczenie transportowe

Mieszkanka gminy podmiejskiej nie ma samochodu. Jest księgową i pracuje zdalnie, więc nie musi dojeżdżać do pracy. Musi jednak raz w tygodniu dojechać do przychodni, która znajduje się obok siedziby gminy. Tego samego dnia robi też zakupy. Jej dziecko dojeżdża do szkoły gimbusem. Gimbus odjeżdża z tego samego przystanku, z którego korzysta główny autobus. Najbliższy przystanek znajduje się w odległości około 1,8 km od domu. Dojście prowadzi poboczem drogi bez chodnika.

Autobus kursuje rzadko. Rano są dwa kursy w odstępie około godziny. W środku dnia jest jeden kurs. Po południu są dwa kursy. Przejazd autobusem trwa około 25 minut. Realny czas podróży zależy jednak głównie od dojścia do przystanku i od oczekiwania na kurs. Problem narasta w dniu, w którym mieszkanka musi odprowadzić dziecko na gimbus i tego samego dnia, o innej porze, pojechać autobusem z tego samego przystanku.

Co najbardziej ogranicza mobilność kobiety – długie dojście do przystanku, rzadka oferta kursów, czy oba czynniki jednocześnie? Jak zmienia się sytuacja w dniu, w którym trzeba skoordynować odprowadzenie dziecka na gimbus i własny wyjazd autobusem z tego samego przystanku? Co należy doliczyć do czasu podróży, aby policzyć realny czas „od drzwi do drzwi", a nie tylko 25 minut jazdy autobusem?

Co się dzieje, jeśli kobieta nie trafi w kurs albo autobus się opóźni. Jakie są skutki dla wizyty w przychodni? Co może zrobić, aby poprawić swoją sytuację bez kupowania samochodu. Jak gmina mogłaby rozwiązać tego rodzaju problemy bez uruchamiania kolejnych kursów, do których i tak już dopłaca?

W tej sytuacji ograniczenia mobilności wynikają z połączenia dwóch barier. Pierwszą barierą jest dojście do przystanku. Dystans jest duży. Brak chodnika zwiększa uciążliwość i obniża bezpieczeństwo. Druga bariera to rzadka oferta kursów. Przy takim rozkładzie nietrafienie w autobus oznacza długie oczekiwanie. Często jest to około godziny. Sytuacja pogarsza się w dniu, w którym trzeba zsynchronizować odprowadzenie dziecka na gimbus i własną podróż. Oba odjazdy dotyczą tego samego przystanku. Godzina wyjścia z domu przestaje być elastyczna. Mieszkanka musi podporządkować się odjazdowi dziecka. Potem musi dopasować się do kursu autobusu. W praktyce oznacza to, że może być zmuszona do czekania od odjazdu gimbusa do przyjazdu „swojego" autobusu, nawet jeśli sama jazda trwa krótko. To samo dzieje się w drodze powrotnej.

Realny czas podróży trzeba liczyć „od drzwi do drzwi". Do 25 minut jazdy autobusem dochodzi dojście 1,8 km na przystanek. Dochodzi także czas oczekiwania na kurs. To oczekiwanie wynika zarówno z rozkładu, jak i z konieczności dopasowania dnia do odjazdu gimbusa. Po stronie celu nie ma analogicznej bariery dojścia, ponieważ prawdopodobnie przystanek jest przy siedzibie gminy i przychodni. Jednak ponieważ wizyta w przychodni ma zwykle wyznaczoną godzinę, o realnej

dostępności decyduje to, czy rozkład pozwala dojechać i wrócić bez długiego wymuszonego oczekiwania.

Bez kupowania samochodu kobieta może ograniczać problem głównie przez lepsze dopasowanie dnia do rozkładu. Może łączyć sprawy w jednym wyjeździe. Może umawiać wizyty na godziny zgodne z kursami. W pojedynczych dniach może korzystać z pomocy sąsiedzkiej. Latem pomocą bywa rower. Skraca dojście do przystanku. Wymaga jednak miejsca do bezpiecznego pozostawienia roweru. Może to być stojak przy przystanku. Może to być także możliwość zostawienia roweru u osoby mieszkającej w pobliżu przystanku.

Z perspektywy gminy rozwiązaniem przyszłościowym jest transport na żądanie zapewniający dojazd bezpośrednio do siedziby gminy. Usługa mogłaby działać w określonych godzinach. Może też dopuszczać zatrzymanie już kursującego autobusu na żądanie w uzgodnionym punkcie, na prośbę mieszkańca zgłoszoną z wyprzedzeniem. Takie rozwiązanie zwłaszcza w zimie i podczas deszczu pozwoliłoby na usunięcie problemu dojścia do przystanku.

04

Ekonomika i organizacja infrastruktury transportu

W tym rozdziale zarysowano ekonomiczne i organizacyjne uwarunkowania funkcjonowania infrastruktury transportu, pokazując, jak jej cechy techniczne, sposób użytkowania i osadzenie w sieci przekładają się na decyzje o planowaniu, finansowaniu i realizacji inwestycji.

Czym jest infrastruktura transportu

Infrastruktura transportu umożliwia realizację procesów przewozowych oraz przesiadek w przypadku pasażerów i przeładunków w przypadku ładunków.

Dzielimy ją na infrastrukturę liniową i punktową. Infrastruktura liniowa to ciągi transportowe, na przykład odcinki dróg kołowych, linie kolejowe, kanały żeglugowe oraz tory wodne, a w ujęciu szerszym także sieci przesyłowe, takie jak rurociągi. W przypadku infrastruktury liniowej warto znać również pojęcie obiektów inżynierskich, czyli specjalnych obiektów w jej ciągu – takich jak mosty, wiadukty, tunele, przepusty czy estakady[37]. Infrastruktura punktowa to miejsca, w których ruch się koncentruje, zaczyna, kończy albo zmienia kierunek lub środek transportu. Są to na przykład lotniska, porty morskie, terminale intermodalne, czy węzły przesiadkowe.

Funkcjonalność infrastruktury transportu rośnie wraz z jej usieciowieniem. Pojedynczy odcinek drogi czy linii kolejowej ma ograniczoną użyteczność. Dopiero jako element spójnej sieci zyskuje na funkcjonalności. Port morski, lotnisko czy terminal intermodalny mogą być nowoczesne, ale jeśli

[37] Most to obiekt inżynierski prowadzący drogę lub linię kolejową nad przeszkodą terenową albo wodną. Wiadukt to most prowadzący trasę nad inną drogą, linią kolejową lub zabudową, umożliwiający bezkolizyjne krzyżowanie się ruchu. Tunel to obiekt prowadzący trasę pod przeszkodą, na przykład pod wzgórzem, zabudową lub akwenem. Przepust to mały obiekt pod nasypem drogowym lub kolejowym, służący głównie do przeprowadzenia wody, a w odpowiednich rozwiązaniach także jako przejście dla zwierząt. Estakada to długi, wieloprzęsłowy obiekt mostowy na podporach, prowadzony nad rozległym obszarem przeszkód lub kolizji.

prowadzą do nich wąskie drogi lub zbyt słabe połączenia kolejowe, ich działanie będzie wyraźnie gorsze. O użyteczności infrastruktury punktowej decyduje więc również jej zintegrowanie z infrastrukturą liniową.

Obok pojęcia infrastruktury transportu, istnieje również pojęcie suprastruktury transportu, czyli wyposażenia obiektów infrastrukturalnych. Suprastruktura transportu to wyposażenie infrastruktury transportu w urządzenia, maszyny i systemy techniczne niezbędne do realizacji procesów przewozowych, przeładunkowych i obsługowych. Jest to sprzęt przeładunkowy, systemy sterowania ruchem czy pojazdy pomocnicze, które funkcjonują na bazie istniejącej infrastruktury. Na przykład, w porcie morskim infrastrukturą nabrzeża kontenerowego będzie sama ściana nabrzeża, przy której cumują statki, oraz inne stałe elementy terminala kontenerowego, takie jak drogi wewnętrzne i tory kolejowe, a suprastrukturą – sprzęt przeładunkowy taki, jak suwnice, czy pojazdy AGV. W praktyce o przepustowości i niezawodności obiektu często decydują nie tylko elementy budowlane, ale właśnie wyposażenie w suprastrukturę i organizacja pracy.

Infrastruktura transportu to nie tylko beton, stal i tory, ale także systemy sterowania i organizacji ruchu. W kolei są to urządzenia sterowania ruchem kolejowym (SRK), w drogach inteligentne systemy transportowe (ITS, *intelligent transport systems*), a w portach i terminalach – systemy organizujące dostęp, kolejność obsługi i przepływ pasażerów i ładunków, takie jak TOS (*terminal operating system*) oraz systemy typu *slot booking*. W transporcie lotniczym są to na przykład systemy ATM/ATC (*air traffic management / air traffic control*). Te elementy często decydują o przepustowości i bezpieczeństwie, nawet jeśli same nie są tak widoczne jak obiekty budowlane.

Istnieją też rozwiązania organizacyjne o charakterze niematerialnym, które pełnią funkcję infrastruktury liniowej – w transporcie morskim są to wytyczone szlaki wodne, a w transporcie lotniczym – korytarze powietrzne i procedury ruchu (trasy, punkty nawigacyjne oraz zasady podejścia i odlotu). Porządkują one ruch i zwiększają bezpieczeństwo, mimo że nie mają postaci obiektów budowlanych.

Możemy wyróżnić dwa podstawowe sposoby użytkowania infrastruktury transportu. W pierwszym przypadku dostępu do infrastruktury można udzielić konkretnemu użytkownikowi – czyli zarezerwować mu możliwość korzystania z niej w określonym czasie i miejscu. Tak dzieje się na przykład przy planowaniu tras pociągów na liniach kolejowych albo przy przydziale *slotów* na start i lądowanie samolotów w portach lotniczych. Mówimy wtedy o alokacji przepustowości infrastruktury konkretnym użytkownikom. W drugim przypadku, infrastruktura jest współużytkowana przez wielu użytkowników jednocześnie. Dostępu nie da się łatwo podzielić na równe porcje i przydzielić każdemu użytkownikowi osobno[38]. Tak funkcjonują na przykład drogi publiczne w ruchu kołowym, a także wspólne przestrzenie pasażerskie, takie jak hale dworców, czy terminale lotniskowe. Dopóki użytkowników jest niewielu, wszystko działa sprawnie. Gdy robi się tłoczno, pojawia się przeciążenie – korki, kolejki, ścisk, spadek komfortu i wydłużenie czasu obsługi (czyli tzw. kongestia). W praktyce oba sposoby użytkowania mogą współwystępować w różnych elementach tej samej infrastruktury.

[38]W teorii ekonomii mówimy wtedy o dobrach klubowych. Dobro klubowe to dobro, z którego wiele osób może korzystać wspólnie bez istotnego pogorszenia jakości, dopóki nie zostanie przekroczona jego pojemność i nie pojawi się przeciążenie. Jednocześnie jest to dobro, do którego dostęp można kontrolować, czyli w razie potrzeby wykluczać część użytkowników lub limitować ich liczbę, na przykład przez opłaty, członkostwo lub regulamin.

Wspólne korzystanie z infrastruktury drogowej – im więcej uczestników ruchu tym wolniejsza jazda



Infrastruktura transportu ma długą żywotność i starzeje się wolniej niż wiele innych aktywów. Jej żywotność zależy głównie od jakości utrzymania. Jeśli infrastruktura jest dobrze utrzymana nie traci na wartości. W ujęciu księgowym okres użytkowania bywa liczony w dekadach. W praktyce dobrze utrzymywane drogi, linie kolejowe czy obiekty inżynierskie mogą działać bardzo długo, nawet wtedy, gdy powstały dawno temu. Widać to zarówno w przypadku infrastruktury budowanej na początku XX wieku, jak i w przypadku niektórych historycznych budowli, które przetrwały stulecia.

W tym kontekście warto rozróżnić rodzaje nakładów i działań, które podejmuje się tworząc infrastrukturę transportu i utrzymując jej żywotność. Po pierwsze są to inwestycje, czyli budowa nowych obiektów oraz nowych odcinków dróg i linii kolejowych. Po drugie są to przebudowy i modernizacje. Polegają one na dostosowaniu infrastruktury do nowych standardów technicznych, większych potoków ruchu albo nowych wymagań bezpieczeństwa, nawet jeśli dany obiekt, czy odcinek nie jest jeszcze zużyty. Trzecim rodzajem działań jest utrzymanie infrastruktury, przy czym dzielimy je na utrzymanie bieżące i utrzymanie okresowe. Utrzymanie bieżące to czynności eksploatacyjne takie, jak odśnieżanie, usuwanie przeszkód po wichurach, czy drobne naprawy. Utrzymanie okresowe to planowane remonty odnawiające elementy zużywające się w normalnym użytkowaniu. Będzie to na przykład okresowa wymiana nawierzchni drogi albo podkładów i tłucznia na linii kolejowej.

Infrastruktura poszczególnych gałęzi transportu

Poniżej przedstawiono najważniejsze elementy i cechy infrastruktury w poszczególnych gałęziach transportu.

Porty morskie

Na infrastrukturę portu morskiego składają się tory wodne, w tym kanały podejściowe do portu, kanały i baseny portowe oraz nabrzeża, przy których cumują statki. Możemy przy tym mówić o portach zewnętrznych, do których statki mają dostęp bezpośrednio z otwartego morza, oraz o portach

wewnętrznych, do których wpływa się przez kanały portowe, a nabrzeża znajdują się albo bezpośrednio w kanale portowym albo w basenach portowych.



Port morski

Głębokość torów wodnych, kanałów i basenów portowych decyduje o tym, jak duże statki (tj. o jakim zanurzeniu) mogą być obsługiwane przez dany port. Nabrzeża mogą być wyspecjalizowane w obsłudze statków towarowych (różne typy przeładunku) albo statków pasażerskich (np. promy i statki wycieczkowe). Poszczególne nabrzeża są wyposażone w drogi wewnętrzne i place składowania oraz często w tory kolejowe.

Na terenie portu znajdują się też elementy wspólne dla wielu użytkowników, takie jak układ dróg i placów, parkingi, układy torowe czy stacje rozrządowe nie przypisane do poszczególnych nabrzeży. Port powinien być również wyposażony w systemy nawigacyjne zapewniające bezpieczne podejście statków, bazy paliwowe do zaopatrzenia jednostek pływających oraz systemy odbioru odpadów, ścieków i pozostałości ładunkowych.

Infrastruktura i suprastruktura przeładunkowa na nabrzeżu węglowym





Infrastruktura i suprastruktura przeładunkowa na nabrzeżu kontenerowym

Żegluga śródlądowa

W przypadku żeglugi śródlądowej infrastruktura opiera się na rzekach i kanałach. Kluczowe są też budowle hydrotechniczne, takie jak ostrogi, śluzy czy stopnie wodne[39]. Dzięki nim utrzymywane są parametry szlaków, czyli zapewniana jest stabilność warunków żeglugi, w tym odpowiedni poziom wody i warunki przepływu. Infrastrukturę punktową stanowią porty i przystanie śródlądowe, które łączą transport wodny z drogą, a często również z koleją.

Drogi kołowe

Drogi kołowe mają różny standard i przeznaczenie. W polskiej klasyfikacji przekłada się to na ich klasy techniczne. Autostrady (A) i drogi ekspresowe (S) to drogi szybkiego ruchu pełniące funkcję międzyregionalną i tranzytową. Drogi główne przyspieszone (GP) pełnią podobną funkcję, ale przejazd nimi bywa wolniejszy. W odróżnieniu od dróg szybkiego ruchu dopuszcza się na nich skrzyżowania jednopoziomowe, co obniża płynność jazdy po nich. Niżej w hierarchii znajdują się drogi główne (G), zbiorcze (Z), lokalne (L) i dojazdowe (D), które obsługują przede wszystkim ruch regionalny i lokalny Większa liczba skrzyżowań oraz częstsza obecność ruchu pieszego i rowerowego powodują, że dopuszcza się na nich niższe prędkości jazdy niż na drogach wyższej klasy.

Wyższa klasa drogi to jednak nie tylko wyższa dopuszczalna prędkość. Na autostradach i drogach ekspresowych standardem są m.in. MOP-y (miejsca obsługi podróżnych), pasy włączenia ruchu, pasy awaryjne, pas rozdziału ruchu, często wyposażony w bariery energochłonne[40] i dźwiękochłonne oraz czytelna organizacja węzłów. Sama możliwość jazdy szybciej wynika także z geometrii i warunków technicznych drogi – większych promieni łuków i odpowiedniego przekroju drogi, a także

[39] Ostrogi to budowle regulacyjne wysunięte z brzegu w głąb rzeki, służące do ukierunkowania nurtu i kształtowania koryta. Śluzy to budowle z komorą i zamknięciami, które umożliwiają jednostkom pływającym pokonanie różnic poziomu wody na drodze wodnej. Stopnie wodne to zespoły budowli piętrzących na rzece, zwykle obejmujące jaz lub zaporę oraz śluzę, utrzymujące wymagane warunki żeglugi na danym odcinku.

[40] Bariera energochłonna to urządzenie bezpieczeństwa ruchu drogowego montowane przy jezdni lub w pasie rozdziału, które w razie uderzenia przejmuje i rozprasza energię pojazdu, ograniczając skutki zderzenia oraz zapobiegając wypadnięciu z drogi lub wjechaniu na przeciwległy pas.

Droga szybkiego ruchu



z braku skrzyżowań jednopoziomowych. Znaczenie ma też nośność nawierzchni i obiektów (dopuszczalne obciążenia), oraz skrajnia pionowa, czyli prześwit pod obiektami. Decyduje on o tym, jakie pojazdy (tj. jakiej wysokości) mogą bezpiecznie pod nimi przejechać.

W obszarach miejskich ważną częścią infrastruktury drogowej są też elementy, które porządkują ruch i rozkładają przestrzeń między użytkowników. Są to na przykład rozwiązania uspokojenia ruchu (progi i poduszki zwalniające), infrastruktura piesza i rowerowa oraz przystanki transportu publicznego.

Linie kolejowe i kolejowa infrastruktura punktowa

Kolejowa infrastruktura liniowa to przede wszystkim tory i trakcja (sieć energetyczna dla pociągów).

Infrastruktura kolejowa może być konwencjonalna lub przeznaczona do obsługi pociągów dużych prędkości.

W Europie standardowy rozstaw torów na kolei to 1435 mm. Dominuje on w większości krajów. Funkcjonują też sieci kolejowe o szerszym rozstawie torów – m.in. w Finlandii oraz w krajach Europy Wschodniej, a także na Półwyspie Iberyjskim (konwencjonalna sieć kolejowa w Hiszpanii i Portugalii). Przejazd przez granicę, na której zmienia się rozstaw torów, wymaga dodatkowych operacji. Może to być wymiana wózków wagonowych albo ich rozsunięcie lub zsunięcie (w systemach o zmiennym rozstawie). W transporcie towarowym przejazd przez granicę będzie się wiązał z przeładunkiem ładunku lub jednostki intermodalnej na pociąg o innym rozstawie kół lub z wymianą wózków wagonowych.

Zróżnicowane są również systemy zasilania trakcji[41], co powoduje, że przejazdy międzynarodowe – a czasem także krajowe – mogą wymagać zmiany lokomotywy na granicy albo użycia lokomotywy wielosystemowej. Na infrastrukturze kolejowej liczą się również standardy w zakresie sterowania

[41]W Europie stosuje się zarówno prąd stały (np. 3 kV w Polsce i we Włoszech, 1,5 kV w Holandii), jak i prąd przemienny (np. 15 kV 16,7 Hz w Niemczech, Austrii i Szwajcarii oraz 25 kV 50 Hz we Francji).

ruchem i interoperacyjności, bo one wpływają na to, jak łatwo pociąg może przejechać przez granice i jaką przepustowość ma linia.

Kolejowa infrastruktura punktowa obejmuje obiekty, w których ruch się zatrzymuje, jest organizowany lub zmienia swoją funkcję. W przewozach pasażerskich są to przede wszystkim stacje i przystanki kolejowe oraz dworce kolejowe. W przewozach towarowych do infrastruktury punktowej należą m.in. stacje i układy torowe wykorzystywane do przyjmowania i wyprawiania pociągów (stacje zdawczo-odbiorcze), tory ładunkowe oraz bocznice, gdzie odbywa się załadunek i rozładunek, w tym również terminale intermodalne. Ważną rolę pełnią też stacje postojowe, na których pociągi towarowe mogą zostać zatrzymane (np. by przepuścić szybsze pociągi pasażerskie[42]), oraz miejsca wykorzystywane do podstawowych czynności eksploatacyjnych, takich jak kontrola techniczna wagonów i lokomotyw. Na stacjach rozrządowych rozdziela się natomiast wagony z różnych składów i zestawia nowe składy zgodnie z kierunkami docelowymi przewozu.

Porty lotnicze i zarządzanie ruchem lotniczym

Infrastruktura transportu lotniczego obejmuje przede wszystkim porty lotnicze, ale także niewidzialną infrastrukturę nawigacyjną i zarządzania ruchem, bez której loty nie mogłyby odbywać się w sposób bezpieczny i uporządkowany.

Port lotniczy dzieli się na dwie podstawowe części: *airside* i *landside*.

Airside to część przeznaczona bezpośrednio do operacji lotniczych i objęta kontrolą dostępu. Znajdują się tam drogi startowe, drogi kołowania, płyty postojowe (*apron*) i stanowiska postojowe dla samolotów, a także elementy wyposażenia wspierające ruch, takie jak oświetlenie nawigacyjne lotniska i oznakowanie. Jest to również infrastruktura i suprastruktura związana z obsługą samolotu na płycie, bezpieczeństwem i utrzymaniem gotowości operacyjnej, taka jak miejsca odladzania samolotów (*de-icing*) i infrastruktura ratowniczo-gaśnicza lotniska.



Stanowisko do odladzania samolotów (airside)

[42]W kolejach europejskich na większości linii kolejowych obowiązuje priorytet pociągów pasażerskich wobec pociągów towarowych.

Landside obejmuje terminale pasażerskie wraz z infrastrukturą odprawy, kontroli bezpieczeństwa, sortowania bagażu i obsługi przylotów i odlotów, a także układ dojazdowy i parkingi oraz powiązania z transportem publicznym, w tym strefy dla autobusów, taksówek, a nierzadko stację kolejową.

Po stronie *landside* znajdują się również terminale cargo służące do obsługi ładunków (przesyłek) lotniczych. Obejmują one strefy przyjęcia i wydania przesyłek, magazyny i chłodnie oraz miejsca kontroli bezpieczeństwa i celnej. Łączą część *airside* z dojazdem drogowym, umożliwiając przeładunek między samolotem a samochodem z wykorzystaniem infrastruktury terminala cargo.

Port lotniczy



Infrastruktura nawigacyjna to natomiast urządzenia i rozwiązania umożliwiające prowadzenie statków powietrznych po trasie, podejście do lotniska i lądowanie w różnych warunkach oraz utrzymywanie bezpiecznych separacji między samolotami. Jej centralnym punktem na lotnisku jest wieża kontroli lotów.

Poza lotniskiem infrastruktura ta obejmuje również sieć urządzeń i procedur prowadzenia ruchu w przestrzeni powietrznej. Są to wyznaczone trasy lotów, punkty nawigacyjne oraz zasady separacji, które pozwalają bezpiecznie rozdzielać samoloty w czasie i przestrzeni. W praktyce jest to element infrastruktury liniowej o charakterze niematerialnym, bo tworzy korytarze ruchu. Jego ograniczenia ujawniają się jako brak dostępnych okien czasowych dla operacji lotniczych, zwłaszcza gdy rośnie liczba lotów. Dla lotniska oznacza to, że nawet przy rozbudowanej infrastrukturze na ziemi, przepustowość może być ograniczana przez sposób organizacji ruchu w powietrzu i na styku powietrze-lotnisko.

Państwo a infrastruktura transportu

Infrastruktura transportu charakteryzuje się cechami technicznymi i ekonomicznymi, które powodują, że niezbędna jest ingerencja państwa w jej budowę i eksploatację. Tego konsekwencją jest nie tylko organizacja i zarządzenie wieloma elementami infrastruktury transportowej przez instytucje rządowe lub samorządy lokalne, ale również znaczące dofinansowanie jej funkcjonowania z budżetów publicznych.

Cechy techniczno-ekonomiczne infrastruktury transportu

Istnienie infrastruktury transportu jest warunkiem przemieszczania się ładunków w ramach wymiany handlowej oraz przemieszczania się ludności. To ona umożliwia mobilność, czyli codzienne i okazjonalne podróże. Dzięki nim ludzie mają dostęp do rynku pracy, edukacji i innych usług publicznych, takich jak ochrona zdrowia, a także do usług i aktywności związanych z kulturą oraz wypoczynkiem i turystyką. Istnienie infrastruktury transportu jest więc w interesie gospodarki i społeczeństwa.

Infrastruktura działa w sieci. Pojedynczy odcinek drogi albo linii kolejowej ma ograniczoną wartość, jeśli nie łączy się z innymi elementami. Zyskuje na znaczeniu dopiero jako część spójnego układu o dużym zasięgu. Infrastruktura transportu jest terenochłonna. Nowy korytarz transportowy ogranicza przestrzeń dla innych funkcji, więc dublowanie sieci nie ma uzasadnienia. Z perspektywy zarządzania i organizacji infrastruktury, zwłaszcza liniowej, często mamy więc do czynienia z monopolem technicznym. Na danym obszarze ma sens utworzenie tylko jednego spójnego układu sieci infrastrukturalnej danego typu.

Infrastruktura transportu wymaga bardzo dużych nakładów kapitałowych. Później generuje wysokie koszty stałe eksploatacji. To są koszty, które trzeba ponosić niezależnie od liczby użytkowników. Poniesione nakłady mają też charakter kosztów utopionych (*sunk costs*). Po zbudowaniu infrastruktury nie da się łatwo odzyskać wydanych środków. Nie można jej przenieść w inne miejsce.

Przepustowości infrastruktury transportu nie da się powiększyć sukcesywnie, w sposób płynny i dokładnie o tyle, ile wynika z bieżącego przyrostu popytu. Zwiększenie zdolności przepustowej wymaga zwykle inwestycji o minimalnej niepodzielnej skali – dobudowy pasa ruchu, dodatkowego toru, rozbudowy węzła lub modernizacji urządzeń sterowania. W efekcie przepustowość rośnie skokowo. Przez pewien czas infrastruktura pracuje blisko granicy możliwości, co prowadzi do kongestii i spadku jakości usług (kolejki, opóźnienia, większa wrażliwość na zakłócenia). Po zakończeniu inwestycji pojawia się nagły wzrost przepustowości, często na początku większy niż aktualne potrzeby. Ta nieciągłość zmian utrudnia dopasowanie podaży infrastruktury do popytu.

Z jednej strony infrastruktura jest więc droga i wymaga stałego utrzymania. Jest tym bardziej użyteczna, im gęstszą i spójną tworzy sieć. Z drugiej strony, jest powszechnie potrzebna, bo bez niej transport nie działa sprawnie. Te cechy tłumaczą dużą rolę państwa w zakresie jej tworzenia i utrzymania. Rynek często nie potrafi pogodzić wysokich kosztów i ryzyka z szeroką potrzebą społeczną i gospodarczą. Istnieje też pokusa nadużywania monopolu[43]. Dlatego w warunkach europejskich to państwa planują rozwój sieci transportowej, koordynują jej standardy i często ją finansują. Państwo robi to po to, aby infrastruktura była dostępna i spójna, czyli nie stanowiła zbioru odcinków bez ciągłości. Infrastruktura wpływa też na to, gdzie opłaca się mieszkać i inwestować. Dlatego decyzje infrastrukturalne są jednocześnie decyzjami rozwojowymi i przestrzennymi, a to również jest domena państwa.

[43] Skoro infrastruktura sieciowa ma charakter monopolu technicznego, pojedynczy zarządca mógłby wykorzystywać brak alternatywy po stronie użytkowników, narzucając niekorzystne warunki dostępu oraz podnosząc opłaty za korzystanie z sieci.

Podatność na komercjalizację

Kapitał prywatny zwykle działa tam, gdzie można relatywnie szybko uzyskać stopę zwrotu. Przedsiębiorca patrzy głównie na przychody, które może zebrać od użytkowników. Nie uwzględnia w pełni efektów społecznych, takich jak dostęp do mobilności czy lepsze warunki dla handlu. Te efekty są ważne dla gospodarki, ale nie zawsze da się je zamienić na bezpośredni przychód. W przypadku infrastruktury liniowej mamy do czynienia z tak wysoką kapitałochłonnością, że gdyby nakłady inwestycyjne i koszty operacyjne miały być pokrywane wyłącznie przez użytkowników, należałoby albo znacząco wydłużyć okres oczekiwania na zwrot kapitału, albo ustalić opłaty na tak wysokim poziomie, że ograniczyłyby dostęp do infrastruktury. To jest jeden z powodów, dla których prywatni inwestorzy są ostrożni w inwestowaniu w infrastrukturę transportu.

Są jednak typowe wyjątki. Pierwszy dotyczy infrastruktury budowanej na potrzeby własne. Duże zakłady przemysłowe mają drogi wewnętrzne, place i parkingi. Często mają też bocznice kolejowe i tory przeładunkowe. Podobnie bywa w dużych firmach logistycznych, które rozwijają własne układy manewrowe i zaplecze przeładunkowe.

Drugi wyjątek pojawia się wtedy, gdy państwo chce włączyć kapitał prywatny do realizacji projektu. Dzieje się tak zwłaszcza wtedy, gdy środki publiczne są ograniczone albo gdy potrzebne jest *know-how* partnera prywatnego. Wtedy stosuje się rozwiązania znane pod nazwą partnerstwa publiczno-prywatnego (PPP). W PPP sektor publiczny i partner prywatny dzielą się zadaniami, ryzykiem i finansowaniem. Zasady współpracy opisuje wieloletnia umowa. Takie projekty mają zwykle charakter punktowy albo odcinkowy. Często dotyczą obiektów inżynierskich, takich jak mosty i tunele, albo niektórych elementów infrastruktury lotniskowej i portowej. Warto pamiętać, że to podejście jest mocno ukształtowane przez praktykę europejską. W innych regionach świata udział państwa i rynku może wyglądać inaczej.

Ważnym problemem jest pobór opłat za korzystanie z infrastruktury. Nie zawsze da się je pobrać od każdego użytkownika. Czasem nie da się nawet ustalić, kto z niej skorzystał i w jakim zakresie. Klasyczny przykład to latarnie morskie oraz niektóre urządzenia nawigacyjne.

W transporcie lądowym najmniej podatna na pobór opłat jest infrastruktura drogowa, zwłaszcza lokalna. Teoretycznie rozwój cyfryzacji i możliwości w zakresie zbierania danych lokalizacyjnych zwiększają możliwości rozliczania wszystkich przejazdów. Jednak w praktyce potrzeba byłoby na to decyzji politycznych i akceptacji społecznej. Na drogach o wysokim standardzie pobór opłat jest łatwiejszy. Stosuje się wtedy opłaty za przejazd wybranymi odcinkami. W części państw spotyka się też system winiet. Winieta daje prawo do korzystania z sieci przez określony czas, bez rozliczania dokładnego dystansu.

W innych gałęziach transportu pobór opłat jest prostszy. W portach morskich pobiera się opłaty związane z wejściem statku do portu i korzystaniem z infrastruktury portowej. Pobiera się też opłaty za postój przy nabrzeżu oraz za przeładunek ładunków. Na kolei przewoźnicy kolejowi płacą za dostęp do infrastruktury, bo ruch da się rejestrować i rozliczać. W lotnictwie porty lotnicze pobierają opłaty za operacje lotnicze, tj. obsługę poszczególnych samolotów i linii lotniczych. Część opłat jest powiązana z obsługą pasażerów, których można policzyć i przypisać do przewoźnika.

Nawet tam, gdzie opłaty da się pobierać, nie zawsze da się je ustawić na poziomie pełnego pokrycia kosztów. Infrastruktura jest kosztowna, a popyt na transport jest wrażliwy na cenę. Gdyby opłaty były czysto kosztowe, mogłyby stać się zaporowe. Wtedy część ludzi i firm ograniczyłaby



korzystanie z transportu. To prowadziłoby do wykluczenia transportowego i hamowałoby rozwój społeczny oraz gospodarczy. Dlatego państwo zwykle ustala stawki za dostęp do infrastruktury tak, aby z jednej strony zapewnić użycie infrastruktury, a z drugiej strony nie blokować do niej dostępu. W warunkach przeciążenia infrastruktury, podniesienie stawek dostępowych może być natomiast narzędziem zachęcającym użytkowników do korzystania z infrastruktury w godzinach pozaszczytowych lub z alternatywnych połączeń.

Finansowanie

W konsekwencji, finansowanie infrastruktury transportu odbywa się z wielu źródeł. Część kosztów pokrywa się z opłat od użytkowników. Reszta pochodzi ze środków publicznych (czyli z systemu podatkowego). Z budżetu państwa i budżetów samorządowych finansuje się nakłady inwestycyjne, a czasem także część kosztów operacyjnych. Dodatkowym źródłem współfinansowania, typowym dla Europy, są środki Unii Europejskiej, np. z CEF (*Connecting Europe Facility*), który jest powiązany z rozwojem sieci TEN-T, czy w Polsce FEnIKS (Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko). Fundusze unijne współfinansują tylko część nakładów inwestycyjnych i co do zasady nie służą one do finansowania eksploatacji infrastruktury.

Modele eksploatacji pod względem finansowania różnią się między poszczególnymi gałęziami transportu. W drogach duże znaczenie mają środki publiczne oraz dedykowane mechanizmy zasilane opłatami związanymi z transportem, w tym z paliwami i z opłatami drogowymi. W kolei obowiązuje podejście, w którym opłaty od przewoźników mają pokrywać przede wszystkim koszty bezpośrednio wywołane ruchem pociągów, a pozostałe koszty utrzymania i zarządzania siecią są pokrywane ze środków publicznych. W portach morskich część infrastruktury jest utrzymywana z opłat portowych i przychodów podmiotów zarządzających portami, a część – zwłaszcza infrastruktura dostępowa od strony morza – jest finansowana publicznie. W lotnictwie utrzymanie infrastruktury lotniskowej opiera się głównie na przychodach lotnisk (wpływy z działalności komercyjnej, takiej jak najem powierzchni, usługi i handel) i opłatach od przewoźników lotniczych. Elementy systemu nawigacji lotniczej są finansowane z opłat związanych z wykorzystaniem przestrzeni powietrznej.

W każdym z tych modeli powraca ta sama logika. Infrastruktura jest na tyle krytyczna dla funkcjonowania państwa i gospodarki, że zapewnienie ciągłości jej działania i minimalnego standardu nie może zależeć wyłącznie od krótkookresowej opłacalności rynkowej.

Proces inwestycyjny

Realizacja inwestycji w infrastrukturę transportu w Polsce i w UE jest procesem formalnym, i wieloetapowym. Nie da się po prostu wejść w dany teren i zbudować drogi, linii kolejowej, portu czy lotniska.

Po pierwsze, obiekt musi spełnić wymagania techniczne, bezpieczeństwa i interoperacyjności. To wymaga projektu technicznego i weryfikacji zgodności z przepisami. Po drugie, inwestycja wchodzi w istniejący porządek przestrzenny i prawny. Wiele gruntów ma właścicieli prywatnych, więc pojawia się konieczność pozyskania terenu, w tym wykupów i – gdy nie da się wynegocjować wykupu – procedur wywłaszczeniowych. Po trzecie, inwestycja oddziałuje na środowisko i gospodarkę wodną. Potrzebne są więc decyzje środowiskowe oraz pozwolenia wodnoprawne[44]. Te zasady są elementem praworządności i ochrony praw obywateli, a także ochrony środowiska. To jest ważna różnica w porównaniu z państwami, w których procedury są prostsze albo prawa własności i udział społeczeństwa w procesie są słabsze. Skutkiem ubocznym europejskiego modelu jest jednak to, że procesy inwestycyjne wymagają czasu, zwłaszcza gdy pojawiają się spory, odwołania i konflikty społeczne.

Wstępnym etapem analiz jest studium lokalizacyjne, w którym porównuje się możliwe lokalizacje albo korytarze przebiegu inwestycji. Bierze się pod uwagę wykonalność techniczną, skutki społeczne i ograniczenia środowiskowe. To tu wyraźnie widać, czy planowane przedsięwzięcie inwestycyjne wchodzi w tereny prywatne, czy wymaga znacznych wykupów gruntów, czy może prowadzić do konfliktów, oraz jakie są kluczowe kolizje z zabudową i inną infrastrukturą.

Następnie, choć nierzadko też równolegle, opracowuje się studium wykonalności. Na tym etapie ocenia się zasadność i opłacalność społeczno-ekonomiczną oraz finansową przedsięwzięcia oraz sprawdza się różne warianty realizacyjne. Na tym etapie powstaje wstępny kosztorys przedsięwzięcia. Analizuje się koszty i korzyści, ryzyka, a także wpływ na ludzi i środowisko. Prowadzi się też konsultacje społeczne. Wynik studium jest punktem wyjścia do decyzji, czy kontynuować przedsięwzięcie i jaki wariant traktować jako wiodący.

W ramach studium, lub po nim opracowuje się koncepcję funkcjonalno-przestrzenną oraz program funkcjonalno-użytkowy (PFU). W uproszczeniu, koncepcja funkcjonalno-przestrzenna porządkuje układ inwestycji i jej warianty w przestrzeni. PFU zamienia tę koncepcję na zestaw wymagań zamawiającego wobec przyszłego projektu i robót. Następnie powstaje projekt budowlany. Jest on już szczegółowym opracowaniem, na podstawie którego uzyskuje się pozwolenie na budowę i realizuje inwestycję, choć nie jest jeszcze kompletny, jeśli chodzi o wytyczne techniczne dla przed-

[44] Decyzja środowiskowa (decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach) to rozstrzygnięcie administracyjne wydawane przed realizacją przedsięwzięcia, które określa jego dopuszczalność oraz warunki ograniczania wpływu na środowisko. Pozwolenie wodnoprawne to decyzja administracyjna uprawniająca do szczególnego korzystania z wód lub wykonywania urządzeń i robót mogących oddziaływać na wody, na warunkach wskazanych w tej decyzji.

sięwzięcia. W tym samym czasie przygotowywana jest też dokumentacja niezbędna do uzyskania decyzji środowiskowej i pozwoleń wodnoprawnych.

Po uzyskaniu decyzji środowiskowej i pozwoleń wodnoprawnych następują formalne rozstrzygnięcia lokalizacyjne i prace, które umożliwiają wejście w teren. W przypadku inwestycji celu publicznego, takich jak inwestycje w infrastrukturę transportu, konieczna bywa decyzja o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego. Decyzję wydaje właściwy miejscowo wójt, burmistrz albo prezydent miasta. W zależności od rodzaju inwestycji i trybu jej realizacji także inne organy mogą mieć kompetencje w zakresie lokalizacji. W tym samym czasie narasta temat pozyskania nieruchomości. Tu pojawiają się negocjacje, wykupy, podziały geodezyjne i uzgodnienia z właścicielami. To jest element, który potrafi istotnie wydłużać proces, bo dotyka praw majątkowych, budzi sprzeciw i często prowadzi do sporów.

W tym samym czasie można już pracować nad projektem wykonawczym, który szczegółowo pokazuje rozwiązania konstrukcyjne. Stanowi on specyfikację techniczną wg której planowany obiekt będzie zbudowany. Projekt musi być zgodny z decyzją środowiskową i z ustaleniami lokalizacyjnymi oraz projektem budowlanym. Na jego podstawie powstanie też szczegółowy kosztorys. Następnie inwestor występuje o pozwolenie na budowę. Pozwolenie wydaje organ administracji architektoniczno-budowlanej, taki jak starosta albo prezydent miasta na prawach powiatu. W praktyce czas niezbędny na uzyskanie pozwolenia zależy od kompletności dokumentów oraz od tego, czy pojawiają się uwagi i odwołania.



Po uzyskaniu formalnej podstawy do robót następuje etap przetargu i wyboru wykonawcy[45]. W inwestycjach publicznych odbywa się to według zasad zamówień publicznych. Wymaga to przygotowania dokumentów, oceny ofert, wybrania najkorzystniejszej oferty i podpisania umowy, a czasem także obsługi sporów co do warunków przetargu i wyniku postępowania.

[45] Przetarg to sformalizowana procedura wyboru wykonawcy lub dostawcy, w której zamawiający ogłasza warunki zamówienia i zaprasza zainteresowane podmioty do składania ofert, a następnie wybiera ofertę najkorzystniejszą według wcześniej określonych kryteriów.

Potem rozpoczyna się realizacja inwestycji, która w przypadku dużych obiektów jest procesem wieloletnim. To faza robót w terenie, prowadzonych przez wykonawcę zgodnie z projektem wykonawczym i warunkami decyzji, pod nadzorem inwestora i inżyniera nadzoru. W tej fazie często wychodzą problemy, których nie da się w pełni przewidzieć w fazie planowania i projektowania inwestycji. Warunki gruntowe mogą być inne niż zakładano. Mogą się uwidocznić niezinwentaryzowane kolizje z sieciami, na przykład wodno-kanalizacyjnymi, czy gazowymi. Pojawiają się trudności organizacyjne wykonawcy albo zmiany w otoczeniu inwestycji.

Ostatnim etapem jest odbiór końcowy zrealizowanego obiektu i oddanie go do użytku. Wykonuje się odbiory techniczne, próby i sprawdzenia, usuwa się usterki i domyka dokumentację. Następnie uzyskuje się formalne dopuszczenie do użytkowania, które w typowym trybie wydaje właściwy inspektor nadzoru budowlanego.

W realiach rynku warto pamiętać, że opóźnienia i kłopoty mogą pojawić się na każdym z tych etapów. Część ma charakter prawny i społeczny, jak odwołania, spory lokalizacyjne, konflikty własnościowe i procedury wywłaszczeniowe. Część ma charakter techniczny, jak kolizje z istniejącą infrastrukturą, warunki geotechniczne, ograniczenia środowiskowe i wodne, które wymuszają zmiany rozwiązań. Część jest rynkowa, jak problemy z wykonawcą, organizacją robót i jakością, które potem wracają w odbiorach i rozliczeniach. To właśnie suma tych elementów tłumaczy, dlaczego duża inwestycja infrastrukturalna w Europie często trwa długo, a sama faza budowy jest tylko jednym z etapów wieloletniego procesu.

01 Pytania sprawdzające

- Czym różni się infrastruktura liniowa od punktowej i podaj po kilka przykładów każdej z nich?
- Wyjaśnij różnicę między infrastrukturą a suprastrukturą na przykładzie portu morskiego.
- Wyjaśnij, dlaczego infrastruktura transportu działa w sieciach i co oznacza w praktyce znaczenie dojazdów i ostatniej mili dla portu, lotniska lub terminala.
- Czym jest kongestia? Wskaż przykłady infrastruktury transportu, na której spotkałeś/aś się z kongestią.
- Jakie są główne etapy procesu inwestycyjnego w infrastrukturze transportu oraz które elementy tego procesu najbardziej wydłużają go w warunkach Polski i UE?

02 Powtórz pojęcia



03 Terminal intermodalny działa, ale traci rynek przez konflikt sieciowy po uruchomieniu

Niedawno otwarty terminal intermodalny kolejowo-drogowy już w ramach procesu inwestycyjnego miał zapewniony dostęp do głównej sieci drogowej i kolejowej. Powstał krótki dojazd do węzła drogi ekspresowej oraz tor dojazdowy łączący terminal z najbliższą stacją zdawczo-odbiorczą. Na etapie planowania, właściciel terminala wiedział o tym, że gmina intensywnie poszukuje również innych inwestorów. Była mowa raczej o przedsiębiorstwa produkcyjnych. Zresztą spodziewał się, że będą to potencjalni klienci terminala.

Tymczasem, dwa lata po uruchomieniu terminala w sąsiedztwie otwarto duży park logistyczny i centrum handlowe, które zaczęły generować dodatkowy ruch. W godzinach szczytu na drogach dojazdowych do węzła i na samym węźle ciężarówki jadące do terminala kolejkują w oczekiwaniu na zjazd. Ich czas dojazdu na terminal staje się mniej przewidywalny. Równocześnie na linii kolejowej, do której wpięta jest stacja zdawczo-odbiorcza obsługująca terminal, uruchomiono więcej pociągów pasażerskich w regularnym takcie. Żeby utrzymać ich punktualność, zarządca infrastruktury ograniczył liczbę dostępnych slotów dla pociągów towarowych jadących do terminala. W efekcie składy towarowe częściej czekają na wjazd lub wyjazd, a planowanie obsługi staje się trudniejsze. Operator terminala widzi, że część klientów wraca do przewozu wyłącznie drogowego, bo uznaje go za pewniejszy, mimo że sam terminal ma wolne moce i działa bez zarzutu.

Wskaż, które elementy opisywanej infrastruktury stanowią infrastrukturę punktową, a które – liniową? Które z nich stanowią infrastrukturę współużytkowaną, a dostęp do których opiera się na rezerwacji? Zaproponuj dwie interwencje organizacyjne, które mogłyby poprawić sytuację – jedną po stronie drogowej i jedną po stronie kolejowej.

Infrastrukturą punktową jest terminal jako obiekt przeładunkowy, wraz z jego elementami operacyjnymi. Są to place, drogi wewnętrzne, układ torowy i inne strefy obsługi (bramy wjazdowe, miejsca ważenia, kontrola wjazdu, strefy oczekiwania). Infrastrukturą liniową jest natomiast tor dojazdowy łączący terminal ze stacją zdawczo-odbiorczą oraz sama linia kolejowa. Po stronie drogowej liniowy charakter mają wszystkie dojazdy do terminala i odcinki prowadzące do węzła drogowego, a także sam węzeł.

W trybie współużytkowania funkcjonuje infrastruktura drogowa. Wjazdy i wyjazdy na sieć drogową nie są reglamentowane w formie rezerwacji. Wielu użytkowników korzysta z tych samych odcinków jednocześnie. Jeśli w danym momencie pojawi się zbyt wielu użytkowników w porównaniu z przepustowością, na którą zaprojektowano drogę lub obiekt inżynierski w jej ciągu, dochodzi do przeciążenia i powstają kolejki, czyli w potocznym języku „korki”. W tym przypadku problem ma charakter lokalny i koncentruje się w rejonie węzła. Obejmuje także dojazdy do węzła. Węzeł działa

więc jak wąskie gardło, czyli miejsce na sieci infrastruktury drogowej o mniejszej przepustowości niż otaczające je odcinki. To węzeł w praktyce wyznacza tempo przepływu pojazdów w całym układzie.

Dostęp do linii kolejowej dla konkretnego pociągu jest natomiast przydzielany na zasadzie rezerwacji okna czasowego dla przejazdu (*slotu*). Pociągi jadą więc w określonym porządku, tak aby nie wchodzić ze sobą w konflikt w czasie i przestrzeni. Zwiększenie liczby pociągów pasażerskich w regularnym takcie zwykle ogranicza pulę dostępnych slotów dla transportu towarowego, zwłaszcza na liniach o dużym nasyceniu ruchem pasażerskim. W praktyce może to oznaczać przesuwanie części pociągów towarowych na pory o mniejszym obciążeniu ruchem pasażerskim, często na godziny wieczorne i nocne. Dodatkowo, jeśli jeden pociąg złapie opóźnienie, na linii kolejowej pojawia się efekt domina. Opóźniony skład zajmuje swoją „ścieżkę" dłużej niż planowano i przepycha inne pociągi w czasie. Przez to kolejne składy łapią opóźnienia wtórne, a zaburzenie może się rozlać na cały odcinek, szczególnie gdy rozkład jazdy jest gęsty i nie ma rezerw przepustowości.

Interwencja drogowa mogłaby mieć charakter organizacyjny i powinna celować w miejsce, gdzie narasta kolejka. Chodzi o taką organizację ruchu w rejonie węzła, która ogranicza blokowanie się relacji i poprawia płynność w godzinach szczytu. W praktyce może to oznaczać lepsze sterowanie ruchem na wlotach (np. korekty sygnalizacji świetlnej, jeśli występuje), uporządkowanie włączania się ruchu ciężkiego oraz takie prowadzenie dojazdów do terminala, by kolejka nie cofała się na węzeł. W skrajnych przypadkach, gdy działania organizacyjne nie wystarczają, trzeba rozważyć rozbudowę wybranych elementów węzła lub inne zmiany w układzie drogowym.

Operator terminala powinien też sprawdzić, czy część problemu nie wynika z obsługi po stronie obiektu. Przyczyną kolejkowania może być zbyt niska przepustowość bramy wjazdowej i sposób awizacji. Jeśli na bramie powstaje kolejka samochodów ciężarowych, może ona cofać się na układ zewnętrzny i „zatykać" dojazd do węzła. Pomóc tu by mogło dopracowanie zasad awizacji i okien przyjęć. Może też być konieczne zapewnienie miejsca na bezpieczne odstawienie pojazdów oczekujących, tak aby kolejka była wchłaniana przez teren terminala, a nie przez drogę publiczną.

Interwencja kolejowa powinna iść dwutorowo i w obu częściach dotyczyć organizacji, a nie rozbudowy infrastruktury. Po pierwsze, terminal może zmienić organizację pracy tak, aby działać pod sloty przyznawane przez zarządcę infrastruktury. Powinien planować przyjęcia i wydania w rytmie dostępnych okien i przygotowywać obsługę pociągu z wyprzedzeniem. Po drugie, potrzebne są negocjacje z zarządcą infrastruktury. Celem nie musi być „więcej slotów za wszelką cenę", tylko możliwie stabilne, powtarzalne okna przejazdowe. Niezbędne są też jasne zasady postępowania przy opóźnieniach, bo to przewidywalność decyduje o tym, czy klienci będą w stanie włączyć kolej do swoich harmonogramów.

04 Droga po latach zaniedbań – remont generalny czy modernizacja

Zarządca drogi wojewódzkiej na odcinku między miastami A i B przez kilka lat ograniczał jej utrzymanie okresowe do minimum. Środki finansowe były kierowane na nowe inwestycje w regionie. Utrzymanie bieżące było realizowane. Łatano największe ubytki, zimą prowadzono odśnieżanie, usuwano przeszkody po wichurach i wykonywano doraźne naprawy. Nie wykonywano jednak planowych odnowień nawierzchni w cyklu, który pierwotnie przewidywała dokumentacja techniczna. Dziś odcinek jest przejezdny, ale ma wyraźnie gorsze parametry: koleiny, spękania i ubytki w nawierzchni. W rezultacie prace doraźne trzeba powtarzać coraz częściej.

W tym samym czasie zmieniło się otoczenie transportowe. W pobliżu powstała strefa magazynowa. Wzrósł więc udział ruchu ciężkiego. Samorząd planuje uruchomienie nowej linii autobusowej o wysokiej częstotliwości. Mieszkańcy skarżą się na hałas i drgania, a przewoźnicy na mniej stabilne czasy przejazdu.

Zarządca stoi dziś przed decyzją, co zrobić. Opcja pierwsza to remont generalny – czyli odnowienie stanu technicznego odcinka drogi, tak aby odzyskał oryginalne parametry użytkowe, ale bez zmiany podstawowych cech drogi. Opcja druga to modernizacja, czyli przebudowa do wyższego standardu – podniesienie nośności, zwiększenie przepustowości w kluczowych miejscach oraz zastosowanie rozwiązań ograniczających uciążliwość dla otoczenia, na przykład ekranów dźwiękochłonnych.

Czym różni się utrzymanie bieżące od utrzymania okresowego i dlaczego doraźne naprawy nie zastępują utrzymania okresowego? Jak zaniedbanie utrzymania okresowego mogło doprowadzić do sytuacji, w której niezbędny jest co najmniej remont generalny? Jakie kryteria powinny zadecydować o wyborze między remontem generalnym a modernizacją?

Utrzymanie bieżące to czynności eksploatacyjne i interwencje utrzymujące przejezdność w krótkim horyzoncie, takie jak odśnieżanie, usuwanie przeszkód czy doraźne łatanie ubytków w nawierzchni. Utrzymanie okresowe to planowane odnowienia, które przywracają parametry elementów zużywających się w normalnej eksploatacji, w szczególności. Różnica jest praktyczna. Utrzymanie bieżące na bieżąco utrzymuje przejezdność, a okresowe odnawia parametry zanim degradacja wejdzie w fazę szybkiego narastania uszkodzeń.

Zaniedbanie utrzymania okresowego sprawia, że drobne uszkodzenia utrwalają się, a ich skutki kumulują się w czasie. Rośnie wrażliwość na warunki pogodowe. Na przykład, jeśli w nawierzchni drogi są ubytki, dostanie się tam woda, a zimą przyjdzie mróz, woda zamarza pod nawierzchnią, zwiększa swoją objętość i powoduje kolejne pęknięcia nawierzchni. Problemy zaczynają mieć charakter odcinkowy, a nie punktowy, więc doraźne łatanie coraz słabiej przywraca parametry przejazdu. W pewnym momencie, zamiast wielu powtarzanych interwencji punktowych, potrzebne staje

się odtworzenie parametrów drogi na dłuższym odcinku – stąd konieczność co najmniej remontu generalnego.

Wybór między remontem generalnym a modernizacją powinien wynikać z tego, czy celem jest odtworzenie dotychczasowego standardu, czy dostosowanie drogi do nowych warunków użytkowania. Remont generalny jest uzasadniony, gdy zasadniczy problem wynika z zaniedbania cyklicznych odnowień, a rola odcinka drogi i natężenie ruchu nie zmieniły się na tyle, by wymagały podniesienia standardu. Modernizacja ma sens, gdy w praktyce zmienił się profil ruchu i oczekiwania wobec drogi – pojawiło się więcej pojazdów ciężarowych, rośnie znaczenie niezawodności i płynności przejazdu, a jednocześnie narastają koszty społeczne w postaci hałasu i uciążliwości. W modernizacji chodzi więc o trwałe dostosowanie drogi do nowych warunków poprzez podniesienie nośności, poprawę przepustowości w newralgicznych miejscach oraz zastosowanie rozwiązań ograniczających oddziaływanie na otoczenie, takich jak ekrany dźwiękochłonne (akustyczne).

W naszym przypadku zmienił się profil ruchu. Na drodze pojawiło się dużo więcej pojazdów ciężarowych. Modernizacja jest więc bardziej uzasadniona niż remont. Modernizacja pozwoli podnieść nośność, poprawić przepustowość w kluczowych miejscach i ograniczyć uciążliwość hałasu dla mieszkańców poprzez postawienie ekranów dźwiękochłonnych.

05

Nowe technologie w transporcie

Nowe rozwiązania technologiczne w transporcie są tworzone na całym świecie. Ich rozwój jest tak dynamiczny, że trudno jest w pełni śledzić i opisać wszystkie aktualne innowacje. W tym rozdziale omówiono różne nowoczesne rozwiązania zarówno w zakresie planowania i monitorowania transportu, jaki i operacyjnej działalności przewozowej.

Analityka, monitorowanie i sterowanie procesami transportowymi

W ostatnich latach znaczącej ewolucji uległa analityka, monitorowanie i sterowanie transportem. Istotą tych zmian jest przejście od decyzji operacyjnych opartych na doświadczeniu i planowaniu na postawie danych historycznych do decyzji opierających się na monitoringu i analizie danych w czasie rzeczywistym.

Cyfryzacja w transporcie

Cyfryzacja transportu opiera się na danych zbieranych i przetwarzanych w czasie rzeczywistym. Pochodzą one z czujników, w tym kamer, i nadajników instalowanych w infrastrukturze oraz w pojazdach oraz systemów łączności pomiędzy nimi. W tym kontekście IoT (*Internet of Things*) oznacza sieć połączonych urządzeń, które automatycznie zbierają i przekazują dane. AIoT (*Artificial Intelligence of Things*) to wykorzystanie sztucznej inteligencji do ich bieżącej analizy, wykrywania zdarzeń i wspierania decyzji operacyjnych. Informacje wymieniane są w sposób ciągły. Jeżeli chodzi o komunikaty wysyłane i odbierane przez pojazdy (V2X), to wyróżniamy:

- komunikację pojazd – pojazd (V2V, *vehicle-to-vehicle*)
- komunikację pojazd – infrastruktura (V2I, *vehicle-to-infrastructure*)
- komunikację pojazd – sieć (V2N, *vehicle-to-network*)

Istota V2V polega na tym, że pojazdy przekazują sobie krótkie komunikaty o sytuacji na trasie, na przykład o nagłym hamowaniu lub przeszkodach. W transporcie drogowym może to wspierać *pla-*

tooning, czyli jazdę ciężarówek w kolumnie, w której kolejne pojazdy jadą zgodnie z trybem jazdy pojazdu wiodącego. V2I polega na wymianie danych między infrastrukturą a pojazdem. Infrastruktura przekazuje pojazdom informacje o warunkach ruchu lub steruje ruchem. Pojazdy odsyłają informacje o przejeździe i statusie. Przykładem jest działanie uprzywilejowania środków transportu publicznego przy zmianach sygnalizacji świetlnej. Zielone światło utrzymuje się dopóki nie przejedzie tramwaj lub autobus i odpowiedni sygnał o przejeździe nie zostanie wysłany do systemu sterowania sygnalizacją.

V2N oznacza połączenie pojazdu z systemami operatorów przez sieć, czyli z dyspozyturą i narzędziami zarządzania. W praktyce V2N jest kanałem, przez który dane z pojazdu zamieniają się w decyzje operacyjne. W towarowych przewozach drogowych dzięki temu możliwa jest dynamiczna zmiana trasy w systemach zarządzania transportem (TMS). W transporcie publicznym mają miejsce automatyczne aktualizacje informacji pasażerskiej oraz korekty pracy taboru po wykryciu przeszkód lub opóźnień. Na podobnej zasadzie działają bramy wjazdowe do terminali przeładunkowych. Kiedy podjeżdża pojazd ciężarowy, ma miejsce automatyczny odczyt identyfikatora pojazdu/jednostki transportowej (np. RFID[46]) oraz numeru rejestracyjnego za pomocą kamer. System sam sprawdza awizację i dokumenty, waży pojazd lub weryfikuje jego parametry. Następnie otwiera wjazd i wskazuje kierunek przejazdu do miejsca zdania lub odbioru ładunku.



Wjazd pojazdu ciężarowego przez automatyczną bramę na terminal

W praktyce V2I i V2N są już dziś szeroko stosowane. V2V możliwa jest często tylko w przypadku pojazdów działających w tym samym systemie lub nowej generacji wyposażonych we wspólne standardy łączności.

Dane generowane i wymieniane w ramach IoT i AIoT tworzą strumienie informacji, które po zebraniu, połączeniu i uporządkowaniu składają się na duże zbiory danych (*big data*) wykorzystywane w zarządzaniu transportem. Na tej podstawie możliwe staje się zarówno raportowanie i controlling, jak i automatyzacja decyzji operacyjnych. *Big data* zmieniło sposób, w jaki zarządza się operacjami transportowymi, optymalizuje trasy i monitoruje efektywność łańcuchów dostaw. Firmy gromadzą

[46]Technologia identyfikacji radiowej (radio-frequency identification) polegająca na automatycznym odczycie i zapisie danych ze znaczników za pomocą fal radiowych, bez konieczności kontaktu wzrokowego.

w czasie rzeczywistym ogromne ilości danych z różnych źródeł. Następnie strukturyzują je tak, aby tworzyć raporty zarządcze lub bezpośrednio zasilać nimi algorytmy sterujące operacjami transportowymi. Stosuje się przy tym klasyczne metody przetwarzania danych, często przy wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania, albo przy zastosowaniu SI.

Wykorzystanie sztucznej inteligencji obejmuje klasyczne problemy logistyczne, takie jak dobór kolejności punktów dostaw, konsolidację zleceń w jedną trasę czy dobór pojazdu do ładunku. Istnieją też rozwiązania uwzględniające warunki zmieniające się w czasie, np. kongestię, wypadki, czasy przejazdu zależne od pory dnia, ograniczenia wjazdu, warunki pogodowe, i in. SI może też zarządzać przydziałem zadań do kierowców, uwzględniając przepisy dotyczące czasu pracy i odpoczynku[47]. W transporcie publicznym, SI może być wykorzystana do predykcji zachowań pasażerów w komunikacji indywidualnej i publicznej.

Systemy zarządzania transportem

W ostatnich latach rozwijane są też narzędzia zarządcze, które porządkują proces transportowy i pozwalają zarządzać nim jako usługą o mierzalnej jakości i koszcie. Chodzi o systemy, które integrują planowanie, monitoring i rozliczanie przewozów z procesami biznesowymi organizacji. W działalności transportowej są to systemy zarządzania transportem (TMS, *transport management systems*). Są one wykorzystywane zarówno przez przedsiębiorstwa, które realizują przewozy samodzielnie lub zlecają je przewoźnikom, ale chcą utrzymać kontrolę nad kosztami, czasem i jakością obsługi, jak i przez samych przewoźników.

W przypadku przedsiębiorstw produkcyjnych i handlowych, które samodzielnie organizują lub monitorują swój transport, TMS łączy zarządzanie przewozami z procesami biznesowymi firmy. Integruje on planowanie i kontrolę transportu wykonywanego własnymi środkami transportu oraz transportu zlecanego zewnętrznym przewoźnikom z systemami przedsiębiorstwa, przede wszystkim z ERP, w tym danymi o zamówieniach, produkcji i magazynie. TMS porządkuje cykl od przyjęcia wewnętrznego zlecenia przez planowanie i monitorowanie realizacji przewozu aż po rozliczenie. W praktyce zamówienie w systemie ERP może automatycznie wygenerować zlecenie transportowe. TMS dobierze wariant realizacji przewozu według reguł kosztu, czasu i jakości wybierając przewoźnika i automatyzując awizacje. Jednocześnie system pozwala mierzyć jakość usług i koszty przypisane do zamówień, klientów i produktów. Integracja z ERP podnosi jednak wymagania dotyczące jakości danych i spójności procesów. Wyzwaniem dla systemów TMS jest niespójność i niekompletność danych. Często niezbędne jest ręczne uzupełnianie danych w systemie. Ponadto wiele TMS tworzono głównie pod transport drogowy. Nie ma w nich więc z góry zapisanej logiki procesów transportowych z wykorzystaniem innych gałęzi transportu i etapów tych procesów (np. zmiany gałęzi transportu i związanego z nim przeładunku).

W przypadku przewoźników i operatorów logistycznych systemy TMS służą projektowaniu usługi transportowej oraz zarządzaniu operacjami w czasie rzeczywistym. W ich przypadku TMS tworzony jest lub dostosowywany na własny użytek pod konkretny typ operacji oraz obsługiwane gałęzie transportu. System przyjmuje i obsługuje zlecenia klientów, planuje trasy i środki transportu

[47] Kierowcy wykonujący przewozy drogowe w Europie podlegają przepisom określającym dopuszczalny czas prowadzenia pojazdu oraz minimalne okresy przerw i odpoczynku, co wpływa na planowanie tras i organizację pracy.

(nierzadko już z wykorzystaniem SI) oraz rozlicza i fakturuje. Po przyjęciu zlecenia transportowego system może automatycznie przypisać je do pojazdu i kierowcy, wyznaczyć trasę oraz terminy, a następnie aktualizować prognozowany czas dojazdu do odbiorcy ładunku (ETA, *expected time of arrival*). W efekcie klient otrzymuje statusy i informację o przewidywanym przyjeździe, a dyspozytor koncentruje się na wyjątkach, a nie na ręcznym nadzorze każdego przejazdu. Szczególnie ważna jest integracja z narzędziami operacyjnymi, takimi jak telematyka i systemy śledzenia pojazdów i ładunków, aby można było aktualizować planowanie procesów w czasie rzeczywistym. Wyzwaniem w zakresie TMS operatorów przewozów i operatorów logistycznych jest przede wszystkim integracja z systemami wielu klientów. Zlecenia i statusy przychodzą w różnych formatach i z różnymi słownikami zdarzeń. Nie zawsze jest też łatwo odwzorować w systemie złożone reguły taryfikacji i rozliczeń.

V2N w przewozach drogowych



Cyfryzacja transportu zwiększa możliwości zarządzania i automatyzacji procesów, ale jednocześnie zwiększa zależność od systemów informatycznych i jakości danych. Wraz z rozwojem TMS rośnie znaczenie cyberbezpieczeństwa oraz odporności na awarie. Zakłócenie działania systemu może bezpośrednio przełożyć się na bezpieczeństwo i ciągłość usług transportowych. W praktyce wyzwaniem jest nie tylko ochrona przed atakami, ale także zapewnienie integralności danych, kontroli dostępu, ciągłości łączności i procedur awaryjnych, które pozwalają utrzymać działanie transportu nawet wtedy, gdy część systemów cyfrowych przestaje działać poprawnie.

Systemy zarządzania flotą

Bardzo duży postęp w ostatnich latach osiągnięto w zakresie zarządzania flotą pojazdów FMS (*fleet management systems*). Lokalizacja pojazdów jest monitorowana za pomocą systemów GPS (*global positioning systems*), które dostarczają danych o bieżącym położeniu każdego pojazdu. Dzięki temu możliwe jest szybkie reagowanie na zmieniające się warunki drogowe, takie jak korki czy wypadki, poprzez dynamiczne przekierowywanie pojazdów. Zużycie paliwa jest monitorowane za pomocą czujników zainstalowanych w pojazdach. System analizuje dane w odniesieniu do różnych czynników, takich jak styl jazdy kierowcy, typ trasy czy warunki pogodowe. Styl jazdy kierowców jest analizowany za pomocą czujników monitorujących pracę pojazdu, w tym nagłe hamowanie, przyspie-

szanie czy nadmierną prędkość. Czas pracy i odpoczynku kierowców jest monitorowany za pomocą tachografów cyfrowych. Rejestrują one czas jazdy, przerwy oraz czas spędzony na odpoczynku. Dzięki tym informacjom zarządzający flotą mogą identyfikować obszary, w których można wprowadzić oszczędności, na przykład poprzez szkolenie kierowców w zakresie bardziej ekonomicznej jazdy.



Kierowca wkłada kartę do tachografu cyfrowego

Stan techniczny pojazdów jest śledzony za pomocą czujników diagnostycznych, które rejestrują kluczowe parametry, takie jak ciśnienie w oponach, temperatura silnika, poziom oleju czy stan układu hamulcowego. W przypadku wykrycia usterki system generuje alert. W praktyce dane diagnostyczne mogą być łączone z przebiegiem i historią napraw. System wskaże pojazdy, które wymagają serwisu w najbliższym czasie. Głównym celem monitorowania jest planowanie konserwacji pojazdów zanim dojdzie do awarii.

Analogiczne systemy zarządzania flotą są rozwijane także przez przewoźników kolejowych i lotniczych.

Inteligentne systemy transportowe

Inteligentne systemy transportowe (ITS), to zestaw narzędzi służących do monitorowania ruchu drogowego i sterowania nim w oparciu o dane zbierane na bieżąco z infrastruktury i z pojazdów. W praktyce ITS łączy warstwę pomiarową – czujniki natężenia i prędkości, pętle indukcyjne[48], radary, kamery, stacje pogodowe, liczniki i wagi preselekcyjne[49] – z warstwą decyzyjną w centrach zarządzania ruchem oraz z warstwą oddziaływania na użytkowników i organizację ruchu. Oddziaływanie to może przyjmować formę sterowania sygnalizacją świetlną (w tym programami adaptacyj-

[48] Pętla indukcyjna to czujnik wbudowany w nawierzchnię jezdni. W praktyce jest to przewód ułożony w nacięciu asfaltu w kształcie pętli i podłączony do sterownika. Gdy nad pętlą przejeżdża pojazd (duża masa metalu), zmienia się indukcyjność obwodu – a system wykrywa obecność pojazdu.

[49] Waga preselekcyjna to system ważenia pojazdów ciężarowych w ruchu, montowany w jezdni, który szacuje obciążenia osi i masę całkowitą podczas przejazdu bez zatrzymywania pojazdu. Służy do wstępnego wytypowania pojazdów podejrzanych o przeciążenie i skierowania ich do kontroli na wadze legalizowanej.

nymi), zarządzania pasami ruchu, wprowadzania ograniczeń prędkości zmiennych w czasie, podawania komunikatów na tablicach zmiennej treści, wyznaczania objazdów, a także automatycznego uruchamiania procedur w razie zdarzeń, takich jak wypadki, zatrzymania ruchu czy niebezpieczne warunki pogodowe. ITS nie polega wyłącznie na informowaniu kierowców, ale na aktywnym zarządzaniu przepustowością i bezpieczeństwem w sieci drogowej. W miastach ITS uwzględnia też priorytetyzację transportu publicznego i zarządzaniem ruchem na skrzyżowaniach. Na drogach wyższej klasy może sterować organizacją ruchu na węzłach, w tunelach i na innych odcinkach wrażliwych. Skuteczność ITS zależy jednak od spójności zasad sterowania na kolejnych odcinkach sieci oraz od tego, czy informacje są faktycznie przekładane na decyzje, które realnie zmieniają zachowania użytkowników i stabilizują ruch.

Predykcyjne modele utrzymania infrastruktury

W zakresie utrzymania infrastruktury transportu nowinką techniczną są modele predykcyjne. Monitorowanie stanu technicznego infrastruktury transportowej za pomocą czujników pozwala śledzić parametry infrastruktury, które są wskaźnikami zużycia lub uszkodzeń, zanim staną się one widoczne w formie awarii. Decyzje o podjęciu prac konserwacyjnych i utrzymaniowych nie opierają się już tylko na sztywnych cyklach przeglądów ani na reakcji po wystąpieniu usterki. Na podstawie zebranych informacji z czujników tworzone są prognozy, kiedy i gdzie ryzyko awarii urośnie do poziomu, który uzasadni interwencję. Może przy tym chodzić o działania w ramach utrzymania bieżącego, okresowego lub remonty. Przykładowo, monitoring drgań na moście może wykazać zmianę charakterystyki pracy konstrukcji przy określonych obciążeniach, na przykład wzmożonym ruchu ciężarowym. Przyśpiesza się wtedy inspekcję obiektu. Można też zaplanować naprawę zanim konieczne będzie wprowadzenie ograniczeń ruchu. W infrastrukturze kolejowej podobnie wykorzystuje się dane o eksploatacji toru, aby wskazać odcinki o przyspieszonej degradacji i zaplanować prace w terminie skoordynowanym z ruchem. W praktyce skuteczność takich modeli zależy od jakości danych i ciągłości ich zbierania, a także od tego, czy zarządca infrastruktury jest w stanie przełożyć prognozę na realne działania organizacyjne, czyli zaplanować zamknięcia, zapewnić wykonawców i zsynchronizować utrzymanie z ruchem.

Modelowanie transportowe i symulacje ruchowe

Duży postęp poczyniono również w zakresie modelowania transportowego. Modele transportowe (tzw. modele makroskopowe) wykorzystuje się do oceny skutków zmian w systemie transportowym, zanim zostaną one wdrożone.

Aby model działał, niezbędne jest wprowadzenie danych o parametrach sieci transportowej, zarówno o infrastrukturze, jak i o rozkładach jazdy, danych demograficznych, informacji o rozmieszczeniu miejsc zamieszkania, nauki, stref przemysłowych i usługowych, oraz algorytmów zapisanych matematycznie, które odzwierciedlają zachowania i reakcje użytkowników transportu. Na tej podstawie można oszacować potoki pasażerskie. Powstaje więźba podróży. Jest to Więźba podróży to macierz (może mieć też formę mapy) tego, jakie potoki pasażerów lub pojazdów, wyruszają z jakich obszarów (źródeł) i do jakich obszarów (celów) docierają oraz ile takich przejazdów występuje w danym czasie. Po rozłożeniu ich na kolejnym etapie analizy na sieć transportową (drogi, koleje, transport publiczny i indywidualny) zobaczymy też czasy przejazdu. Modele pozwalają na odzwierciedlenie wyborów transportowych w różnych horyzontach czasowych, także w ujęciu prognostycznym.

Można więc oszacować potencjalną reakcję użytkowników transportu na działania takie jak budowa nowego odcinka drogi lub linii kolejowej, zmiana układu połączeń, wprowadzenie opłat czy reorganizacja rozkładu jazdy. Poprawa warunków na jednym odcinku może przyciągnąć dodatkowy popyt, przesunąć ruch z innych tras albo zmienić wybór środka transportu. Skutki nie ograniczają się więc do miejsca interwencji.

Wizualizacja natężenia ruchu wykonana w makroskopowym modelu transportowym



W praktyce stosuje się modele o różnym poziomie szczegółowości – od prostych narzędzi do oceny natężenia ruchu i przepustowości po modele wielogałęziowe oraz modele wielomodalne, które łączą różne gałęzie i rodzaje transportu oraz ruch pasażerski i towarowy.

Aby model działał poprawnie, niezbędna jest jego kalibracja. Kalibracja modelu transportowego polega na takim dostrojeniu parametrów i zależności matematycznych, aby dla stanu istniejącego możliwie wiernie odtwarzał rzeczywiste warunki oraz rozkład ruchu na sieci. Osiąga się to przez porównanie wyników modelu z danymi z pomiarów i badań ruchu oraz przez iteracyjne dopasowanie

ustawień modelu. Coraz częściej wykorzystuje się tu duże zbiory danych pozyskiwane z czujników AIoT na infrastrukturze i w pojazdach.

Innym ważnym narzędziem analiz stają się mikrosymulacje ruchowe (mikromodelowanie) czyli szczegółowe analizy zachowań pojedynczych uczestników ruchu. W takim modelu symuluje się decyzje i reakcje uczestników ruchu, takie jak przyspieszanie, hamowanie, zmiana pasa ruchu lub toru, ustępowanie pierwszeństwa czy wybór trajektorii przejścia. Dzięki temu w transporcie drogowym można sprawdzić, jak po zmianie geometrii skrzyżowania albo programu sygnalizacji będą poruszały się różne pojazdy oraz jakie będzie ryzyko konfliktów między nimi. W praktyce mikrosymulacja może pokazać, że niewielka zmiana długości pasa do skrętu lub przesunięcie przejścia dla pieszych redukuje liczbę konfliktów i poprawia płynność na wlocie na skrzyżowanie, mimo że przepustowość całego skrzyżowania pozostaje podobna. W transporcie kolejowym mikrosymulacje pozwalają ocenić przejazdy pociągów o różnych prędkościach przez węzły z dużą liczbą torów i rozjazdów oraz sprawdzić, czy istnieje ryzyko kolizji ruchu.

W ruchu pieszym mikrosymulacje pozwalają ocenić przepływ ludzi w węzłach takich jak dworce i lotniska. Uwzględnienia się w nich zróżnicowanie użytkowników, w tym osób starszych, osób o ograniczonej mobilności, osób z bagażem oraz rodziców z dziećmi. Model może pokazać, gdzie tworzą się zatory, jakie są interakcje pomiędzy uczestnikami ruchu o różnej charakterystyce, jak zmienia się czas przejścia przez bramki, kontrolę bezpieczeństwa lub dojścia na perony oraz czy przestrzeń i organizacja ruchu zapewniają płynność i bezpieczeństwo w godzinach szczytu.



Zróżnicowana struktura ruchu pieszego

Automatyzacja i autonomizacja działalności operacyjnej

Automatyzacja w transporcie polega na przejmowaniu powtarzalnych czynności, zarówno w zakresie procesów informacyjnych i decyzyjnych, jak i czynności fizycznych przez systemy informatyczne, algorytmy i urządzenia techniczne. Nie mówimy przy tym o autonomizacji procesów, która

jest pojęciem węższym i oznacza zdolność systemu lub pojazdu do samodzielnego podejmowania decyzji w zmiennym otoczeniu, przy ograniczonym lub zerowym udziale człowieka.

W praktyce transportowej automatyzacja jest już zjawiskiem powszechnym. Autonomizacja dotyczy tylko wybranych procesów w ściśle kontrolowanych warunkach. Automatyzacja i selektywna autonomizacja rozwija się najszybciej tam, gdzie procesy są standaryzowalne, środowisko przewidywalne, a zastąpienie pracy fizycznej człowieka generuje korzyści z redukcji czasu, kosztów i ryzyka. Automatyzacja i autonomizacja zmieniają rolę człowieka z wykonawcy na operatora i kontrolera systemów.

Automatyzacja procesów administracyjno-dokumentowych

Pierwszym obszarem automatyzacji w transporcie są procesy niematerialne, związane ze zlecaniem, planowaniem, koordynacją i rozliczaniem przewozów oraz z obiegiem informacji i dokumentów. Automatyzacja ta realizuje się przede wszystkim w systemach informatycznych, które przejmują obsługę powtarzalnych formalności. Będzie to tworzenie zleceń transportowych na podstawie zamówień, przypisywanie ich do przewoźników lub środków transportu, planowanie tras i okien czasowych, awizacja oraz generowanie dokumentów przewozowych i rozliczeniowych. Na przykład, po złożeniu zamówienia system może automatycznie wygenerować komplet danych do realizacji przewozu, przesłać awizację do magazynu i przekazać zlecenie przewoźnikowi, a po dostawie wygenerować potwierdzenie wykonania usługi i uruchomić rozliczenie. W efekcie skraca się czas obsługi transakcji i zmniejsza liczba błędów wynikających z ręcznego przepisywania danych. Nie oznacza to jednak pełnego zastąpienia człowieka w procesie. Odpowiedzialność za nadzór nad procesem i zatwierdzanie decyzji pozostaje po jego stronie. Automatyzacja administracyjna nie przyspiesza bezpośrednio fizycznego ruchu ładunku. Jednak skraca czas obsługi transakcji, zmniejsza koszty tej obsługi, zwiększa przejrzystość procesów i poprawia ich przewidywalność.

Ważnym elementem tej formy automatyzacji jest cyfrowy obieg dokumentów. Zastępuje on dokumentację papierową elektronicznymi listami przewozowymi, awizacjami, potwierdzeniami wykonania usługi i rozliczeniami. Automatyzacja obejmuje nie tylko samą postać dokumentów, lecz także ich automatyczną generację, weryfikację oraz dystrybucję pomiędzy uczestnikami procesu.

W każdej gałęzi transportu międzynarodowego są dziś dostępne elektroniczne odpowiedniki dokumentów przewozowych albo przynajmniej standardy elektronicznej wymiany danych, które pozwalają ograniczyć użycie papieru. W praktyce stopień dojrzałości elektronicznej jest bardzo różny. Najbardziej jednoznacznie i najszerzej stosuje się rozwiązania elektroniczne w transporcie lotniczym cargo (eAWB, *electronic Air Waybill*) oraz w transporcie drogowym (eCMR, *electronic consignment note under the CMR Convention*). Elektroniczny list przewozowy może zastępować papierowy w relacjach i systemach, które są do tego formalnie i organizacyjnie przygotowane. W transporcie kolejowym narzędzia i standardy do elektronicznej obsługi listu przewozowego są rozwinięte (eCIM, *electronic CIM consignment note*; eCIM/SMGS, *electronic CIM/SMGS consignment note*). Jednak pełna rezygnacja z papieru bywa ograniczona do wybranych przewoźników, korytarzy i relacji międzynarodowych. W transporcie morskim stosowany jest już elektroniczny konosament (eBL, *electronic Bill of Lading*). Tu jednak przejście na całkowity obieg cyfrowy jest trudniejsze niż w lotnictwie czy drogach, ponieważ dokument jest powiązany z finansowaniem i własnością ładunku.

W żegludze śródlądowej cyfryzacja postępuje, lecz ma w większym stopniu charakter zależny od lokalnych rozwiązań i praktyk rynkowych.

Automatyzacja dostępu, informacji i procesów kontrolnych

Drugim nurtem automatyzacji w transporcie jest automatyczna rejestracja lub kontrola zdarzeń i uruchamiania procesów. Dotyczą one różnych składowych procesów transportowych. W części z nich dotyczących głównie pasażerów wykorzystuje się czytniki ręczne lub automatyczne. W coraz większej liczbie przypadków tam gdzie, mamy do czynienia z pojazdami i jednostkami ładunkowymi wykorzystuje się urządzenia IoT i AIoT (kamery, czujniki, geolokalizacja, i in.). Poniżej przedstawiono kilka popularnych przykładów.

Elektroniczne systemy poboru opłat na drogach polegają na automatycznym naliczeniu należności za przejazd na podstawie identyfikacji pojazdu i przejazdu przez dany odcinek[50].

Podobne mechanizmy stosowane są w portach, terminalach i innych węzłach transportowych, gdzie wjazdy i wyjazdy oraz korzystanie z określonych usług są rejestrowane i rozliczane automatycznie. W terminalu intermodalnym wjazd pojazdu może uruchamiać automatyczną identyfikację, weryfikację awizacji i przydział do właściwej bramy lub strefy, a system kieruje ruchem na placu zgodnie z obciążeniem stanowisk. Po wykonaniu operacji zdarzenia są rejestrowane w systemie. Stanowią później podstawę rozliczenia usługi bez dodatkowej pracy administracyjnej.

W transporcie publicznym automatyzacja dotyczy przede wszystkim obsługi dostępu do usługi przewozowej. Obejmuje ona między innymi automatyczną sprzedaż i kontrolę biletów, a także rejestrację wejść i wyjść pasażerów. W transporcie publicznym kontrola dostępu bywa realizowana przez kołowrotki, a w nowszych systemach częściej przez bramki dostępowe z automatycznie otwieranymi skrzydłami. Uruchamia się je poprzez zbliżenie karty miejskiej lub innego nośnika biletu. Jednocześnie wysyłane są dane o potokach pasażerskich do systemu zarządczego przewoźników.

Zautomatyzowane może być również sterowanie sygnalizacją świetlną w miastach przy wykorzystaniu programów adaptacyjnych, które na bieżąco zmieniają długość faz i priorytety na skrzyżowaniach na podstawie pomiarów natężenia ruchu i zajętości wlotów oraz komunikatów wysyłanych przez tramwaje i autobusy.

Innym przykładem jest generowanie komunikatów na tablicach zmiennej treści na drogach na podstawie danych z czujników ruchu, pomiarów stacji pogodowych, zgłoszeń zdarzeń oraz reguł zapisanych w systemie zarządzania ruchem. Analogicznie działają tablice informacji pasażerskiej w transporcie publicznym. W czasie rzeczywistym automatycznie wyświetlają na przystankach numery

[50] Na płatnych odcinkach dróg w Polsce opłaty są rejestrowane w systemie elektronicznym, w którym podstawą naliczania jest identyfikacja przejazdu na podstawie danych geolokalizacyjnych pozyskiwanych z satelitarnych systemów nawigacyjnych GNSS (w praktyce m.in. GPS). Dane o położeniu i czasie przejazdu są przekazywane do systemu przez aplikację e-TOLL PL zainstalowaną na urządzeniu mobilnym lub przez urządzenie pokładowe (np. OBU/ZSL) zamontowane w pojeździe, które cyklicznie wyznacza pozycję i przesyła ją do systemu rozliczeniowego, dzięki czemu możliwe jest automatyczne przypisanie przejazdu do właściwego odcinka i naliczenie należności. System uzupełniają bramownice wyposażone w kamery i czujniki instalowane nad jezdnią, które rejestrują przejazdy w wybranych punktach i pełnią funkcję kontrolno-weryfikacyjną, wspierając automatyczne sprawdzanie poprawności rozliczeń oraz identyfikację przejazdów niezgłoszonych lub nieopłaconych.

linii oraz prognozowane czasy przyjazdu na podstawie danych o lokalizacji pojazdów i aktualnych odchyleń od rozkładu zidentyfikowanych w systemie zarządzania ruchem lub eksploatacją.

Tablica dynamicznej informacji pasażerskiej



Automatyzacji podlegają również procesy kontrolne i regulacyjne, w których systemy informatyczne dokonują wstępnej weryfikacji danych dotyczących opłat, zezwoleń, parametrów przewozu lub czasu pracy, identyfikując przypadki wymagające dalszej analizy. Przykładem zautomatyzowanej kontroli jest kontrola czasu pracy kierowcy w transporcie drogowym przy wykorzystaniu tachografów cyfrowych. Przed rozpoczęciem jazdy kierowca wkłada do urządzenia kartę kierowcy, a tachograf automatycznie rejestruje czas jazdy, przerw i odpoczynku na podstawie sygnałów z pojazdu lub wybranego trybu aktywności. Po zakończeniu pracy dane są zapisane na karcie i w pamięci urządzenia.

Automatyzacja maszyn i środków transportu

Odrębnym obszarem jest automatyzacja dotycząca maszyn i urządzeń realizujących fizyczny przepływ ładunków oraz przewóz pasażerów. W tym przypadku kluczowe znaczenie mają układy sterowania i systemy nadzoru, które przejmują część zadań wykonywanych dotąd bezpośrednio przez operatora.

W obiektach dystrybucyjnych typowym rozwiązaniem są systemy sortujące i układy transportu wewnętrznego sterowane przez oprogramowanie. Dobiera ono priorytety i kierunki na podstawie bieżącego obciążenia linii oraz czasu odjazdu pojazdów na rampach. Gdy rośnie ryzyko niedotrzymania wyjazdu, system może podnieść priorytet dla określonego strumienia przesyłek i skierować go na szybszą ścieżkę, zamiast utrzymywać kolejność wynikającą z kolejności przyjęcia. W praktyce więc, technologia zarządza kolejką zadań i ruchem jednostek w obiekcie tak, aby dopasować tempo sortowania i kompletacji do *slotów* załadunkowych i planu odjazdów

W węzłach przeładunkowych i terminalach intermodalnych automatyzacja obejmuje na przykład suwnice bramowe i inne urządzenia przeładunkowe. Wykonują one cykle podnoszenia, przemieszczania i odkładania jednostek ładunkowych w oparciu o zaprogramowane sekwencje oraz dane z systemów lokalizacji i identyfikacji. Rola operatora przesuwa się z bezpośredniego sterowania

każdą czynnością na nadzór procesu i reagowanie w sytuacjach odstępstw. Urządzenie może wykonywać automatyczny cykl przeładunkowy w standardowych warunkach. Operator przejmie zdalne sterowanie, gdy pojawia się jednostka nietypowa, przeszkoda w strefie pracy lub problem z identyfikacją ładunku. Taki model pozwala zwiększać wydajność bez zakładania, że system poradzi sobie z każdym przypadkiem bez wsparcia człowieka.

Do tej grupy rozwiązań należą również AGV. Poruszają się one w obrębie terminali po wyznaczonych trasach i zgodnie z harmonogramem zadaniowym[51]. Ich zadania, priorytety i sposób poruszania się wynikają z reguł oraz poleceń systemu sterującego. Nadzór na pracą maszyn prowadzony jest zdalnie przez operatora.



Bezzałogowy wóz AGV oraz wymagający obsługi przez operatora wóz podsiębierny

Na kolei wykorzystuje się systemy automatycznego prowadzenia pociągu. Wspierają one maszynistę w utrzymywaniu prędkości, realizacji profilu jazdy i zatrzymań. W wybranych warunkach przejmują one część czynności związanych z prowadzeniem pojazdu, przy zachowaniu nadzoru maszynisty.

Alternatywnym rozwiązaniem są systemy metra i kolei miejskiej bez motorniczego. Prowadzenie pociągu odbywa się w pełni automatycznie w ramach systemu sterowania ruchem, kontrolującego prędkość, odstępy między składami, zatrzymania na stacjach i otwieranie drzwi. Brak motorniczego w kabinie nie oznacza jednak braku udziału człowieka. Nadzór nad ruchem realizowany jest z centralnych stanowisk dyspozytorskich, gdzie operatorzy monitorują pracę systemu i reagują na sytuacje nietypowe. W razie potrzeby mogą podjąć decyzję o zatrzymaniu pojazdu lub zmianie organizacji ruchu.

[51]AGV mogą poruszać się po obszarze pracy na kilka sposobów. Pierwszy to prowadzenie po infrastrukturze w podłożu, po przewodzie indukcyjnym zatopionym w posadzce lub po innych elementach w nawierzchni, takich jak taśma magnetyczna albo punktowe markery/magnesy, które wyznaczają tor przejazdu. Drugi to prowadzenie optyczne po oznaczeniach. Pojazd śledzi linię, taśmę lub inne znaki naniesione na podłoże przy użyciu czujników optycznych/wizyjnych. Trzeci to nawigacja oparta o zewnętrzne znaczniki w otoczeniu. Pojazd lokalizuje się względem znaczników rozmieszczonych w hali lub terminalu (np. punktów kontrolnych, markerów, transponderów). Czwarty to nawigacja bez wyznaczonych torów. Pojazd wyznacza pozycję na podstawie rozpoznawania cech otoczenia i mapy obiektu (np. skanowania przestrzeni). Przejazdy są definiowane w systemie sterowania jako dopuszczone korytarze i reguły ruchu.

W lotnictwie podobną rolę pełnią systemy automatycznego sterowania lotem, które stabilizują parametry lotu i wspierają realizację wybranych faz lotu. Nie znoszą one jednak odpowiedzialności za monitorowanie sytuacji i podejmowanie decyzji w sytuacjach niejednoznacznych przez pilota.

Jeżeli chodzi o zastosowanie w transporcie drogowym, analogicznie do kolei i lotnictwa coraz szerzej stosowane są systemy wspomagania jazdy. Przejmują one wybrane funkcje kierowania pojazdem. Nie eliminują one jednak kierowcy ani jego odpowiedzialności za nadzór nad pojazdem. Do tej grupy należą m.in. systemy automatycznego hamowania awaryjnego, asystenci pasa ruchu, adaptacyjny tempomat, systemy ostrzegania o kolizji, autonomiczne parkowanie oraz rozwiązania monitorujące stan kierowcy. W praktyce systemy te mogą przez pewien czas samodzielnie prowadzić pojazd w warunkach sprzyjających, np. na drodze szybkiego ruchu. Jednak wymagają stałej gotowości kierowcy do przejęcia kontroli na pojazdem.



Oprócz systemów wspomagania jazdy na drogach pojawiają się już autonomiczne autobusy i niewielkie pojazdy dowozowe. Obsługują one krótkie trasy, z niskimi prędkościami i w obszarach o ograniczonym dostępie dla ruchu ogólnego. Inny przykład to linie autobusowe w miastach, gdzie autobusy poruszają się po całkowicie wydzielonych pasach ruchu. Działanie tych pojazdów opiera się na zestawie czujników i systemie sterowania. Realizuje on jazdę zgodnie z zaprogramowaną trasą. Wciąż jednak nadzór nad pojazdem jest sprawowany zdalnie.

W transporcie drogowym autonomizacja jest trudniejsza niż w innych gałęziach transportu. Jedną z podstawowych przyczyn jest współużytkowanie infrastruktury drogowej. Porusza się po niej wielu uczestników o zróżnicowanych parametrach poruszania się. Wprowadza to wysoki poziom nieprzewidywalności. W odróżnieniu od kolei czy metra, gdzie ruch realizowany jest wzdłuż ściśle wyznaczonych tras po torze i w przydzielonych przedziałach czasu, brak fizycznego wydzielenia toru ruchu i okna czasowego przejazdu stanowi jedną z głównych barier dla szerokiego wdrażania pełnej autonomizacji w transporcie drogowym.

Autonomizacja w transporcie drogowym

Autonomizacja w transporcie drogowym to technologia, która wciąż jest przede wszystkim kwestią przyszłości. Jej szersze wdrożenie zajmie lata, ponieważ ruch drogowy jest złożony, a infrastruktura i przepisy muszą nadążyć za rozwojem technologii.

Nieprzewidywalność warunków ruchu

Autonomizacja w transporcie drogowym napotyka ograniczenia wynikające z nieprzewidywalności warunków, w jakich odbywa się ruch. Droga jest przestrzenią wspólnie użytkowaną przez wielu uczestników o zróżnicowanych cechach i zachowaniach. Są to piesi, rowerzyści, użytkownicy pojazdów indywidualnych oraz pojazdów użytkowych. Poruszają się oni z różnymi prędkościami. Mają różne style jazdy. Kierują się odmiennymi wzorcami decyzyjnymi. Interakcje pomiędzy nimi mają charakter sytuacyjny, zależny od kontekstu, doświadczenia i bieżącej oceny ryzyka. Są trudne do przewidzenia i przełożenia na algorytmy.

Źródłem niepewności jest również sama infrastruktura drogowa. Charakteryzuje się ona różnorodnością standardów projektowych, jakości wykonania i stanu utrzymania. Oznakowanie może być niejednoznaczne lub zdegradowane, a rozwiązania organizacji ruchu prowizoryczne. Czasami ma ono charakter tymczasowy w związku z prowadzonymi robotami drogowymi. Ponieważ infrastruktura transportu jest kapitałochłonna i charakteryzuje się długą żywotnością, nie może być ani szybko ani powszechnie dostosowana do specyficznych wymagań systemów autonomicznych.

Na tym tle widoczne staje się zróżnicowanie warunków ruchu drogowego pod względem potencjału autonomizacji. Najbardziej sprzyjające są środowiska ruchu o wysokim stopniu uporządkowania i ograniczonej liczbie interakcji różnego typu użytkowników. Będą to więc autostrady i inne drogi szybkiego ruchu, gdzie nie ma ani pieszych, ani rowerzystów. Prędkości są w miarę jednorodne. Nie ma też jednopoziomowych skrzyżowań z innymi drogami. Mogą to też być wydzielone buspasy w miastach z kontrolowanym dostępem i jednokierunkowym ruchem. W takich warunkach zachowanie uczestników jest bardziej przewidywalne, a scenariusze ruchu łatwiejsze do przełożenia na algorytmy. Pośrednią kategorię stanowią drogi o niewielkim natężeniu ruchu, gdzie liczba interakcji jest ograniczona. Są to warunki do selektywnego wykorzystania rozwiązań autonomicznych. Najmniej sprzyjającym środowiskiem pozostaje ruch miejski, w którym współistnieją różne formy transportu, gęsta sieć skrzyżowań, sygnalizacja świetlna oraz intensywne interakcje pojazdów z niechronionymi uczestnikami ruchu.

Techniczne uwarunkowania autonomizacji

Aby pojazd mógł poruszać się autonomicznie w ruchu drogowym, potrzebuje funkcji, które zapewniają percepcję otoczenia, ocenę sytuacji, podejmowanie decyzji i wykonanie manewrów w czasie rzeczywistym. Podstawą jest warstwa czujników pokładowych. Dzięki nim pojazd rozpoznaje otoczenie i własny stan. Czujniki dostarczają danych o obiektach i uczestnikach ruchu, geometrii drogi, położeniu pojazdu i dynamice jazdy. Umożliwiają wykrywanie przeszkód, utrzymanie toru jazdy, kontrolę prędkości i reakcję na sytuacje nagłe. Dane muszą być przetwarzane i integrowane w czasie rzeczywistym. System musi też wnioskować, co dzieje się wokół pojazdu i jakie działanie jest

bezpieczne. Na tej podstawie działa warstwa planowania i sterowania. Wyznacza ona trajektorię ruchu, dobiera prędkość i realizuje manewry, takie jak zmiana pasa, hamowanie i przyspieszanie. Ważna jest także zdolność systemu do rozpoznania sytuacji, w których warunki przekraczają jego możliwości.

Nawet najlepsze urządzenia sięgną granic percepcji i interpretacji w warunkach nietypowych lub trudnych. System może błędnie ocenić sytuację przez słabe oświetlenie, złą pogodę, nietypowe obiekty na drodze albo niejednoznaczne oznakowanie. Przykładem jest oślepienie niskim słońcem i refleksy na mokrej nawierzchni. Podobnie działa silny deszcz lub mgła. Śnieg może natomiast zasłaniać oznakowanie poziome. Do nietypowych warunków należą też strefy robót drogowych.

Rozwiązaniem dla tych problemów może stać się komunikacja kooperacyjna V2V. Pojazdy mogłyby wymieniać dane o pozycji, prędkości, kierunku jazdy, przyspieszeniu i gwałtownym hamowaniu, a także komunikaty o zdarzeniach i warunkach ruchu. Ostrzeżenia mogłyby wtedy docierać do systemu sterowania wcześniej niż informacja z czujników. Ma to znaczenie zwłaszcza tam, gdzie zdarzenia rozwijają się szybko, na przykład na drogach szybkiego ruchu. W mieście szczególnie ważne są sytuacje, gdy widoczność ogranicza zabudowa, autobus, zaparkowane pojazdy lub infrastruktura. Dodatkowo wsparcie w postaci sygnałów ze strony infrastruktury (V2I) mogłoby ograniczać niepewność, gdy oznakowanie lub sygnalizacja są trudne do odczytania.

Warunkiem skuteczności i bezpieczeństwa komunikacji kooperacyjnej jest jednak interoperacyjność oraz standaryzacja między systemami różnych producentów. Wymiana informacji ma sens tylko wtedy, gdy pojazdy i infrastruktura posługują się zgodnymi protokołami, formatami danych i regułami interpretacji komunikatów. Wszyscy producenci pojazdów autonomicznych musieliby stosować wspólny standard. Ponadto, autonomizacja zwiększa znaczenie jakości danych, aktualizacji oprogramowania oraz cyberbezpieczeństwa. Błędy danych, zakłócenia sygnału lub ingerencja zewnętrzna (np. manipulacja pojazdem) mogą bezpośrednio wpływać na bezpieczeństwo ruchu drogowego.

Istotnym warunkiem rozwoju autonomizacji jest zdefiniowanie sytuacji, kiedy pojazd może a kiedy nie może poruszać się autonomicznie. Chodzi o określenie typu dróg, dopuszczalnych prędkości, warunków pogodowych, natężenia ruchu, jakości oznakowania czy dostępności łączności. Określenie tych granic jest konieczne nie tylko z punktu widzenia technicznego, lecz także prawnego i organizacyjnego. Pojazd powinien móc poruszać się tylko w środowisku, dla którego został zaprojektowany i dopuszczony. W sytuacjach granicznych, gdy warunki przekraczają możliwości systemu lub gdy człowiek nie jest w stanie przejąć kontroli nad pojazdem, system powinien być zdolny do wykonania manewru minimalizującego ryzyko, na przykład stopniowego zatrzymania pojazdu w bezpiecznym miejscu.



Brak nadzoru nad samochodem w trakcie jazdy autonomicznej

Rola człowieka w nadzorze i odpowiedzialność

Kluczowe staje się też określenie roli człowieka w systemie. Czy pozostaje on kierującym i nadzorcą zdolnym do przejęcia kontroli w razie potrzeby, czy też jego obecność nie jest konieczna? W rozwiązaniach pośrednich pojawia się praktyczny problem tego, czy i w jakim czasie człowiek jest w stanie skutecznie przejąć sterowanie, gdy system tego zażąda. Zbyt rzadkie angażowanie kierowcy sprzyja utracie przez niego czujności i obniżeniu gotowości do interwencji. Zbyt częste wezwania do przejęcia kontroli podważają natomiast sens automatyzacji.

Wraz z przesuwaniem granicy autonomizacji w stronę rozwiązań, w których człowiek nie pełni już funkcji stałego nadzorcy w pojeździe, rozważa się więc modele nadzoru zdalnego, realizowanego z poziomu centrum operacyjnego. Taki nadzór może mieć charakter monitorowania, jak i wsparcia operacyjnego w sytuacjach nietypowych.

Zmiana roli człowieka pociąga za sobą konsekwencje dotyczące odpowiedzialności za zdarzenia drogowe. W klasycznym modelu odpowiedzialność przypisana jest kierującemu pojazdem. W przypadku autonomizacji będziemy mieli natomiast do czynienia z wielością podmiotów zaangażowanych w działanie i eksploatację pojazdu. Będą to producent pojazdu, dostawca systemu sterowania, operator floty, właściciel pojazdu oraz podmiot sprawujący zdalny nadzór nad ruchem. Rozróżnienie pomiędzy błędem człowieka a błędem systemu będzie decydowało o tym, na kim spocznie odpowiedzialność za wypadek, wtedy kiedy kierowca nie będzie prowadził sam pojazdu, albo w ogóle nie będzie go w pojeździe.

Jednocześnie autonomizacja rodzi pytania o sposób podejmowania decyzji w sytuacjach krytycznych, gdy system może być zmuszony do wyboru pomiędzy alternatywami o negatywnych konsekwencjach. Jak pojazd (czyli zaprogramowany algorytm) powinien na przykład wybrać pomiędzy ryzykiem zderzenia z przeszkodą a potrąceniem innego uczestnika ruchu? Ponieważ system działa w oparciu o wcześniej zaprojektowane algorytmy decyzyjne, powstaje pytanie o kryteria ich projektowania i odpowiedzialność za skutki.

Platooning jako przykład selektywnej autonomizacji

Jednym z kierunków autonomizacji w transporcie drogowym jest jazda w kolumnie pojazdów, czyli *platooning*. Wydaje się, że najszybciej można oczekiwać wdrożeń w transporcie ciężarowym, na drogach szybkiego ruchu. Istotą *platooningu* jest poruszanie się pojazdów w zwartej grupie ze stałą, zsynchronizowaną prędkością oraz z małymi i stabilnymi odstępami. Utrzymanie takich odstępów jest możliwe dzięki automatycznej synchronizacji przyspieszania i hamowania, a także dzięki szybkiemu przekazywaniu informacji o zmianach prędkości i manewrach pomiędzy pojazdami (V2V).

Kierowca w tej koncepcji kieruje tylko pojazdem prowadzącym kolumnę, albo nie ma go w ogóle w pojeździe. Zasadnicza część trasy po drogach szybkiego ruchu jest realizowana automatycznie. Samochody przez cały czas jadą w niezmiennej kolumnie i nie wyprzedzają się. Kierowcy wsiadaliby dopiero do pojazdów w rejonie zjazdu z drogi szybkiego ruchu, gdy konieczne staje się poruszanie w bardziej złożonym lokalnym środowisku drogowym.

Platooning ilustruje zasadę selektywnej autonomizacji. Rozwiązania autonomiczne są najbardziej efektywne tam, gdzie reguły ruchu są jednorodne i kontrolowane, a pojazdy funkcjonują według wspólnych zasad dotyczących prędkości, odstępów i pierwszeństwa oraz mogą komunikować się pomiędzy sobą.

Platooning – ciężarówki autonomiczne w kolumnie



Podobna logika mogłaby dotyczyć także ruchu pojazdów osobowych na autostradach, gdyby wszystkie pojazdy podlegały jednolitym regułom sterowania. W takim scenariuszu ruch przebiegałby w uporządkowanych strumieniach pojazdów o zbliżonej prędkości, bez nagłych manewrów i zachowań typowych dla ruchu mieszanego. Zbliżałoby to organizację ruchu drogowego do systemów o bardziej ustrukturyzowanej logice – podobnie jak dzieje się to w tunelu o ograniczonej prędkości jazdy, gdzie kierowcy często posługują się tempomatem.

Autonomizacja w ruchu drogowym będzie więc procesem stopniowym, uzależnionym nie tylko od postępu technologicznego, lecz także od rozwoju regulacji, procedur oceny bezpieczeństwa oraz akceptacji społecznej.

01 Pytania kontrolne

- Na czym polega zmiana w podejmowaniu decyzji operacyjnych w transporcie i jaka jest rola danych w czasie rzeczywistym w tej zmianie?
- Jakie są trzy podstawowe typy komunikacji w ramach V2X (V2V, V2I, V2N)? Podaj przykład zastosowania każdego z nich.
- Jaką funkcję pełni TMS w przedsiębiorstwie produkcyjnym lub handlowym, a jaką u przewoźnika lub operatora logistycznego? Jakie są główne źródła trudności we wdrożeniu i integracji takich systemów?
- Jakie informacje są zbierane w systemach zarządzania flotą i do jakich decyzji operacyjnych wykorzystuje się je w praktyce?
- Czym różni się model transportowy od mikrosymulacji ruchowej pod względem poziomu szczegółowości i rodzaju zjawisk, które pozwalają oceniać?
- Na czym polega różnica między automatyzacją a autonomizacją w transporcie? Dlaczego autonomizacja w transporcie drogowym jest szczególnie trudna do wdrożenia na szeroką skalę?

02 Powtórz pojęcia



03 Przełożenie operacji ręcznie sterowanych na sterowane cyfrowo

Pewna firma produkcyjna wysyła codziennie kilkadziesiąt dostaw do sieci odbiorców w całym kraju. Przez lata transport planowano ręcznie, bazując na doświadczeniu dyspozytorów i ich kontaktach handlowych. Firma wdrożyła TMS zintegrowany z ERP oraz FMS. Założenie było proste – zamówienie z ERP ma automatycznie tworzyć zlecenie transportowe, TMS ma dobierać przewoźnika lub pojazd, a klient ma dostawać aktualizacje ETA (*estimated time of arrival*).

Po trzech miesiącach zarząd ma problem. System formalnie działa, ale ma miejsce chaos operacyjny, który wymaga ręcznych korekt. Część zleceń pojawia się podwójnie, część bez wymaganych danych (okna czasowe, masa, adres rozładunku). Kierowcy czasem mają w aplikacji inny adres niż adres dostawy. TMS optymalizuje trasowania, które w praktyce nie uwzględniają realnych ograniczeń operacyjnych. Dyspozytorzy wracają do telefonów i arkuszy kalkulacyjnych. W efekcie spada punktualność. Rośnie liczba reklamacji. Dyspozytorzy mówią, że system im bardziej przeszkadza niż pomaga.

System ERP działa w firmie od dawna i jest stabilny. Systemy TMS i FMS firma zakupiła u renomowanych dostawców i wdrożyła je w standardowej konfiguracji.

Z czego mogą wynikać problemy firmy? Dlaczego cyfryzacja może nie działać?

Nie znamy szczegółów wdrożenia, ale z przedstawionych informacji można wnioskować, że problemy nie wynikają z jakości samych narzędzi, tylko z tego, w jaki sposób zostały przygotowane do pracy w tej konkretnej firmie. Skoro ERP działa od dawna, a TMS i FMS kupiono u renomowanych dostawców, najbardziej prawdopodobne jest to, że zabrakło dwóch elementów: spójnej integracji danych między systemami oraz odpowiedniej tailoryzacji, czyli dopasowania konfiguracji TMS/FMS do rzeczywistego procesu transportowego w firmie. Ponadto dotychczasowe praktyki operacyjne niekoniecznie musiały być optymalne z perspektywy procesu, który ma być sterowany cyfrowo.

Integracja danych w praktyce wymaga spójności nazw, identyfikatorów i definicji. Objawy takie jak podwójne zlecenia, zlecenia bez wymaganych informacji, rozbieżne adresy w różnych narzędziach czy nierealistyczne parametry operacji zwykle oznaczają, że ERP, TMS i FMS nie budują jednej, wspólnej wersji informacji o zleceniu. Często dzieje się tak dlatego, że ten sam klient lub punkt dostawy funkcjonuje w poszczególnych systemach pod innymi nazwami albo kodami, a statusy i zdarzenia są opisane różnymi słownikami. W takiej sytuacji nawet poprawnie działające narzędzia nie mają wspólnej podstawy semantycznej. Nie mogą konsekwentnie planować, monitorować i rozliczać procesu.

Tailoryzacja jest konieczna nawet przy najlepszym systemie, ponieważ standardowa konfiguracja TMS opiera się na domyślnych założeniach dotyczących przebiegu procesów transportowych. Jeżeli firma ma specyficzne reguły pracy, niestandardowe okna czasowe lub wiele sytuacji wyjątkowych obsługiwanych wcześniej ręcznie, trzeba je przełożyć na reguły systemowe i sposób działania *workflow* w TMS/FMS. Automatyzacja powinna odzwierciedlać realny proces oraz jego typowe wyjątki. W przeciwnym razie pracownicy zaczynają obchodzić system, a to dodatkowo pogarsza jakość danych i dalej osłabia skuteczność automatyzacji.

Trzeci aspekt wdrożenia dotyczy relacji między technologią a samym procesem. Wdrożenie TMS i FMS często ujawnia, że część dotychczasowych praktyk była oparta na wiedzy niezapisanej i decyzjach podejmowanych doraźnie, bez jednoznacznych reguł. Jeżeli firma utrzymuje te praktyki bez ich uporządkowania, system musi je symulować poprzez wyjątki i ręczne korekty, co obniża efektywność automatyzacji. Dlatego wdrożenie powinno obejmować także weryfikację i ujednolicenie zasad planowania transportu oraz obsługi zleceń transportowych. Należy określić minimalny standard danych i reguł procesu, reguł priorytetów i wyjątków oraz to, które decyzje mają być automatyczne, a które powinny zostać po stronie człowieka.

04 ITS i priorytet transportu publicznego – autobus jedzie, pasażer nie zdąża

Miasto wdrożyło ITS na głównej osi transportowej przez centrum – czujniki ruchu, sterowniki sygnalizacji świetlnej oraz priorytet dla autobusów i tramwajów. Gdy pojazd transportu publicznego zbliża się do skrzyżowania, system wydłużyć trwanie zielonego światła na jego trasie albo szybciej zakończyć inną fazę, żeby przejechał bez zatrzymania.

Po wdrożeniu operator transportu publicznego raportuje poprawę punktualności. Kierowcy samochodów osobowych narzekają jednak na zbyt długie trwanie czerwonego światła na części wlotów. Pasażerowie zgłaszają dodatkowy problem. Aby dojść do przystanków trzeba przejść przez przejścia dla pieszych z sygnalizacją świetlną. Pasażer stoi na przejściu i widzi nadjeżdżający autobus lub tramwaj – jest już blisko, ale na przejściu długo świeci się czerwone. Jeśli poczeka zgodnie z przepisami, pojazd odjeżdża i kurs przepada.

Dlaczego priorytet dla autobusów i tramwajów na skrzyżowaniach poprawia punktualność transportu publicznego, ale może pogarszać warunki na wybranych relacjach ruchu samochodowego oraz dla pieszych dochodzących do przystanków? Sformułuj trzy miary, które miasto powinno sprawdzać, żeby uczciwie ocenić działanie ITS z perspektywy transportu publicznego, ruchu samochodowego i pieszych. Jak Twoim zdaniem powinny wyglądać reguły priorytetu: kiedy priorytet ma się uruchamiać, a kiedy nie? Jak w tych regułach powinno się traktować konflikt interesów między pasażerem w pojeździe a pasażerem dochodzącym na przystanek?

Priorytet dla autobusów i tramwajów poprawia ich punktualność, bo pojazdy transportu publicznego rzadziej stoją na czerwonym. Jeśli system wydłuża trwanie zielonego światła albo przyspiesza jego zapalenie, pojazd przejeżdża skrzyżowanie w tym samym cyklu i nie traci czasu na postój. Dzięki temu ogranicza się nie tylko pojedyncze opóźnienia, ale także ryzyko efektu domina – spóźniony pojazd nie wpada w kolejne czerwone. Opóźnienie nie narasta na następnych skrzyżowaniach i przystankach. Stabilizuje to kursowanie całej linii.

Jednak już na tym etapie widać kluczową zasadę – system jest tak dobry, jak dobrze zaprojektujemy algorytmy sterowania i przewidzimy ich skutki dla wszystkich uczestników ruchu.

Jeżeli wydłużamy zielone dla transportu publicznego, to w praktyce skracamy zielone lub wydłużamy czerwone dla innych relacji. Skutkiem może być narastanie kolejek na ulicach bez priorytetu. Ptok samochodów nie zdąży się rozładować w jednym cyklu, więc część pojazdów zostaje na następny cykl i kolejka rośnie. To nie jest kongestia całej sieci ulic w mieście, tylko przeciążenie w konkretnych punktach sieci sterowanych sygnalizacją. Priorytet transportu publicznego przesuwa podział czasu między relacjami.

Podobny mechanizm dotyczy pieszych. Jeżeli priorytet dla pojazdu przesuwa lub skraca fazę na przejściach dla pieszych, pasażer dochodzący do przystanku może czekać na zielone na tyle długo, że nie zdąży na nadjeżdżający autobus lub tramwaj, mimo że sam pojazd jedzie punktualnie. To również jest konsekwencja algorytmu. Priorytet ustawiony zbyt agresywnie poprawia parametry przejazdu pojazdu, ale wydłuża czas dotarcia do przystanku z perspektywy pasażera.

Miasta często świadomie stawiają na pasażerów transportu publicznego, bo jeden autobus lub tramwaj przewozi znacznie więcej osób niż kilka samochodów osobowych. To jednak nie znaczy, że priorytet można włączyć „na sztywno". Zarząd transportu publicznego i zespół ITS muszą brać pod uwagę konsekwencje priorytetyzacji transportu publicznego dla ruchu drogowego, bo skrzyżowanie działa jako całość. Jeżeli priorytet zbyt często zabiera zielone innym relacjom, kolejki na ulicach poprzecznych narastają, mogą cofać się na kolejne odcinki i destabilizować pracę całego ciągu skrzyżowań. W skrajnym przypadku uderza to także w transport publiczny – zwłaszcza w autobusy poruszające się po jezdni. Również i one trafiają w zatory i blokowania skrzyżowań. W praktyce oznacza to, że dobry system ITS to nie ten, który zawsze daje priorytet, tylko ten, który ma reguły działające sieciowo i minimalizujące skutki uboczne.

Żeby uczciwie ocenić działanie ITS, miasto powinno analizować trzy miary równolegle. Po pierwsze, dla transportu publicznego – punktualność i regularność, czyli czy kursy przyjeżdżają w miarę równo i czy spada liczba większych odchyleń od rozkładu. Po drugie, dla ruchu samochodowego – czy kolejkowanie na ulicach poprzecznych do osi z priorytetem znikają w jednym cyklu, czy przechodzą na kolejne cykle i narastają. Po trzecie, dla pieszych – średni i maksymalny czas oczekiwania na zielone na przejściach prowadzących do przystanków oraz częstość sytuacji, w których długie czerwone powoduje realną utratę kursu przez pasażera. Utrata kursu – nawet jeśli pasażer pojawi się na przejściu z zapasem czasu – może oznaczać oczekiwanie odpowiadające pełnemu cyklowi kursowania linii. W praktyce wydłuża się więc czas podróży „od drzwi do drzwi" dla pasażerów komunikacji publicznej w fazie dojścia do przystanku, lub przejścia pomiędzy przystankami.

Podsumowanie

Potrzeby przemieszczania ludzi oraz wymagania ładunków determinują rozwój systemu transportowego. W przypadku ludzi znaczenie mają przede wszystkim dostępność, czas, wygoda i przewidywalność podróży. W przypadku ładunków o wyborach przesądzają cechy, które narzucają warunki przewozu i obsługi. Liczy się koszt, czas, niezawodność, bezpieczeństwo i sprawność całego łańcucha transportowego.

Gałęzie transportu określają środowisko w którym odbywa się transport. W praktyce wybory transportowe rzadko ograniczają się tylko do samej gałęzi albo samego pojazdu. Obejmują parametry usługi, takie jak dostępność, częstotliwość, niezawodność, koszty oraz sposób obsługi w punktach węzłowych. Stąd wynika potrzeba łączenia rozwiązań – to, co dobrze działa na długim dystansie, nie zawsze odpowiada temu, co jest potrzebne na początku i na końcu drogi.

Realne możliwości systemu transportowego wyznacza infrastruktura transportu. Od jej jakości i układu zależą dostępność przestrzenna, przepustowość, prędkości, bezpieczeństwo i odporność na zakłócenia, czyli cechy, które bezpośrednio przekładają się na jakość usług transportowych.

Jednocześnie infrastruktura ma charakter sieciowy, jest kosztowna i długowieczna, a jej korzyści i koszty wykraczają poza pojedynczego użytkownika. Właśnie dlatego nie wystarcza tu wyłącznie mechanizm rynkowy. Potrzebne są stabilne ramy publiczne, które zapewniają spójność sieci, standardy, koordynację węzłów, finansowanie elementów ważnych gospodarczo i społecznie oraz dostępność także tam, gdzie opłacalność komercyjna nie daje wystarczających bodźców do działania.

Na tym tle nowe technologie nie stanowią dodatku, lecz czynnik, który zmienia wcześniejsze zależności. Zwiększają możliwości środków transportu, usprawnia się organizacja usług dzięki danym, automatyzacji i informacjom w czasie rzeczywistym. W efekcie przesuwają się granice tego, co da się osiągnąć w praktyce. Rozwiązania wcześniej zbyt trudne do skoordynowania stają się wykonalne. Rośnie przewidywalność działania, a wraz z nią oczekiwania użytkowników co do jakości.

Potrzeby ludzi i wymagania ładunków określają, jakiej usługi transportowej szukamy. Gałęzie i środki transportu są narzędziami jej realizacji. Infrastruktura wyznacza granice możliwości i wymaga trwałej koordynacji publicznej. Nowe technologie natomiast zmieniają te granice i sposób organizacji przewozów. Transport funkcjonuje jako układ naczyń połączonych, w którym decyzje przewozowe, inwestycje infrastrukturalne i rozwój technologii wzajemnie się warunkują.

Słownik pojęć

A

AGV (*Automated Guided Vehicle*) – bezzałogowy pojazd używany w portach, terminalach i dużych obiektach logistycznych do przemieszczania ładunków lub jednostek transportowych po wyznaczonych trasach. Porusza się według reguł zapisanych w systemie sterującym i realizuje zadania przydzielane z góry. AGV jest typowym przykładem automatyzacji fizycznego przepływu ładunku w środowisku kontrolowanym.

Airside – część portu lotniczego przeznaczona bezpośrednio do operacji lotniczych i objęta kontrolą dostępu. Obejmuje m.in. drogi startowe, drogi kołowania, płyty postojowe i stanowiska dla samolotów, a także infrastrukturę wspierającą bezpieczeństwo i utrzymanie operacji (np. systemy podejścia i lądowania, odladzanie, ratownictwo lotniskowe).

Alokacja zdolności infrastruktury – sposób organizowania dostępu do infrastruktury transportu. Dotyczy to rodzajów infrastruktury, w których dostęp do niej dostęp można rezerwować i przydzielać w oknach czasowych, tzw. *slotach* (np. trasy pociągów na linii kolejowej, *sloty* startu i lądowania w transporcie lotniczym).

Automatyzacja – zastępowanie czynności wykonywanych przez człowieka działaniem maszyn, urządzeń lub systemów sterowania realizujących zaprogramowane wcześniej operacje według określonych reguł, bez samodzielnego podejmowania decyzji poza tymi regułami.

Autonomizacja – zastępowanie czynności wykonywanych przez człowieka działaniem maszyn zdolnych do samodzielnego podejmowania decyzji i realizowania zadań bez bieżącej ingerencji człowieka. Zakres autonomii może być ograniczony do wybranych funkcji lub warunków pracy.

Awizacja – uprzednie zgłoszenie planowanego przyjazdu pojazdu lub jednostki ładunkowej do obiektu logistycznego (np. terminala intermodalnego, magazynu, portu). Informacja o czasie przybycia pozwala gospodarzowi obiektu przygotować zasoby i kolejność obsługi ładunków. Awizacja obejmuje przekazanie kluczowych danych, takich jak identyfikator przewozu, przewoźnik, planowany czas przyjazdu, rodzaj operacji (złożenie/odbiór), parametry ładunku lub jednostki ładunkowej, itp.

B

Bariera energochłonna – urządzenie bezpieczeństwa ruchu drogowego (np. stalowa bariera ochronna lub bariera linowa), które podczas uderzenia w niego przez pojazd, przejmuje i rozprasza energię pojazdu, ograniczając skutki wypadku (zatrzymuje pojazd, przekierowuje go lub spowalnia w kontrolowany sposób).

Belly cargo – ładunki przewożone w lukach bagażowych samolotów pasażerskich. Ten sposób transportu pozwala wykorzystywać istniejące połączenia pasażerskie do przewozu ładunków.

***Big data* w transporcie** – duże zbiory danych powstające z ciągłego monitoringu pojazdów i infrastruktury (lokalizacja, czasy, zdarzenia, obciążenia, warunki ruchu). Dane te po połączeniu i uporządkowaniu mogą zasilać algorytmy sterujące decyzjami w czasie rzeczywistym, np. zmianą tras, priorytetów obsługi lub reagowaniem na zakłócenia. Służą także monitoringowi, raportowaniu i różnego rodzaju analizom transportowym.

Bocznica kolejowa – odgałęzienie toru od głównej linii kolejowej służące do obsługi ładunków i manewrów, zwykle na terenie zakładu produkcyjnego lub obiektu logistycznego.

C

Carpooling – wspólna podróż prywatnym samochodem kilku osób jadących w tym samym kierunku, zwykle z podziałem kosztów. Jest to rozwiązanie pośrednie pomiędzy transportem indywidualnym a zbiorowym. Obniża koszty pieniężne podróży, ale wymaga dopasowania się podróżnego do miejsca i czasu oraz akceptacji współdzielenia przestrzeni z innymi.

Carsharing – forma dostępu do samochodu bez posiadania go. Samochód wypożycza się na krótko, zwykle w aplikacji, i płaci za czas użytkowania lub przejechany dystans.

Ciągnik siodłowy – pojazd ciężarowy przeznaczony do współpracy z naczepą, wyposażony w siodło umożliwiające jej podpięcie. Stanowi element zestawu drogowego stosowanego w ciężkim drogowym transporcie towarowym.

Cold chain – zorganizowany ciąg działań transportowych, przeładunkowych i magazynowych zapewniających utrzymanie kontrolowanej niskiej temperatury ładunku na etapie wszystkich operacji logistycznych od miejsca nadania ładunku do miejsca jego przeznaczenia.

Czas odczuwany podróży – pojęcie opisujące, że pasażer ocenia podróż nie tylko zgodnie z faktycznym czasem podróży. Oczekiwanie, dojścia, przesiadki, tłok i stres mogą sprawiać, że ta sama podróż wydaje się znacznie dłuższa niż wskazywałby na to pomiar czasu.

D

Decyzja środowiskowa – decyzja administracyjna wydawana przed rozpoczęciem realizacji inwestycji, która określa, czy i pod jakimi warunkami przedsięwzięcie może zostać zrealizowane ze względu na jego oddziaływanie na środowisko. W procesie tym analizuje się możliwe skutki inwestycji dla ludzi, przyrody, wód, klimatu i krajobrazu oraz porównuje warianty realizacji inwestycji. Decyzja środowiskowa wyznacza ramy, w których projekt może być dalej przygotowywany. Stanowi jeden z kluczowych etapów procesu inwestycyjnego w infrastrukturze transportu.

Dopuszczalna masa całkowita (DMC) – maksymalna masa pojazdu lub zespołu pojazdów dopuszczona do ruchu, obejmująca masę własną pojazdu, ładunek, pasażerów, paliwo i wyposażenie, określona przepisami technicznymi i administracyjnymi.

Dostępność transportowa – stopień, w jakim osoby, miejsca i działalności gospodarcze mogą być osiągane przy wykorzystaniu systemu transportowego, przy uwzględnieniu czasu podróży, kosztów, niezawodności, liczby przesiadek oraz dostępnych alternatyw. Pojęcie to nie odnosi się wyłącznie do istnienia infrastruktury transportu, lecz do realnej możliwości skorzystania z transportu w codziennych warunkach, z punktu widzenia różnych użytkowników.

Dostawa „od drzwi do drzwi” – realizacja usługi przewozu wraz z odbiorem przesyłki w miejscu nadania i jej dostarczeniem bezpośrednio do miejsca przeznaczenia, z koordynacją wszystkich etapów po drodze (w tym ewentualnych przeładunków i odcinków dowozowo–odwozowych), tak aby klient otrzymał jedną spójną usługę od nadawcy do odbiorcy.

Doświadczenie podróży – łączna, subiektywna ocena przebiegu podróży z perspektywy pasażera, obejmująca nie tylko sam przejazd, lecz także etapy przed podjęciem podróży i po jej zakończeniu (np. planowanie, dojście/dojazd do punktu, przesiadki, oczekiwanie), a także takie elementy jak czas i niezawodność, komfort, dostępność, bezpieczeństwo, informacja, oraz odczuwalny stres lub uciążliwość podróży.

Double deck (podwójna podłoga) – rozwiązanie w transporcie drogowym polegające na zastosowaniu w pojeździe drugiego poziomu podłogi (ustawianego na różnej wysokości), aby lepiej dopasować przestrzeń ładunkową do gabarytów ładunku. Cięższe ładunki układa się na dolnym poziomie, a lżejsze i bardziej wrażliwe – na górnym.

Drobnicowiec – statek towarowy przeznaczony do przewozu ładunków drobnicowych, czyli sztuk ładunku w opakowaniach lub jednostkach (np. skrzynie, worki, palety, beczki), ładowanych i wyładowywanych zwykle jako pojedyncze partie.

Dynamiczna zmiana trasy – bieżące (w czasie rzeczywistym) przekierowanie pojazdu na inną trasę w odpowiedzi na aktualne warunki przejazdu, realizowane przez systemy zarządzania transportem (TMS) na podstawie danych przesyłanych z pojazdu i do pojazdu przez łączność z siecią (V2N).

E

Efekty sieciowe infrastruktury – idea, że pojedynczy element infrastruktury ma ograniczoną wartość, jeśli nie jest częścią spójnej sieci. Droga, linia kolejowa lub terminal zyskują na funkcjonalności dopiero, gdy są powiązane z innymi elementami systemu transportowego.

Ekran dźwiękochłonny – pionowa przegroda (najczęściej przy drogach lub liniach kolejowych) ograniczająca emisję hałasu do otoczenia przez odbicie i częściowe pochłanianie fali dźwiękowej.

Elektroniczny list przewozowy – cyfrowy odpowiednik papierowego listu przewozowego. Może zastępować dokument papierowy tam, gdzie jest to formalnie i organizacyjnie przygotowane (np. eAWB w cargo lotniczym, eCMR w drogowym, eCIM / eCIM/SMGS w kolejowym).

Elektryczny zespół trakcyjny (EZT) – zespół trakcyjny (niepodzielny skład kolejowy, w którym napęd i przestrzeń pasażerska są zintegrowane w jednej jednostce lub kilku trwale połączonych członach, zdolny do jazdy w obu kierunkach) z napędem elektrycznym.

Europaleta – standaryzowana paleta płaska stosowana jako typowa jednostka ładunkowa dla składowania, piętrzenia i przeładunku w magazynach i transporcie europejskim.

F

Feeder service – regularne połączenie dowozowo–odwozowe (zasilające) w transporcie morskim, realizowane mniejszym statkiem (*feederem*) między portami regionalnymi a portem bazowym, służące do konsolidacji i dystrybucji ładunków (najczęściej kontenerów) na potrzeby dalekodystansowych serwisów oceanicznych.

Fleet Management System (FMS) – system informatyczny służący do zarządzania flotą pojazdów, wspierający monitorowanie ich lokalizacji, wykorzystania, parametrów eksploatacyjnych oraz pracy kierowców w czasie rzeczywistym. Systemy tego typu wykorzystują dane zbierane z pojazdów, w tym z urządzeń telematycznych i systemów GPS.

Fracht – w języku transportu i logistyki używa się tego słowa w dwóch znaczeniach. Po pierwsze jako określenie ładunku przewożonego (zwłaszcza w żegludze i w cargo lotniczym). Po drugie jako opłata za przewóz, czyli cena należna przewoźnikowi za wykonanie usługi transportowej na określonej relacji i na określonych warunkach.

Frachtowiec w transporcie lotniczym – samolot towarowy przeznaczony do przewozu ładunków, poczty i przesyłek, z przestrzenią ładunkową i wyposażeniem (np. duże drzwi frachtowe, systemy rolek/ prowadnic, wzmocniona podłoga) dostosowanymi do załadunku kontenerów lotniczych lub ładunków gabarytowych.

G

Gałęzie transportu – podstawowe kategorie (działy) systemu transportowego wyróżniane według środowiska i technologii przemieszczania – transport drogowy, kolejowy, morski, śródlądowy, lotniczy oraz przesyłowy (rurociągowy).

General aviation – część ruchu lotniczego obejmująca cywilne loty inne niż loty komercyjne, w tym lotnictwo prywatne, rekreacyjne, biznesowe, szkoleniowe oraz specjalistyczne operacje, takie jak loty ratunkowe.

Gestia transportowa – odpowiedzialność za organizację przewozu ładunku, w tym wybór gałęzi i środka transportu, zawarcie umowy przewozowej oraz ponoszenie kosztów i ryzyk związanych z transportem na danym odcinku trasy przewozu.

I

Infrastruktura liniowa – część infrastruktury transportu obejmująca ciągi transportowe, takie jak drogi kołowe, linie kolejowe, kanały żeglugowe, tory wodne oraz – w ujęciu szerszym – sieci przesyłowe, np. rurociągi.

Infrastruktura punktowa – obiekty infrastrukturalne, gdzie ruch się koncentruje, zmienia kierunek, kończy albo zmienia środek transportu, takie jak porty morskie, lotniska, terminale intermodalne i logistyczne, węzły przesiadkowe, i in.

Intermodalizacja – upowszechnienie i organizowanie przewozów w taki sposób, aby ładunek był przemieszczany w jednej jednostce ładunkowej (np. kontenerze, nadwoziu wymiennym, naczepie) z wykorzystaniem co najmniej dwóch gałęzi transportu, przy ograniczeniu przeładunku samego towaru do minimum (przeładowuje się jednostkę, nie zawartość).

Interoperacyjność – zdolność infrastruktury, systemów technicznych oraz środków transportu do współdziałania w sposób ciągły i spójny, w szczególności w ruchu międzynarodowym, bez konieczności dodatkowych operacji technicznych, organizacyjnych lub przesiadek, wynikających z różnic standardów.

IoT (*Internet of Things*) – sieć urządzeń zbierających i przesyłających automatycznie dane (czujniki, kamery, identyfikatory).

ITS (*Intelligent Transport Systems*) – urządzenia i oprogramowanie służące do sterowania ruchem drogowym, zarządzania sygnalizacją świetlną, przekazywania informacji kierowcom oraz monitorowania warunków ruchu i stanu sieci drogowej w czasie rzeczywistym, w celu poprawy bezpieczeństwa i płynności ruchu.

ITU (*intermodal transport unit*) – zunifikowana jednostka transportu intermodalnego, w której ładunek przemieszcza się na całej trasie przewozu „od drzwi do drzwi" bez przeładunku samego towaru. W praktyce może to być np. kontener, a w transporcie wewnątrzeuropejskim także naczepa drogowa lub nadwozie wymienne.

J

Jednostka intermodalna – zunifikowana jednostka transportu intermodalnego, w której ładunek przemieszcza się na całej trasie przewozu „od drzwi do drzwi" bez przeładunku samego towaru. W praktyce może to być np. kontener, a w transporcie wewnątrzeuropejskim także naczepa drogowa lub nadwozie wymienne.

Jednostka ładunkowa (transportowa) – sposób zapakowania towaru do przewozu – tak, aby w transporcie i przeładunkach obsługiwać już nie sam towar, tylko tę jednostkę (np. paletę, kontener, naczepę, nadwozie wymienne, *big bag*, skrzynię, beczkę, cysternę).

K

Kalibracja modelu transportowego – proces dostosowywania parametrów modelu do rzeczywistych warunków ruchu i zachowań użytkowników na podstawie danych empirycznych, tak aby wyniki symulacji możliwie wiernie odzwierciedlały obserwowane natężenia ruchu, czasy przejazdu i struktury potoków transportowych.

Kanał portowy – sztucznie utrzymywany tor wodny prowadzący do portu lub wewnątrz portu, umożliwiający bezpieczne podejście statków do nabrzeży.

Kapitałochłonność infrastruktury – cecha infrastruktury transportu polegająca na konieczności ponoszenia bardzo wysokich nakładów inwestycyjnych na jej budowę oraz znaczących kosztów stałych utrzymania, niezależnych od bieżącej liczby użytkowników

Kongestia – stan przeciążenia infrastruktury transportowej wynikający ze zbyt dużej liczby użytkowników korzystających z niej jednocześnie, prowadzący do spadku płynności ruchu, wydłużenia czasu podróży, kolejek oraz obniżenia komfortu i efektywności obsługi.

Kontener ISO – zunifikowany kontener transportowy o standardowych wymiarach i parametrach określonych normami ISO, przystosowany do przewozu różnymi gałęziami transportu oraz do obsługi przez wystandaryzowany sprzęt przeładunkowy.

Kontener lotniczy – specjalistyczny pojemnik transportowy dostosowany kształtem i wymiarami do luków ładunkowych samolotów, wykorzystywany do przewozu ładunków w transporcie lotniczym.

Kontenerowiec – statek towarowy zaprojektowany do przewozu standaryzowanych kontenerów (np. ISO) w ładowniach i na pokładzie, z układem przestrzeni ładunkowej oraz systemami mocowania przystosowanymi do szybkiego załadunku, sztauowania i wyładunku kontenerów.

Konteneryzacja – upowszechnienie i organizowanie przewozów z wykorzystaniem standaryzowanych kontenerów jako jednostek ładunkowych, obejmujące dostosowanie infrastruktury, środków transportu i procesów przeładunkowych tak, by towar był przemieszczany w kontenerze w całym łańcuchu dostaw, z ograniczeniem manipulacji samym ładunkiem.

Koszty niepieniężne podróży – wszystkie pozafinansowe obciążenia związane z podróżą, które wpływają na jej postrzeganą uciążliwość i atrakcyjność. Należą do nich przede wszystkim czas podróży (w tym dojścia, oczekiwania i przesiadki), komfort, zatłoczenie, stres, wysiłek fizyczny, niepewność czasu dotarcia oraz ryzyko opóźnień.

Koszty pieniężne podróży – wydatki finansowe ponoszone bezpośrednio przez użytkownika w związku z odbyciem podróży. Obejmują one zarówno koszty stałe, takie jak bilety okresowe, ubezpieczenie czy amortyzacja pojazdu, jak i koszty zmienne, takie jak bilety jednorazowe, koszt paliwa, opłaty parkingowe, i in.

Koszty utopione – nakłady, których nie da się odzyskać po zbudowaniu infrastruktury, bo nie można jej przenieść ani łatwo sprzedać.

L

Landside – część portu lotniczego dostępna dla pasażerów i użytkowników naziemnych, obejmująca terminale pasażerskie, terminale cargo, układ dojazdowy, parkingi oraz infrastrukturę i urządzenia do obsługi podróżnych i ładunków, a także powiązania lotniska z transportem drogowym i kolejowym.

Liner kontenerowy – wkładka (wyściółka) materiałowa do kontenera montowana wewnątrz kontenera w celu ochrony ładunku i wnętrza kontenera, ograniczenia zawilgocenia i zanieczyszczeń oraz ułatwienia załadunku/rozładunku na przykład ładunków sypkich.

Linia lotnicza niskokosztowa – przewoźnik lotniczy działający w modelu opartym na minimalizacji kosztów i upraszczaniu produktu przewozowego. W podstawowej cenie oferuje podstawową usługę przelotu. Dodatkowe elementy usługi (np. bagaż rejestrowany, wybór miejsca, posiłki) są zwykle płatne osobno. W konsekwencji podstawowa cena biletu jest niższa niż u przewoźników tradycyjnych.

List przewozowy – dokument potwierdzający zawarcie umowy przewozu i przyjęcie ładunku do transportu, zawierający kluczowe dane o przesyłce, stronach umowy, trasie i warunkach przewozu. Stanowi podstawę identyfikacji ładunku oraz rozliczeń i odpowiedzialności w przewozie.

Ł

Ładunek całopojazdowy (FTL, *full truck load*) – ładunek, który wypełnia całą przestrzeń ładunkową pojazdu lub jednostki transportowej.

Ładunek drobnicowy – ładunek składający się z wielu pojedynczych sztuk lub opakowań przewożony w jednostkach takich jak palety, skrzynie, beczki czy kartony.

Ładunek masowy – ładunek jednorodny, przewożony luzem bez jednostkowego opakowania, najczęściej w dużych ilościach, taki jak węgiel, ruda, zboże, kruszywa czy paliwa płynne.

Ładunek ponadnormatywny – ładunek, którego wymiary, masa lub naciski na oś przekraczają dopuszczalne normy dla standardowego transportu.

M

Makromodel transportowy – model transportowy opisujący ruch w dużej skali przestrzennej, najczęściej na poziomie miasta, regionu lub kraju, służący do analizy potoków ruchu w skali makro, oceny obciążenia sieci transportowej oraz oceny planowanych rozwiązań transportowych.

Masowiec – statek przeznaczony do przewozu ładunków masowych suchych luzem (np. węgiel, ruda, zboże), z dużymi ładowniami i rozwiązaniami ułatwiającymi załadunek oraz wyładunek tego typu ładunków.

Mikromobilność – sposób przemieszczania się z wykorzystaniem lekkich, indywidualnych środków transportu przeznaczonych na krótkie dystanse, przede wszystkim rowerów i hulajnóg, często wykorzystywanych jako samodzielna forma podróży lub do domykania podróży multimodalnych.

Mikrosymulacja ruchu – metoda modelowania transportowego polegająca na szczegółowym odwzorowaniu zachowań pojedynczych uczestników ruchu (pojazdów lub pieszych) oraz ich wzajemnych interakcji w czasie rzeczywistym, stosowana do analizy funkcjonowania konkretnych odcinków sieci, skrzyżowań lub węzłów transportowych.

Monopol techniczny infrastruktury – sytuacja, w której tworzenie wielu równoległych sieci infrastrukturalnych danego typu na tym samym obszarze nie ma sensu, bo sieć jest terenochłonna i kosztowna, a największą wartość daje spójny układ.

Motywacje podróży – przyczyny, dla których ludzie podejmują podróże, związane z potrzebą realizacji określonych aktywności, takich jak dojazdy do pracy i szkoły, obowiązki rodzinne, dostęp do usług, zakupy, wypoczynek czy kontakty społeczne.

N

Naczepa drogowa – jednostka ładunkowa z kołami z jednej strony i podporą z drugiej. Po podłączeniu do ciągnika siodłowego tworzy zestaw drogowy (pojazd ciężarowy), a w przewozach intermodalnych może być traktowana jako intermodalna jednostka transportowa.

Naczepa intermodalna – naczepa drogowa przystosowana konstrukcyjnie do przeładunku pionowego (*lift off – lift on*).

Nadwozie wymienne – jednostka ładunkowa do transportu drogowego i kolejowego, wyposażona z obu stron w rozkładane podpory. Ma zwykle większą pojemność użytkową niż kontener ISO i jest lepiej wymiarami dopasowana do europejskich naczep-platform.

Nośność nawierzchni – zdolność nawierzchni drogowej lub kolejowej do przenoszenia obciążeń od ruchu pojazdów bez nadmiernych odkształceń i uszkodzeń konstrukcji.

O

Obiekty inżynierskie – specjalne budowle stanowiące element infrastruktury liniowej, takie jak mosty, wiadukty, tunele, estakady i przepusty, umożliwiające prowadzenie ciągów transportowych przez przeszkody terenowe lub w różnych poziomach.

Okno czasowe (*slot*) – przydzielony przedział czasu na wykonanie określonej operacji logistycznej lub transportowej (np. wjazd na terminal, obsługa w bramie, załadunek/rozładunek), wykorzystywany do organizowania dostępu do infrastruktury i ograniczania kolejek.

Opakowanie barierowe – opakowanie zapewniające ochronę ładunku przez ograniczenie przenikania czynników zewnętrznych (np. wilgoci, gazów, światła, tlenu), stosowane zwłaszcza dla towarów wrażliwych na warunki otoczenia i wymagających stabilnych parametrów przechowywania lub transportu.

Operator transportu – podmiot realizujący usługę transportową w sensie operacyjnym (organizuje i prowadzi przewozy, zarządza środkami transportu, personelem i rozkładem pracy), odpowiadając za wykonanie przewozu zgodnie z ustalonymi warunkami.

Organizator transportu – podmiot odpowiedzialny za planowanie, zamawianie i koordynowanie funkcjonowania transportu (zwłaszcza publicznego) na danym obszarze, w tym za kształt oferty przewozowej, standardy, integrację i finansowanie, niezależnie od tego, kto faktycznie wykonuje przewozy.

Osoby o ograniczonej mobilności (PRM) – osoby, które z różnych powodów mają utrudnioną zdolność do samodzielnego poruszania się i korzystania z transportu, wynikającą m.in. z niepełnosprawności, wieku, stanu zdrowia lub czasowych okoliczności, takich jak podróżowanie z małymi dziećmi, ciężkim bagażem czy inne ograniczenia ruchowe.

Ostatnia mila – końcowy odcinek procesu dostawy lub podróży, od najbliższego węzła/terminala/przystanku do miejsca przeznaczenia, często relatywnie krótki dystansowo, ale kosztowny i trudny organizacyjnie ze względu na rozproszenie punktów, ograniczenia dostępu i konieczność dopasowania do lokalnych warunków.

P

Paletyzacja – przygotowanie ładunku do transportu i przeładunku poprzez formowanie go na palecie (układanie, zabezpieczanie, często owijanie), tak aby w procesach logistycznych obsługiwać paletę jako jednostkę ładunkową zamiast pojedynczych sztuk ładunku.

Park & Ride – rozwiązanie organizacyjne polegające na połączeniu transportu indywidualnego i publicznego, w którym podróżny dojeżdża samochodem do parkingu zlokalizowanego przy węźle przesiadkowym, a dalszą część podróży realizuje transportem publicznym.

Partnerstwo publiczno-prywatne (PPP) – forma realizacji i finansowania infrastruktury transportu polegająca na współpracy podmiotu publicznego z partnerem prywatnym, w ramach której strona prywatna uczestniczy w projektowaniu, budowie, finansowaniu, utrzymaniu lub eksploatacji infrastruktury, przy podziale ryzyk i odpowiedzialności pomiędzy obie strony.

Pierwsza mila – początkowy odcinek łańcucha transportowego od miejsca nadania (np. producenta, magazynu, domu) do pierwszego punktu włączenia w sieć transportową (np. terminala, węzła przesiadkowego, sortowni), który często determinuje koszt i wykonalność całej usługi.

Platooning – jazda pojazdów w zwartej kolumnie z małymi odstępami dzięki automatycznej synchronizacji hamowania i przyspieszania oraz komunikacji V2V.

Podatność transportowa ładunków – cecha ładunku określająca, w jakim stopniu może on być przewożony różnymi środkami transportu oraz jak łatwo i efektywnie można go przemieszczać w przestrzeni. Podatność transportowa wynika z fizycznych i użytkowych właściwości ładunku, takich jak masa, objętość, kształt, trwałość, podatność na uszkodzenia, wrażliwość na warunki zewnętrzne (temperatura, wilgoć, wstrząsy), a także z wymagań dotyczących czasu dostawy, bezpieczeństwa i sposobu manipulacji.

Potok ruchu – strumień uczestników ruchu, najczęściej pojazdów lub pasażerów, przemieszczających się w określonym kierunku i czasie w sieci transportowej, którego wielkość opisuje natężenie ruchu na danym odcinku infrastruktury.

Praca eksploatacyjna – miara wielkości wykonanej pracy przez środki transportu na przykład liczba przejechanych pojazdokilometrów lub pociągokilometrów. Jest iloczynem liczby pojazdów danego typu i wykonanego przez nie kilometrażu. Opisuje intensywność eksploatacji taboru niezależnie od tego, ilu pasażerów lub ile ładunku przewieziono.

Praca przewozowa – miara działalności transportowej określana jako iloczyn wielkości przewożonego ładunku lub liczby pasażerów oraz długości trasy przewozu. Wyraża łączny efekt wykonanych przewozów w danym okresie.

Predykcyjne utrzymanie infrastruktury – podejście do utrzymania infrastruktury transportu polegające na wykorzystaniu danych, monitoringu i modeli prognostycznych do przewidywania zużycia oraz awarii elementów infrastruktury. Prace utrzymaniowe są planowane z wyprzedzeniem i realizowane zanim dojdzie do pogorszenia stanu infrastruktury lub zakłóceń w ruchu.

Prędkość handlowa – średnia prędkość przemieszczania się środka transportu, ładunku lub pasażera liczona jako relacja długości trasy do całkowitego czasu podróży, obejmującego nie tylko samą jazdę, lecz także postoje, zatrzymania i inne opóźnienia występujące w trakcie realizacji przejazdu.

Project cargo – ładunki wielkogabarytowe, ciężkie lub o niestandardowych parametrach, przewożone w ramach złożonych projektów inwestycyjnych lub przemysłowych, wymagające indywidualnego planowania transportu, specjalistycznej obsługi oraz koordynacji wielu etapów przewozu i gałęzi transportu.

Przepustowość infrastruktury – maksymalna liczba pojazdów, pociągów, statków, samolotów lub pasażerów, która może zostać obsłużona przez dany element infrastruktury transportowej w określonym czasie przy zachowaniu dopuszczalnych warunków bezpieczeństwa i jakości ruchu.

Przetarg – formalna procedura wyboru wykonawcy robót, dostaw lub usług, prowadzona według określonych zasad, w której oferty konkurują ze sobą pod względem ceny i innych kryteriów.

Przewoźnik – podmiot wykonujący przewóz (pasażerów lub ładunków) określonym środkiem transportu na podstawie umowy przewozu, ponoszący odpowiedzialność za realizację usługi zgodnie z jej warunkami.

R

RFID (*radio-frequency identification*) – technologia identyfikacji radiowej polegająca na automatycznym odczycie i zapisie danych z *tagów* (znaczników) za pomocą fal radiowych, bez konieczności kontaktu wzrokowego. Stosuje się ją do śledzenia i identyfikacji obiektów w logistyce i transporcie (np. palet, kontenerów, przesyłek) w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego.

Rozstaw torów – odległość pomiędzy wewnętrznymi krawędziami główek szyn w torze kolejowym, stanowiąca jeden z podstawowych parametrów technicznych infrastruktury kolejowej. Tor normalny to tor o rozstawie przyjętym jako podstawowy w większości krajów Europy. Tor szeroki to natomiast tor o większym rozstawie niż tor normalny, spotykany m.in. w Finlandii oraz w krajach Europy Wschodniej.

S

Selektywna autonomizacja – częściowe wprowadzanie rozwiązań autonomicznych w transporcie, polegające na automatyzacji wybranych czynności lub funkcji pojazdu albo procesu transportowego, przy jednoczesnym zachowaniu nadzoru człowieka i jego odpowiedzialności za pozostałe elementy ruchu i decyzje operacyjne.

Skrajnia pionowa – maksymalna dopuszczalna wysokość pojazdów lub ładunków poruszających się po danej infrastrukturze, wynikająca z prześwitów obiektów nad torami lub jezdnią.

Skrajnia pozioma – maksymalna dopuszczalna szerokość pojazdów lub ładunków, określająca bezpieczną przestrzeń boczną wymaganą do ich przejazdu.

Slot lotniczy – przydzielony przedział czasu na start lub lądowanie na lotnisku.

SRK (sterowanie ruchem kolejowym) – systemy techniczne stosowane w infrastrukturze kolejowej, służące do bezpiecznego prowadzenia ruchu pociągów poprzez kontrolę zajętości torów, sterowanie zwrotnicami i sygnalizacją oraz zapobieganie kolizjom i nieuprawnionym wjazdom na tory.

Statek ro-ro (*roll-on/roll-off*) – statek przystosowany do przewozu ładunków tocznych, takich jak pojazdy drogowe, naczepy lub wagony, które są wprowadzane i wyprowadzane na pokład samodzielnie lub przy użyciu ciągników.

Studium wykonalności – opracowanie analityczne sprawdzające, czy dane przedsięwzięcie (np. inwestycja infrastrukturalna) jest możliwe do realizacji i uzasadnione. Jego treść obejmuje m.in. warianty realizacyjne, oszacowanie nakładów inwestycyjnych i innych kosztów, analizę ryzyka, efekty i uwarunkowania techniczne, organizacyjne, środowiskowe i finansowe.

Suprastruktura transportu – wyposażenie infrastruktury transportu w urządzenia, maszyny i systemy techniczne niezbędne do realizacji procesów przewozowych, przeładunkowych i obsługowych, takie jak sprzęt przeładunkowy, systemy sterowania ruchem czy pojazdy pomocnicze, które funkcjonują na bazie istniejącej infrastruktury.

Suwnica – urządzenie dźwignicowe do podnoszenia i przemieszczania ładunków w poziomie znajdujące zastosowanie w terminalach i magazynach) poruszające się po torach jezdnych lub na kołach wykorzystywane do przeładunku ciężkich jednostek (np. kontenerów).

Szczyt komunikacyjny – okres w ciągu doby, w którym występuje największe natężenie ruchu pasażerskiego i drogowego, wynikające z kumulacji podróży o podobnych porach, przede wszystkim dojazdów do pracy i szkół.

Sztauowanie – rozmieszczanie, układanie i zabezpieczanie ładunku w przestrzeni ładunkowej środka transportu (np. w ładowni statku, naczepie, wagonie lub kontenerze) tak, aby zapewnić stabilność, bezpieczeństwo i ochronę ładunku oraz spełnić wymagania dotyczące dopuszczalnych nacisków, stateczności i kolejności wyładunku.

T

Tachograf cyfrowy – urządzenie rejestrujące instalowane w pojazdach ciężarowych i autobusach, służące do automatycznego zapisu czasu jazdy, przerw, odpoczynków, prędkości oraz przebiegu pojazdu, wykorzystywane do kontroli przestrzegania przepisów dotyczących czasu pracy kierowców i bezpieczeństwa transportu.

Tankowiec – statek przeznaczony do przewozu ładunków płynnych luzem (np. ropy naftowej, paliw, chemikaliów), z systemem zbiorników, rurociągów i zabezpieczeń dostosowanych do specyfiki przewożonego medium.

Tara – masa opakowania, jednostki transportowej lub pojazdu (dotyczy tylko niektórych pojazdów) bez ładunku, która razem z masą ładunku składa się na masę brutto pojazdu.

TEN-T (*Trans-European Transport Network*) – transeuropejska sieć transportowa obejmująca spójny układ infrastruktury transportu drogowego, kolejowego, lotniczego, morskiego i wodnego śródlądowego w Unii Europejskiej, której celem jest zapewnienie interoperacyjności, dostępności i efektywności transportu w skali całego kontynentu.

Terminal intermodalny – obiekt infrastruktury punktowej, w którym odbywają się przeładunki jednostek intermodalnych pomiędzy różnymi gałęziami transportu, umożliwiający realizację transportu intermodalnego bez naruszania ładunku znajdującego się wewnątrz jednostki.

TEU (*twenty-feet equivalent unit*) – umowna jednostka pojemności w transporcie kontenerowym odpowiadająca kontenerowi 20-stopowemu. Służy do opisu wielkości statków, terminali, przeładunków i strumieni kontenerów niezależnie od tego, czy przewożone są kontenery 20’ czy 40’ lub kontenery o innych długościach.

TMS (*transport management system*) – system informatyczny wspierający planowanie, organizację i kontrolę procesów transportowych, obejmujący m.in. planowanie tras, zarządzanie zleceniami przewozowymi, monitorowanie realizacji transportu oraz analizę kosztów i efektywności przewozów.

Trakcja kolejowa – sposób zapewnienia siły pociągowej w ruchu kolejowym (rodzaj napędu i zasilania), najczęściej w podziale na trakcję spalinową i elektryczną, wraz z infrastrukturą zasilania i urządzeniami niezbędnymi do prowadzenia ruchu.

Trakcja wielokrotna – sposób prowadzenia pociągu, w którym kilka jednostek trakcyjnych (np. człony EZT lub lokomotywy) jest sterowanych jednocześnie przez jednego maszynistę z jednej kabiny dzięki połączeniom sterowania, co pozwala zwiększać moc i pojemność składu kolejowego.

Transport intermodalny – przewóz ładunków z wykorzystaniem co najmniej dwóch gałęzi transportu, w którym ładunek jest przemieszczany w jednej jednostce intermodalnej od miejsca nadania do miejsca przeznaczenia, bez przeładunku samego towaru, mimo zmiany środka lub gałęzi transportu.

Transport intermodalny konwojowany – forma transportu intermodalnego, w której naczepy drogowe są przewożone koleją wraz z ciągnikami i kierowcami, a po dotarciu do miejsca docelowego kontynuują przejazd drogą.

Transport kombinowany – forma organizacji przewozu, w której wykorzystywane są różne gałęzie transportu. Obejmuje zarówno przewozy intermodalne, jaki i przewozy w których proces zmiany gałęzi transportu uwzględnia przeładunek samego ładunku.

Transport multimodalny – przewóz ładunków lub pasażerów z wykorzystaniem co najmniej dwóch gałęzi transportu.

Transport publiczny – transport pasażerski dostępny dla ogółu użytkowników na określonych zasadach, realizowany według rozkładów i taryf, zwykle organizowany lub współfinansowany przez podmiot publiczny w celu zapewnienia dostępności mobilności.

Transport zbiorowy – transport pasażerski realizowany środkami przewożącymi wielu pasażerów jednocześnie (np. autobus, tramwaj, metro, kolej), stanowiący alternatywę dla transportu indywidualnego. W praktyce często pokrywa się z transportem publicznym.

U

Ulga ustawowa – zniżka w opłatach za przejazd (najczęściej w transporcie publicznym) wynikająca bezpośrednio z przepisów prawa, przysługująca określonym grupom uprawnionych, niezależnie od lokalnej polityki taryfowej organizatorów transportu publicznego.

Utrzymanie bieżące infrastruktury – zbiór regularnych, powtarzalnych czynności eksploatacyjnych wykonywanych w trakcie normalnego użytkowania infrastruktury, których celem jest zachowanie jej sprawności, bezpieczeństwa i dostępności. Obejmuje działania takie jak odśnieżanie, sprzątanie, drobne naprawy, usuwanie przeszkód, bieżące przeglądy i reagowanie na drobne uszkodzenia.

Utrzymanie okresowe infrastruktury – planowane działania wykonywane w określonych odstępach czasu, polegające na odnawianiu i wymianie elementów infrastruktury zużywających się w trakcie normalnej eksploatacji, takich jak nawierzchnie dróg czy elementy torów kolejowych.

V

V2I – komunikacja pojazd–infrastruktura, w której infrastruktura przekazuje dane o warunkach ruchu lub steruje ruchem, a pojazd odsyła informacje o przejeździe i statusie.

V2N – komunikacja pojazd–sieć, czyli połączenie pojazdu z systemami operatora przez sieć.

V2V – komunikacja pojazd–pojazd, polegająca na wymianie krótkich komunikatów o położeniu i zdarzeniach.

W

Wagon kieszeniowy – specjalistyczny wagon kolejowy przeznaczony do przewozu naczep drogowych, wyposażony w obniżoną część środkową (kieszeń), umożliwiającą zachowanie skrajni pionowej podczas jazdy.

Węzeł przesiadkowy – miejsce, gdzie podróżny zmienia środek transportu, a jakość tego miejsca wpływa na czas odczuwany przez pasażera i atrakcyjność całej podróży.

Winieta – opłata za korzystanie z dróg płatnych, wnoszona w formie czasowego uprawnienia do poruszania się po określonej sieci drogowej, niezależnie od liczby przejechanych kilometrów.

Wykluczenie transportowe – ograniczenie realnej możliwości odbywania podróży zapewniającej dostęp do pracy, edukacji i usług.

Wywłaszczenie – administracyjne pozbawienie lub ograniczenie prawa własności nieruchomości na rzecz realizacji celu publicznego, za odszkodowaniem dla dotychczasowego właściciela.

Z

Załadowca – podmiot przekazujący ładunek do przewozu i organizujący jego przygotowanie do transportu (w tym załadunek lub zlecenie załadunku).

Zasadnicza droga przewozu – główny odcinek trasy przewozu w łańcuchu transportowym, na którym realizowana jest kluczowa część przemieszczenia (zwykle najdłuższa i najbardziej efektywna kosztowo), uzupełniana odcinkami dowozowymi i odwozowymi (pierwsza i ostatnia mila).

Zespół trakcyjny – niepodzielny skład kolejowy, w którym napęd oraz przestrzeń pasażerska lub towarowa są zintegrowane w jednej jednostce lub w kilku trwale połączonych członach, przystosowany do jazdy w obu kierunkach bez konieczności wykonywania manewrów na stacjach końcowych.

Zgeneralizowane koszty transportu – pojęcie pokazujące, że wybór środka transportu zależy od sumy kosztów pieniężnych i niepieniężnych.

