

**A. NAUKA TRANSPORTOWA**

**A.23. INNOWACYJNE TECHNOLOGIE TRANSPORTU AUTONOMICZNEGO  
W OBSZARACH AGLOMERACJI**

**Wprowadzenie do dyskusji:**

- prof. dr hab. inż. Marcin Ślęzak - Instytut Transportu Samochodowego,
- dr hab. inż. Przemysław Niewiadomski, prof. UZ - Uniwersytet Zielonogórski

**A.23. INNOWACYJNE TECHNOLOGIE TRANSPORTU AUTONOMICZNEGO  
W OBSZARACH AGLOMERACJI**

Transport ulega w ostatnich latach dynamicznym przeobrażeniom. Kluczowe megatrendy, które go kształtują, to: mobilność, multimodalność, współdzielenie, zrównoważony rozwój, elektromobilność i autonomia. Duży wpływ na transport będzie miało w najbliższych latach także starzenie się społeczeństwa i potrzeba wielozadaniowości. Odpowiedzią zarówno na wyzwania związane ze starzeniem się społeczeństwa (możliwość stworzenia sposobu komfortowego poruszania się osób starszych), jak i multitaskingiem (możliwość wykonywania innych zadań w trakcie podróży pojazdem) jest najbardziej zaawansowana technicznie, a zarazem potencjalnie najbardziej rewolucyjna zmiana, która wiąże się z możliwością tworzenia pojazdów poruszających się w sposób autonomiczny.

Transport Autonomiczny Drogowy (TAD) oznacza wykorzystanie pojazdów, które mogą poruszać się bez bezpośredniego sterowania przez człowieka. Technologia ta, znana szerzej jako pojazdy autonomiczne (AV), korzysta z zaawansowanych systemów sensorycznych, takich jak lidary, radary, kamery oraz algorytmy sztucznej inteligencji do nawigowania, podejmowania decyzji i komunikacji z innymi pojazdami oraz infrastrukturą drogową. Warto zwrócić uwagę, że rozwój tych technologii jest odpowiedzią na rosnące zapotrzebowanie na bezpieczniejsze, bardziej efektywne i ekologiczne środki transportu.

Historia rozwoju technologii autonomicznych sięga wczesnych lat 2000, kiedy to projekt DARPA Grand Challenge po raz pierwszy skłonił inżynierów do eksploracji pojazdów, które mogłyby samodzielnie manewrować na poligonach testowych. Od tego czasu, firmy takie jak Google/Waymo, Tesla i Uber poczyniły znaczące postępy w rozwijaniu technologii autonomicznych. Te inicjatywy przyspieszyły rozwój branży i skierowały uwagę na potencjalne korzyści oraz wyzwania związane z TAD.

Jakkolwiek treść panelu nawiązuje do problematyki dotyczącej nowoczesnej koncepcji transportu, która odwołuje się do technologii pozwalającej na przemieszczanie towarów lub osób bez konieczności interwencji człowieka, to trzeba wskazać, że Panel A.23 poświęcony jest zagadnieniu rozwoju i wdrażania innowacyjnych technologii wspierających rozwój autonomiczności i automatyzacji transportu. Odwołuje się zatem do katalogu zagadnień, które mogą służyć sformułowaniu kilku refleksji podejmujących próbę odpowiedzi na sformułowane w tytule hasło kluczowe.

**1. Transport autonomiczny w liczbach**

- Zgodnie z raportem Polskiego Instytutu Ekonomicznego „Autonomiczny transport przyszłości” wartość branży pojazdów autonomicznych w 2026 roku sięgnie poziomu 557 miliardów dolarów;

- Oszczędność 51 miliardów złotych na kosztach związanych z wypadkami i kolizjami drogowymi, przy automatyzacji transportu;
- Oszczędność 2,4 miliarda złotych możliwych rocznych oszczędności dla branży logistycznej związanych z kosztami paliwa i wynagrodzeń;
- Ok. 10 terabajtów danych gromadzonych w ciągu godziny przez pojazd autonomiczny w trakcie jazdy;
- 58% Polaków spodziewa się pojawienia pojazdów autonomicznych na polskich drogach w przeciągu najbliższych 12 lat.

## 2. Technologie wspierające TAD, czyli kilka słów o tym czy AI zdominuje TAD

Współcześnie wielu ekspertów i uczonych uważa, że sztuczna inteligencja, przez następne dwie dekady zmieni ludzkość bardziej niż przez ostatnie trzysta lat. Zdaniem Billa Gatesa przyszłość leży w sztucznej inteligencji, tj. dużej technologicznej zmianie, która obecnie znajduje się dopiero w fazie rozwoju. Jak pisze B. Gates „*AI to coś naprawdę wielkiego... Jestem pod wrażeniem tego podejścia i tempa innowacyjności*”.

Charakter dokonującej się zmiany, w tym możliwość wykorzystania pojazdów poruszających się w sposób autonomiczny - w tym jej siła i pole oddziaływania - będzie ostatecznie uzależniony m.in. od gotowości jaką - w kontekście wykorzystania potencjału AI - wykazywać będą poszczególni interesariusze. Eksperti z dziedziny AI uważają, że istnieje 50 proc. szans, że między rokiem 2045 a 2060, AI będzie w stanie wykonać każdą czynność wykonywaną dziś przez człowieka. Maszyny będą szybsze, nigdy się nie zmęczą, będą miały dostęp do wszelkich potrzebnych informacji i większe zdolności analityczne niż ludzie. Oznaczać to będzie, że AI jest stanie się podstawą dla samochodów autonomicznych. Dzięki zastosowaniu zaawansowanych systemów sensorów i algorytmów do interpretacji danych, te pojazdy będą bezpiecznie i efektywnie poruszać się po drogach.

Oto kilka obszarów, w których AI ma potencjał do wprowadzenia znaczących zmian:

- Bezpieczeństwo (monitorowanie stanu infrastruktury transportowej, przewidywanie i reagowanie na potencjalne zagrożenia);
- Optymalizacja ruchu drogowego (problem korków, analiza i przewidywanie, tworzenie wzorców ruchu, zarządzanie ruchem, minimalizacja kosztów, redukcja opóźnień);
- Logistyka i zarządzanie flotą (optymalizacja logistyki, zarządzanie flotą pojazdów i planowanie tras, obniżenie kosztów i zwiększenie efektywności).

Na ten moment pojazdy autonomiczne wspomagane AI są testowane i stosowane w ograniczonym zakresie. Jakkolwiek technologia AI ta staje się coraz bardziej zaawansowana, to produkcja pojazdów autonomicznych i zastosowania w nich AI stoi przed wieloma wyzwaniami, zarówno technologicznymi, jak i regulacyjnymi. Wiele z nich wynika z trudności związanych z zapewnieniem pełnego bezpieczeństwa, zarówno dla pasażerów pojazdów autonomicznych, jak i dla innych uczestników ruchu.

## 3. Bezpieczeństwo, standardy a korzyści wynikające z wdrożenia TAD

Zwiększenie bezpieczeństwa drogowego jest jednym z głównych atutów TAD. Statystyki wskazują, że około 90% wypadków drogowych jest spowodowanych błędami ludzkimi. Pojazdy autonomiczne, dzięki precyzyjnemu reagowaniu na

otoczenie i braku czynnika zmęczenia czy rozproszenia, mają potencjał znacznego zmniejszenia tych statystyk. Na przykład, analizy przeprowadzone przez *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) wskazują, że wprowadzenie TAD może zredukować liczbę wypadków na drogach nawet o 40%.

Dodatkowo, efektywność ruchu drogowego może zostać znacząco poprawiona dzięki możliwościom komunikacji między pojazdami (V2V). Pojazdy autonomiczne mogą komunikować się między sobą w czasie rzeczywistym, co pozwala na lepszą koordynację i płynność ruchu, minimalizując zatory drogowe. To z kolei przekłada się na zmniejszenie czasu spędzanego w podróży i może prowadzić do znaczących oszczędności ekonomicznych na poziomie krajowym.

**Reasumując**, transport autonomiczny może zminimalizować błędy ludzkie, które są często główną przyczyną wypadków drogowych z jednej strony, z drugiej zaś należy pamiętać, że jakkolwiek technologia autonomiczna ma potencjał poprawy bezpieczeństwa, to ew. awarie mogą prowadzić także do poważnych wypadków.

Aby TAD mógł być powszechnie akceptowany i bezpieczny, musi spełniać rygorystyczne standardy bezpieczeństwa. Regulacje te powinny obejmować zarówno oprogramowanie, jak i hardware pojazdów, a także sposób, w jaki pojazdy te komunikują się z infrastrukturą drogową i innymi użytkownikami drogi. *Komisja Europejska* oraz *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) w USA są przykładami organów, które pracują nad opracowaniem i wdrażaniem takich standardów.

#### 4. Redukcja emisji CO<sub>2</sub>

Redukcja emisji CO<sub>2</sub> wynika z większej efektywności pojazdów autonomicznych oraz możliwości integracji z elektrycznymi jednostkami napędowymi. W miarę zwiększania się efektywności ruchu i zmniejszenia liczby wypadków, zmniejsza się również ogólna emisja szkodliwych substancji do atmosfery. Amerykańska organizacja *Environmental Protection Agency* (EPA) podaje, że zastosowanie technologii autonomicznych w szerokiej skali może zredukować emisję gazów cieplarnianych o ponad 60% w najbliższych dziesięcioleciach.

Pod względem zużycia paliw i powiązanych z tym emisji, pojazdy autonomiczne dają lepsze umiejętności przewidywania i reagowania na zdarzenia w ruchu (np. hamowanie w odpowiedniej odległości od świateł, ekonomiczne przyspieszanie itp.).

Autonomiczność oparta na AI daje też znaczne możliwości oszczędności związanych z zarządzaniem flotą. Nie chodzi tu wyłącznie o autonomizację pracy kierowców, lecz procesów. Jednym z nich jest tzw. predictive maintenance, czyli wykorzystywanie automatyzacji (w tym big data) do przeprowadzania napraw pojazdów zanim usterka wyłączy je z użytkowania.

#### 5. Praktyczne zastosowania TAD w aglomeracjach miejskich

Wprowadzenie pojazdów autonomicznych do aglomeracji miejskich otwiera nowe możliwości dla zarządzania miejskim ruchem drogowym, dostępności transportu i jakości życia mieszkańców. Poniżej przedstawiono kilka kluczowych zastosowań TAD w obszarach miejskich.

- **Taksówki i usługi przewozowe**

Jednym z najbardziej widocznych zastosowań pojazdów autonomicznych w miastach jest sektor taksówek i usług przewozowych. W niektórych miastach Stanów Zjednoczonych istnieje już możliwość zamówienia autonomicznego taxi. Przykładem może być projekt Waymo One, gdzie w Phoenix, Arizona, firma Waymo uruchomiła publiczną usługę taksówek autonomicznych, która oferuje pasażerom możliwość podróżowania po mieście bez kierowcy na pokładzie. Usługa ta zyskała popularność dzięki zapewnieniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa i efektywności, co jest szczególnie ważne w gęsto zaludnionych obszarach.

- **Publiczny transport zbiorowy**

Pozwalając na zwiększenie częstotliwości kursów i lepszą dostępność transportu publicznego, technologia ta ma potencjał znacząco wpłynąć na zrównoważony rozwój „zielonych” miast. Autonomiczne autobusy czy tramwaje mogą stać się powszechne w naszych miastach w najbliższych latach. Jesteśmy bowiem świadkami prawdziwej rewolucji w dziedzinie komunikacji drogowej.

Autonomiczne autobusy to zastosowanie TAD, które zyskuje na popularności, szczególnie w europejskich miastach. Na przykład, w Helsinkach, w Finlandii, testowany jest system autonomicznych busów, które kursują po wyznaczonych trasach w ramach miejskiego transportu zbiorowego. Autobusy te są w stanie komunikować się z systemami zarządzania ruchem, co pozwala na optymalizację tras i zmniejszenie opóźnień.

Najważniejsza dla pasażerów jest mobilność oraz dowolność przemieszczania się, niezależnie od środka transportu. Liczy się dostępność, wygoda i przejazd bez konieczności angażowania pasażera. Zmiana preferencji wynika między innymi ze zmiany pokoleniowej konsumentów i dominacją generacji Y, która w roku 2030 będzie stanowić 75% siły pracującej i nabywczej oraz pojawianiu się pokolenia Z, które wychowywane jest w otoczeniu nowoczesnych technologii, tabletek, aplikacji. Zarządzanie całością transportu w miastach przyszłości będzie wyzwaniem.

- **Logistyka miejska**

Pojazdy autonomiczne są również coraz częściej wykorzystywane w logistyce miejskiej, w szczególności w dostawach „ostatniej mili”. Firmy takie jak Nuro specjalizują się w tworzeniu małych, autonomicznych pojazdów dostawczych, które mogą efektywnie dostarczać towary do klientów w miejskich centrach. To zastosowanie TAD ma potencjał zmniejszenia kosztów operacyjnych firm logistycznych oraz wpływu na środowisko poprzez redukcję emisji spalin.

- **Efektywność operacyjna magazynów**

Transport autonomiczny może odegrać kluczową rolę w erze dominacji e-commerce, gdzie optymalizacja procesów dostaw jest niezwykle istotna dla funkcjonowania każdego przedsiębiorstwa. Zautomatyzowany transport z magazynu do klienta oznacza, że zamówione towary mogą być dostarczane szybciej i efektywniej. Dzięki wykorzystaniu autonomicznych pojazdów ciężarowych, proces ten staje się bardziej niezawodny, co przekłada się na zadowolenie klientów i wzrost wizerunku firmy. Nie ma także ograniczeń wynikających z wymogów prawnych w zakresie czasu pracy kierowcy.

## 6. Wyzwania technologiczne i operacyjne w tym bezpieczeństwo cybernetyczne

Wprowadzenie TAD nie jest wolne od wyzwań. Wiele kwestii technologicznych i operacyjnych musi zostać rozwiązanych, zanim pojazdy autonomiczne staną się powszechne w miastach. Wielkim wyzwaniem, które stanie przed rozwojem transportu autonomicznego, będzie konieczność zapewnienia ochrony przed potencjalnymi cyberatakami. Pojazdy autonomiczne jako zaawansowane systemy informatyczne, są także podatne na ataki hakerskie, które mogą zagrozić bezpieczeństwu pasażerów i danych. Konieczność zapewnienia zaawansowanych rozwiązań z zakresu bezpieczeństwa cybernetycznego jest zatem niezbędna dla ochrony tych systemów przed potencjalnymi zagrożeniami.

## **7. Integracja z istniejącą infrastrukturą**

Konieczne wydają się zmiany w infrastrukturze. Zarówno w Polsce, jak i w Europie nie zawsze jest ona w dobrym stanie, tym bardziej nie spełnia wymogów związanych z możliwością wdrażania i eksploatacji pojazdów autonomicznych. Począwszy od oznakowania poziomego. Bowiem nie wszystkie drogi mają pasy ruchu oznaczone białymi liniami, które jest ważne z punktu widzenia kursu jazdy (oprogramowanie musi „widzieć” trajektoria by utrzymywać pojazd na właściwym torze jazdy).

Dostosowanie istniejącej infrastruktury miejskiej do potrzeb pojazdów autonomicznych wymaga znacznych inwestycji. Niezbędne jest zainstalowanie odpowiednich sensorów drogowych, modernizacja sygnalizacji świetlnej oraz adaptacja przepisów ruchu drogowego tak, aby umożliwić bezpieczne współistnienie pojazdów autonomicznych i kierowanych przez ludzi.

## **8. Akceptacja społeczna**

Autonomiczne pojazdy budzą mieszane odczucia wśród społeczeństwa. Zauważa się czynnik braku zaufania względem technologii, obaw przy podejmowaniu decyzji i „śledzenia” ruchów pasażerów. Trwają prace nakierowane na powszechną akceptowalność przez społeczeństwo, co w dużym stopniu wiąże się z koniecznością budowania zaufania i akceptacji wśród użytkowników. Wiele osób może być sceptycznie nastawionych do idei podróżowania pojazdem bez kierowcy. Praca nad edukacją społeczną i promocją bezpieczeństwa tych technologii będzie kluczowa dla ich sukcesu. Trzeba jasno pokazywać, że o ile nie łatwym jest przewidywanie zachowań ludzkich i rozpoznanie umiejętności każdego kierowcy, to autonomiczny autobus na pewno nie przekroczy prędkości, nie przejedzie na czerwonym świetle, a jeśli będzie odpowiednio zaprogramowany to będzie w sposób adekwatny poruszał się np. na oblodzonej drodze. Kolejnym plusem, który trzeba akcentować jest wymiar ekologiczny. Pojazdy autonomiczne bazują zazwyczaj na silnikach elektrycznych, a wkrótce standardem staną się ogniwa wodorowe. Pozwoli to znacznie zmniejszyć emisję spalin w centrach miast. Spadnie również natężenie hałasu, które przy tradycyjnych pojazdach miejskich jest uciążliwe.

## **9. Aspekty prawne i regulacyjne TAD i odpowiedzialność prawna**

W miarę rozwoju technologii autonomicznych pojazdów, kluczową rolę odgrywają regulacje prawne, które muszą nadążyć za zmieniającym się krajobrazem technologicznym. Zrozumienie i odpowiednie kształtowanie prawa są niezbędne do zapewnienia, że TAD będzie rozwijany i wdrażany w sposób bezpieczny i sprawiedliwy.

Jednym z najbardziej złożonych zagadnień w kontekście TAD jest kwestia odpowiedzialności prawnej w przypadku wypadków. Tradycyjne prawo drogowe opiera się na założeniu, że za pojazd odpowiada kierowca. W przypadku pojazdów

autonomicznych konieczne jest zrewidowanie tego założenia, aby umożliwić określenie odpowiedzialności producenta oprogramowania lub samego pojazdu. Przykładowo, w Stanach Zjednoczonych i Unii Europejskiej trwają dyskusje nad najlepszymi sposobami regulacji odpowiedzialności za działania pojazdów autonomicznych.

## **10. Zasady prywatności i ochrony danych**

Pojazdy autonomiczne generują i przetwarzają ogromne ilości danych dotyczących użytkowników i ich nawyków podróży. Ochrona tych danych jest kluczowa, zwłaszcza w kontekście wzrostu zagrożeń cyber-bezpieczeństwa. Regulacje dotyczące prywatności i ochrony danych, takie jak ogólne rozporządzenie o ochronie danych (GDPR) w Unii Europejskiej, stanowią fundament dla zasad zbierania, używania i przechowywania danych przez pojazdy autonomiczne.

## **11. Harmonizacja międzynarodowa**

Dla efektywnego wdrożenia TAD na większą skalę, kluczowe będzie osiągnięcie międzynarodowej harmonizacji przepisów. To pozwoli na sprawną współpracę i operacje pojazdów autonomicznych w różnych jurysdykcjach. Przykłady takich inicjatyw obejmują prace Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO) oraz Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ (UNECE), które dążą do ujednoczenia standardów technologicznych i bezpieczeństwa [6-7].

## **12. Ekonomia TAD**

### **• Wpływ na rynek pracy**

Wprowadzenie technologii autonomicznych pojazdów niesie za sobą znaczące zmiany dla rynku pracy. Jedną z zmian to możliwość złagodzenia problemu braku kierowców na rynku pracy. Z jednej strony, może to prowadzić do redukcji liczby tradycyjnych pracowników, takich jak kierowcy zawodowi, co jest wyzwaniem społecznym i ekonomicznym. Z drugiej strony, pojawiają się nowe role, takie jak inżynierowie systemów autonomicznych, analitycy danych i specjaliści ds. cyberbezpieczeństwa, co wskazuje na ewolucję rynku pracy w odpowiedzi na nowe technologie.

### **• Efekty ekonomiczne**

Oszczędności wynikające z większej efektywności i bezpieczeństwa transportu autonomicznego mogą być znaczne. Redukcja liczby wypadków drogowych, obniżenie kosztów ubezpieczeń oraz mniejsze zużycie paliwa to tylko niektóre z potencjalnych korzyści ekonomicznych. Ponadto, pojazdy autonomiczne mogą przyczynić się do zmniejszenia kongestii drogowych, co przekłada się na niższe koszty logistyczne i lepszą dostępność miast.

### **• Inwestycje i rozwój rynku**

Sektor TAD przyciąga znaczące inwestycje zarówno od firm technologicznych, jak i tradycyjnych producentów pojazdów. Wzrost tego rynku przewiduje się na kilkanaście procent rocznie, co czyni go atrakcyjnym obszarem dla inwestorów. Prognozuje się, że do 2030 roku globalna wartość rynku pojazdów autonomicznych osiągnie setki miliardów dolarów.

Kluczowe staje się oparcie procesów przemysłowych na zaawansowanych systemach przetwarzania danych, automatyzacji, Internecie Rzeczy i inteligentnych technologiach. To koncepcja coraz częściej przywoływana

w kontekście produkcji i eksploatacji TAD. Jest ona również odpowiedzią na problemy kadrowe i trendy w zakresie kustomizacji pojazdów autonomicznych.

### 13. Przyszłość TAD

- **Innowacje i rozwój technologiczny**

Technologia autonomicznych pojazdów drogowych jest ciągle w fazie intensywnego rozwoju, z potencjałem wprowadzenia rewolucyjnych zmian w najbliższych dekadach. Rozwijają się nie tylko same pojazdy, ale także powiązane z nimi technologie, takie jak zaawansowane systemy telematyczne, sztuczna inteligencja i infrastruktura komunikacyjna. Przykładem może być rozwój technologii V2X (vehicle-to-everything), która umożliwia komunikację pojazdów z każdym elementem infrastruktury oraz innymi pojazdami w celu zwiększenia bezpieczeństwa i efektywności ruchu drogowego.

- **Potencjalne bariery**

Mimo pozytywnych perspektyw, istnieją również bariery, które mogą opóźnić lub ograniczyć adopcję TAD. Obejmują one wyzwania technologiczne, etyczne i prawne, takie jak niezawodność technologii w różnych warunkach atmosferycznych, zarządzanie danymi i prywatnością, a także regulacje międzynarodowe dotyczące bezpieczeństwa i odpowiedzialności.

- **Wpływ na społeczeństwo i urbanizację**

TAD ma potencjał do głębokiego wpływu na urbanizację i kształtowanie przestrzeni miejskich. Pojazdy autonomiczne mogą zmienić sposób, w jaki projektujemy i korzystamy z przestrzeni miejskiej, redukując potrzebę na parkingi i zwiększając zielone przestrzenie oraz obszary dla pieszych. Ponadto, TAD może również przyczynić się do lepszego dostępu do transportu dla osób starszych i niepełnosprawnych, co poprawia ich niezależność i jakość życia.

### 14. Podsumowanie i wnioski

- **Szanse i mocne strony TAD**

- bezpieczeństwo transportu (mniej wypadków na drogach, dzięki wyeliminowaniu czynnika ludzkiego);
- ekonomiczny styl jazdy;
- optymalizacja czasu i przejazdu (dobór trasy);
- możliwość użytkowania pojazdów przez osoby niepełnosprawne (brak ograniczeń w korzystaniu);
- podczas jazdy można wykonywać inne czynności;
- brak ograniczeń czasowych przewozu towarów oraz pełna dyspozycyjność środków lokomocji (płynność dostaw w transporcie towarowym);
- lepsze zagospodarowanie przestrzeni parkingowej (zwiększenie ładunku w przestrzeni publicznej);
- ekologiczny i prospołeczny wymiar (kontrola emisji zanieczyszczeń i oszczędność paliw).

- **Bariery i zagrożenia TAD**

- uzależnienie się od technologii (źle zaprojektowany system);
- trudności z ustaleniem odpowiedzialności za ewentualne zdarzenia niepożądane;
- wysokie nakłady na infrastrukturę;
- niedostosowane przepisy prawne;
- brak zaufania do sztucznej inteligencji (zagrożenia systemowe, podatność na cyberataki, nieprzewidywalność sytuacji drogowych);
- implementacja wymaga dużej ilości testów i eliminacji tzw. „wąskich gardeł”;
- brak wykwalifikowanej kadry do obsługi i organizacji systemu;
- wysoki koszt zakupu i eksploatacji pojazdów w pełni zautomatyzowanych.

- **Kluczowe wnioski**

- Bezpieczeństwo: Pojazdy autonomiczne mogą znacząco zwiększyć bezpieczeństwo drogowe, redukując liczbę wypadków spowodowanych błędami ludzkimi.
- Efektywność: TAD może poprawić płynność ruchu drogowego i zmniejszyć kongestie, co przekłada się na korzyści ekonomiczne i ekologiczne. Poprawa efektywności istniejących gałęzi przemysłu przy wykorzystaniu nowych technologii.
- Wyzwania regulacyjne i technologiczne: Pełna implementacja TAD wymaga przezwyciężenia wyzwań prawnych, technologicznych i społecznych.
- Zmiany społeczno-ekonomiczne: Technologia ta wpłynie na rynek pracy i urbanizację, wymagając przemyślanych strategii adaptacyjnych.
- Wykształcenie nowych modeli biznesowych przy wykorzystaniu nowych autonomicznych technologii.
- Rozwój nowych gałęzi przemysłu zdolnych do eksportu technologii autonomicznych.
- Idea TAD w sposób najbardziej kompleksowy ze wszystkich modeli rozwoju transportu odnosi się do cyfryzacji.

## 15. Podstawowe kwestie do rozwiązania

Rozpatrując przyszłość autonomicznych środków transportu, pojawiają się różne pytania. Dotyczą one takich kwestii jak:

- Poziom bezpieczeństwa autonomicznych środków transportu (pojazdy autonomiczne mogą w długiej perspektywie zapewnić poprawę bezpieczeństwa na drogach, ale na wstępie wymagają względnej korekty i dostosowywania).
- Ponoszenie odpowiedzialność za ewentualne zdarzenia drogowe (opracowanie algorytmu zachowania w sytuacjach zagrożenia).
- Model współpracy i koordynacja działań instytucji, które zajmą się nadzorem nad całością TAD.
- Aktualizacja prawa krajowego oraz międzynarodowego.



- Produkcja i eksploatacja środków transportu autonomicznego.
- Implementacja środków transportu autonomicznego, a możliwość bezrobocia strukturalnego.
- Mądra polityka urbanistyczna (smog, korki, brak bezpieczeństwa na drogach to kwestie, które rozwiązać mogą tylko samorządy. Zatem autonomiczne pojazdy mogą poprawić lub pogorszyć sytuację w zależności od tego jak zostanie ukształtowana polityka miejska.
- Prace w zakresie normalizacji, opiniowania i nadzoru nad jakością autonomicznych środków transportu oraz systemów transportowych.
- Pozyskiwanie danych, które mogą posłużyć do lepszego dopasowania oferty komunikacji publicznej do potrzeb mieszkańców.

## 16. Rekomendacje dla decydentów i twórców polityk

- **Inwestycje w badania i rozwój:** Zachęcanie do inwestycji w B+R w sektorze TAD, aby przyspieszyć rozwój i wprowadzanie innowacji technologicznych. Niezbędne jest stworzenie warunków dla firm, samorządów i naukowców do testowania nowych rozwiązań i ich interakcji z otoczeniem.

Do wspólnych zadań nauki i biznesu należy włączyć budowę powszechnie dostępnego systemu z wykorzystaniem najnowszych wyników badań oraz danych gromadzonych w szerokim zakresie. Konieczne jest zwielokrotnienie środków i działań pozwalających na testowanie rozwiązań na szeroką skalę, a następnie ich wdrażanie w szerokim zakresie. Umożliwiłoby to tworzenie technologii open innovation i zapewnienie postępu całemu rynkowi pojazdów autonomicznych.

- **Przepisy regulacyjne:** Opracowanie jasnych i spójnych przepisów, które będą wspierać rozwój i integrację TAD, jednocześnie zapewniając bezpieczeństwo i ochronę danych użytkowników.
- **Edukacja i świadomość społeczna:** Prowadzenie kampanii informacyjnych i edukacyjnych w celu zwiększenia akceptacji społecznej i zaufania do technologii autonomicznych.

Konkluzja jest taka, że przyszłość transportu autonomicznego drogowego jest obiecująca, ale wymaga zrównoważonego podejścia, które uwzględnia zarówno innowacje technologiczne, jak i ich wpływ na społeczeństwo oraz otoczenie prawne. Dalszy rozwój TAD otwiera nowe możliwości dla usprawnienia transportu miejskiego i międzymiastowego, przyczyniając się do tworzenia bardziej zrównoważonego i dostępnego systemu transportowego dla przyszłych pokoleń.

Do czasu wejścia TAD na rynek należy rozwiązać wiele kwestii prawnych oraz zminimalizować ryzyko, że taki środek transportu będzie podatny na zawirusowania. Jakkolwiek produkcja seryjna takich pojazdów, pozwoli na wyższy komfort życia, a transport drogowy będzie szybszy, przyjaźniejszy środowisku, bardziej ekonomiczny, a przede wszystkim bezpieczniejszy.

Funkcjonowanie współczesnych systemów transportowych polega na maksymalizującym liczbę i jakość połączeń między jednostkami oraz zbiorowymi podmiotami społecznymi i gospodarczymi. Dotychczas taka maksymalizacja istotnie wymagała bliskości fizycznej operatora środków transportu (kierowcy). Ostatnie kilka lat przyspieszyły trendy cyfryzacji, dematerializacji i wirtualizacji. Technologia osiągnęła poziom pozwalający bezstratnie przenosić owe połączenia poza przestrzeń fizyczną bez udziału operatora (kierowcy), łamiąc ten paradygmat.

Na tym tle rodzi się kluczowa refleksja, że natura współczesnych technologii, a zwłaszcza TAD nie wykazuje barier. Rozwijają się dynamicznie, a jej rozwój w przyszłości praktycznie jest niczym nieograniczany. To z jednej strony bardzo pozytywna cecha współczesności i przyszłości transportu drogowego oraz możliwości technologicznych, z drugiej zaś nieco nas dziś przeraża, ponieważ nie znamy jej stanów/skutków docelowych/końcowych. **Czy intensywny rozwój TAD nie zagraża społeczeństwu?** Wydaje się, że bariery pojawiają się po stronie wdrażania TAD, zwłaszcza bariery związane z etyką. Nowe regulacje prawne i administracyjne sprawiają, że etyka wdrażania stanie się częstym tematem debat na arenie krajowej i w przestrzeni międzynarodowej.

Na tle poruszanych zagadnień, łatwiej jest odpowiedzieć na kluczowe pytanie. Odpowiedź na nie jest jednak w miarę jednoznaczna; TAD istotnie wspomaga procesy transportowe. Obecnie, a zwłaszcza w przyszłości stanowić będzie ważny czynnik wspomagający rozwiązywanie problemów w tym obszarze i znacznie przyspieszy, a zarazem ułatwi czynności. Stanie się ważnym, a może kluczowym czynnikiem poprawy sprawności działania w wielu obszarach działalności ludzkiej.

Pocieszeniem dla ocyfrowanego i autonomicznego świata pozostaje nadzieja, że trochę ze starego świata jednak zostanie w przyszłości. Parafrazując trzeba liczyć na fakt, że TAD i związana z jego funkcjonowaniem AI nigdy nie dorówna naturalnej, ludzkiej „głupocie”.