

PRACE GEOGRAFICZNE

zeszyt 167, 2022, 49–67

doi: 10.4467/20833113PG.22.007.16220

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Komisja Geograficzna, Polska Akademia Umiejętności

Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego

PRZEKSZTAŁCENIA URBANISTYCZNE MIASTA A WPROWADZENIE POJAZDÓW AUTONOMICZNYCH

Ewa Jarecka-Bidzińska

Urban transformation of the city and the implementation of autonomous vehicles

Abstract: The implementation of autonomous vehicles in cities is the future that is now and will change the urban landscape, although it is associated with a number of ethical, social, technical, and economic dilemmas. Additionally, the problem of designing and transforming public spaces with the application of AV is a huge challenge for contemporary urban planning. The following will change: mobility, transport accessibility, space functionality, places for recreation or using micromobility. Conscious identification of significant changes in the city related to the implementation of AV and preparation for the redesign of a part of the city infrastructure provides greater opportunities for the safe coexistence of AV, normal vehicles, pedestrians, and cyclists. An attempt was made to identify important research aspects and international trends in urban transformation in the context of the application of AV. The aim of this research is to determine what the main areas of impact of the introduction of AVs in urban transformation are. The types of autonomous vehicles dedicated to public transport were identified as well as the general characteristics of the solutions implemented around the world. The above research can be used to create a design, and then test and implement the above activities related to the safe use of the areas served by AV, taking into account the new civilization needs. Research will have an implementation value and may form the basis for further considerations on the impact of AV on the urban transformation of the city.

Keywords: autonomous vehicles – AV, public space, urban design, smart city

Zarys treści: Wprowadzenie pojazdów autonomicznych w miastach to rozwiązanie przyszłości, które jest wdrażane teraz, a w niedalekiej perspektywie też zmieni krajobraz miast, choć jest

związane z szeregiem dylematów natury etycznej, społecznej, technicznej czy ekonomicznej. Dodatkowo problem projektowania i przekształcania przestrzeni publicznych przy wprowadzeniu AV stanowi ogromne wyzwanie dla współczesnej urbanistyki. Zmienia się: mobilność, dostępność komunikacyjna, funkcjonalność przestrzeni, w których pieszy będzie miał więcej miejsca do rekreacji lub korzystania z mikromobilności. Świadome określenie związanych z wprowadzeniem AV znaczących zmian w mieście oraz przygotowanie na potrzeby przeprojektowania części infrastruktury miejskiej daje większe możliwości bezpiecznej koegzystencji AV, zwykłych pojazdów, pieszych i rowerzystów. Podjęto próbę określenia ważnych aspektów badawczych i międzynarodowych trendów dotyczących transformacji miast w kontekście wprowadzenia AV. Celem niniejszych badań jest określenie, jakie są główne obszary oddziaływania wprowadzenia AV na transformację urbanistyczną. Dokonano rozpoznania typów pojazdów autonomicznych zaprojektowanych dla transportu publicznego oraz ogólnej charakterystyki zaimplementowanych na świecie rozwiązań. Powyższe badania mogą zostać wykorzystane w celu stworzenia projektu, a następnie testowania i wdrożenia powyższych działań związanych z bezpiecznym użytkowaniem obszarów obsługiwanych przez AV przy uwzględnieniu nowych potrzeb cywilizacyjnych. Badania będą miały wartość implementacyjną i mogą stanowić podstawę do dalszych rozważań na temat wpływu AV na transformację urbanistyczną miasta.

Słowa kluczowe: pojazdy autonomiczne – AV, przestrzeń publiczna, projektowanie urbanistyczne, miasto inteligentne

Wprowadzenie

Rozwiązywanie przyszłych problemów miast wymaga innowacyjnej infrastruktury i nowych procedur. Transformacja urbanistyczna miasta przy wprowadzeniu pojazdów autonomicznych nie jest jedynie futurystyczną wizją przyszłości, ale rzeczywistym rozwiązaniem (Baumgardner 2015, Conschafter 2017; Dake i in. 2020; Duarte i in. 2018; Freedman 2018; Gavanoas 2019; Hitti 2017a, Hitti 2017b; Korolczuk 2019; Sasaki 2017). Jest ono skuteczne zarówno dla bardzo problematycznych stref śródmiejskich miast metropolitalnych, jak też podmiejskich obszarów, często niezwykle słabo obsługiwanych przez transport publiczny. Pełen potencjał AV w transporcie współdzielonym zależy od zakresu jego wykorzystania oraz odpowiednio przygotowanych regulacji formalno-prawnych. Rozwiązanie to stanowi odpowiedź na deficyty funkcjonalne i problemy centrów miast związane z brakiem niezabudowanych nieruchomości gruntowych (Baumgardner i in. 2018; Pavone i in. 2016; Fagnant, Kockelman 2015; Lubell 2016; Brownell, Kornhauser 2014; Zakharenko 2016). Pojazdy autonomiczne nie potrzebują miejsc do parkowania, a po zakończonej pracy zjeżdżają do stacji depo znajdujących się na obrzeżach miast. Pozwala to na redukcję liczby miejsc parkingowych w strefie śródmiejskiej, ale też jest odpowiedzią na braki kadrowe przedsiębiorstw transportowych. Autonomiczny transport i mobilność współdzielona korzystnie wpływają na przekształcanie miast w wielu obszarach (Dake i in. 2020; Chapin i in. 2016): ekologii, wprowadzania szeroko pojętych

technologii (miasta inteligentne – *smart cities*), tworzenia przyjaznych pieszym i cyklitom atrakcyjnych przestrzeni publicznych, uzyskiwania rozwiązań transportowych zindywidualizowanych, wydajnych i różnorodnych, budowania nowych elementów infrastruktury drogowej (Chen i in. 2016) oraz wprowadzania korzystnych dla jakości życia mieszkańców zmian w strukturze funkcjonalnej miast (ryc. 1). Autonomiczny



Ryc. 1. Diagram prezentujący przekształcenia urbanistyczne miast – wpływ implementacji transportu autonomicznego

Fig. 1. Diagram of urban transformation of cities – the impact of autonomous transport implementation

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

transport może wspierać ruch lokalny, zwiększać wydajność transportu publicznego, zmniejszać natężenie ruchu i korzystnie wpływać na krajobraz miasta (Appleyard i in. 2020; Ashmore i in. 2019; Haime 2020; Hu i in. 2021; Millard-Ball 2018; Stead, Vaddadi 2019; Traffic News 2018; Xinhua 2020). Jak pokazały dotychczasowe badania naukowe, implementacja AV w transporcie publicznym miast pozwala na odzyskanie nawet do 60% powierzchni uprzednio zagospodarowanych pod proporcjonalnie rozmieszczone w skali miasta parkingi (Lubell 2016; Weldu 2018). W danym miejscu możliwe jest zaplanowanie w bliskiej odległości z możliwością dojścia pieszo od miejsca zamieszkania nowych placówek usługowych, terenów zieleni bądź przestrzeni publicznych. Autonomiczny transport publiczny jest odpowiedzią na stworzenie efektywnych zindywidualizowanych, prospołecznych rozwiązań transportowych, uwzględniających mobilność współdzieloną (Kang, Kim 2019; Landi 2020; Liu i in. 2021). AV zwiększają mobilność osób z niepełnosprawnością, ludzi starszych czy nastolatków oraz są przyjazne użytkownikom ze względu na komfort podróży, wynikający m.in. z ergonomii, w tym foteli lotniczych umożliwiających np. relaks, a nawet sen pasażera w drodze do pracy. Posiadają liczne udogodnienia technologiczne i techniczne, wysoką estetykę oraz opcję „budowania relacji” z użytkownikami (Liu i in. 2020) związanej np. z zapamiętywaniem ich preferencji, osobistymi ekranami, powitaniem czy dodatkowymi usługami – również dostawą zakupów. Pojazdy autonomiczne dają możliwość różnorodnego wykorzystania np. jako mobilne usługi, biura, sklepy, apteki, przychodnie, kawiarnie czy dostawy produktów (ryc. 1). Jednak największą zaletą AV jest możliwość zastąpienia człowieka tam, gdzie jest to konieczne z powodu braku siły roboczej, strajków czy nawet pandemii (w celu zapobiegania zakażeniom krzyżowym i wspierania personelu szpitali w zakresie transportu leków lub posiłków). Pojazdy autonomiczne przestrzegają przepisów i oznaczeń drogowych; dzięki sensorom, radarom, GPS i elementom sztucznej inteligencji mogą komunikować się ze sobą, kontrolować sytuację na drodze lub stacji oraz dynamicznie dostosowywać do okoliczności i warunków, co zmniejsza ryzyko wypadków. Jonny Culkin – projektant służącego do transportu publicznego w Londynie pojazdu autonomicznego Mini Routemaster – powiedział: „To szansa na ponowne wyobrażenie sobie transportu publicznego, aby lepiej pasował do miasta bardziej zorientowanego na człowieka – mniej zatłoczonego, bardziej ekologicznego i ogólnie lepszego miejsca” (Hitti 2017b).

Wprowadzenie pojazdów autonomicznych do transportu publicznego czy powszechnie rozumianej służby człowiekowi wpisuje się w ideę „miasta 15-minutowego” – pieszego dostępu do podstawowych usług (ryc. 1). Świadomość znaczenia tej idei pojawia się wraz ze zderzeniem z suburbanizacją i związanym z nią wydłużeniem czasu dojazdu mieszkańców do pracy czy usług, a następnie przybiera na sile w dobie pandemii COVID-19 i ograniczeń w mobilności. Pośrednio wprowadzenie w mieście pojazdów autonomicznych może też korzystnie wpłynąć na trudności wynikające

z suburbanizacji poprzez kształtowanie bardziej zwartej zabudowy i podnoszenie jakości życia mieszkańców śródmieścia. Obecnie to właśnie suburbanizacja stanowi jeden z kluczowych problemów miast metropolitalnych (Boiteux-Orain i in. 2002; Chmielewski 2005; Degórska 2007; Fujita, Krugman 2004; Jałowiecki, Szczepański 2009; Kubeš 2013; Lisowski 2004; Lorens 2005; Peneira 2008; Phelps, Fulong 2011; Podawca i in. 2019; Sýkora 2003; Śleszyński 2012; Williams i in. 1996; Węclawowicz 2003). Wprowadzenie pojazdów autonomicznych wpisuje się w nurt zrównoważonego rozwoju miast (Kumar, Narayani 2021) w kontekście społecznym, gospodarczym – ze względu m.in. na nowe miejsca pracy – i środowiskowym. Rozwiązanie to pozwala też na ograniczenie ruchu kołowego, zmniejszenie szerokości dróg, uzyskanie dodatkowego miejsca dla pieszych i cyklistów, co – jak zostało udowodnione – nawet obecnie, przy tradycyjnych pojazdach stanowi ważny element kształtowania lokalnej społeczności i jakości życia w mieście (Baron, Proulx 2015). W konsekwencji zostają zredukowane uciążliwości związane z hałasem i zanieczyszczeniem powietrza (Greenblatt, Saxena 2015; Zushi 2017) oraz zwiększa się powierzchnia biologicznie czynna, co pozytywnie wpływa na mikroklimat.

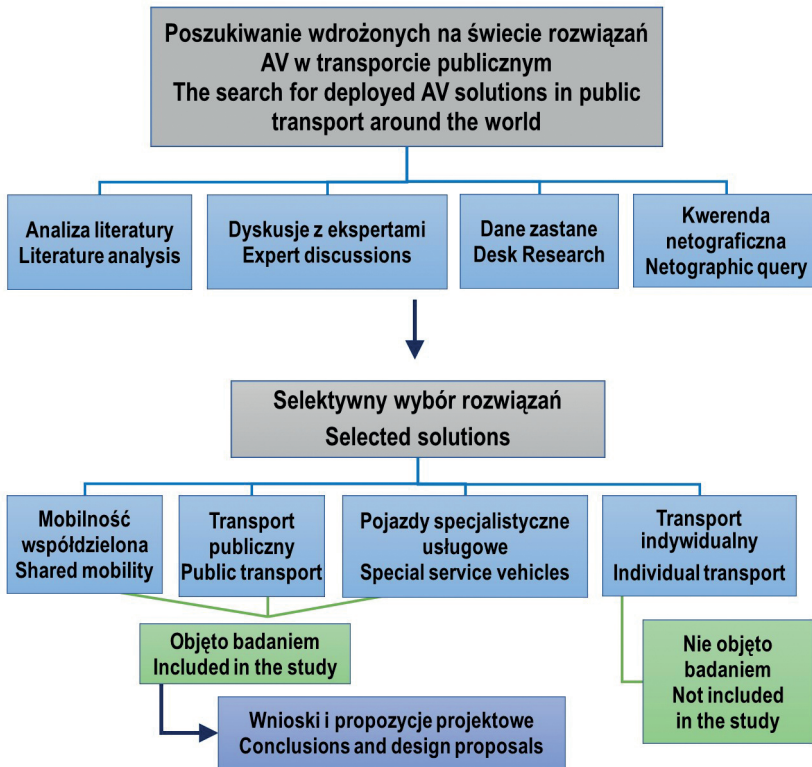
Wprowadzenie pojazdów autonomicznych w transporcie współdzielonym i publicznym wiąże się również z problemami natury etycznej i prawnej (Collingwood 2017; Contissa i in. 2017; De Bruin 2016; De Bruyne, Werbrouck 2018; Santoni de Sio 2017; Etzioni, Etzioni 2017; Fleetwood 2017; Freemark i in. 2019; Hevelke, Nida-Rümelin 2015; Himmelreich 2018; Lohmann 2016), ale też mentalnej, wyrażającej się w postawach pieszych i pasażerów wobec pojazdów AV (Azimi i in. 2020). Główną wątpliwością jest to, kto poniesie odpowiedzialność za potencjalny wypadek: właściciel pojazdu, programista (autor oprogramowania), firma operująca systemem czy inny użytkownik ruchu. Dodatkowo pojawia się też obawa o bezpieczeństwo danych (Portmann 2015; Townsend 2013), gdyż ryzyko cyberprzestępczości, włamania do systemów może skutkować naruszeniem prywatności właściciela czy użytkownika, a nawet zagrożeniem utraty zdrowia lub życia w wyniku kolizji drogowej. Tu odpowiedzią staje się zastosowanie odpowiedniej liczby zabezpieczeń informatycznych i właściwe zarządzanie ryzykiem związanym z wprowadzeniem technologii AV. Ważnym zadaniem jest też stworzenie właściwej infrastruktury ładowania oraz bezpieczeństwo i wydajność sieci elektroenergetycznej. Aspekty te wymagają tworzenia modeli doświadczalnych w wirtualnej rzeczywistości, prototypów i licznych działań o charakterze testowym. Ocenia się, że pojazdy autonomiczne są tak przełomowym odkryciem w dziedzinie transportu, jak transformacja z zaprzęgów konnych do pojazdów o napędzie spalinowym. Początkowo nie wierzono, że pojazdy te staną się trwałym rozwiązaniem i w tak znaczącym stopniu wpłyną na aspekty społeczne, gospodarcze, polityczne i środowiskowe oraz na stałe, niemal nieodwracalnie zmienią krajobraz miast. Z kolei rozwiązania AV w transporcie publicznym i współdzielonym, pomimo istniejących przeciwności, też udało się skutecznie wprowadzić w praktyce

w wielu miastach krajów wysokorozwiniętych, takich jak: Singapur, Dubaj, Katar, Pekin, Nowy Jork, Paryż, Londyn i inne. Na początku XX w. o nowo wynalezionym samochodzie mówiono, że jest zjawiskiem przejściowym, a poważnie należy polegać na koniu. Jednak szybko okazało się, że pojazd samobieżny to dobra alternatywa transportowa, która pozwala utrzymać w czystości rozwijające się miasta.

Cel i procedura badawcza

Celem niniejszych badań jest analiza i porównanie różnych typów rozwiązań o odmiennych zastosowaniach oraz ich ogólnej charakterystyki oddziaływania, jako pojazdów autonomicznych w transporcie publicznym i mobilności współdzielonej, na transformację urbanistyczną. Przeanalizowano różne typy takich pojazdów, które zostały wprowadzone w praktyce i stworzono zestawienie zawierające zasadnicze dane dotyczące ich funkcjonowania. Przyjętym zadaniem było również stworzenie swobodnego przeglądu praktycznych, nie tylko teoretycznych, rozwiązań, co może ułatwić projektantom, ekspertom oraz samorządom lokalnym proces wprowadzania pojazdów autonomicznych w polskich miastach. W ramach badań poszukiwano odpowiedzi na pytania: jakie zmiany funkcjonalno-przestrzenne wiążą się z wprowadzeniem transportu autonomicznego; jakie są aktualne trendy na świecie i wdrożone w tym obszarze rozwiązania; jaki kontekst funkcjonalno-przestrzenny i niekiedy społeczno-gospodarczy towarzyszy tym rozwiązaniom oraz czym się one charakteryzują w aspekcie urbanistycznym? Wielostopniowa procedura badawcza (ryc. 2) pozwoliła uzyskać odpowiedzi na powyższe pytania.

W początkowej fazie przeprowadzono kwerendę netograficzną i dyskusje z ekspertami, aby wyróżnić wdrożone na świecie miejskie rozwiązania z wykorzystaniem AV. Następnie wyselekcjonowano te, które były projektowane, by służyć transportowi publicznemu, mobilności współdzielonej, specjalistycznym usługom, a odrzucono te dotyczące transportu indywidualnego jako nieobjęte badaniem. Kolejno podzielono rozwiązania na typy, np. usługi mobilne, autonomiczne metro, pojazdy modułowe, ART (Global Railway Review 2017), rozwiązanie plutonowe – DART (Nguyen i in. 2019, A Research Platform for Singapore 2021), HSR (pociąg wysokich prędkości), autobus, pojazdy wielofunkcyjne czy specjalistyczne, np. w służbie zdrowia. Analiza i interpretacja danych pozwoliła na badanie porównawcze. Finalnie w efekcie badań opisano wnioski i ogólne propozycje projektowe dla polskich miast i obszarów podmiejskich, które mogłyby testować i wdrażać AV w transporcie.



Ryc. 2. Diagram – procedura badawcza, główne założenia

Fig. 2. Diagram – research procedure, main assumptions

Źródło: opracowanie własne.*Source:* own elaboration.

Wdrożone rozwiązania w transporcie publicznym i współdzielonej mobilności z wykorzystaniem AV

Przeanalizowane rozwiązania (tab. 1) pokazują szeroką gamę zastosowań pojazdów autonomicznych w transporcie publicznym o odmiennej pojemności i przepustowości: od tych o małej pojemności pojazdu, nie większej niż 8–16 pasażerów, zwanych autonomicznymi kapsułami, wahadłowcami czy minibusami, takich jak Transdev (Transdev 2021), Keolis (Keolis 2017) czy NEXT's (Arabnews 2018; Abbas 2021; NEXT 2020), po te o największej pojemności, takie jak metro w Dubaju (897 pasażerów) czy nowoczesne chińskie rozwiązania: kolej dużych prędkości (HSR)

w Chinach (576 pasażerów) lub ART – Autonomous Rail Rapid Transit, hybryda pociągu i autobusu (300 pasażerów) – oraz Véhicule Automatique Léger (automatyczny lekki pojazd, gumowy system transportu kolejowego – do 245 osób). Tabela 1 zawiera jedynie wybrane rozwiązania, prezentując przekrojowe zestawienie różnych

Tab. 1. Zestawienie porównawcze wybranych wdrożonych bądź wdrażanych (po fazie testowej) na świecie różnych rozwiązań transportowych z wykorzystaniem pojazdów autonomicznych i ich relacja ze strukturą funkcjonalno-przestrzenną

Table 1. Comparative list of various selected transport solutions using autonomous vehicles, implemented or under implementation (after the test phase) and their relationship with the functional and spatial structure

Nazwa Name	Kraj, miasto Country, city	Typ rozwiązania Type of solution	Vol. *	Atraktory na trasie, charakterystyka Atractions on the route, main characteristic	V max. (km/h)
DART	Singapur	dynamiczny autonomiczny transport drogowy (plutonowy)	30 osób lub towary	liczne trasy w funkcjonalnym centrum, kombinacja point-to-point z shared mobility	60
Transdev – ATS	Francja – Paryż, Saclay; Chile – Santiago	autonomiczny system transportowy (minibus)	16 osób	centrum miasta, atrakcje turystyczne, centra handlowe, centra rekreacyjne, komunikacja obszarów podmiejskich	45
ART – Autonomous Rail Rapid System	Chiny – Yibin, Zhuzhou, Hunan, Yonhxiu, Jaingix; Katar – Doha	beztorowy samojezdny „pociąg” (hybryda pociągu i autobusu)	300 osób; 3 samochody	węzły komunikacyjne, centra usługowe, centrum miast, Igrzyska Olimpijskie 2022, Mistrzostwa Świata FIFA 2022	70
NEXT's	ZEA – Dubaj	autonomiczne kapsuły	10 osób	główna ulica, trasy indywidualne, biura, hotele, centra handlowe, EXPO 2020	90
HSR	Chiny – Pekin, Qinghe, Badaling, Zhangjiakou	high-speed railway – kolej dużych prędkości (KDP)	576 osób	igrzyska Olimpijskie 2022, atrakcje turystyczne, Wielki Mur Chiński, połączenia międzymiastowe	350
e-Pallete	Tokio – Japonia	wielofunkcyjny usługowy pojazd, np. mobilne centrum zdrowia	do 20 osób lub towary	igrzyska Olimpijskie 2020, Woven City (miasto AI)	45

Nazwa Name	Kraj, miasto Country, city	Typ rozwiązania Type of solution	Vol.*	Atraktory na trasie, charakterystyka Atractors on the route, main characteristic	V max. (km/h)
White-Rhino Auto	Chiny – Wuhan, Hubei	specjalistyczny (służba zdrowia)	towary	kompleks szpitala w Wuhan	25
Keolis	Francja – Paryż (La Defence); USA – Las Vegas	autonomiczne wahadłowce – minibusy	do 8 osób	centra historyczne miast wyłączone z ruchu kołowego, lotniska, uniwersytety, kompleksy szpitalne lub duże obiekty turystyczne, tereny przemysłowe, parki rozrywki	20
Dubai Metro line; MTR Singapur	ZEA – Dubaj; Singapur	autonomiczne metro	897 osób (142 miejsca siedzące)	giełda ZEA, atrakcje turystyczne, zabytki, ważne usługi, banki, poczta centralna, stadion, parki, dworce, lotnisko, port, centra handlowe, P+R, EXPO 2020, obszar przemysłowy, instytucje finansowe	45–90
VAL	Francja – Nord-Pas de Calais, Lille, Paryż, Tuluza	Véhicule Auto- matique Léger (automatyczny lekki pojazd) – gumowy system transportu kolejowego	140–245 osób	lotniska, centrum szpitalne, obszar biznesowy, np. Lille – 60 stacji	80
Seibu bus S-tory	Japonia – Hanno, Saitama,	autobus autonomiczny	60 osób	stała trasa, dzielnica mieszkalna ze średniowysoką zabudową łączy dworce, inne linie autobusowe i trasy turystyczne	130
Autobus amfibijny SIT	Japonia – Naganohara, Gunma	autobus amfibijny autonomiczny	40 osób	Autobus amfibijny turystyczny na zaporze Yanba i okolicy	ok. 7
Port liner	Japonia – Kobe	zautomatyzowany system szybkiego transzytu – kolej (AGT)	ok. 150 osób	lotnisko, port morski, kampusy, parki, obiekty kongresowe, hotele, muzea i zoo	60

* Vol. – volume, przybliżona pojemność pojazdu wyrażona w liczbie pasażerów, zależna od serii / approximate vehicle capacity expressed in the number of passengers, depending on the series.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pochodzących ze stron internetowych przewoźników oraz lokalnych mediów wykazanych w bibliografii (dostęp: 15.01.2022).

Source: own elaboration based on data from the websites of carriers and local media, shown in the references (access on 15.01.2022).

przykładowych typów. Ze względu na ograniczone zasoby czasowe i finansowe nie jest możliwe przedstawienie wszystkich istniejących na światowym rynku rozwiązań o podobnej pojemności i funkcji oferowanych przez różnych przewoźników czy producentów. Po przeanalizowaniu kilkudziesięciu rozwiązań skupiono się zatem na przedstawieniu minimum 1 przykładowego rozwiązania dla 1 typu oraz na ich zestawieniu i skategoryzowaniu w celu porównawczym.

W rzeczywistości samo zaawansowanie rozwoju poszczególnych rozwiązań zależy od kilku podstawowych czynników: rozwoju infrastruktury, polityki i ustawodawstwa, technologii i innowacji oraz akceptacji społecznej użytkowników. W powyższym badaniu skupiono się przede wszystkim na przedstawieniu typów pojazdów, ich pojemności i relacji ze strukturą funkcjonalno-przestrzenną miasta. Porównanie pokazało różne i często specyficzne przeznaczenie oraz kategorie pojazdów AV oraz odmienny kontekst społeczno-gospodarczy, np. EXPO 2020, Igrzyska Olimpijskie 2020 i 2022 czy Mistrzostwa Świata FIFA 2022. Pojazdy wdrożone w ramach dużych wydarzeń są dalej wprowadzane w innych obszarach. Pojazdy o mniejszej pojemności (Lindblom 2020) znacznie częściej były przeznaczane do obsługi głównie historycznych centrów miast wyłączonych z ruchu kołowego lub terenów monofunkcyjnych: parków rozrywki, centrów biznesowych, obszarów przemysłowych, terenów lotnisk, dużych obiektów turystycznych, wiosek olimpijskich, kompleksów szpitalnych czy uniwersyteckich jako transport wewnętrzny. Małe pojazdy sprawdziły się też dobrze jako komunikacja dla stref podmiejskich z głównym ośrodkiem. W Japonii, w mieście Sakai-cho, minibusy AV były podstawą rewitalizacji regionalnej (tak jak Transdev [Transdev 2021] pod Paryżem) wpływając na wzrost mobilności, zahamowanie odpływu młodych ludzi z miasta oraz wzrost liczby mieszkańców i związane z tym ożywienie gospodarcze. Według Marka W. Burrisa i in. pojazdy autonomiczne mają korzystny wpływ na VOTT (*value of travel time*) – wartość czasu podróży osób dojeżdżających do pracy pojazdem zarówno prywatnym, jak i publicznym (Burriss i in. 2020).

Natomiast rozwiązania takie jak: VAL, HSR (Xinhua 2020), Metro Dubai czy ART tworzą trasy stałe z licznymi przystankami obsługującymi zarówno tereny centrum, ważne usługi, jak i tereny podmiejskie, w tym przemysłowe czy lotniska. Wśród obsługiwanych funkcji w mieście pojawiły się też: atrakcje turystyczne, giełda ZEA, ważne usługi, banki, poczta centralna, stadion, parki, dworce, lotniska, porty, centra handlowe, węzły komunikacyjne, P+R, EXPO 2020, obszar przemysłowy, instytucje finansowe, wioski olimpijskie, a także wykraczające poza obszar miasta połączenia międzymiastowe. W tych rozwiązaniach wykorzystywane są często wiadukty lub oddzielne tory ze względu na możliwość uniknięcia niepożądanych kolizji z innymi użytkownikami ruchu. Autonomiczne pociągi mają długą historię, gdyż pierwszy taki pojazd został uruchomiony w Kobe w Japonii w 1981 r. (Sato 2020). Stosunkowo nowym rozwiązaniem jest ART – Autonomous Rail Rapid System, czyli beztorowy samojezdny „pociąg” – hybryda pociągu i autobusu (China Daily 2019; Milwaukee

Independent 2019), która łączy najlepsze cechy obu tych pojazdów, poruszając się po płaskim torze będącym oznakowaniem poziomym drogi.

Dodatkowo w praktyce wdrożono też rozwiązania specjalistyczne związane ze świadczeniem usług, takie jak e-Palette (Toyota 2021), White-Rhino Auto (Charles, Ruan 2020) czy DART. Akio Toyoda powiedział na konferencji prasowej Toyoty, opisując najnowszy pojazd autonomiczny e-Palette, że są tam, gdzie są potrzebne, kiedy są potrzebne i na czas. Z kolei DART to dynamiczny autonomiczny system tranzytu drogowego wdrażany w Singapurze. Uwzględnia on dostosowanie do różnego natężenia ruchu, łączenie i oddzielanie jednostek plutonowych, czyli pojedynczych mniejszych pojazdów osobowych bądź towarowych, które mogą tworzyć na różnych odcinkach trasy inne elastyczne i dynamiczne szyki. Zupełnie odmiennym rozwiązaniem, które wpływa na regenerację dróg wodnych oraz rewitalizację regionu, są autonomiczne autobusy amfibijne wprowadzone w celach turystycznych w Japonii w mieście Naganohara, w prefekturze Gunma, na zatoce Yanba i w okolicy (Ohno 2020). Tu wyzwaniem okazał się zmienny poziom powierzchni wody, mimo tego autobus ten przeszedł testy oraz potrafi oszacować własną pozycję, rozpoznawać środowisko, śledzić trasę i planować jazdę.

Transformacja urbanistyczna a transport autonomiczny – zasadnicze zmiany

Wprowadzenie pojazdów autonomicznych przewiduje szereg zmian w obszarze urbanistyki. Zmienia się szerokość pasów drogowych, co wpływa na inny przekrój dróg. Pojawia się więcej miejsca dla pieszych, rowerzystów (Botello i in. 2019), na mikromobilność czy zieleń. W przestrzeni miejskiej powstają nowe elementy, takie jak: specjalistyczne oznakowanie *drop-off lanes* – pasy do wysiadania; *pick-up zones* – strefy wsiadania; *pick-up stations | pavilions* – przystanki; *smart cross-walks* – inteligentne przejścia; *charging stations* – stacje ładowania; czy *depots* – zajezdnie. Drogi w mieście nadal posiadają różne kategorie, ale są one zależne od ich sposobu użytkowania przez: samochody, pieszych, rowerzystów i mikromobilność. Możliwe jest też synergiczne korzystanie z tych samych przestrzeni publicznych dla pieszych i pojazdów AV, np. w strefach wyłączonych z ruchu kołowego. Pojawiają się natomiast wizje, takie jak MIT Senseable City Lab, gdzie nastąpi transformacja autostrad z mniejszą liczbą pasów ruchu wyłożonych dodatkowo panelami słonecznymi w celu ładowania podjazdów.

Wzrost cen najmu czy franczyzy w miastach może spowodować inne rozumienie problemu pieszego dystansu do usług – teraz mogą stać się one mobilne i na wezwanie klienta przyjeżdżać do niego z dostawą zakupów, leków czy posiłków. Wprowadzenie pojazdów autonomicznych pozwala na obsługę dużych powierzchniowo

kompleksów zabudowy, np. przemysłowych, szpitalnych, parków technologicznych, kampusów uniwersyteckich lub obszarów o specjalnej funkcji, takich jak cmentarze, ogrody zoologiczne, pola golfowe czy parki rozrywki pozbawione wewnętrznej komunikacji. Na takich terenach AV mogą zastąpić popularne elektryczne mikro-samochody i poruszać się po wspólnych pieszo-jezdnym ciągach.

Wiele z zamieszczonych w tabeli 1 rozwiązań było wynikiem ścisłej współpracy pomiędzy środowiskiem naukowym, przedsiębiorstwami przemysłowymi oraz organami administracji rządowej. Raport KPMG z roku 2020 wykazał, że najciekawsze rozwiązania miejskie znajdują się w Pekinie, Detroit, Helsinkach, Pittsburghu i Seulu. W Chinach pojazdy AV odegrały znaczącą rolę w walce z koronawirusem, dostarczając posiłki, leki czy towary, co ograniczyło rozwój zakażeń krzyżowych. Planowane jest też wykorzystanie AV w trakcie Zimowych Igrzysk Olimpijskich i Paraolimpijskich w 2022 r. W tym celu stworzono obszar testowy o powierzchni 100 km². W pozostałych miastach zadbano o zapewnienie wykwalifikowanej kadry, partnerów instytucjonalnych, narzędzi szkoleniowych, cyberbezpieczeństwa, rozwoju systemu i oprogramowania. W Seulu dopuszczono pojazdy AV tam, gdzie są strefy wyłączone z ruchu kołowego, aby dostarczały produkty z ciężarówek dostawczych. Natomiast pojazdy firmy Easy Mile testowane w Europie, USA i Azji mają służyć do pokonania tej „ostatniej mili” dzielącej pasażera od stacji czy przystanku transportu publicznego. Takie rozwiązanie pomaga też uzupełnić tradycyjne sieci transportu publicznego np. w godzinach nocnych, Ma to spore znaczenie w przypadku osób starszych, dzieci podróżujących do szkoły, czy szczególnych warunków klimatycznych, np. upału w Dubaju.

Znaczna większość badanych światowych rozwiązań była testowana w dwóch fazach: wirtualnej i w zamkniętym środowisku – specjalnym miasteczku, kampusie czy nawet na pustyni. W wielu krajach zdecydowano się też na budowę prototypowych miast obsługiwanych przez pojazdy autonomiczne lub – tak jak w Japonii, u podnóża góry Fuji, w miejscu dawnych terenów przemysłowych – na stworzenie realnego inteligentnego miasta AI (*smart city*). Woven City [Tkane Miasto – przyp. autora] (Luciardi 2020) ma być miastem inteligentnym, skoncentrowanym na człowieku, obsługiwany wyłącznie przez AV. To miasto położone w Susono wyróżnia równe podejście do wszystkich użytkowników ruchu – położono w nim takie same drogi dla samochodów, pieszych i rowerzystów. Przewidziany jest pełen program funkcjonalny: mieszkania, miejsca pracy, przestrzenie publiczne, rekreacyjne oraz zieleń miejska, a także ludzka skala zabudowy. Zasadniczą kwestią jest współpraca obecnych tam specjalistów, naukowców i inżynierów z różnych środowisk, którzy mają działać przy udoskonalaniu rozwiązań i wymieniać się doświadczeniami. Podobne podejście jest obecne w projekcie Oslo Science City, który cechuje holistyczne nastawienie do planowania. W Chinach w strefie Hi-Tech powstaje miasto AI – Dolina Chmur w Chongqing – również uwzględniające wszystkie technologie

inteligentne przy jednoczesnym wkomponowaniu się w krajobraz miejski. W Singapurze z kolei Uniwersytet Technologiczny Nanyang (NTU) wraz z firmą Volvo Buses będą wprowadzać kursy próbne pełnowymiarowym elektrycznym autobusem autonomicznym na terenie kampusu uniwersyteckiego, po tym jak wykonano wstępne cykle rygorystycznych testów w Centrum Testowania i Badań Autonomicznych Pojazdów (Centre of Excellence for Testing and Research of Autonomous Vehicles, CETRAN). Inne rozwiązania są testowane przez firmę MooVit w Cyberjaya w Malezji, 50 km od Kuala Lumpur. Jest to główne miasto technologiczne planowane jako miasto inteligentne. Dotyczy to pojazdów poddawanych różnym warunkom i przeznaczonych do różnych funkcji: logistyka, transport, rolnictwo, czy rozwiązania użytkowe. Z kolei NEXT's w Dubaju było testowane na terenie pustynnym, a DART na specjalnie wydzielonym obszarze. Wcześniej wspomniane pojazdy Easy Mile są testowane w kompleksie Sustainable City w Dubaju: „żywym laboratorium” dla technologii niskoemisyjnych, pierwszym mieście Net Zero Energy – pionierskim rozwiązaniu dla zrównoważonego miasta.

Obecnie, opierając się na badaniach wskaźnika gotowości pojazdów autonomicznych AVRI (Self-Driving Car Convenience Index) wykonanych przez KPMG, można stwierdzić, że Singapur jest zdecydowanym liderem w zakresie polityki i przepisów dotyczących pojazdów autonomicznych oraz zajmuje drugie po Holandii miejsce w infrastrukturze. O pierwszym miejscu Singapuru decyduje też to, że od 2020 r. do czerwca 2021 r. powstało tam 10 firm start-up smart car. Jest to związane z ideą zrównoważonego i przyjaznego dla środowiska transportu.

Podsumowanie

Wprowadzenie rozwiązań wykorzystujących AV jest dużym wyzwaniem dla polskich miast. Wiąże się ono z wieloma korzyściami, m.in. ze stworzeniem w miejscu odzyskanym po zredukowanych parkingach i garażach nowych funkcji (przestrzeni publicznych czy terenów zieleni, głównie w strefach śródmiejskich), ograniczeniem emisji CO₂, redukcją hałasu oraz znalezieniem zindywidualizowanych optymalnych rozwiązań transportowych odpowiadających na różne potrzeby mieszkańców we współczesnym dynamicznie zmieniającym się mieście. Rozwiązania te pozwalają na wsparcie lokalnego transportu oraz poprawę jakości życia mieszkańców nie tylko miast, ale też obszarów podmiejskich. Jak pokazały badania, wiele z wdrożonych na świecie rozwiązań doskonale uzupełnia istniejącą infrastrukturę transportową. Można przypuszczać, że w Polsce zastosowanie znalazłyby zarówno autonomiczne autobusy, pociągi, pojedyncze linie autonomicznego metra w Warszawie, jak wahadłowo kursujący autonomiczny minibus łączący większe miasta, przykładowo aglomeracji warszawskiej, czy ważne atraktory, np. atrakcje turystyczne z większymi węzłami

przesiadkowymi. Jednakże już zaprojektowanie i rozwój autonomicznej sieci transportu wymagają przyjęcia pewnych kryteriów w celu identyfikacji badanego obszaru. Niezbędna jest tu analiza istniejącej sieci transportowej, w tym najważniejszych korytarzy, liczby pasażerów na trasach, średniej prędkości jazdy i przepustowości oraz planów transportowych. Powinno się uwzględnić też lokalną politykę transportową i gęstość zaludnienia oraz użytkowania gruntów. W procesie projektowym należy mieć na uwadze, że rozwiązanie to ma odpowiadać na aktualne i przyszłe potrzeby miasta oraz wspierać istniejący transport, a nie stanowić jego konkurencję. Najważniejsze jest uwzględnienie w procesie projektowym wszystkich istotnych aspektów: formalno-prawnych, społeczno-gospodarczych, środowiskowych, funkcjonalno-przestrzennych oraz technicznych.

Literatura

- Appleyard B., Riggs W., Johnson M., 2020, *A design framework for livable streets in the era of autonomous vehicles*, Urban, Planning and Transport Research, 8(1), 125–137. DOI: 10.1080/21650020.2020.1749123.
- Ashmore D., Curtis C., Legacy C., Scheurer J., Stone J., 2019, *Planning the driverless city*, Transport Reviews, 39 (1), 84–102. DOI: 10.1080/01441647.2018.1466835.
- Azimi G., Jin X., Rahimi A., 2020, *Examining human attitudes toward shared mobility options and autonomous vehicles*, Transportation Research. Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 72, 133–154. DOI: 10.1016/j.trf.2020.05.001.
- Baumgardner W., Peers W., Ruhl M., Walker J., 2018, *New mobility street design: A case study of autonomous vehicles in San Francisco*, Proceedings of the 98th TRB Annual Meeting, 18–05038, Washington, D.C.
- Boiteux-Orain C., Huriot J.-M., 2002, *Modéliser la suburbanisation*, Revue d'Économie Régionale et Urbaine, 1, 73–104.
- Botello B., Buehler R., Hankey S., Mondschein A., Jiang Z., 2019, *Planning for walking and cycling in an autonomous-vehicle future*, Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 1, 100012. DOI: 10.1016/j.trip.2019.100012.
- Brownell C., Kornhauser A., 2014, *A driverless alternative: Fleet size and cost requirements for a statewide autonomous taxi network in New Jersey*, Transportation Research Record, 2416 (1), 73–81. DOI: 10.3141/2416-09.
- de Bruin R., 2016, *Autonomous intelligent cars on the European intersection of liability and privacy: Regulatory challenges and the road ahead*, European Journal of Risk Regulation, 7 (3), 485–501. DOI: 10.1017/S1867299X00006036.
- Burris M.W., Li W., Talebpour A., Sinha K.C., Zhong H., 2020, *Will autonomous vehicles change auto commuters' value of travel time?*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 83, 102303. DOI: 10.1016/j.trd.2020.102303.

- de Bruyne J., Werbrouck J., 2018, *Merging self-driving cars with the law*, Computer Law & Security Review, 34 (5), 1150–1153. DOI: 10.1016/j.clsr.2018.02.008.
- Chapin T., Stevens L., Crute J., Crandall J., Rokyta A., Washington A., 2016, *Envisioning Florida's future: Transportation and land use in an automated vehicle world*, Florida State University Department of Urban & Regional Planning.
- Chen Z., He F., Yin Y., Zhang L., 2016, *Optimal deployment of autonomous vehicle lanes with endogenous market penetration*, Transportation Research. Part C: Emerging Technologies, 72, 143–156. DOI:10.1016/J.TRC.2016.09.013.
- Chmielewski J.M., 2005, *Problemy rozpraszania się zabudowy na obszarze metropolitalnym Warszawy*, [w:] P. Lorens (red.), *Problem suburbanizacji*, Biblioteka Urbanisty, Warszawa, 52–62.
- Collingwood L., 2017, *Privacy implications and liability issues of autonomous vehicles*, Information & Communications Technology Law, 26 (1), 32–45. DOI: 10.1080/13600834.2017.1269871.
- Conschafter S.J., 2017, *Charting a path for cities in the Second Machine Age with or without the car: A focus on the human experience*, Journal of Urban Regeneration & Renewal, 10 (2), 116–127.
- Contissa G., Lagioia F., Sartor G., 2017, *The Ethical Knob: Ethically-customisable automated vehicles and the law*, Artificial Intelligence and Law, 25(3), 365–378. DOI: 10.1007/s10506-017-9211-z.
- Dake D., Decaminada T., Kassens-Noor E., Kotval-K Z., Pentland B., Qu T., Wilson M., 2020, *Sociomobility of the 21st century: Autonomous vehicles, planning, and the future city*, Transport Policy, 99, 329–335. DOI: 10.1016/j.tranpol.2020.08.022.
- Degórska B., 2007, *Wybrane problemy zagospodarowania i ochrony środowiska związane z rozwojem suburbanizacji*, Biuletyn KPZK PAN, 230, 75–88.
- Duarte F., Ratti C., 2018, *The impact of autonomous vehicles on cities: A review*, The Journal of Urban Technology, 25 (4), 3–18. DOI: 10.1080/10630732.2018.1493883.
- Etzioni A., Etzioni O., 2017, *Incorporating ethics into artificial intelligence*, The Journal of Ethics, 21 (4), 403–418.
- Fagnant D.J., Kockelman K., 2015, *Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations*, Transportation Research. Part A: Policy and Practice, 77, 167–181.
- Fleetwood J., 2017, *Public health, ethics, and autonomous vehicles*, American Journal of Public Health, 107 (4), 532–537. DOI: 10.2105/AJPH.2016.303628.
- Freemark Y., Hudson A., Zhao J., 2019, *Are cities prepared for autonomous vehicles? Planning for technological change by US local governments*, Journal of the American Planning Association, 85 (2), 133–151. DOI: 10.1080/01944363.2019.1603760.
- Fujita M., Krugman P., 2004, *The new economic geography: Past, present and the future. In fifty years of regional science*, [w:] R.J.G.M. Florax, D.A. Plane (red.), *Fifty Years of Regional Science. Advances in Spatial Science*, Springer, Berlin–Heidelberg, 139–164.
- Hevelke A., Nida-Rümelin J., 2015, *Responsibility for crashes of autonomous vehicles: An ethical analysis*, Science and Engineering Ethics, 21(3), 619–630. DOI: 10.1007/s11948-014-9565-5.

- Himmelreich J., 2018, *Never mind the trolley: The ethics of autonomous vehicles in mundane situations*, Ethical Theory and Moral Practice, 21 (3), 669–684. DOI: 10.1007/s10677-018-9896-4.
- Gavanas N., 2019, *Autonomous road vehicles: Challenges for urban planning in European cities*, Urban Science, 3 (2), 61. DOI: 10.3390/urbansci3020061.
- Greenblatt J.B., Saxena S., 2015, *Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles*, Nature Climate Change, 5 (9), 860–863. DOI: 10.1038/nclimate2685.
- Hu J., Luo S.Y., Lai J.T., Xu T., Yang X.G., 2021, *A review of the impact of autonomous driving on transportation planning*, Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 21 (5), 52. DOI: 10.16097/j.cnki.1009-6744.2021.05.006.
- Jałowicki B., Szczepański M.S., 2009, *Miasto i przestrzeń w perspektywie socjologicznej*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa.
- Kang N.Y., Kim Y., 2019, *Potential of urban land use by autonomous vehicles: Analyzing land use potential in Seoul capital area of Korea*, IEEE Access, 7, 101915–101927.
- Kubeš J., 2013, *European post-socialist cities and their near hinterland in intra-urban geography literature*, Bulletin of Geography. Socio-economic Series, 19, 19–43. DOI: 10.2478/bog-2013-0002.
- Kumar K.K., Narayani A.R., 2021, *A vision for sustainable mobility through autonomous vehicles in city planning*, IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, 1130(1), 012037.
- Lisowski A., 2004, *Social aspects of the suburbanisation stage in the agglomeration of Warsaw*, Dela, 21, 531–541. DOI: 10.4312/dela.21.531-541.
- Liu Y., Lyu Y., Böttcher K., Rötting M., 2020, *External interface-based autonomous vehicle-to-pedestrian communication in urban traffic: Communication needs and design considerations*, International Journal of Human-computer Interaction, 36 (13), 1258–1272. DOI: 10.1080/10447318.2020.1736891.
- Liu P., Xu S., Ong G.P., Tian Q., Ma S., 2021, *Effect of autonomous vehicles on travel and urban characteristics*, Transportation Research. Part B: Methodological, 153, 128–148. DOI: 10.1016/j.trb.2021.08.014.
- Lohmann M.F., 2016, *Liability issues concerning self-driving vehicles*, European Journal of Risk Regulation, 7(2), 335–340. DOI: 10.1017/S1867299X00005754.
- Lorens P., 2005, *Suburbanizacja w procesie rozwoju miasta post-socjalistycznego*, [w:] P. Lorens (red.), *Problem suburbanizacji*, Biblioteka Urbanisty, Warszawa, 33–44.
- Millard-Ball A., 2018, *Pedestrians, autonomous vehicles, and cities*, Journal of Planning Education and Research, 38 (1), 6–12. DOI: 10.1177/0739456X16675674.
- Nguyen T., Xie M., Liu X., Arunachalam N., Rau A., Lechner B., Busch F., Wong Y.D., 2019, *Platooning of autonomous public transport vehicles: The influence of ride comfort on travel delay*, Sustainability, 11 (19), 5237. DOI: 10.3390/su11195237.
- Pavone M., Rossi F., Zhang R., 2016, *Routing autonomous vehicles in congested transportation networks: Structural properties and coordination algorithms*, Robotics: Science and Systems, 12, 32. DOI: 10.48550/arXiv.1603.00939.
- Penerai P., 2008, *Paris métropole, formes et échelles du Grand Paris*, Éditions de la Villette, Paris.

- Phelps N.A., Fulong W., 2011, *International perspectives on suburbanization*, Palgrave Macmillan, London.
- Podawca K., Karsznia K., Zawrzykraj A.P., 2019, *Ocena stopnia suburbanizacji Warszawskiego Obszaru Funkcjonalnego z wykorzystaniem zmian struktury zagospodarowania terenu*, *Miscellanea Geographica*, 23 (4), 215–224.
- Portmann E., 2015, *Rezension "Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia"*, *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 52 (4), 636–637.
- de Sio F.S., 2017, *Killing by autonomous vehicles and the legal doctrine of necessity*, *Ethical Theory and Moral Practice*, 411–429. DOI: 10.1007/s10677-017-9780-7.
- Stead D., Vaddadi B., 2019, *Automated vehicles and how they may affect urban form: A review of recent scenario studies*, *Cities*, 92, 125–133. DOI: 10.1016/j.cities.2019.03.020.
- Sýkora L., 2003, *Suburbanizace a její společenské důsledky*, *Sociologický časopis*, 39 (2), 217–233. DOI: 10.13060/00380288.2003.39.2.05.
- Śleszyński P., 2012, *Warszawa i obszar metropolitarny Warszawy a rozwój Mazowsza*, *Trendy Rozwojowe Mazowsza*, 8, 20.
- Townsend A.M., 2013, *Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*, WW Norton & Company, New York.
- Williams K., Burton E., Jenks M., 1996, *Achieving the compact city through intensification: An acceptable option?*, [w:] M. Jenks, E. Burton, K. Williams (red.), *The compact city: A sustainable urban form?*, E. & F.N. Spon, London, 83–96.
- Weldu M.K., 2018, *Urban planning: The potential role of shared autonomous vehicles in transforming our cities based on a case study of Stavanger city centre*, Master's thesis.
- Zakharenko R., 2016, *Self-driving cars will change cities*, *Regional Science and Urban Economics*, 61, 26–37. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2016.09.003.
- Węclawowicz G., 2003, *Restrukturyzacja wielkich osiedli mieszkaniowych w miastach europejskich – opis projektu badawczego*, *Przegląd Geograficzny*, 75 (3), 469–477.
- Zushi K., 2017, *Driverless vehicles: Opportunity for further greenhouse gas emission reductions*, *Carbon & Climate Law Review*, 2 (11), 136–149. DOI: 10.21552/cclr/2017/2/9

Netografia

- Abbas W., 2021, *Self-driving vehicles in UAE: The journey so far*, <https://www.khaleejtimes.com/transport/self-driving-vehicles-in-uae-the-journey-so-far> (dostęp: 16.01.2022).
- Arabnews, 2018, *Dubai tests autonomous pods in drive for smart city*, <https://www.arabnews.com/node/1257351/business-economy> (dostęp: 16.01.2022).
- Baron S., Proulx D., 2015, *Critical elements to make pedestrian streets work*, <https://slowstreets.wordpress.com/2015/10/26/critical-elements-to-make-pedestrian-streets-work/> (dostęp: 16.01.2022).
- Baumgardner K., 2015, *Beyond Google's cute car*, http://offcite.org/wpcontent/uploads/sites/3/2015/10/Baumgardner_Autonomous_Cars.pdf (dostęp: 16.01.2022).

- Charles A., Ruan S., 2020, *In China, robot delivery vehicles deployed to help with COVID-19 emergency*, <https://www.unido.org/stories/china-robot-delivery-vehicles-deployed-help-covid-19-emergency#story-start> (dostęp: 16.01.2022).
- China Daily, 2019, *China's self-driving trackless "rail bus" starts first overseas run*, <https://www.chinadaily.com.cn/a/201907/16/WS5d2d4057a3105895c2e7dab7.html> (dostęp: 16.01.2022).
- Freedman D., 2018, *Pojazdy autonomiczne zmieniają nasze życie. Nawet nie spodziewamy się, jak bardzo*, <https://www.newsweek.pl/biznes/pojazdy-autonomiczne-zmienia-nasze-zycie-nawet-nie-spodziewamy-sie-jak-bardzo/v8fvyg7> (dostęp: 16.01.2022).
- Global Railway Review, 2017, *First rail-less train unveiled in China*, <https://www.globalrailwayreview.com/news/34281/rail-less-train-china/> (dostęp: 16.01.2022).
- Haime A., 2020, *自動運転バスが定常運行を開始---国内で初めて、茨城県境町で* [Autonomiczne autobusy rozpoczęły stałą pracę po raz pierwszy w Japonii, w Sakai-cho, prefektura Ibaraki], <https://response.jp/article/2020/11/26/340686.html> (dostęp: 16.01.2022).
- Hitti N., 2017a, *Trackless, driverless "rail bus" takes to the roads in China*, <https://www.dezeen.com/2017/11/06/worlds-first-driverless-trackless-train-launches-china-zhuzhou-transport-design/> (dostęp: 16.01.2022).
- Hitti N., 2017b, *Self-driving vehicle designed to help London commuters reconnect with their surroundings*, <https://www.dezeen.com/2017/10/19/self-driving-vehicle-jonny-culkin-london-transport-concept/> (dostęp: 16.01.2022).
- Keolis, 2017, *Unlimited mobility – autonomous shuttles*, https://www.keolis.com/sites/default/files/atoms/files/nav_autonomes_2017_uk_vdef_0.pdf (dostęp: 16.01.2022).
- Korolczuk M., 2019, *Busem bez kierowcy można dojechać do zoo*, <https://www.trojmiasto.pl/wiadomosci/Busem-bez-kierowcy-mozna-dojechac-do-zoo-n137710.html> (dostęp: 16.01.2022).
- Landi H., 2020, *CVS Pharmacy is testing self-driving vehicles for medication delivery*, <https://www.fiercehealthcare.com/tech/cvs-pharmacy-testing-self-driving-vehicles-for-medication-delivery> (dostęp: 16.01.2022).
- Lindblom M., 2020, *Are self-driving cars a solution for Bellevue? An East Coast test shows their promise and challenges*, <https://www.seattletimes.com/seattle-news/transportation/are-self-driving-cars-a-solution-for-bellevue-an-east-coast-test-shows-their-promise-and-challenges/> (dostęp: 16.01.2022).
- Lubell S., 2016, *Here's how self-driving cars will transform your city*, <https://www.wired.com/2016/10/heres-self-driving-cars-will-transform-city/> (dostęp: 16.01.22).
- Luciardi F., 2020, *"Woven City" (the BIG's first project in Japan) is an urban incubator for Toyota*, <https://www.inexhibit.com/marker/woven-city-the-bigs-first-project-in-japan-is-an-urban-incubator-for-toyota/> (dostęp: 16.01.2022).
- Milwaukee Independent, 2019, *Next big leap for the hop? China's trackless commuter train begins public run on virtual rails*, <http://www.milwaukeeindependent.com/syndicated/next-big-leap-hop-chinas-trackless-commuter-train-begins-public-run-virtual-rails/> (dostęp: 16.01.2022).

- NEXT, 2020, *Specifications*, <https://www.next-future-mobility.com/specs> (dostęp: 16.01.2022).
- Ohno, 2020, ハツ場ダムを水陸両用バスで行く...自動運転・運航めざす勝機や課題 [動画] [Jedź do zapory Hachiba amfibijnym autobusem... Autonomiczna jazda i cel operacyjny dają szansę i wyzwania], <https://response.jp/article/2020/07/05/336252.html> (dostęp: 16.01.2022).
- A Research Platform for Singapore, 2021, *Towards the ultimate public transport system*, <https://www.tum-create.edu.sg/content/towards-ultimate-public-transport-system-0> (dostęp: 16.01.2022).
- Sato N., 2020, *The world's first automated driverless railway opened in Kobe in 1981*, <https://workinjapan.today/hightech/worlds-first-automated-driverless-railway-japan/> (dostęp: 16.01.2022).
- Sasaki, 2017, *An urbanist take on autonomous vehicles*, <http://shiftinggears.sasaki.com/#/> (dostęp: 16.01.2022).
- Toyota, 2021, *The new Toyota e-Palette – Shop and Package Delivery station*, <https://www.youtube.com/watch?v=1vFPWGoRF50> (dostęp: 16.01.2022)
- Transdev, 2021, *Mobility Autonomous Transport System – ATS*, https://www.transdev.com/wp-content/uploads/2021/10/autonomous-mobility-brochure-ats-sept2021_hd_en.pdf (dostęp: 16.01.2022).
- Xinhua, 2020, *How a century-old olympic dream transforms a railway*, <https://www.chinadailyhk.com/article/120097> (dostęp: 16.01.2022).
- Traffic News, 2018, 自動運転バスは地域交通を救うか 各地で進む実験、見えてきた課題 [Czy autonomiczne autobusy uratują ruch regionalny? Eksperymenty postępujące w różnych miejscach i kwestie, które pojawiły się na horyzoncie.], <https://trafficnews.jp/post/81615/2> (dostęp: 16.01.2022).

Dokumenty i akty prawne

- Raport KPMG, 2020, *Self-Driving Car Convenience Index (AVRI)*, https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/es/pdf/2020/07/2020_KPMG_Autonomous_Vehicles_Readiness_Index.pdf (dostęp: 16.01.2022).

Ewa Jarecka-Bidzińska
Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii
Zakład Gospodarki Przestrzennej i Nauk o Środowisku Przyrodniczym
pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa
ewa.bidzinska@pw.edu.pl
ORCID: 0000-0002-1289-9784

