

Nowoczesne rozwiązania w zakresie inteligentnej i zrównoważonej mobilności miast. Studium przypadku miasta Pekin

Klaudia Budna 

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: klaudia.budna@pb.edu.pl

Aleksandra Leoniuk

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: 83326@student.pb.edu.pl

Alicja Równa

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: 83409@student.pb.edu.pl

DOI: [10.24427/az-2024-0048](https://doi.org/10.24427/az-2024-0048)

Streszczenie

Współczesne miasta muszą sprostać wielu wyzwaniom środowiskowym, ekonomicznym czy społecznym, aby zwiększyć komfort życia mieszkańcom. W kontekście dynamicznych zmian zachodzących na świecie, miasta stają w obliczu rosnącej urbanizacji, degradacji środowiska oraz presji ekonomicznej. W odpowiedzi na te wyzwania konieczne jest wprowadzanie najnowszych rozwiązań, które przyczynią się do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju miast. Celem niniejszego artykułu jest dokonanie identyfikacji nowoczesnych rozwiązań w obszarze inteligentnej i zrównoważonej mobilności miejskiej, które przyczyniają się do rozwoju oraz usprawnienia funkcjonowania miast. Charakterystyka rozwiązań została przygotowana na podstawie przeglądu literatury i stron internetowych. Dokonano również analizy SWOT, która umożliwiła ukazanie mocnych i słabych stron elektrycznych, samojezdnych pojazdów jak również szanse i zagrożenia związane z zastosowaniem tego rozwiązania. Wyniki analizy ukazują liczne korzyści i szanse oraz potencjalne straty i zagrożenia związane z zastosowaniem elektrycznych i samojezdnych pojazdów do przewożenia ludzi na przykład do pracy czy szkoły.

Słowa kluczowe

zrównoważona i inteligentna mobilność, nowoczesne rozwiązania, samojezdny i elektryczny pojazd

Wstęp

W XXI wieku zmiany klimatyczne nieustannie występują, stając się coraz bardziej niepokojącym zjawiskiem. W obliczu tego wyzwania, zarówno miasta, jak i instytucje na szczeblu globalnym, podejmują działania mające na celu walkę z tym problemem. Komisja Europejska, jako jedna z kluczowych instytucji, wyznacza cele i inicjatywy dotyczące zrównoważonej i inteligentnej mobilności w Europie [Szpilko i Ejdys, 2022, s. 9-10].

W strategiach wielu miast kluczowym celem jest wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań w obszarze mobilności, aby zredukować negatywny wpływ na środowisko, poprawić jakość powietrza oraz zwiększyć wygodę życia mieszkańców [Müller-Eie i Kosmidis, 2023, s. 1-2]. Ze względu na urbanizację miast, władze powinny nieustannie wprowadzać nowoczesne rozwiązania, które zapewnią bardziej efektywne wykorzystanie przestrzeni miejskiej, zminimalizują korki drogowe oraz umożliwią szybki i wygodny dostęp do różnych form transportu publicznego. Działania te nie tylko sprzyjają ochronie środowiska, lecz także tworzą warunki sprzyjające rozwojowi gospodarczemu i społecznemu miast [Gulc i Budna, 2023, s. 1-3].

Celem artykułu jest identyfikacja nowoczesnych rozwiązań w obszarze inteligentnej i zrównoważonej mobilności miejskiej, które przyczyniają się do rozwoju oraz usprawnienia funkcjonowania miast. W artykule opisano koncepcję zrównoważonej i inteligentnej mobilności w kontekście rozwoju miast oraz przedstawiono 10 inicjatyw przewodnich Unii Europejskiej w kontekście zrównoważonej i inteligentnej mobilności. Ponadto przedstawiono wybrane nowoczesne rozwiązania w mieście Pekin. Przedstawiono także wyniki przeprowadzonej analizy SWOT.

1. Zrównoważona i inteligentna mobilność w kontekście rozwoju miast

Współcześnie miasta nieustannie się rozwijają i dążą do zastosowania najnowszych oraz efektywnych rozwiązań technologicznych, aby poprawić jakość życia mieszkańców [Dąbrowska i in., 2023, s. 136-137]. Rozwój miast może być rozumiany jako rozwój materialny, obejmujący takie elementy jak powstawanie nowych budynków czy poprawa infrastruktury drogowej. Jednak równie ważny jest rozwój niematerialny, który obejmuje aspekty takie jak relacje międzyludzkie w grupach

czy w różnych środowiskach społecznych [Słaboń, 2017, s. 26]. Wdrażanie nowoczesnych rozwiązań będzie zależało od wielu czynników. Autorzy Zhang i inni [2023] uporządkowali i określili grupy czynników wpływających na innowacje i rozwój miast, do których można zaliczyć czynniki:

- naturalne – jakość środowiska, położenie geograficzne, skala miasta;
- społeczne – struktura populacji, zarządzanie rządowe, środki usługowe;
- ekonomiczne – poziom gospodarczy, struktura przemysłowa, innowacja technologiczna [Zhang i in., 2023, s. 2080-2082].

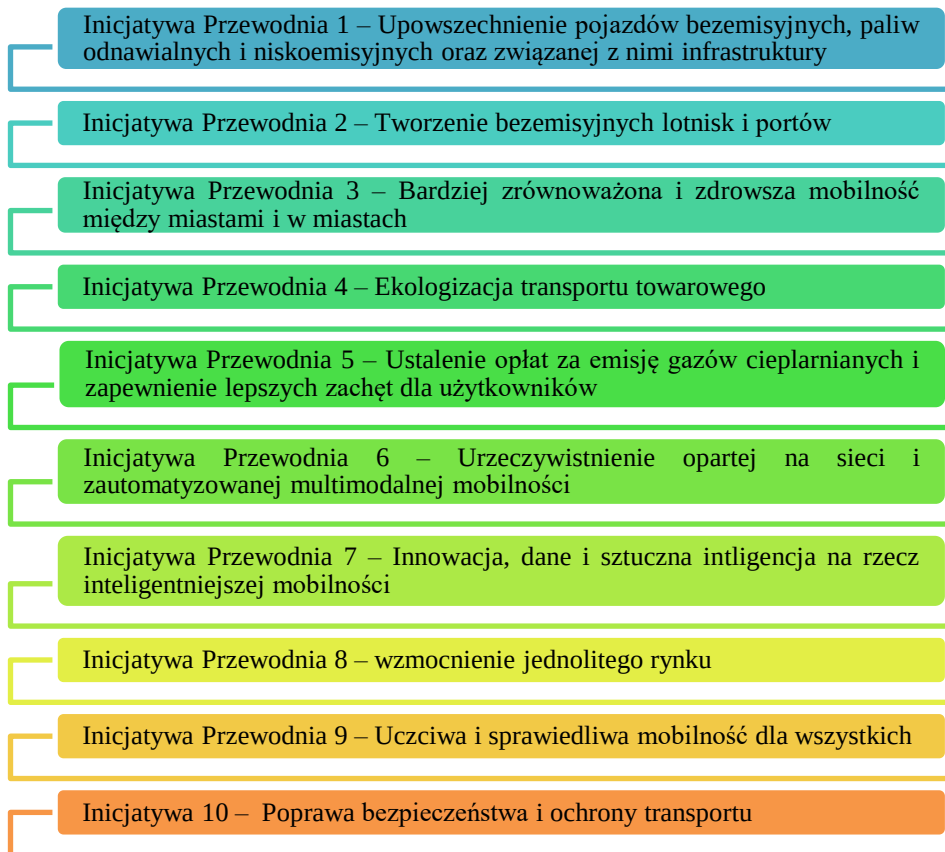
Rozwój miast stanowi nieustanny proces, który wymaga holistycznego podejścia oraz inteligentnego wykorzystania dostępnych zasobów i możliwości [Augustyn, 2020, s. 7]. W tym kontekście, kluczową rolę odgrywa transport miejski, który stanowi istotny czynnik napędzający rozwój społeczny, gospodarczy oraz infrastrukturalny miast. Jednak jego dynamiczny rozwój często wiąże się z wystąpieniem licznych problemów o charakterze środowiskowym i społecznym [Matej i in., 2021, s. 24-26]. Do głównych problemów związanych z rozwojem transportu miejskiego można zaliczyć:

- wzrost zanieczyszczeń powietrza – transport stanowi dominujące źródło emisji zanieczyszczeń powietrza, gleby oraz wody (aż 24% światowych emisji CO₂) [Komisja Europejska, 2020];
- zwiększającą się liczbę ludności zamieszkujących obszary miejskie – obecnie poziom wynosi 55% i ma wzrosnąć do 68% do 2050 roku [Marvuglia i in., 2020];
- aż 96% obywateli Unii Europejskiej jest narażone na zły poziom jakości powietrza [Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2020, s. 8];
- blisko 40% populacji Unii Europejskiej jest narażone na wysoki poziom hałasu drogowego, który przekracza 55 dB dziennie [Korneć, 2018, s. 75].

W kontekście rozwoju miast głównym problemem jest wzrost zanieczyszczeń powietrza, który jest spowodowany nadmiernym stosowaniem samochodów przez społeczeństwo [Gulc i Budna, 2024, s. 1; Szpilko i in., 33]. Według Victor, Geels i Sharpe [2019] samochody stanowią około 7% globalnych emisji gazów cieplarnianych i aż 50% w ogólnej emisji w sektorze transportu [Victor i in., 2019]. Autorzy Griffiths, Furszyfer i Sovacool [2021] zwracają uwagę, iż do 2040 roku całkowita liczba samochodów osobowych na świecie ma wzrosnąć o jedną trzecią [Griffiths i in., 2021, s. 2]. Dążenie do zapobiegania powyższych problemów stanowi długoterminowy priorytet dla wielu miast i stanowi ogromne wyzwanie. Jednym z możliwych sposobów rozwiązania problemów, których źródłem jest transport miejski, jest zastosowanie rozwiązań w ramach koncepcji zrównoważonej i inteligentnej mobilności miejskiej (ang. *sustainable and smart urban mobility*).

Koncepcja zrównoważonej i inteligentnej mobilności odnosi się do integracji innowacyjnych rozwiązań transportowych, które uwzględniają równocześnie aspekty ekonomiczne, społeczne i środowiskowe, promując efektywne i zrównoważone formy podróży oraz poprawiając jakość życia mieszkańców. Według Cepeliauskaite i innych [2021] inteligentna mobilność to wykorzystanie nowoczesnych technologii oraz sprawnie działających systemów transportowych w celu usprawnienia przemieszczania się i poprawy efektywności transportu miejskiego [Cepeliauskaite, 2021, s. 2]. Autorzy Tomaszewska i Florea [2018] definiują inteligentną mobilność jako rozwój działań logistycznych i transportowych z wykorzystaniem inteligentnych technologii cyfrowych [Tomaszewska & Florea, 2018, s. 41-42]. Stosowanie najnowszych rozwiązań technologicznych nie osiągnęłoby pełnego sukcesu bez wsparcia ze strony zrównoważonej mobilności, która jest definiowana jako silniejsza podstawa transportu zbiorowego, wdrażanie lepszych możliwości w zakresie aktywności mobilnej oraz wydajną i bez emisyjną logistykę miejską [Komisja Europejska, 2021]. Zrównoważona mobilność polega również na zmianie zachowań komunikacyjnych mieszkańców [Augustyn, 2020, s. 44] oraz uwzględnieniu wyzwań klimatycznych i środowiskowych [GOV Polska Wschodnia, 2017].

Komisja Europejska zwraca szczególnie uwagę na koncepcję zrównoważonej i inteligentnej mobilności w dokumencie „*Strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport ku przyszłości*” [Komisja Europejska, 2020]. Najważniejszym elementem strategii jest dziesięć inicjatyw przewodnich, które będą filarami prac Komisji Europejskiej przez kolejne cztery lata (rys. 1).



Rys. 1. Inicjatywy przewodnie „Strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport na drodze ku przyszłości”

Źródło: opracowanie własne na podstawie Strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności - transport europejski na drodze ku przyszłości (2020), Komisja Europejska, <https://eur-lex.europa.eu> [20.03.2024].

Najważniejszym celem Unii Europejskiej jest wprowadzanie działań związanych z ograniczaniem emisji gazów cieplarnianych w sektorze transportowym, zwiększeniem ruchu kolei w transporcie towarowym, digitalizacja czy zastosowanie alternatywnych źródeł energii [Komisja Europejska, 2020].

2. Charakterystyka rozwiązań zrównoważonej i inteligentnej mobilności miejskiej

W zależności od celów, potrzeb użytkowników, dostępności zasobów finansowych oraz unikatowych cech i wyzwań miast, implementacja nowoczesnych rozwiązań może okazać się nieskuteczna w jednym miejscu, podczas gdy w innym może przynieść oczekiwane rezultaty. Istotne jest, aby władze miasta opracowały własne rozwiązania, które mogą skupiać się na aspektach technologicznych (jak elektromobilność), organizacyjnych (regulacje prawne) czy czysto ekonomicznych (mechanizmy finansowe).

Próbę pogrupowania rozwiązań w zakresie zrównoważonej i inteligentnej mobilności zaproponował Holden i inni [2020] wskazując trzy narracje takie jak:

- a) elektromobilność,
- b) transport zbiorowy,
- c) społeczeństwo o niskiej mobilności [Holden i in., 2020, s. 5].

Pierwsza narracja oznacza przejście od pojazdów napędzanych tradycyjnymi paliwami kopalnymi do pojazdów elektrycznych, które są zasilane energią pochodzącą z odnawialnych źródeł. Przykładowymi rozwiązaniami są:

- pojazdy elektryczne [Alanzi, 2023, s. 2];
- pojazdy wodorowe [Hassan i in., 2023, s. 1];
- elektryczne rowery [Wasik i in., 2018, s. 1; Kwiatkowski i in., 2021, s. 10-11];
- elektryczne hulajnogi [Aarhaug i in., 2023, s. 1-2].

Druga narracja odnosi się do środków komunikacji zbiorowych w miastach, tak aby zwiększać popularność komunikacji miejskiej poprzez szereg udogodnień jak:

- elektroniczne bilety [Kachniewska, 2020, s. 65-66];
- budowa Park&Ride [Ortega i in., 2021, s. 1], czy Bike&Ride [Hamidi i in., 2019, s. 1];
- platformy Mobility-as-a-Service (MaaS) [Dyczkowska, 2023, s. 4092-4093; Kuźmich i in., 2022, s. 157-158].

Trzecia narracja odnosi się do ogólnej redukcji ilości i odległości podróżowania samochodem i samolotem. W tym celu możliwymi rozwiązaniami jest:

- stosowanie stref tempo 30 [www.who.int, 19.03.2024];
- zwiększenie opłat parkingowych [Urząd Miasta Poznania, 2021, s.16];
- promowanie miejskiego transportu poprzez różnorodne kampanie [Kos-Łabędowicz, 2017, s. 137-140].

Na całym świecie w miastach podejmowane są różnorodne działania w celu promowania rozwiązań zrównoważonej mobilności i redukcji emisji związanych

z transportem [Sydorów i in., 2023, s. 9]. Te działania obejmują inicjatywy zarówno na poziomie lokalnym, jak i globalnym, ponieważ miasta współpracują ze sobą, wymieniając najlepsze praktyki i ucząc się od siebie nawzajem. Ponadto, rozwój technologiczny odgrywa kluczową rolę w tym procesie, umożliwiając wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań, takich jak inteligentne systemy transportowe, które poprawiają efektywność i bezpieczeństwo podróży [Kręć, 2020, s. 42-43].

3. Wybrane nowoczesne rozwiązania w zakresie zrównoważonej i inteligentnej mobilności w mieście Pekin

Wprowadzenie najnowszych innowacji w dziedzinie zrównoważonej i inteligentnej mobilności stało się kluczowym wyzwaniem dla miast na całym świecie, a jednym z regionów, który wyprzedza inne pod względem postępu, są chińskie metropolie, a zwłaszcza stolica, Pekin. Miasto Pekin jest stolicą Chińskiej Republiki Ludowej o powierzchni 16 406 km² z 21,8 mln mieszkańców [https://www.statista.com, 23.04.2024]. Pełni kluczową rolę jako główne centrum polityczne, edukacyjne, kulturalne i historyczne kraju, gdzie skupiają się ważne uczelnie oraz instytucje [https://www.intertraffic.com, 23.04.2024].

Według niedawno opublikowanego rankingu Global Top 100 SMILE Cities w latach 2022-2023 i Global New Smart City (SMILE Index), trzy z głównych miast z Chin, zaklasyfikowały się w pierwszej dziesiątce w dziedzinie inteligentnych miast. Pekin zyskał trzecią pozycję jako wiodące centrum inteligentnych miast, gdzie zaawansowane technologie są wykorzystywane do efektywnego zarządzania infrastrukturą miejską oraz poprawy jakości życia mieszkańców [https://investin-china.chinadaily.com.cn, 23.04.2024].

Według IMD Smart City Index 2023 miasto Pekin zyskało 12 miejsce pod względem ewolucji wydajności miasta. Porównując jego 20 pozycję w 2019, widoczne są postępy i inwestycje w infrastrukturę. Świadczy to o zaangażowaniu miasta w rozwój inteligentnych rozwiązań [https://www.imd.org/, 23.04.2024].

Obecnie miasto Pekin przechodzi znaczące zmiany w trendach globalizacji, kontynuując zmianę w smart city i poprawę jakości życia mieszkańców. Zaobserwowana ewolucja przynosi różnorodne, wielokulturowe i międzynarodowe perspektywy. Jednakże wraz z działaniami przedsiębiorców i rozwojem globalizacji, pojawiają się wyzwania społeczne, ekonomiczne, środowiskowe oraz związane z aspektami zapewnienia bezpieczeństwa oraz sprawnej komunikacji miejskiej. W jaki sposób podejść na nowo do tych samych problemów i jak stworzyć nowe rozwiązania, które staną naprzeciw tym problemom? Będzie to pytanie towarzyszące inżynierom, odpowiedzialnym za ulepszanie przestrzeni społecznej Pekinu, za każdym razem,

ponieważ przy tak szybkim rozwoju, trudno jest sprostać wszystkim wyzwaniom [https://link.springer.com, 23.04.2024].

Biorąc pod uwagę osiągnięcia miasta i stosunkowo wysokie jego miejsce w rankingach, można stwierdzić, iż wprowadzane rozwiązania i ulepszenia są satysfakcjonujące. Według trzech narracji Holden i innych [2020] można je sklasyfikować następująco:

Elektromobilność



- elektryczne autobusy
- wodorowe autobusy
- elektryczne taksówki
- samojezdne, elektryczne taksówki
- rowery elektryczne
- elektryczny latający pojazd

Transport 2.0



- kolej magnetyczna Maglev
- autonomiczne pociągi
- samojezdny autobus
- metro
- skutery
- rowery

Społeczeństwo o niskiej mobilności



- strefa tempo 30/ Low emission zone
- opłaty za dostęp do infrastruktury
- wprowadzenie rygorystycznych norm emisyjnych
- wprowadzenie platformy Mobility As a Service
- rządowe programy np. *smart pedestrian bridges* czy *smart lamp poles*

Rys. 2. Rozwiązania w zakresie zrównoważonej i inteligentnej mobilności w mieście Pekin

Źródło: opracowanie własne.

Najbardziej powszechnym środkiem transportu w Pekinie jest autobus miejski (rysunek 3), którego przejazd jest najtańszy w porównaniu do metra czy kolei. Dziennie przewozi on około 9,6 mln pasażerów. Posiada 1020 tras, które przebiegają w centrum miasta, na przedmieściach oraz w odległych prowincjach. Autobusy dodatkowo poruszają się wokół popularnych miejsc turystycznych, co ułatwia zwiedzanie oraz wykonują kursy w godzinach nocnych. [https://en.wikipedia.org, 27.04.2024]. Pasażerowie autobusu mogą kupować bilety za pomocą zeskanowania kodu QR, płacenia kartą oraz gotówką. Pekin dba o ekologię oraz zrównoważony rozwój poprzez wprowadzanie autobusów napędzanych wodorem. W Pekinie funkcjonuje 20 autobusów napędzanych wodorem, wyposażonych w najnowocześniejsze systemy wodorowych ogniw paliwowych, które są w stanie przejechać około 400 kilometrów na jednym tankowaniu. Obsługują one poranne i wieczorne kursy, tak aby głównie służyć jako dojazdy pracowników do przedsiębiorstw. Każdy z nich ma 12 metrów długości i możliwość przewozu 50 osób. Niektóre firmy specjalnie zakupują takie pojazdy specjalnie na ich potrzeby [http://www.beijingetown.com.cn, 02.04.2024]. W 2022 roku do użytku oddanych zostało 150 autobusów, które wykorzystano podczas Zimowych Igrzysk Olimpijskich [https://english.beijing.gov.cn, 17.04.2024].



Rys. 3. Autobus wodorowy

Źródło: na podstawie <https://www.insidethegames.biz> [27.04.2024].

Chiny są niepodważalnym liderem w produkcji autobusów elektrycznych – ich produkty stanowią 95% dostępnych na całym świecie. Sami również stanowią czołówkę, jeśli chodzi o ich użycie w transporcie publicznym. Z końcem 2022 roku, Ministerstwo Transportu ogłosiło, że 77% wszystkich autobusów miejskich w kraju stanowią „*new energy vehicle*”, obejmują one środki transportu zasilane wyłącznie elektrycznie, hybrydy plug-in i pojazdy z ogniwami zasilanymi paliwami alternatywnymi, takimi jak wodór czy metanol. W całej dostępnej flocie transportowej liczba ta wzrasta do 84% zasilanych tylko elektrycznie. Według danych z *World Resources Institute* jeszcze w 2015 roku 78% autobusów zasilanych było paliwem bądź gazem. Dzięki tym zmianom poprawia się jakość środowiska naturalnego i powietrze staje się czystsze [<https://www.bbc.com>, 06.04.2024]. Stolica Chin – Pekin zniknęła w ten sposób na dobre z listy 200 najbardziej zanieczyszczonych miast na świecie w 2019 roku [<https://news.cgtn.com>, 06.04.2024].

W Pekinie podróżować można również metrem np. linią nr 10, która jest najdłuższa na świecie, która liczy 690 km długości i nadal dynamicznie się rozwija. Łączy cztery części miasta, dzięki swojej okrężnej budowie. Dziennie z usług metra korzysta ponad 10 mln osób, a w 2019 r. z podziemnej sieci skorzystały 3,96 mld pasażerów [<https://www.sektorkolejowy.pl>, 25.04.2024]. Najnowsze odcinki mogą pełnić funkcję schronów atomowych i są odporne na ataki terrorystyczne [<https://turystyka.wp.pl>, 25.04.2024].

Wśród rozwiązań dotyczących inteligentnej mobilności znajduje się kolej magnetyczna Maglev (rysunek 4). Każdy pociąg mieści ponad 1300 pasażerów i rozwija maksymalną prędkość 100 km/h. Prędkości te są osiągane dzięki wykorzystaniu pola magnetycznego, które unosi pojazd nad torami i napędza go do przodu, eliminując przy tym opór tarcia. Ambicją Chin jest opanowanie szybkiej technologii Maglev tak, aby był to najszybszy na świecie środek publicznego transportu lądowego, który odznacza się nadzwyczajną szybkością, nawet do 603 km/h [<https://rolling-stockworld.com> - 20.04.2024].



Rys. 4. Kolej Maglev

Źródło: na podstawie <https://archive.shine.cn> [28.04.2024].

Kolejnym rozwiązaniem w zakresie inteligentnej mobilności są autonomiczne pociągi, które rozpędzają się do prędkości 350 km/h i mieszczą 564 pasażerów. To pierwsza na świecie inteligentna kolej dużych prędkości, która podczas samodzielnego poruszania się pociągu, maszynista kontroluje otwieranie drzwi, zwraca uwagę na przeszkody na trasie i reaguje w sytuacjach nadzwyczajnych. Wagony są wyposażone w sygnały 5G, inteligentne oświetlenie oraz 2718 czujników do zbierania danych w czasie rzeczywistym. Każdy fotel posiada panel sterowania z ekranem dotykowym i bezprzewodowe stacje ładujące. Na stacjach wdrożona technologia rozpoznawania twarzy, aby ułatwić pasażerom odnalezienie bagażu oraz odprawę [<https://edition.cnn.com>, 25.04.2024]. Projektując linie kolejowe wykorzystywane są analizy inteligentnych systemów transportu, które prognozują zapotrzebowanie na podróż koleją. Promowanie korzystania z linii kolejowych znacząco redukuje używanie pojazdów emitujących węgiel i zanieczyszczenia atmosferyczne [<https://emag.directindustry.com>, 25.04.2024].

W ostatnich latach prócz pojazdów silnikowych popularność zyskały dwukołowce, takie jak rowery i skutery. Firmy zajmujące się wypożyczaniem rowerów

ułatwiają proces, umożliwiając wypożyczenie ich w dowolnym miejscu w mieście. Ludzie stosując standardowe rowery napędzane pędem ludzkim oraz elektryczne, które zasilane są bateriami [<https://www.chinaexpatsociety.com>, 25.04.2024]. W 2019 roku została oddana do użytku pierwsza w Pekinie autostrada rowerowa o długości 6,5 km (rysunek 5), która zapewnia bezpieczne, szybkie i wygodne podróżowanie [<https://transition-china.org>, 25.04.2024].



Rys. 5. Droga dla rowerzystów

Źródło: na podstawie <https://www.chinadaily.com.cn> [28.04.2024].

Władze miasta dążą do poprawy i ulepszenia jakości tras rowerowych i parkingów, modernizacji i rozbudowy systemu rowerów do użytku publicznego, zwiększenia ilości miejsc do podróży w odległości umożliwiającej jazdę rowerem oraz integrację transportu rowerowego z systemem transportu publicznego na potrzeby społeczeństwa [<https://www.infobae.com>, 20.04.2024].

Ze względu na intensywny ruch uliczny, przyszłością mogą stać się elektryczne pojazdy, które przemieszczają się w strefie powietrznej (rysunek 6).



Rys. 6. Prototyp latającego pojazdu

Źródło: na podstawie <https://www.cnbc.com> [25.04.2024].

Latające środki transportu mieszczą dwóch pasażerów i unoszą się na wysokość od 5 do 25 metrów [<https://www.cnbc.com>, 24.04.2024]. Wyglądem przypominają drony i odbiegają od powszechnej budowy samochodów [<https://insideevs.com>, 24.04.2024]. Przedsiębiorstwo Xpeng zapowiedziało, że prototyp jest w fazie testów, a głównym utrudnieniem do wdrożenia go w życie codzienne są regulacje prawne.

Kolejnym innowacyjnym rozwiązaniem są samojezdne i elektryczne taksówki, które poprawiają bezpieczeństwo i wydajność podróżowania, bez wpływu na środowisko naturalne (rysunek 7) [<https://english.news.cn>, 03.04.2024]. Obecnie na terenie miasta występuje 116 pojazdów i użytkownicy oceniają je na ponad 95% zadowolenia.



Rys. 7. Samojezdne, elektryczne taksówki

Źródło: na podstawie <https://www.komputerswiat.pl> [25.04.2024]

Władze miasta narzuciły obowiązek przejścia na energię odnawialną do końca 2025 roku dla zwykłych taksówek, dlatego tego typu rozwiązanie może być przyszłościowe na całym świecie.

Kolejnym rozwiązaniem jest samojezdny, elektryczny autobus (rysunek 8), który jeździ z liceum Affiliated do Uniwersytetu Renmin, oddalonych od siebie o 8 kilometrów. Mogą z niego korzystać wyłącznie osoby posiadające dostęp, tak jak uczniowie i studenci tych jednostek. Samojedny pojazd jest planowanym na przyszłość rozwiązaniem komunikacyjnym, jednak obecnie ze względu na bezpieczeństwo jest w nim również personel, który wyłącznie w razie zagrożenia przejmuje kierownicę [<http://www.beijingetown.com>, 02.04.2024].



Rys. 8. Autonomiczne autobusy

Źródło: na podstawie <http://www.beijingetown.com.cn> [27.03.2024].

W kontekście społeczeństwa o niskiej mobilności można określić kilka rozwiązań jak wprowadzenie strefy niskiej emisji czy wprowadzenie specjalnych programów kontrolujących jakość powietrza i skupiających się na różnych źródłach powodujących zanieczyszczenie. Najlepiej w identyfikacji tych obszarów sprawdziło się założenie ponad tysiąca czujników monitorujących poziom PM_{2,5}. W 2016 roku, stworzono zaawansowaną i innowacyjną sieć tych czujników, wykorzystywały między innymi radar laserowy czy teledetekcję satelitarną o wysokiej rozdzielczości. Celem było osiągnięcie zrównoważonej mobilności na terenie miasta - rozwój transportu kolejowego, pieszego i zmniejszenie użycia pojazdów spalinowych. Osiągnięto zamierzone postanowienia, przez co Pekin stał się miastem przyjaznym swoim mieszkańcom - stawiając na transport publiczny, ruch pieszey i pojazdy zasilane odnawialnymi źródłami energii.

Innymi rozwiązaniami są rządowe programy jak wycofywanie starych pojazdów z użytku i wymiana ich na nowe, jak na przykład modernizacja floty autobusów miejskich, czy też wprowadzenie rygorystycznych norm emisyjnych. Zamknięto również różne fabryki i unowocześniono systemy grzewcze, aby zmniejszyć zużycie węgla. Z roku na rok nakłady finansowe i inwestycje w oczyszczanie powietrza są zwiększane [<https://wedocs.unep.org>, 23.04.2024]. Mając taką politykę i odnosząc sukcesy, Pekin stał się wzorem do naśladowania dla innych miast z całego świata walczących z tym problemem – samym Chinom udało się zredukować $\frac{3}{4}$ globalnego

zanieczyszczenia powietrza w latach 2013-2020 [https://sustainablemobility, 23.04.2024].

Nowoczesnym rozwiązaniem, które wspomaga społeczeństwo w stosowaniu rozwiązań w zakresie zrównoważonej i inteligentnej mobilności to koncepcja Mobility-as-Service (MaaS) jako platformy (rysunek 9). Szerzenie przyjaznego dla klimatu transportu ma kluczowe znaczenie dla osiągnięcia ograniczenia emisji dwutlenku węgla do 2030 roku. Koncepcja Mobility-as-Service (MaaS) ma na celu promowanie ekosystemów, ułatwiając integrację wszystkich usług transportowych w jeden spójny system. Platforma zawiera dane dotyczące podróży środkami transportu publicznego takimi jak: autobusy, metro czy kolej, a także współdzielonej mobilności do której należą spacer, jazda na rowerze i transport samochodowy. Mieszkańcy, którzy chcieliby wziąć udział w tej inicjatywie muszą zarejestrować się w Amap lub Baidu Maps. Umożliwi to zbieranie kredytów węglowych, które można wymienić na kupony transportu publicznego, bony na zakupy lub środki na sadzenie drzew [https://transition-china.org, 20.02.2024].



Rys. 9. Inicjatywa “Mobilność MaaS dla zielonego miasta”
Źródło: na podstawie https://transition-china.org [28.04.2024].

W Chinach, miliony turystów przemieszcza się w chaotyczny sposób – przekraczają tłumnie ulicę podczas gdy samochody są w ruchu, przechodzą na czerwonym świetle – niesie to ze sobą tragiczne konsekwencje, prowadząc do różnych zdarzeń drogowych. Rozwiązaniem tego problemu może być „*smart pedestrian bridges*”, czyli mosty, które znajdują się nad drogami, które posiadają możliwość interakcji

z przechodnimi czy akumulacji energii, która następnie będzie zasilać miejskie latarnie (rysunek 10). Prototyp posiada również czujniki badające środowisko, ruch uliczny czy atmosferę [<https://link.springer.com>, 20.04.2024]. Utworzona koncepcja „*smart pedestrian bridges*” jest rozwiązaniem, które może zachęcać do ich wykorzystywania dając możliwość zdobycia w ramach nagrody, punktów, które zostają przypisane do ich karty miejskiej.



Rys. 10. Wenchang Avenue Bridge nad rzeką Liangshui - przykład smartbridge
Źródło: na podstawie <http://www.beijingtow.com> [20.04.2024].

Kolejnym rozwiązaniem, które usprawni mobilność mieszkańców jest aplikacja, która zachęca ludzi do korzystania z przyjaznych środowisku środków transportu lub poruszania się pieszo, przy czym program zaplanuje trasę czy udzieli niezbędnych informacji, które przydadzą się w drodze – gdzie występują korki, prace remontowe, wyłączone z ruchu trasy. Poprzez stałe połączenie, zgrywałaby się z inteligentną infrastrukturą miasta, czy środkami transportu zbierając i analizując przy tym informacje, aby zapobiec przeciążeniu wąskich gardeł czy publicznych środków transportu [<https://link.springer.com>, 21.04.2024].

W ramach inteligentnych rozwiązań w Pekinie wprowadzono rozwiązanie „*smart lamp poles*” – inteligentne lampy uliczne. Tego typu oświetlenie zaczęło się pojawiać w mieście już od 2016 roku. Posiadają one takie technologie jak kamery monitorujące, transmitters Wi-Fi, małe stacje komunikacyjne i możliwość ładowania urządzeń. Inteligentne słupy oświetleniowe pomagają koordynować firmom tworzącym oba te urządzenie - pojazdy i lampy - pomiędzy samochodem a drogą. Takie strefy można spotkać między innymi na 28 skrzyżowaniach rozciągających się

wzdłuż 10-cio kilometrowej trasy [<http://www.beijingetown.com>, 23.04.2024]. Monitorują one i zbierają informacje o przebiegu ruchu drogowego i pieszego, pozwalając wprowadzać ulepszenia i nadzorować bezpieczeństwo w bardzo prosty i szybki sposób [<https://www.fondalighting.com>, 23.04.2024].

4. Samojezdne, elektryczne autobusy – analiza SWOT

Zastosowanie samojednych, elektrycznych autobusów w celu dojazdu do szkół czy miejsca pracy niesie ze sobą wiele korzyści jak i wad. Do pełniejszej analizy wykorzystania tego nowoczesnego rozwiązania wykorzystano analizę SWOT. Poprzez zastosowanie analizy, autorzy określają mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia z zastosowania tego rozwiązania. W tabeli 1 przedstawiono analizę SWOT dotyczącą wykorzystania samojednych, elektrycznych autobusów.

Tab. 1. Analiza SWOT

Mocne strony (S)	Słabe strony (W)
ekologiczna zmiana (polepszony wizerunek szkoły czy przedsiębiorstwa) nieemisyjny środek transportu (napęd elektryczny/wodorowy), wygoda w korzystaniu dzięki połączeniu z siecią (aplikacja), szybszy, bardziej zorganizowany środek transportu, wzbudzenie zainteresowania wśród ludzi/turystów/społeczeństwa.	droższa eksploatacja, trudne do wdrożenia poprzez restrykcje prawne wymagana odpowiednia infrastruktura – przystanki, stacje ładujące, mała ilość przeprowadzonych testów w działaniu systemu, ograniczona liczba użytkowników, użyłizacja części (bateria), ograniczony czas użytkowania - czas jazdy i ładowania, kosztowna wymiana części, ich ograniczony zasób i modele.
Szanse (O)	Zagrożenia (T)
wpływanie na rozwój w kierunku <i>sustainable and smart mobility</i> zwiększenie bezpieczeństwa w podróży do pracy/szkoły, spopularyzowanie rozwiązania po przeprowadzeniu większej ilości testów i badań, zbiorowy transport będzie eliminował indywidualne dojazdy do pracy, a w tym korki	polityka państwa wpływająca na przepisy dot. poruszania się pojazdu na drogach, likwidacja miejsc pracy kierowców, negatywne nastawienie ze strony społeczeństwa na zmianę.

Źródło: opracowanie własne.

Analizując uzyskane wyniki można wywnioskować, iż samojezdny i elektryczny pojazd do dojazdu do pracy czy szkoły oferuje ekologiczną zmianę, poprawiając wizerunek szkół czy przedsiębiorstw. Wykorzystanie aplikacji zapewniającej wygodę użytkownika oraz szybszy, bardziej zorganizowany transport może wzbudzić zainteresowanie społeczności. Istnieje szansa na wpływ na rozwój zrównoważonej i inteligentnej mobilności oraz zwiększenie bezpieczeństwa podróży. Jednakże, droższa eksploatacja, trudności w wdrożeniu z powodu restrykcji prawnych, konieczność odpowiedniej infrastruktury oraz ograniczona liczba użytkowników mogą stanowić wyzwania. Dodatkowo, istnieją zagrożenia związane z polityką państwową, likwidacją miejsc pracy dla kierowców oraz negatywnym nastawieniem społeczeństwa do zmian, jednakże wraz z postępem technologicznym i coraz większym zaangażowaniem miast w walkę ze zmianami klimatycznymi, można spodziewać się, że samojezdne elektryczne pojazdy staną się coraz bardziej powszechne na całym świecie, a ich rozwój będzie kluczowy dla przyszłości transportu publicznego.

Podsumowanie

W miastach na całym świecie, w tym także w Europie, coraz większą uwagę przywiązuje się do usprawniania komunikacji oraz przepływu ludzi [Angelidou i in., 2022, s. 1]. W odpowiedzi na rosnące wyzwania związane z zatłoczeniem ulic, zanieczyszczeniem powietrza i potrzebą zapewnienia szybkiego i wygodnego transportu dla mieszkańców, miasta wdrażają nowoczesne rozwiązania [Szpilko i in., 2023, s. 53].

W Europie Unia Europejska aktywnie angażuje się w promowanie innowacyjnych rozwiązań transportowych poprzez różnorodne inicjatywy i działania. Niemniej jednak, coraz częściej można zauważyć, że najbardziej rewolucyjne koncepcje i technologie pochodzą z wschodnich sąsiadów, takich jak Chiny.

W mieście Pekin w Chinach zostało zastosowanych wiele rozwiązań w zakresie zrównoważonej i inteligentnej mobilności jak magnetyczna kolej Maglev czy autonomiczne autobusy, platformy Mobility As a Service. Rozwiązania te można podzielić według trzech kategorii elektromobilności, transportu zbiorowego czy społeczeństwa o niskiej mobilności. Jednym z kluczowych rozwiązań jest rozwój samojezdnych elektrycznych pojazdów. Takie środki transportu oferują szereg korzyści, w tym redukcję emisji, zwiększenie bezpieczeństwa drogowego i optymalizację wykorzystania infrastruktury drogowej. Ponadto, technologia samojezdnych pojazdów może przyczynić się do zwiększenia efektywności transportu publicznego poprzez zautomatyzowane zarządzanie ruchem drogowym i optymalizację tras.

Perspektywy rozwoju samojedźnych elektrycznych pojazdów są obiecujące nie tylko dla Pekinu, ale także dla całego świata. W miarę rosnącej świadomości ekologicznej i potrzeby redukcji emisji, pojazdy elektryczne zyskują na popularności. Dodatkowo, rozwój technologii autonomii pozwala na bardziej efektywne i bezpieczne wykorzystanie pojazdów, co może prowadzić do zmniejszenia zatorów drogowych i poprawy jakości życia w miastach. Jednakże, aby osiągnąć pełny sukces, konieczna jest również zmiana świadomości społecznej i promowanie zachowań proekologicznych, co wymaga ścisłej współpracy między władzami lokalnymi, społecznością oraz sektorem prywatnym. Tylko poprzez holistyczne podejście i zaangażowanie wszystkich zainteresowanych stron możliwe będzie stworzenie bardziej zrównoważonej przyszłości mobilności miejskiej.

ORCID iD

Klaudia Budna: <https://orcid.org/0000-0002-3375-0890>

Literatura

1. Aarhaug J., Fearnley N., Johnsson E. (2023), *E-scooters and public transport – Complement or competition?*, Research in Transportation Economics 98, 101279.
2. Alanazi, F. (2023), *Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation*, Applied Science 13(10), 6016.
3. Angelidou M., Politis C., Panori A., Bakratsas T., Fellnhöfer K. (2022), *Emerging smart city, transport and energy trends in urban settings: Results of a pan-European foresight exercise with 120 experts*, Technological Forecasting and Social Change 183, 121915.
4. Augustyn A., *Zrównoważony rozwój miast w świetle idei smart city*, Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok 2020.
5. BBC, <https://www.bbc.com>, [06.04.2024].
6. Beijingetown, <http://www.beijingetown.com.cn>, [02.04.2024].
7. Cepeliauskaite G., Keppner B., Simkute Z., Stasiskiene Z., Leuser L., Kalnina I., Kotovica N., Andiš J., Muiste M. (2021), *Smart-Mobility Services for Climate Mitigation in Urban Areas: Case Studies of Baltic Countries and Germany*, Sustainability 13(8), s. 1-19.
8. Chinadaily, <https://www.chinadaily.com.cn> [28.04.2024].
9. Chinaexpatsociety, <https://www.chinaexpatsociety.com>, [25.04.2024].
10. CNBC, <https://www.cnbc.com> [25.04.2024].

11. Dąbrowska K., Galińska D., Jamiołkowska A., Kostiuczuk D., Panasewicz K. (2023), *Nowoczesne technologie i usługi z zakresu logistyki miejskiej. Studium przypadku miasta Szanghaj*, Akademia Zarządzania 7(1), s. 134-148.
12. Dyczkowska J., Olkiewicz M., Chamier-Gliszczyński N., Królikowski T. (2023), *Mobility-as-a-Service (MaaS) as a solution platform for the city and the region: case study*, Procedia Computer Science 225, s. 4092-4100.
13. EMAG, <https://emag.directindustry.com>, [25.04.2024].
14. English NEWS, <https://english.news.cn>, [03.04.2024].
15. Fondalighting, <https://www.fondalighting.com>, [23.04.2024].
16. GOV Beijing <https://english.beijing.gov.cn>, [17.04.2024].
17. GOV Polska Wschodnia, Zrównoważona mobilność – nowe możliwości dla miast, www.polskawchodnia.gov.pl [20.03.2024].
18. Griffiths S., Furszyfer Del Rio D., Sovacool B. (2021), *Policy mixes to achieve sustainable mobility after the COVID-19 crisis*, Renewable and Sustainable Energy 143, 11091.
19. Gulc A., Budna K. (2023), *Czynniki determinujące wdrożenie rozwiązań z zakresu zrównoważonej i inteligentnej mobilności*, Przegląd Organizacji 3, s. 24-36.
20. Gulc A., Budna K. (2024), *Classification of Smart and Sustainable Urban Mobility*, Energies 17, 2148.
21. Hamidi Z., R. Camporeale, Caggiani L. (2019), *Inequalities in access to bike-and-ride opportunities: Findings for the city of Malmö*, Transportation Research Part A: Policy and Practice 130, s. 673-688.
22. Hassan, Q., Azzawi, I.D.J., Sameen, A.Z., Salman, H.M. (2023), *Hydrogen Fuel Cell Vehicles: Opportunities and Challenges*, Sustainability 15, 11501.
23. Holden E., Banister D., Gössling S., Gilpin G., Linnerud K. (2020), *Grand Narratives for sustainable mobility: A conceptual review*, Energy Research & Social Science 65, s. 1-19.
24. IMD, <https://www.imd.org/>, [23.04.2024].
25. Infobae, <https://www.infobae.com>, [20.04.2024].
26. Inside EVs, <https://insideevs.com>, [24.04.2024].
27. Insidethegames, <https://www.insidethegames.biz> [27.04.2024].
28. Intertraffic, <https://www.intertraffic.com>, [23.04.2024].
29. Investchina, <https://investinchina.chinadaily.com.cn>, [23.04.2024].
30. Kachniewska M. (2020), *Factors and barriers to the development of smart urban mobility - the perspective of Polish medium-sized cities*. [W] A. Ujwary-Gil, M. Gancarczyk (Red.) New Challenges in Economic Policy, Business, and Management, (pp. 57-83). Warszawa, Polska: Institute of Economics, Polish Academy of Sciences.
31. Komputer Świat, <https://www.komputerswiat.pl> [25.04.2024].

32. Korneć R. (2018), *System Transportu Miejskiego Wobec Zrównoważonego Rozwoju*, Studia Miejski 30, s. 71-84.
33. Kos-Łabędowicz J. (2017), *Działania promocyjne związane z koncepcją zrównoważonej mobilności miejskiej*, Marketing i Zarządzanie 1(47), s. 131-142.
34. Kręt P. (2020), *Inteligentne systemy transportowe w smart city*, Zarządzanie i Jakość 2(2), s. 42-54.
35. Kuźmich K. A., Ryciuk U., Glińska E., Kiryluk H., Rollnik-Sadowska E. (2022), *Perspectives of mobility development in remote areas attractive to tourists*, Ekonomia I Środowisko 1(80), s. 150-188.
36. Kwiatkowski M. A., Grzelak-Kostulska E., Biegańska J. (2021), *Could It Be a Bike for Everyone? The Electric Bicycle in Poland*, Energies 14, 4878.
37. Marvuglia A., Havinga L., Heidrich O., Fonseca J., Gaitani N., Reckien D. (2020), *Advances and challenges in assessing urban sustainability: an advanced bibliometric review*, Renewable and Sustainable Energy 124, 109788.
38. Matej C., Burghout W., Jenelius W., Babicheva T., Leffler D. (2021), *Integrating Demand Responsive Services into Public Transport Disruption Management*, IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems 2, s. 24-36
39. Müller-Eie D., Kosmidis I. (2023), *Sustainable mobility in smart cities: a document study of mobility initiatives of mid-sized Nordic smart cities*, European Transport Research Review 15(36), s. 1-12.
40. News CGTN, <https://news.cgtn.com>, [06.04.2024].
41. Nowe unijne ramy mobilności miejskiej (2021), Komisja Europejska, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=COM%3A2021%3A811%3AFIN> [20.03.2024].
42. Ortega J., Tóth J., Péter T. (2021), *Planning a Park and Ride System: A Literature Review*, Future Transportation 1, s. 82-98.
43. Rollingstockworld, <https://rollingstockworld.com> [20.04.2024].
44. Sektor kolejowy, <https://www.sektorkolejowy.pl>, [25.04.2024].
45. Shine, <https://archive.shine.cn> [28.04.2024].
46. Słaboń A. (2017), *Rozwój miasta – społeczna dynamika przekształceń*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie 3(963), s. 23-37.
47. Sprawozdanie specjalnie. Zrównoważona mobilność w miastach w UE - bez zaangażowania ze strony państw członkowskich nie będzie możliwe istotna poprawa (2020), Europejski Trybunał Obrachunkowy, https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR20_06/SR_Sustainable_Urban_Mobility_PL.pdf [20.03.2024].
48. Springer, <https://link.springer.com>, [23.04.2024].

49. Strategia na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności - transport europejski na drodze ku przyszłości (2020), Komisja Europejska, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0013.02/DOC_1&format=PDF [20.03.2024].
50. Sustainable Mobility, <https://sustainablemobility>, [23.04.2024].
51. Sydorów M., Chmiel B., Żukowska S. (2023), *Wyzwania zrównoważonej mobilności miejskiej na tle polityki miejskiej Unii Europejskiej: wybrane przykłady*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG 26(1), s. 9-21.
52. Szpilko D., Budna K., Drmeyer H., Remiszewska A. (2023), *Sustainable and smart mobility – research directions. A systematic literature review*, Economics and Environment, 86, pp. 31-61.
53. Szpilko D., Ejdyś J. (2022). *European Green Deal – Research directions. A systematic literature review*, Ekonomia i Środowisko 2(81), s. 8-38.
54. Szpilko D., Jimenez Naharro F., Lăzăroiu G., Nica E., de la Torre Gallegos A. (2023), *Artificial intelligence in the smart city — a literature review*, Engineering Management in Production and Services 15 (4), s. 53-75.
55. Tomaszewska E. J., Florea A. (2018), *Urban smart mobility in the scientific literature — bibliometric analysis*, Engineering Management in Production and Services 10 (2), s. 41-56.
56. Transition China, <https://transition-china.org>, [25.04.2024].
57. Urząd Miasta Poznania (2021). Plan Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Miasta Poznania <https://www.poznan.pl/mim/komunikacja/-,p,47184,60593.html> [20.04.2024].
58. Victor D.G., Geels F.W., Sharpe S. (2019), *Accelerating the low carbon transition: the case for stronger, more targeted and coordinated international action*. London, Manchester, San Diego California.
59. Wasik E., Czech P., Figlus T., Turoń K., Kałuża R. (2018), *Rower elektryczny jako przyszłość ekotransportu*, Autobusy. Eksploatacja i testy 6, s. 771-779.
60. Wikipedia, <https://en.wikipedia.org>, [27.04.2024].
61. World Health Organization, <https://www.who.int> [20.03.2024].
62. Wp, <https://turystyka.wp.pl>, [25.04.2024].
63. Zhang JX., Cheng JW., Philbin S.P., Ballesteros-Pérez P., Skitmore M., Wang G. (2023), *Influencing factors of urban innovation and development: a grounded theory analysis*. Environment Development Sustainability 25, s. 2079–2104.

Modern solutions for smart and sustainable urban mobility. A case study of the city Beijing

Abstract

Modern cities are faced with a number of environmental, economic or social challenges in order to enhance the well-being of their inhabitants. In the context of dynamic global change, cities are facing increasing urbanization, environmental degradation and economic pressures. In response to these challenges, it is necessary to introduce state-of-the-art solutions that will contribute to achieving sustainable urban development. The aim of this paper is to identify state-of-the-art solutions in the field of intelligent and sustainable urban mobility, which contribute to the development and improvement of cities. The characteristics of these solutions have been prepared on the basis of a literature review and websites. A SWOT analysis was also carried out to show the strengths and weaknesses of electric, self-driving vehicles, as well as the opportunities and threats associated with this solution. The results of the analysis show the many benefits and opportunities as well as the potential losses and risks associated with using electric and self-driving vehicles to transport people to work or school, for example.

Key words

sustainable and intelligent mobility, modern solutions, self-driving and electric vehicle