

# X Warmińsko-Mazurskie Forum Drogowe

## Drogi przyszłości – czy sztuczna inteligencja zastąpi człowieka?

*Warchały, 15-17.09.20024 r.*

### Drogi przyszłości

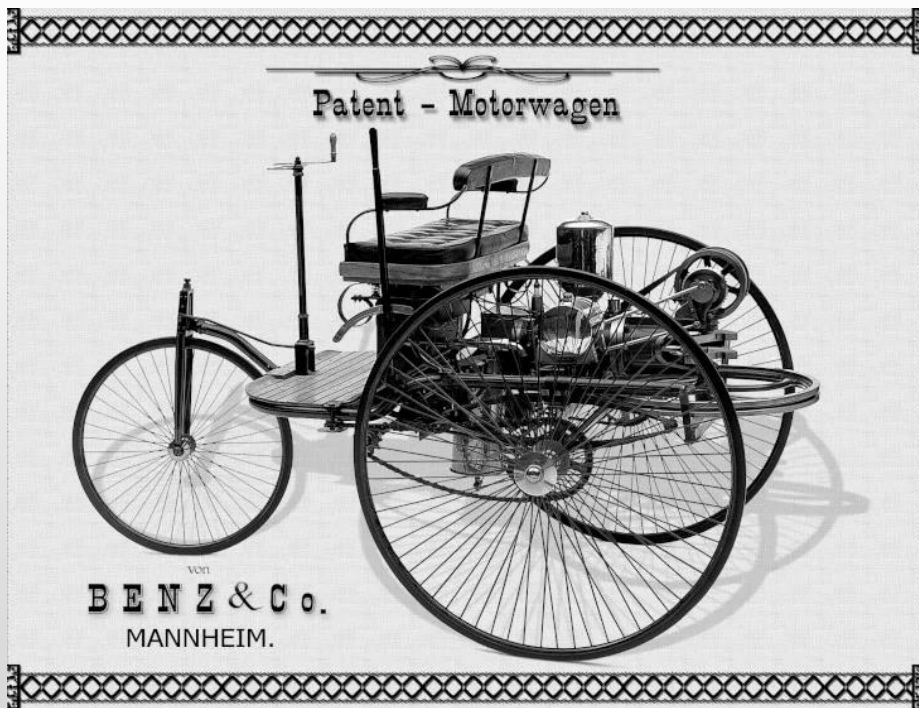
*dr hab. inż. Janusz Bohatkiewicz, prof. IBDiM*

INSTYTUT BADAWCZY  
DRÓG I MOSTÓW  
ROAD AND BRIDGE  
RESEARCH INSTITUTE



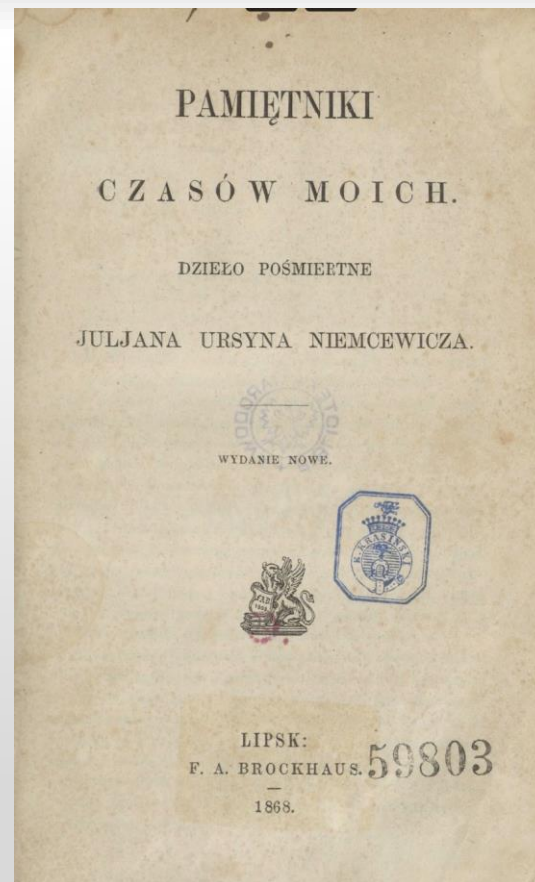
[www.ibdim.edu.pl](http://www.ibdim.edu.pl)

*Co powoduje, że myślimy  
o drogach przyszłości?*



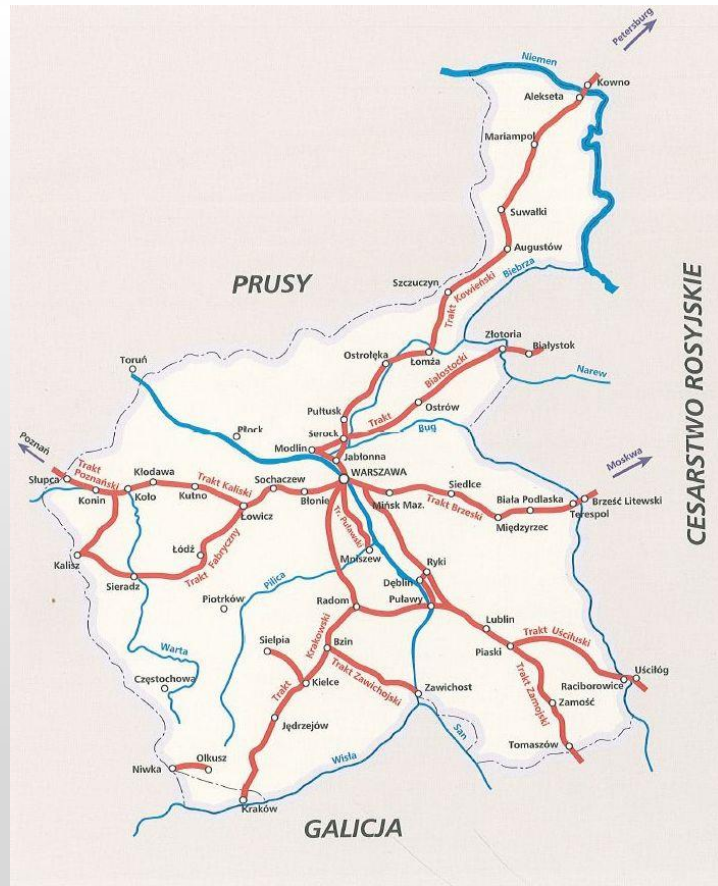
- 1769 pojazd parowy (Francja)
- 1885 (patent) – Carl Benz
- 17.08.1896 r. – pierwszy odnotowany wypadek śmiertelny
- 28.01.1896 r. – pierwszy odnotowany mandat za przekroczenie prędkości (2 mile/h za dużo przy limicie 8 mil/h)

*"W czasie naszej podróży  
z Warszawy do Poznania przez całą  
drogę ciągnęły się bezkresne błota, tak  
że zdawało się, iż bardziej unosimy się  
na wodach niżeli na ziemi."*



- Konieczność stworzenia nowych połączeń drogami bitymi dla rozwoju gospodarki Królestwa Polskiego
- Do 1847 r. wybudowano 2 306 km dróg państwowych (bitych) a służba drogowa liczyła 800 wykwalifikowanych pracowników technicznych

*Franciszek Ksawery Christiani*  
 – Dyrektor Jeneralny Dróg i Mostów  
 Królestwa Polskiego  
 od 10.04.1819 r.



- **Konieczność stworzenia jednolitej sieci drogowej w nowych granicach dla rozwoju gospodarczego Polski**
- W 1923 r. opracowano 20-letni plan rozbudowy dróg, który zakładał m.in. wybudowanie 60 tys. km dróg bitych i brukowanych, przebudowę mostów drewnianych na mosty stałe

*inż. Melchior Władysław Nestorowicz*  
*Naczelnik Departamentu Drogowego*  
*Min. Robót Publicznych*  
*Prof. Politechniki Warszawskiej*



	do 1918 r.	1918-1939 r.
Gęstość sieci drogowej	11,2 km/100 km <sup>2</sup>  zabór pruski – 29,9 zabór austriacki – 20,5 zabór rosyjski 8,4 („Kresy” 1,5)	16,5 km/100 km <sup>2</sup>
Długość dróg o nawierzchni ulepszonej	500 km	7 000 km
Długość dróg o nawierzchni twardej	44 000 km	64 500 km

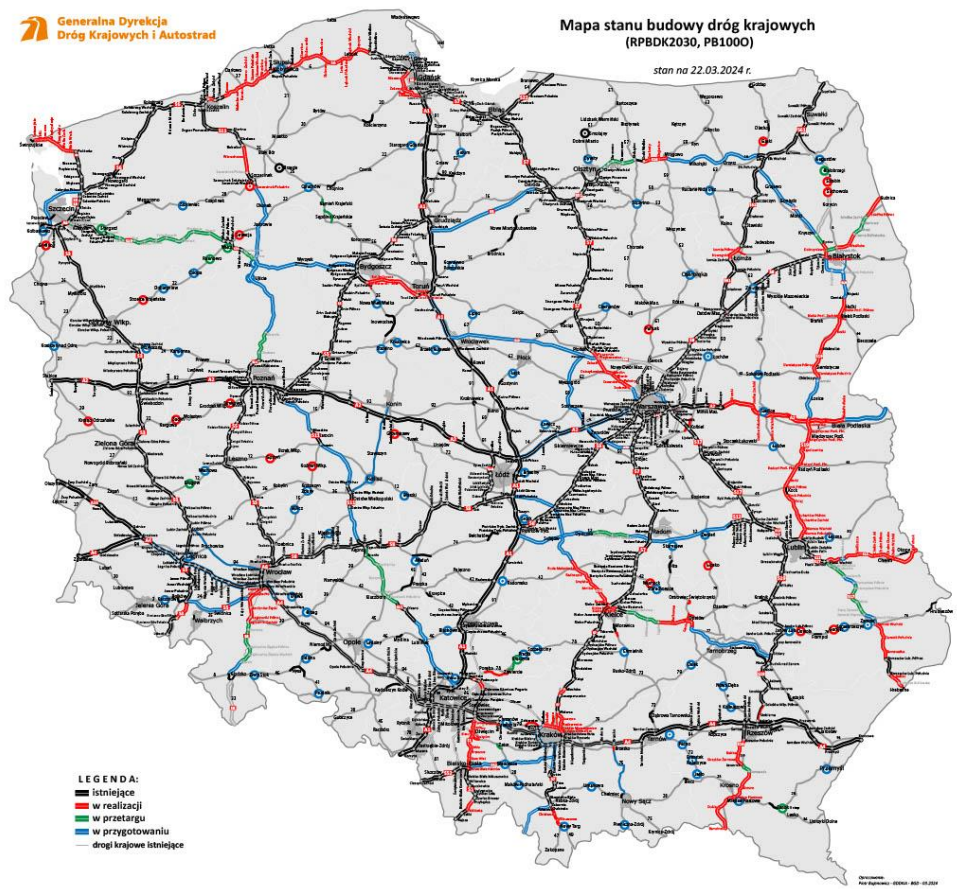
Dodatkowo zmodernizowano nawierzchnie utwardzone na 3,5 tys. km  
 oraz zbudowano 35 km trwałych mostów

- Konieczność odbudowy dróg i mostów po II wojnie światowej
- Przebudowa i rozbudowa sieci drogowej po zmianach ustrojowych dla rozwoju gospodarczego Polski i UE
- Odbudowa zniszczonych dróg i mostów – straty 1 mld ówczesnych dolarów, tj. 98% stanu z roku 1938

*inż. Aleksander Gajkowicz  
Jednostki centralne  
drogownictwa (1945-1960)*



*A. Mistewicz*



## Wszystkie drogi

- łączna długość dróg: ok. 420 000 km
- liczba obiektów mostowych i inżynierskich: ok. 36 000
- gęstość: 86 km/100 km<sup>2</sup>  
(Woj. Śląskie 170,2, Woj. Warm.-Maz. 51,6)

## Drogi krajowe w zarządzie GDDKiA

- łączna długość: ok. 17 800 km, w tym; drogi szybkiego ruchu ok. 5102 km (1849,2 km autostrad i 3253,1 km dróg ekspresowych) – w realizacji i przygotowaniu ponad 5100 km
- liczba obiektów mostowych i inżynierskich: ok. 7 000

(stan na 02.2024 r.)



*Jak powinniśmy tworzyć nasze  
drogi przyszłości?*

*Najlepszą metodą przewidywania przyszłości  
jest jej tworzenie*

*Peter Drucker*

## Kierunki działania w drogownictwie – czy to jest już historia?



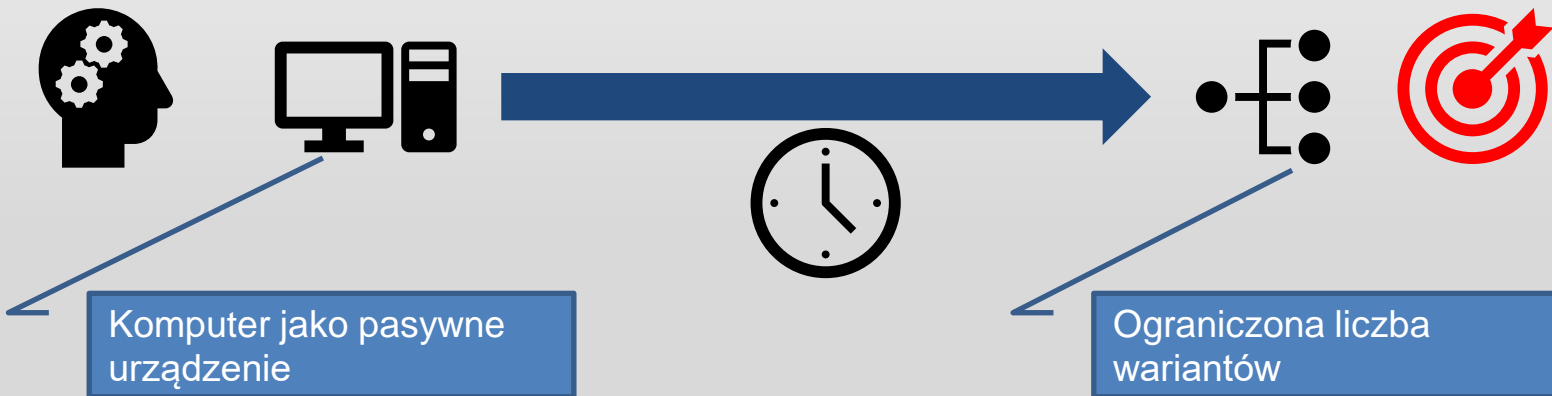
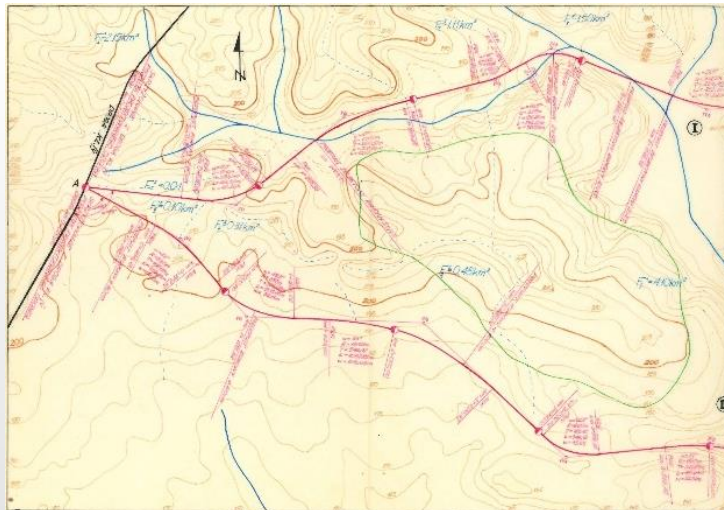
### Perspektywa:

- Nowe technologie w transporcie drogowym oraz tendencje mogą wpłynąć na popyt podróży oraz wybór trybu pracy, co może prowadzić do znacznego wzrostu jazdy po drogach
- Cztery szybko zmieniające się trendy będą powodowały zmiany w drogownictwie i mostownictwie:
  - automatyzacja
  - łączność
  - dekarbonizacja
  - współdzielenie pojazdów

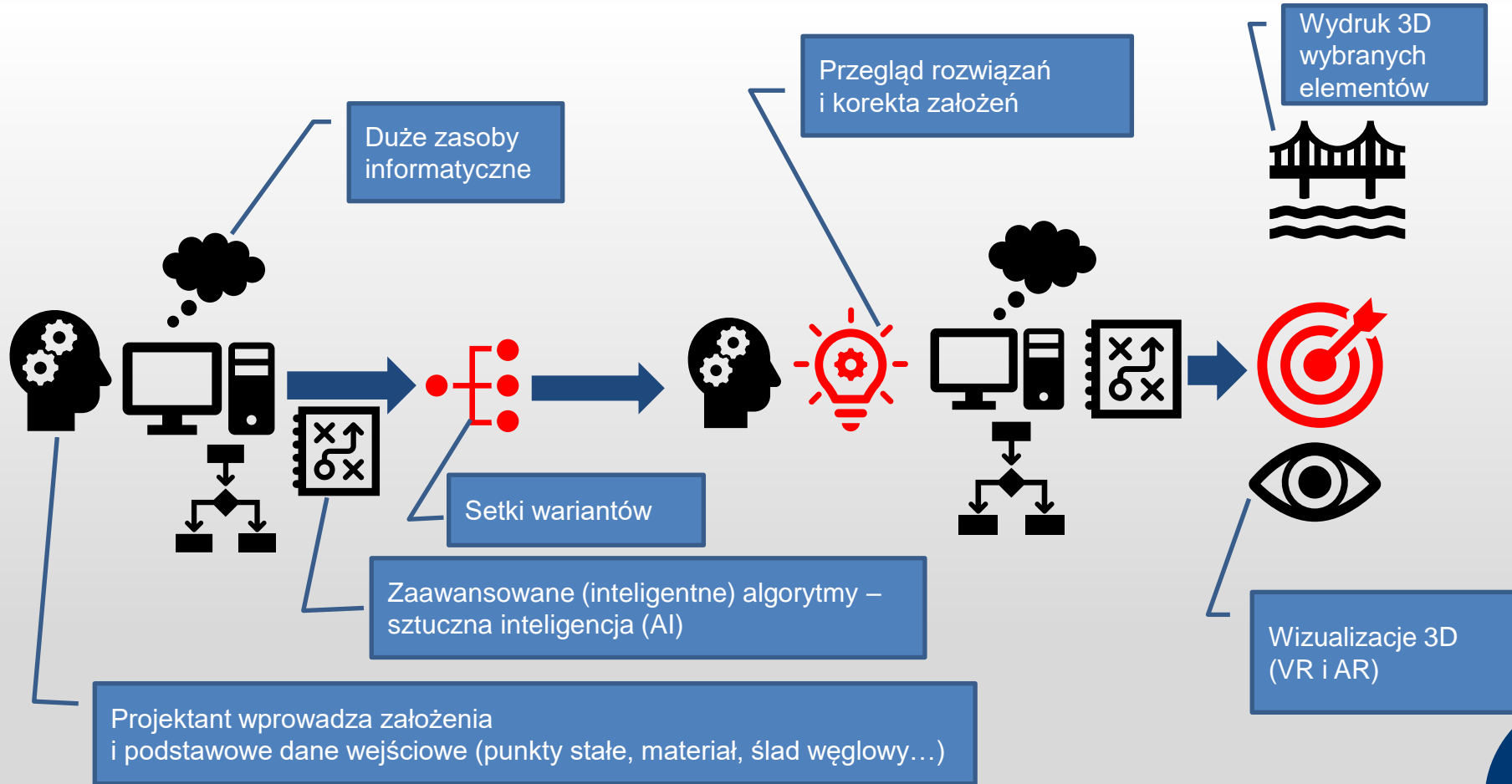
- Zmiana źródeł zasilania (elektryfikacja transportu, alternatywne źródła zasilania...)
- Integracja z transportem publicznym, alternatywne środki transportu
- **Automatyzacja** (projektowania, budowy, utrzymania) i pojazdy autonomiczne
- Inteligentne drogi, materiały, technologie, procesy... (zastosowanie AI)
- Zielona infrastruktura i dekarbonizacja – zrównoważony rozwój (???)
- **Uzyskanie odpowiedniej trwałości infrastruktury drogowej**



# Automatyzacja projektowania

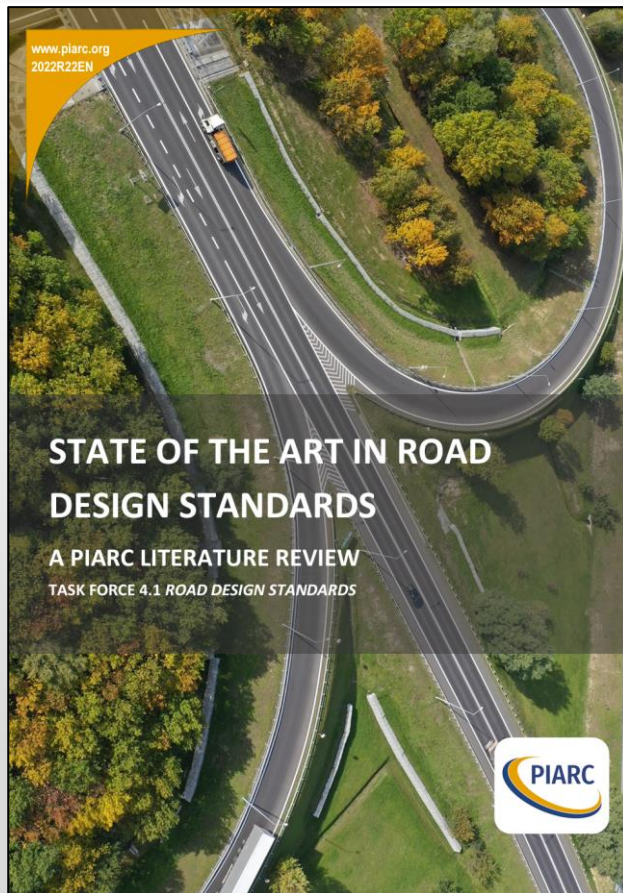


# Automatyzacja projektowania



# Automatyzacja budowy





## CONTENTS

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
1.1. THE PURPOSE OF THE LITERATURE REVIEW .....	4
1.2. THE STRUCTURE OF THE LITERATURE REVIEW .....	4
<b>2. METHODOLOGY</b> .....	<b>6</b>
2.1. ROAD DESIGN GUIDELINES .....	6
2.2. OTHER DOCUMENTS .....	6
<b>3. RESEARCH OF ROAD DESIGN STANDARDS</b> .....	<b>8</b>
3.1. TECHNICAL AND RESEARCH REPORTS .....	8
3.2. GUIDELINES .....	13
3.3. JOURNAL AND CONFERENCE PAPERS .....	19
<b>4. GENERAL REVIEW OF ROAD DESIGN STANDARDS</b> .....	<b>21</b>
4.1. ROAD CLASSIFICATION FOR GEOMETRIC DESIGN .....	21
4.2. SPEED IN ROAD DESIGN STANDARDS .....	23
4.3. TRAFFIC COMPOSITION AND MULTIMODAL CONSIDERATION IN ROAD DESIGN STANDARDS .....	24
4.4. DESIGN CRITERIA .....	24
4.5. DRIVING PERFORMANCE AND HUMAN FACTORS .....	25
4.6. DESIGN OF ROAD INFRASTRUCTURE .....	26
<b>5. IMPACT OF NEW TECHNOLOGY ON ROAD DESIGN STANDARDS</b> .....	<b>28</b>
5.1. IMPACT ON INFRASTRUCTURE PLANNING .....	28
5.2. IMPACT ON GEOMETRIC DESIGN .....	28
5.3. IMPACT OF BIG DATA .....	31
5.4. FUTURE DIRECTION IN ROAD DESIGN STANDARDS .....	32
<b>6. CONCLUSIONS AND NEXT STEPS</b> .....	<b>34</b>
<b>7. RECOMMENDATIONS</b> .....	<b>36</b>
<b>8. GLOSSARY</b> .....	<b>37</b>
<b>APPENDIX: REVIEW OF ROAD DESIGN STANDARDS</b> .....	<b>38</b>

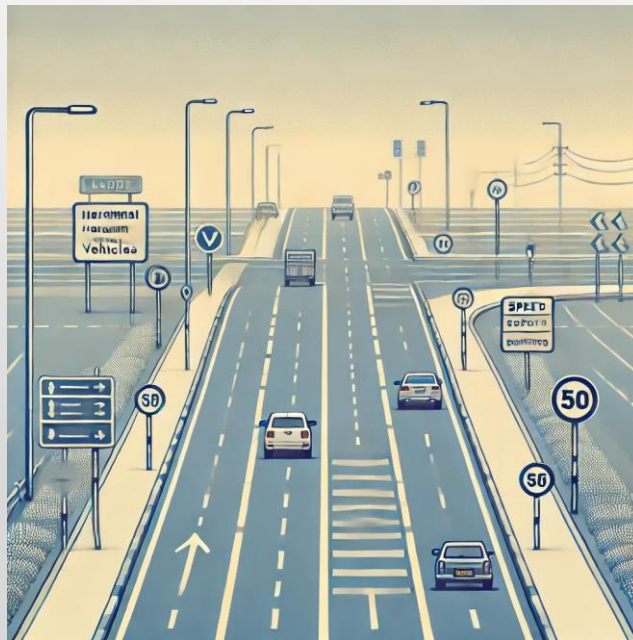
## Poziomy autonomności pojazdów

- **Poziom 0 – brak automatyzacji.** Człowiek-kierowca robi wszystko bez kontroli systemu.
- **Poziom 1 – wspomaganie kierowcy.** Zautomatyzowany system w pojeździe może czasami wspomagać kierowcę w wykonywaniu niektórych części zadania związanego z prowadzeniem pojazdu. Do wykorzystywanych już powszechnie systemów, które nie czynią jeszcze pojazdu autonomicznym należą m.in.: tempomat, asystent parkowania, system ostrzegawczy zmiany pasa ruchu.
- **Poziom 2 – częściowa automatyzacja.** Zautomatyzowany system w pojeździe może wykonywać niektóre zadania prowadzenia pojazdu. Człowiek nadal monitoruje środowisko prowadzenia pojazdu i wykonuje pozostałe zadania prowadzenia pojazdu jako kierowca.
- **Poziom 4 – wysoka automatyzacja.** Zautomatyzowany system może wykonywać zadanie prowadzenia pojazdu i monitorować środowisko prowadzenia pojazdu, a człowiek nie musi przejmować kontroli. Zautomatyzowany system może działać tylko w określonych środowiskach i pod pewnymi warunkami – np. kierowca musi przejąć kontrolę nad pojazdem w trakcie niekorzystnych warunków pogodowych.
- **Poziom 5 – w pełni autonomiczny (2050-2060).** Zautomatyzowany system może wykonywać wszystkie zadania związane z prowadzeniem pojazdu w każdych warunkach, w jakich mógłby je wykonać kierowca. Pojazd może jeździć samodzielnie z pasażerami lub pusty.



### Klasa 1 podstawowa – wyjściowa

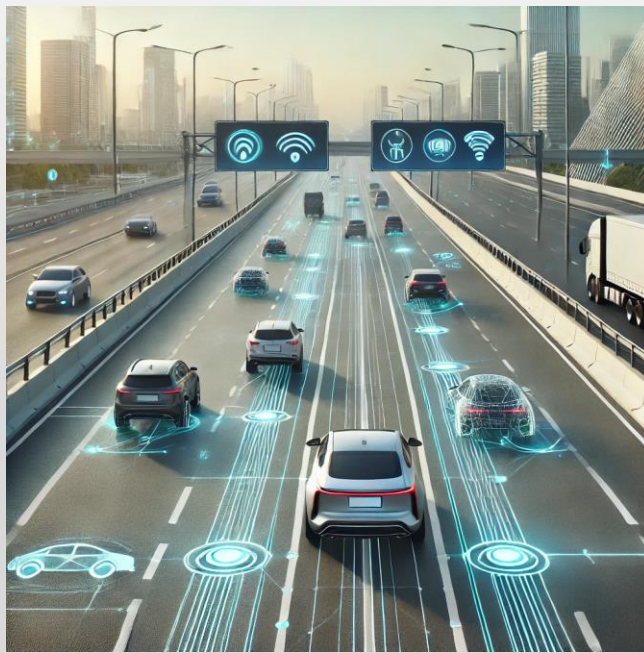
- są to drogi używane obecnie przez kierowców (HDV – Human-Driven Vehicle) zawierające wszystkie niezbędne elementy wyposażenia (bariery, oznakowanie pionowe, poziome itd.).



### Klasa 2

zmodyfikowane drogi  
przeznaczone dla HDV  
z elementami  
wspomagającymi CAV

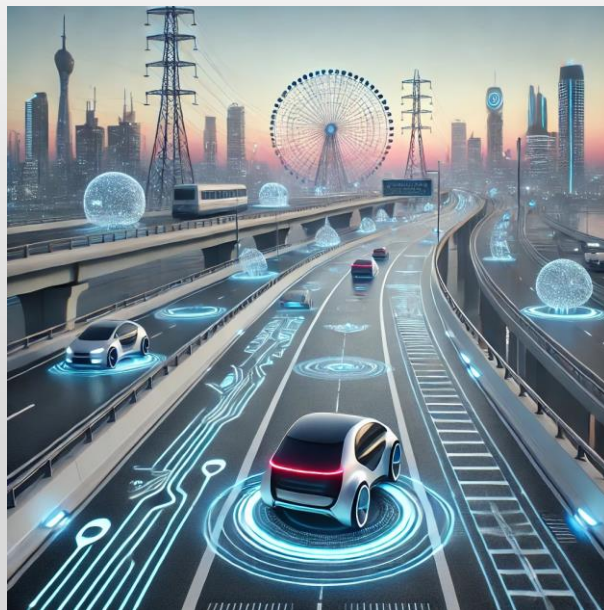
- przewidywane jest wprowadzenie nowych rozwiązań w celu ułatwienia obsługi CAV (*connected and automated vehicles*) oraz przeprojektowanie części infrastruktury w celu ułatwienia operacji CAV. Do takich rozwiązań może należeć np. wprowadzanie pasów ruchu dedykowanych CAV.



## Możliwe klasy dróg w okresie zmian (dochodzenia do autonomii pojazdów)

### Klasa 3 drogi dedykowane dla zaawansowanych CAV

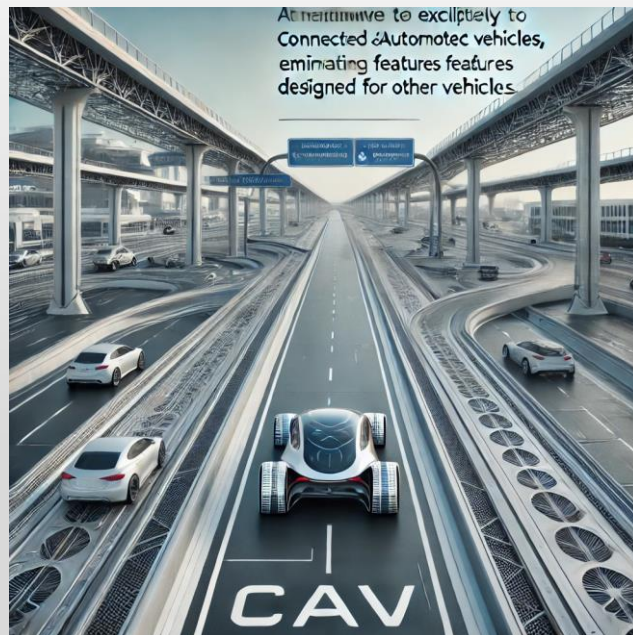
- większość rozwiązań dla tych dróg będzie dotyczyła głównie pojazdów CAV i wyposażenie tych dróg będzie dedykowane tym pojazdom - np. czujniki montowane w nawierzchni, znakach drogowych, instalacje związane z komunikacją i łącznością (również pomiędzy pojazdami).
- zakładając, że CAV będą rozwijały się w kierunku napędów elektrycznych przewiduje się w przypadku tej klasy stacje ładowania i urządzenia ładujące w czasie jazdy.



## Możliwe klasy dróg w okresie zmian (dochodzenia do autonomii pojazdów)

**Klasa 4**  
drogi dedykowane dla CAV  
z których eliminowane będą  
rozwiązania dla HDV

- zostaną m.in. zmniejszone lub zwiększone wymiary i cechy konstrukcyjne (np. szerokość pasa ruchu, szerokości poboczy).
- zróżnicowane nawierzchnie drogowe (w śladzie koła i poza nim), ograniczenie niektórych elementów wyposażenia dróg (np. znaki drogowe).



***Czy my dziś tworzymy drogi przyszłości?***



**INSTYTUT BADAWCZY  
DRÓG I MOSTÓW**  
ROAD AND BRIDGE  
RESEARCH INSTITUTE

**Dziękuję za uwagę**

[janusz.bohatkiewicz@ibdim.edu.pl](mailto:janusz.bohatkiewicz@ibdim.edu.pl)