

Natalia SZWEDUN  
Katarzyna URBAN<sup>1</sup>

## **ZAŁOŻENIA I OBECNE ETAPY WDRAŻANIA ROZWIĄZAŃ AUTONOMICZNYCH W LOGISTYCE – PRZYKŁADY ORAZ ZALETY I WADY WPROWADZANIA INNOWACJI**

**Słowa kluczowe:** *transport, logistyka, pojazdy autonomiczne.*

Tematyka poruszana w artykule dotyczy przyszłości transportu widzianej w innowacyjnych projektach o działaniu autonomicznym. Rozpoczęcie rzeczywistego wdrażania środków lokomocji sterowanych w inny sposób niż przy wsparciu osoby kierującej, stanowi wyzwanie zarówno dla świata inżynierów jak i przyszłych potencjalnych pasażerów. Prócz przedstawienia teorii działania oraz kategoryzacji funkcjonalności pojazdów autonomicznych, zaprezentowane zostaną obecne etapy realizacji przykładowych projektów na całym świecie z różnych rodzajów przewozów dóbr i osób. Pracę uwieńczy syntetyczne zestawienie pozytywnych i negatywnych aspektów wdrażania innowacji widziane w głównej części oczami ekspertów.

### 1. WSTĘP

W ciągu ostatnich dziesięcioleci transport stał się nieodłączną częścią życia społeczeństwa. Jego rozwój, uwarunkowany postępowaniem technologii i świadomości warunków bezpieczeństwa ludzkiego, stanowi element, co do którego nie ma już żadnych wątpliwości. Analizując ścieżkę rozwoju środków lokomocji oraz towarzyszących im technologicznym przesłankom, zauważyć można pewną prawidłowość. Narastający strach oraz zmniejszone uczucie bezpieczeństwa wśród społeczności doświadczającej wprowadzenia nowego środka transportu oraz jego testowania to czynniki determinujące sprawną i szybką aprobatę do upowszechnienia nowych rozwiązań. Ludzie odczuwają duży dyskomfort, gdy mają do czynienia z nowym doświadczeniem, co za tym idzie względem transportu, mogącego mieć bezpośredni wpływ na ich życie, z każdą nową zmianą są sceptycznie nastawieni.

Według autorek pracy na świecie ma miejsce obecnie początek rewolucji transportowej. Jej kolejne etapy wdrażania widoczne są w projektach pojedynczych przedsiębiorstw, które sukcesywnie dążą do drastycznej zmiany funkcjonowania komunikacji publicznej oraz osobowej. Efektywne wdrożenie nowych rozwiązań

---

<sup>1</sup> Koło Naukowe Logistyków LogUS, Uniwersytet Szczeciński.

wymaga działania stopniowego, co oznacza perfekcyjne dopracowanie projektów małej skali, aby rozszerzyć zakres w myśl zasady „od szczegółu do ogółu”.

## 2. TEORETYCZNE ASPEKTY FUNKCJONOWANIA POJAZDÓW AUTONOMICZNYCH

Pojęcie „autonomii” Słownik Języka Polskiego definiuje m.in. jako „samodzielność i niezależność w decydowaniu o sobie”[4], co autorki artykułu rozumieją jako możliwości sprawnego reagowania owego typu pojazdu w każdej sytuacji drogowej oraz dostosowywanie się do zmian i zapotrzebowania konsumentów transportu. Istotną różnicą między pojęciem autonomiczności a automatyczności jest rozpoznawanie i zapobieganie zagrożeniu oraz inteligentny wybór najodpowiedniejszych tras przez pojazdy autonomiczne. Ponadto nie wymagają one w założeniu budowy nowych konstrukcji tras przejazdu, co w przypadku pojazdów automatycznych jest nieuchronne np. kolejka górską rollercoaster lub winda.

Według „Stowarzyszenia Inżynierów Motoryzacji” (SAE- International Society of Automotive Engineers) wyróżnić można pięć poziomów jazdy autonomicznej oraz startowy poziom zerowy. Syntetyczna kategoryzacja sposobu zakresu ich funkcjonowania przedstawia się w następujący sposób [7]:

- Poziom 0 - kierowca obsługuje wszelkie czynności takie jak sterowanie, hamowanie, obserwacja otoczenia etc.
- Poziom 1 - nieliczne systemy są wspomagane lub aktywowane samoistnie bez konieczności ingerencji kierującego np. ABS, ESP.
- Poziom 2 - kierujący w pewnych przypadkach może zostać wyręczony przez system podczas ciągłości jazdy np. adaptacyjny tempomat i opcja utrzymania samochodu na pasie ruchu.
- Poziom 3 - system jest w stanie przejąć całkowitą kontrolę nad pojazdem w trakcie określonych warunków tj. automatyczne parkowanie, ale kierowca pojazdem musi cały czas kontrolować przebieg manewru.
- Poziom 4 - system sprawuje całkowitą kontrolę nad pojazdem nawet na dłuższych odcinkach i nie wymagana jest ingerencja kierowcy (choć jest ona możliwa), ale tylko i wyłącznie w określonych sytuacjach drogowych np. podczas długiej jazdy na autostradzie (wjazd do miasta wymaga przejęcia przez kierowcę sterowania lub sterowania zdalnego pojazdu z punktu kontroli).
- Poziom 5 - pojazd jest w pełni autonomiczny i nie wymaga ingerencji kierowcy w żadnej z sytuacji drogowych.

W powszechnym użytkowaniu nie mają zastosowania na chwilę obecną pojazdy z 5-go poziomu autonomiczności, ale jest to główny cel działań inżynierów. Istotną przeszkodą dla chcących jak najszybciej doświadczyć pełnej jazdy autonomicznej są braki w regulacjach prawnych. W 2016 roku weszły w życie zmiany w konwencji wiedeńskiej o ruchu drogowym, które informują, że dopuszczalnym będzie stosowanie bardziej zaawansowanych funkcji wspomagających prowadze-

nie pojazdu z zastrzeżeniem, że kierowca w każdej chwili będzie mógł wyłączyć system i przejąć kontrolę nad czynnościami jazdy [2]. Następnym etapem rozpatrywanym w świetle prawa będzie stworzenie zapisu zezwalającego na pełną autonomię pojazdu bez konieczności ingerencji kierowcy. Wymieniony postęp prawny daje szanse zainteresowanym władzom państw na wprowadzenie zmian we własnym prawie krajowym. Pod znakiem zapytania pozostaje nadal kwestia odpowiedzialności karnej za spowodowany w przyszłości wypadek z udziałem pojazdu w pełni autonomicznego. Regulacji wymaga określenie podmiotu „winnego” za ewentualne szkody spośród właściciela pojazdu, aktualnego pasażera, producenta lub osoby programującej system. Wymagane jest również znalezienie sposobu na niezbędną obecność człowieka w przypadku potrzebnego oznaczenia miejsca zderzenia lub udzielenia poszkodowanym pierwszej pomocy.

### 3. OBECNE ETAPY REALIZACJI PRZYKŁADOWYCH PROJEKTÓW AUTONOMICZNYCH TRANSPORTU NA ŚWIECIE

Wśród stworzonych na całym świecie projektów transportu pasażerskiego i towarowego wiele znajduje swoje zastosowanie w realnym przewozie. Przykładem innowacyjnego rozwiązania problemu długiego oczekiwania na dowóz w obrębie lotniska jest zastąpienie dotychczasowych autobusów kursujących w porcie lotniczym London-Heathrow środkiem transportu o nazwie ULTRA POD.

Autonomiczne czteroosobowe kapsuły (POD-y) poruszają się po specjalnie dostosowanej do tego rodzaju technologii infrastrukturze składającej się z wąskich równoległych torów dwukierunkowych oraz ze stacji początkowej i końcowej. Zasilane elektrycznie pojazdy, rozpędzające się do 40km/h, ładowane są podczas postojów na przystankach zlokalizowanych w jednym z terminali znacząco oddalonym od parkingu samochodowego. Pasażer sam na ekranie wybiera swój cel podróży, zachowuje jednak kontrolę nad pojazdem gdyż w każdej chwili może zmienić kierunek jazdy lub zatrzymać kapsułę. Dzięki braku konieczności umieszczenia w kapsule kierowcy lub pracownika lotniska, pojazd ten zaliczamy do kategorii autonomicznie zaprogramowanych (ewentualnie zdalnie sterowanych w przypadku znikomych awarii). ULTRA POD-y zostały zaprojektowane tak, aby osoby niepełnosprawne mogły z nich korzystać bez pomocy osób trzecich. Za podróż kapsułą od pasażerów nie jest pobierana opłata.

Port lotniczy London-Heathrow jako pierwszy wprowadził autonomiczne kapsuły osobowe pod koniec 2010 r. i były one ówczesnym rozwiązaniem niespotykanym w innowacyjnym. Celem wprowadzenia owej innowacji było skrócenie czasu transportu na odcinku terminal-parking z 20-stu minut przy kursowaniu na tej trasie autobusów, do 5-ciu minut obecnie przy zastosowaniu autonomicznych kapsuł. Ponadto czas oczekiwania na przystanku w przypadku 95% konsumentów wynosi obecnie mniej niż 1 minutę [9].

Mieszczące więcej pasażerów autonomiczne rozwiązanie w transporcie publicznym mają możliwość przetestować również między innymi mieszkańcy dwóch szwedzkich miast. Autobus francuskiej produkcji Navya Autonom Shuttle o napędzie elektrycznym wprowadzono do ruchu po wnikliwych badaniach najbardziej kolizyjnych punktów na trasie przejazdu, a następnie poprawiono bezpieczeństwo w tych miejscach.



Rys. 1. Pojazdy autonomiczne ULTRA POD w porcie lotniczym London-Heathrow [6]

Fig. 1. Automated vehicle ULTRA POD in London-Heathrow Airport [6]

Autonomiczny autobus wyposażony w 11 miejsc kursuje codziennie na ulicach szwedzkiego Göteborga. Funkcjonuje w ruchu drogowym wraz z pozostałymi autobusami publicznymi, samochodami, rowerzystami oraz pieszymi. Jego prędkość maksymalna wynosi 20 km/h, natomiast na jednym ładowaniu jest w stanie przejechać do 100 km. Navya klasyfikuje się do kategorii pojazdów autonomicznych klasy 4. Dzięki ośmiu czujnikom odczytującym sygnały z zewnątrz jest w stanie odpowiednio zareagować na zagrożenie pojawiające się na jego drodze. Jeżeli inny pojazd pojawi się w promieniu dziesięciu metrów, autobus znacznie zahamuje w celu zachowania bezpiecznej odległości. W kabinie znajduje się kierowca, który w razie konieczności przejmuje panowanie nad pojazdem.

Wprowadzenie autobusu na ulice Göteborga wymagało około 100 godzin prac nad stworzeniem bezpiecznych warunków na trasie przejazdu. Kolejnym etapem dla autonomicznego transportu publicznego Szwecji jest wprowadzenie ko-

lejnych dwóch takich autobusów publicznych, tym razem w oddalonej o 50 km miejscowości Göta.

Prócz transportu pasażerskiego o małych możliwościach przewozowych względem ilości miejsc, inżynierowie testują również autonomiczność w kolejnictwie, jednak do pełni możliwości opracowanych idei jeszcze długa droga.



Rys. 2. Autonomiczny autobus publiczny Navya [8]

Fig. 2. Autonomous public bus Navya [8]

Autonomiczne koleje są innowacją, którą realnie interesuje się coraz więcej państw rozwiniętych. Przykładem jest Szwajcaria, której udało się wprowadzić innowacyjne rozwiązanie jakim jest autonomiczny pociąg pasażerski *FV Dosto*. Pojazd nastawiony jest przede wszystkim na optymalizację zużycia energii, funkcjonowania systemu kolejowego oraz maksymalne zwiększenie bezpieczeństwa w ruchu.

*FV-Dosto* jest w stanie sam rozpędzać się i hamować, odczytywać sygnały z zewnątrz, reagować na zagrożenie. Poruszający się z prędkością do 200 km/h autonomiczny pociąg nie wymaga budowy specjalistycznej sieci kolejowej, porusza się bowiem po torach przeznaczonych do ruchu kolejowego pozostałych pociągów. Pasażerowie mają możliwość podróżowania piętrowo, co pozwala zwiększyć ilość osób podróżujących jednorazowo, nie obniżając przy tym komfortu jazdy. System wspomagania kierowcy w *FV-Dosto* opiera się na europejskim systemie sterowania pociągiem na poziomie 2 (ETCS 2) oraz *Adaptive Control System (ADL)* autorstwa SBB. Połączenie międzynarodowej, sprawdzonej technologii w połączeniu ze szwajcarską innowacyjną technologią, powstałą na potrzeby projektu, pozwala na maksymalne energooszczędny ruch.

Autonomiczny pociąg dla Szwajcarskich Kolei Federalnych (SBB) wyprodukowany został już w 2010 r., jednak pierwszą podróż odbył dopiero pod koniec 2017 r. Opóźnienia spowodowane były m.in. problemami prawnymi, trudnościami z dostawą oraz koniecznością modernizacji technicznych i informatycznych. Od lutego 2018 r. wykonywane są regularne przewozy na trasie Zurych-Bern. Do ruchu dopuszczonych zostało jeszcze 6 takich pociągów. Kanadyjski koncern Bombardier jest w trakcie realizacji kontaktu na budowę 62 pociągów, a Kolej Szwajcarska zapewnia, że będzie co roku inwestować ponad 1,5 mln dolarów rocznie w modernizację autonomicznej floty kolejowej [11].



Rys. 3. Autonomiczny pociąg osobowy FV-Dosto [11]

Fig. 3. Autonomous personal train FV-Dosto [11]

Mimo pełnej zdolności do obsługi bezzałogowej Szwajcarskie Koleje Federalne chcą, aby rozwiązanie docelowo funkcjonowało jedynie na zasadzie autopilota [10], początkowo obsługując samodzielnie funkcje rozpędzania i hamowania, z uwzględnieniem reakcji na zagrożenia na drodze. Do obsługi pociągu niezbędna jest obecność kierowcy w kabinie. W późniejszych fazach planowane jest stopniowe ograniczanie funkcji kierowcy, jednak ze względu na dbałość Szwajcarów o bezpieczeństwo oraz dla sprawności funkcjonowania, obecność wykwalifikowanego personelu na pokładzie będzie nadal niezbędna. *FV-Dosto* jest elementem innowacyjnego programu *SmartRail 4.0*, zmierzającego do automatyzacji technologii kolejowej Szwajcarii. Obecnie główną ideą autonomicznego pojazdu *FV-*

*Dosto* jest zwiększenie bezpieczeństwa, niezawodności oraz wydajności kolei Szwajcarskich. Pojazdy pozwalają nie tylko na optymalizację zużycia energii, przede wszystkim są w stanie samodzielnie wyznaczać optymalne trasy, uwzględniając zmiany w czasie rzeczywistym.

Innowacją, która najprawdopodobniej w ciągu kilku najbliższych lat zrewolucjonizuje transport ciężarowy jest wyprodukowany przez szwedzką firmę *Einride* pojazd bez kabiny kierowcy, który ma służyć do przewozu towarów.

T-Pod jest samochodem autonomicznym, który można zakwalifikować do kategorii klasy 4-tej, co w praktyce oznacza, że jest w stanie samodzielnie pokonać około 200 km autostradą, jednak podczas zjazdu do terenu zabudowanego zalecana jest zdalna obsługa operatora. Długa na 7 metrów [12] naczepa jest w stanie pomieścić 15 miejsc paletowych o maksymalnej ładowności 20 ton. Jest w stu procentach ekologiczna, ponieważ napędzana jest silnikiem elektrycznym. Maksymalny dystans po pełnym naładowaniu baterii wynosi 200 km. Konkurencyjną zaletą T-POD względem powszechnie znanych samochodów ciężarowych jest ciągłość jazdy, co oczywiście jest niemożliwe, gdy pojazd jest sterowany przez kierowcę, który wymaga przerw w czasie pracy.

Firma *Einride*, podając do wiadomości publicznej informacje o planowanych czynnościach do tej pory dotrzymywała słowa (zaprezentowanie publicznie pierwszej ciężarówki w lipcu 2017 roku) [13], dlatego istnieje duże prawdopodobieństwo, że ich kolejne założenie również będzie „just in time”. Szwedzkie przedsiębiorstwo w 2020 roku chce wypuścić 200 sztuk pojazdów T-POD na drogi publiczne. Trasą szczególnie braną pod uwagę jest odcinek między Göteborgiem a Helsingborgiem (około 200 km). Atrakcyjność bowiem tej drogi polega na tym, że jest to głównie jazda autostradą, co dla tego typu pojazdu jest najkorzystniejszą opcją.

Idea ciężarówki bezzałogowej, wbrew pozorom i wszelkim wątpliwościom wynikającym z nowoczesności transportu już tak powszechnie znanego, ma wielu zwolenników a wręcz realnie zainteresowanych pewnych kontrahentów. Jednym z nich jest przedsiębiorstwo Lidl, które ogłosiło, że chcą być pierwszymi konsumentami floty tych pojazdów na potrzeby transportu produktów. Planowane regularne kursy odbywać się mają między magazynami a sklepami Lidla początkowo tylko w mieście Halmstad w Szwecji.

Najodważniejszą tezę przedstawioną publicznie przez firmę *Einride* jest pewność, że w 2035 roku pojazdy T-POD stanowiąc będą 20% wszystkich pojazdów ciężarowych w kraju. Powodzenie projektu T-POD wiąże się z ogromną zmianą na rynku transportowym. Powodem poczynionych pierwszych kroków autonomicznych ciężarówek wynika z faktu, iż Szwecja wprowadziła zmiany w prawie krajowym, które zezwalają już na tak szeroko pojęty stopień zaawansowania jazdy. Postęp skandynawskiego kraju staje się wzorcem dla innych firm branży transportowej na mniejszą skalę, których sukcesy najprawdopodobniej już niebawem ujrzą światło dzienne.



Rys. 4. Prototyp ciężarówki T-POD firmy Einride [13]  
Fig. 4. Truck prototype T-POD of Einride company [13]

#### 4. ZALETY I WADY WPROWADZANIA INNOWACJI AUTONOMICZNYCH DO TRANSPORTU POWSZECHNEGO UŻYTKOWANIA

Każdy nowoczesny projekt mający zrewolucjonizować znajomą już dziedzinę życia spotyka się z wieloma opiniami o charakterze zarówno negatywnym jak i pozytywnym. Różnice zdań wynikają głównie z doświadczenia opiniujących oraz z ich poziomu wiedzy i świadomości technologicznej. Istotną przeszkodą ku zastąpieniu w dalekiej przyszłości wszystkich pojazdów konwencjonalnych rozwiązaniami autonomicznymi jest mentalność społeczeństwa oraz ograniczone zaufanie do rozwoju technologicznego objawiające się głównie u osób starszych.

Inżynierowie dopracowują swoje projekty i szukają rozwiązań problemów, które zaistnieją po wprowadzeniu najnowocześniejszych technologii. Ku zobrazowaniu dylematów „autonomicznej przyszłości” autorki tekstu w tabeli nr 1 umieściły syntetyczne zestawienie najważniejszych zalet i wad projektu widziane głównie oczami ekspertów oraz według własnego doświadczenia.



Tab. 1. Synteza wad i zalet wprowadzenia innowacji autonomicznych do transportu [5]  
 Tab. 1. Synthesis of the advantages and disadvantages of introducing autonomous innovations for transport [5]

ZALETY	WADY
Eliminowanie kongestii poprzez zintegrowanie systemowe z infrastrukturą i aktualnościami na drodze [3]	Trudności we współpracy uczestników ruchu drogowego: pieszych, rowerzystów oraz pojazdów
Ograniczenie czasu jazdy poprzez wcześniejszy wybór najkorzystniejszych tras i brak efektu „błądzenia” [3]	Ograniczona rola zawodu kierowcy oraz wzrost bezrobocia w sferze transportu pasażerskiego i towarowego.
Zmniejszenie emisji szkodliwych substancji poprzez napędy elektryczne pojazdów oraz ekologiczny tryb jazdy [3]	Wysokie koszty zakupu pojazdów autonomicznych
Zwiększenie estetyki na drogach poprzez eliminację znaków drogowych i sygnalizacji [3]	Brak zapewnienia niezbędnej obecności człowieka w razie wypadku przy udzieleniu pierwszej pomocy
Poprawa mobilności osób starszych i niepełnosprawnych [1]	Konieczność dostosowania infrastruktury oraz systemów do funkcjonowania stopniowo autonomicznych i manualnych pojazdów, a następnie wyłącznie autonomicznych [1]

## 5. PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę przyjętą w artykule klasyfikację podziału pojazdów autonomicznych stwierdzić można, iż w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat w transporcie nastąpił diametralny rozwój technologiczny. Najwyższą wagę przywiązuje się obecnie do bezpieczeństwa oraz optymalizacji wygody pasażerów. Idea autonomicznych pojazdów w swoim założeniu skupia zastosowanie wszystkich przetestowanych rozwiązań w jednym środku transportu, który odpowiadałby na popyt na potrzeby transportowej zgłaszane przez społeczeństwo.

Zaprezentowane w pracy autonomiczne rozwiązania transportu pasażerskiego to tylko przykłady licznych projektów realizowanych w tej chwili na świecie. Wprowadzenie innowacji w codzienne użytkowanie rozwiązań manualnych staje się nie lada wyzwaniem, którego grono inżynierów postanowiło się podjąć, aby zwiększyć procesy komunikacyjne. Wątpliwości, które nasuwają się przy rozpatrywaniu „przyszłościowych projektów” uzasadnione są wciąż brakiem dostatecznej wiedzy o nowoczesnej technologii.

Podsumowując dotychczasowe osiągnięcia inżynieryjne oraz stopniową asymilację społeczeństwa w świecie technologii można snuć przypuszczenia, iż obecne projekty stanowiąc będą w dalekiej przyszłości opokę nowoczesnego, w pełni zautomatyzowanego transportu.

## LITERATURA

- [1] PRZYBYSZ K., *Infrastruktura przystosowana do pojazdów autonomicznych*, Publikacja pokonferencyjna „III Krakowska Ogólnopolska Konferencja Naukowa Transportu KOKONAT” Kraków, 21-22 kwietnia 2016 r.
- [2] RUDNIK S., *Kierunek rozwoju regulacji prawnych pojazdów autonomicznych w ramach prac UNECE oraz ITU*, Czasopismo Autobusy : technika, eksploatacja, systemy transportowe 6/2017.
- [3] SZYMCZAK M., *W oczekiwaniu na autonomiczne samochody. Czy spełnią oczekiwania kierowców i jak wpłyną na miasta?*, Czasopismo Transport Miejski i Regionalny 10/2013.
- [4] Słownik języka polskiego [on-line]. WN PWN SA.
- [5] Opracowanie własne.
- [6] <https://londonist.com/2014/09/a-ride-on-heathrows-self-driving-pods>.
- [7] <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>.
- [8] <https://www.nyteknik.se/fordon/tuff-miljo-for-ny-sjalvkorande-buss-6912811>.
- [9] <http://www.robertdee.pl/ultra-busiki-na-lotnisku-heathrow/>.
- [10] <https://www.rt.com/news/412154-sbb-driverless-train-switzerland/>.
- [11] [https://www.swissinfo.ch/eng/business/swiss-federal-railways-\\_first-of-new-bombardier-trains-makes-maiden-voyage/43929882](https://www.swissinfo.ch/eng/business/swiss-federal-railways-_first-of-new-bombardier-trains-makes-maiden-voyage/43929882).
- [12] <https://www.wiadomoscihandlowe.pl/artykuly/lidl-bedzie-testowal-bezalogowe-ciezarowki-t-pod,42997>.
- [13] <http://40ton.net/pierwszy-egzemplarz-ciezarowki-einride-t-zupelnie-pozbawionej-miejscakierowcy-juz-gotowy/>.

## ASSUMPTIONS AND PRESENT STAGES OF IMPLEMENTING AUTONOMOUS SOLUTIONS IN LOGISTICS - EXAMPLES AND BENEFITS AND DEFECTS IN THE INTRODUCTION OF INNOVATION

**Key words:** *transport, logistics, autonomous of vehicle.*

The main problem raised in the article is about future of transport seen in innovations, autonomous projects. Starting the implementation of new vehicle controlled in a different way than is known is a challenge for both the world of engineers and future potential passengers. In addition will be presented present stages of implementing autonomous solutions all around the world in personal and cargo transport. At the end it will be placed a synthetic table with positive and negative sites.