

Transport w Smart City –

zrównoważony transport w zdrowej tkance miejskiej

Redakcja naukowa

Katarzyna Kolasińska-Morawska, Łukasz Sułkowski,
Marta Brzozowska, Paweł Morawski



Transport w Smart City – zrównoważony transport w zdrowej tkance miejskiej

Redakcja naukowa

Katarzyna Kolasińska-Morawska, Łukasz Sułkowski,
Marta Brzozowska, Paweł Morawski

Akademia WSB
WSB University

Dąbrowa Górnicza 2025

*To, co dziś jest rzeczywistością,
wczoraj było nierealnym marzeniem.*

Paulo Coelho

Transport w Smart City – zrównoważony transport w zdrowej tkance miejskiej

Redakcja naukowa

dr Katarzyna Kolasińska-Morawska

prof. dr hab. Łukasz Sułkowski

dr inż. Marta Brzozowska

dr inż. Paweł Morawski

Projekt okładki

Wojciech Ciągło Studio DTP

DTP publikacji

Wojciech Ciągło Studio DTP, www.dtp-studio.pl

Korekta

Anna Zdonek

ISBN 978-83-67673-67-9

Wydawca

Akademia WSB

ul. Ciepłaka 1c, 41-300 Dąbrowa Górnicza, tel. (32) 295 93 59

e-mail: wydawnictwo@wsb.edu.pl, www.wsb.edu.pl

© Copyright by Akademia WSB

Kopiowanie w całości lub we fragmentach zabronione

Dąbrowa Górnicza 2025

Spis treści

Wprowadzenie 13

KATARZYNA KOLASIŃSKA-MORAWSKA, ŁUKASZ SUŁKOWSKI,
MARTA BRZozowska, PAWEŁ MORAWSKI

Rozdział 1 21

Miasto – ewolucja fenomenu koncentracji ludności

KATARZYNA KOLASIŃSKA-MORAWSKA, ŁUKASZ SUŁKOWSKI

Wstęp	21
1.1. Historyczny rys początków miast	22
1.2. Istota i ujęcia definicyjne miasta	27
1.3. Fenomen koncentracji ludności	33
Zakończenie	38
Bibliografia	39

Rozdział 2 43

Miasto przyszłości – miasto regeneratywne

ŁUKASZ SUŁKOWSKI, WALDEMAR OLBRYK

Wstęp	43
2.1. Atraktory transformacji i metabolizmu miast	44
2.2. Adaptacyjne wariacje koncepcji miasta	50
2.3. Przejście od Smart City do miasta regeneratywnego	57
2.4. Smart City przyszłości w dyktacie regeneratywnym	67
Zakończenie	69
Bibliografia	70

Rozdział 3**73****Planowanie mobilności w mieście inteligentnym**

JACEK SZOŁTYSEK, JAKUB STĘCHŁY

Wstęp	73
3.1. Wprowadzenie do mobilności w Smart City	74
3.2. Inteligencja miasta a skłonności do modyfikowania mobilności	79
3.3. Wymiary nowej mobilności i uwarunkowania jej realizacji	89
3.4. Wyzwania dla planowania mobilności – czy inteligencja miasta zmienia reguły?	92
3.5. Praktyczne studium przypadku	99
Bibliografia	108

Rozdział 4**111****Transport danych – istotność danych w Smart City**

PAWEŁ MORAWSKI, MATEUSZ MASTALERZ

Wstęp	111
4.1. Infrastruktura transportu danych	112
4.2. Proces transportu danych	116
4.3. Systemy transportu i przesyłania danych	126
4.4. Wyzwania związane z transportem danych	132
4.5. Nowe technologie i przyszłe trendy	138
4.6. Praktyczne zastosowania – Singapur i Barcelona	144
Zakończenie	146
Bibliografia	148

Rozdział 5**149****Transport publiczny**

REMIGIUSZ KOZŁOWSKI, RAFAŁ ADAMEK, MICHAŁ SZYMAJDA

Wstęp	149
-------------	-----

5.1. Definicja i znaczenie transportu publicznego	150
5.2. Rodzaje transportu publicznego na obszarze miasta	153
5.3. Uwarunkowania i zasady działania systemu finansowania transportu publicznego	157
5.4. Bezpieczeństwo w transporcie publicznym	161
5.5. Kierunki ewolucji transportu publicznego	163
Zakończenie	171
Bibliografia	172

Rozdział 6

175

Transport samochodowy w Smart City

KATARZYNA KOLASIŃSKA-MORAWSKA, PAWEŁ MORAWSKI,
JANUSZ BUGAJSKI

Wstęp	175
6.1. Organizacyjne aspekty funkcjonowania transportu samochodowego w Smart City	176
6.2. <i>Smart car</i> , czyli cyfrowa transformacja samochodów	182
6.3. Elektromobilność remedium na problemy środowiskowe miast	204
6.4. Innowacje technologiczne w eksploatacji samochodu	209
6.5. Inteligentne systemy współdzielonej mobilności transportu samochodowego	213
6.6. Transport samochodowy ładunków w Smart City	225
Zakończenie	227
Bibliografia	228

Rozdział 7

235

Transport mikromobilny

MONIKA ZIÓŁKO, PATRYK STAWIARSKI

Wstęp	235
7.1. Rozwój mikromobilności	236
7.2. Teoretyczne aspekty mikromobilności	237

7.3. Współdzielona mikromobilność	238
7.4. Współdzielona mikromobilność w kontekście założeń Smart City	239
7.5. Studium badawcze – transport mikromobilny	242
Zakończenie	256
Bibliografia	257

Rozdział 8

261

Transport powietrzny w Smart City

JADWIGA KACZMARSKA-KRAWCZAK, ROBERT FINTAK

Wstęp	261
8.1. Rozwój zrównoważonego transportu powietrznego	262
8.2. Bezzałogowe statki powietrzne	266
8.3. Praktyczne zastosowanie dronów w transporcie i logistyce w ramach Smart City	268
8.4. Przykłady projektów realizowanych w Polsce i na świecie	275
Zakończenie	285
Bibliografia	287

Rozdział 9

289

Transport przesyłowy w Smart City

MARTA BRZOZOWSKA, MARCIN ROSŁANIEC

Wstęp	289
9.1. Uwarunkowania funkcjonowania transportu przesyłowego – perspektywa miast	291
9.2. Bezpieczeństwo i innowacyjność transportu przesyłowego	296
9.3. Przyszłość transportu surowców i energii – studium przypadku	303
Zakończenie	305
Bibliografia	307

Rozdział 10**311****Transport wodny**

KAROLINA ORZEŁ, SEBASTIAN BRAŃKA

Wstęp	311
10.1. Transport wodny w mieście – typologia	314
10.2. Inteligentne porty	315
10.3. Współczesny sposób wykorzystania śródlądowego transportu wodnego ..	324
10.4. Wykorzystanie śródlądowego transportu wodnego na przykładzie Paryża	327
10.5. Przykłady przewozów pasażerskich w miastach z wykorzystaniem żeglugi śródlądowej	332
10.6. Falkirk Wheel jako przykład wykorzystania transportu wodnego w promocji i brandingu miejsca	334
10.7. Inwestycje w miejskie drogi wodne a specyfika Smart City	334
Zakończenie	337
Bibliografia	340

Rozdział 11**345****Transport w logistyce zwrotnej – zwroty w e-handlu**

ARKADIUSZ KAWA, MIROSŁAW GRAŁ

Wstęp	345
11.1. Liczba zwrotów i ich wartość	346
11.2. Kwestie prawne	347
11.3. Przyczyny zwrotów	349
11.4. Zapobieganie zwrotom	350
11.5. Przygotowanie przesyłki do zwrotu	352
11.6. Logistyka zwrotów	352
11.7. Proces zwrotów	355
11.8. Wyzwania dla sprzedawcy	356
11.9. Wpływ zwrotów na działalność firmy	359

11.10. Kierunki rozwoju	360
Zakończenie	361
Bibliografia	362

Rozdział 12 365

Prawo w transporcie w Smart City

GRZEGORZ MAZURKIEWICZ, JAKUB MORAWSKI

Wstęp	365
12.1. Zrównoważony transport a koncepcja Smart Cities	366
12.2. Bezpieczeństwo i regulacje prawne mikromobilności: wyzwania i rozwiązania	370
12.3. Regulacje prawne dotyczące użytkowania pojazdów autonomicznych	374
12.4. Regulacje prawne transportu w realiach Smart City na przykładzie Singapuru	379
Zakończenie	383
Bibliografia	385

Rozdział 13 389

Smart City w procesach transformacji i rewitalizacji

MARCIN LIS, MARIUSZ RACZEK, KRZYSZTOF WRANA

Wstęp	389
13.1. Współczesne wyzwania stojące przed miastami	390
13.2. Ewolucja terminu <i>Smart City</i>	392
13.3. Idea Human Smart Cities w nurcie <i>smart</i>	395
13.4. Komponenty modułowe Smart City	397
13.5. Praktyka zastosowania Smart City w miastach regionu śląskiego	399
Zakończenie	406
Bibliografia	407

Podsumowanie 409

*Z przyjemności odkrywania, z radości doświadczania
książkę dedykujemy tym, dla których zdrowe miasta
i ekscytujące podróże są esencją istnienia.*

Redaktorzy i Autorzy

Wprowadzenie

*Prawdziwa podróż odkrywcza nie polega na szukaniu nowych lądów,
lecz na nowym spojrzeniu.*

Marcel Proust

Ruch towarzyszy człowiekowi od zawsze. Historia ludzkości naznaczona jest ruchem, przemieszczaniem i transformacją. Ludzie zmieniali miejsca pobytu, pokonując przestrzenie. W toku dziejów zmieniali się również mentalnie, dążąc do wewnętrznej doskonałości. Z przeszłości pozostają nam jedynie namacalne artefakty, które pozwalają na określenie skutków tych podróży z historycznej perspektywy. Ważny jest przy tym kontekst i interpretacja względem osi zdarzeń oraz to, na ile przeszłość jest powiązana z teraźniejszością i przyszłością. Frapujący jest zwłaszcza kontekst przyszłości – jak obecne zmiany i przeobrażenia mogą wpłynąć na przyszłość i jaka będzie ta przyszłość. Z uwagi na swą nieodgadnioną i niepewność przyszłość od lat stanowi szczególne pole badań i interpretacji dla futurologów, matematyków, statystyków, filozofów, ekonomistów, logistyków, klimatologów i naukowców z wielu innych dziedzin.

Wpisując się w ten nurt rozważań, autorzy niniejszej publikacji postanowili pochylić się nad tematyką przyszłości zrównoważonego transportu jako egzemplifikacji „ruchu – przemieszczenia” realizowanego przez człowieka w kontekście zastosowań nowych technologii w Smart City¹. I choć z perspektywy historycznej ludzkość, miasta i transport (jako że są ze sobą powiązane) były już przedmiotem licznych badań i publikacji, to eksploracja tematyki przyszłości zrównoważonego transportu z dominantą technologiczną w miastach określanych jako Smart City jest stosunkowo słabo przebadana. Wynika to głównie z dynamiki rozwoju

¹ Semantyka *Smart City* (w polskim tłumaczeniu inteligentne miasto, zdolne miasto, miasto zaawansowane technologicznie, miasto efektywne, miasto wielofunkcyjne, nowoczesne miasto, miasto okablowane) nie jest jednoznaczna i uniwersalna. Termin jest wyjaśniany w kontekstach technologicznym, architektonicznym, społecznym, gospodarczym oraz środowiskowym. Większość interpretacji poza akcentowaniem specyfiki dziedziny wskazuje na istotność charakterystyk kreatywności i otwartości na innowacje oraz elastyczności i umiejętności szybkiego dostosowywania się do uwarunkowań zewnętrznych i wewnętrznych tak definiowanych miast.

cyfrowych technologii, zmian przepisów prawa, zmian architektonicznych, zmian środowiskowych oraz formatowania się założeń koncepcji prośrodowiskowego rozwoju zgodnie z wytycznymi ONZ. Widoczne w tym zakresie luki teoretyczną i praktyczną współautorzy niniejszej publikacji pragną wypełnić, prowadząc czytelnika po obszarach istoty konstruktu społeczno-technologiczno-środowiskowe- go miast w przejawach różnorodnych form transportu.

W przeszłości poszukiwanie życiodajnych i bezpiecznych terenów do życia napędzało przodków współczesnego człowieka. Wędrowni z afrykańskiej kolebki ludzkości doprowadziły do zasiedlania kontynentów. Tereny obfitujące w wodę, zwierzęta i roślinność zatrzymywały wędrujące grupy i stały się zalążkiem pierwszych osad. Rozwój zwartej zabudowy i specjalizacji gospodarczej innej niż rolnicza w połączeniu z rosnącą liczbą ludności przyczyniły się do przeobrażenia tych osad w pierwsze miasta², a te jako najbardziej niezmiennie składowe cywilizacji³ częstokroć trwają od wieków⁴, ulegając przeobrażeniom zgodnie z oczekiwaniami ich mieszkańców również współcześnie.

O rozwoju miast można wnioskować z perspektywy ich istnienia. Na przestrzeni tysiącleci postęp technologiczny i gospodarczy oraz przemiany kulturowo-społeczne skutkowały wielowariantową transformacją miast, z egzemplifikacją ich specjalizacji politycznej, przemysłowej, transportowej, usługowej, religijnej i kulturowej. Efekty tych przemian, widoczne w infrastrukturze miast, sposobach zarządzania miastami i tworzonej kulturze, stały się ilustracją transformacji cywilizacji. Faktem jest, że proces ten nie został zakończony i trwa nadal. Miasta są w procesie zmian.

Miasta stały się wehikułami, pozwalającymi ludziom na interakcje z przeszłością. Z jednej strony – na podstawie artefaktów pozostawionych przez przodków można organicznie poznać historię mieszkańców miast, doświadczać miast w ich konstrukcie architektonicznym. Z drugiej – na podwalinach przeszłości można budować rozwiązania wychodzące naprzeciw przyszłości. Można by rzec, że miasta doświadczają zmian i jednocześnie są ich świadkami.

Z racji swej wielowiekowej roli w wymianie towarowej, kreacji i propagowaniu nowych rozwiązań technologicznych miasta są również cywilizacyjnymi inkubatorami innowacyjności oraz miejscami, gdzie ścierają się różne kultury, odmienne idee, generując nowe rozwiązania i nowe wynalazki napędzające gospodarkę. W tym kontekście dla mieszkańca miasta podróż to częstokroć coś znacznie większego, niż tylko proces przemieszczenia się z jednego punktu do drugiego. Podróż to zbiór emocjonalnych doświadczeń. Każdorazowe przemieszczanie się może być

2 Źródłosłów słowa *miasto* w języku polskim związany jest właśnie z prasłowiańskim *město*, czyli 'miejsce'. Z kolei w szerszym kontekście etymologia słowa *miasto* i powiązanej z nim cywilizacji pochodzą od łacińskiego rdzenia *civitas*, pierwotnie oznaczającego obywatelstwo lub członka społeczności.

3 Cywilizacja (*łac. civilis*) oznacza obywatelski, publiczny, państwowy.

4 O tym pisał T. Friedman w *The World Is Flat*. Farrar, Straus and Giroux, New York 2006.

zarówno doświadczeniem przeszłości, jak i możliwością odkrycia nowych rozwiązań właśnie z racji tego, że wszystko, co nas otacza, jest w ruchu. Stałość jest pozorna.

Miasta jako utrwalone przestrzenno-społeczne struktury na mapie dziejów ludzkości, identyfikowane z transportem ludzi i ładunków w przestrzeni miejskiej, występują jako odmienne obszary analizy, a jednak mimo wszystko powiązane. By miasto mogło istnieć i rozwijać się potrzebny jest mu dopływ zasobów. Rozbudowa miasta wymaga zasobów budowlanych, a mieszkańcy – zasobów pozwalających im na egzystencję. Bez dostaw zasobów materialnych, wody, energii i odbioru odpadów nie byłoby możliwe zachowanie płynności funkcjonalnej miasta. Transport jest niezbędny. Stanowi specyficzny rodzaj krwioobiegu miast.

W tym kontekście postęp technologii informacyjno-komunikacyjnych, reprezentujący system nerwowy miasta, istotnie transformuje różne aspekty miejskiego życia. W erze powszechności smartfonów i rozwijającej się technologii 5G, Big Data, chmury obliczeniowej, Internetu rzeczy (ang. *Internet of Things*, IoT) i robotyzacji właśnie informacje są kluczowym spoiwem różnorodnych aktywności miejskich. Dzięki dostępności danych i informacji edukacja, przemysł i usługi, w tym transport, mogą wynieść miasto na wyższy poziom w rozwoju. Z prostej kwalifikacji „miasto” konwergentnie do terminu etykietowanego jako „cyfrowe miasto” (ang. *digital city*). Z kolei uwzględniając aspekt środowiskowy, który akcentuje istotność zrównoważonego rozwoju, czyli takiego, który zaspokaja potrzeby obecnych mieszkańców miast bez umniejszania szans przyszłych mieszkańców na ich zaspokojenie, otrzymujemy kwalifikacje etykietowania miasta jako „zrównoważone miasto” (ang. *sustainable city*). Jeśli połączymy kwestie technologiczne i środowiskowe, to możemy stwierdzić, że miasta stają się bardziej funkcjonalne i komfortowe dla swoich mieszkańców, co jest podstawą wniosku o sile szczęśliwości obecnych mieszkańców i atrakcyjności dla potencjalnych. Z kolei takie ujęcie pozwala na etykietowanie miasta jako miasta magnetycznego (ang. *magnetic city*) lub szczęśliwego miasta (ang. *happy city*).

Nacisk na poprawę jakości życia mieszkańców poprzez efektywne zarządzanie zasobami, zintegrowanie systemów transportu, dostęp do nowoczesnych usług publicznych, a także rozwijanie zrównoważonych i ekologicznych rozwiązań w połączeniu ze strategicznym podejmowaniem działań uwzględniających przyszłość pozwala dodać jeszcze jedną etykietę terminu *miasto*. Tą etykietą jest przyszłość, stąd miasto przyszłości (ang. *future city*).

Łącząc etykiety technologizacji, prośrodowiskowości, regeneracji, współodczuwania, szczęścia i przyszłości otrzymujemy miasto ze znacznikiem inteligentnego (ang. *Smart City*). Takiego miasta oczekują jego mieszkańcy. Miasta, które zna potrzeby swoich mieszkańców. Miasta, które ma szacunek i zrozumienie dla przyrody. Miasta, które stoi po dobrej stronie mocy technologii. Miasta, które patrzy

w przyszłość, szanując przy tym przeszłość. Miasta, które pozwala realizować marzenia. Miasta otwartego na twórców i przedsiębiorców. Miasta rozumiejącego potrzeby ludzi starszych. Miasta współczującego i współodczuwającego. Miasta współzarządzanego przez jego mieszkańców, bo miasto to zgodnie z założeniami proksemiki ludzie i przestrzeń wchodzący w interakcje i tworzący relacje.

Źródeł inspiracji powstania niniejszej publikacji było kilka: realne wyzwania miejskie, z którymi borykają się zarządzający miastami, przedsiębiorcy i mieszkańcy, propagacyjnie rozprzestrzeniające się technologie innowacyjne, prymat dyskursu zrównoważonego rozwoju wobec wyzwań klimatycznych oraz przebogaty dorobek literaturowy i kulturowy. Redaktorzy, opracowując topografię tematyczną monografii, pragnęli połączyć ustrukturalizowane podejście naukowe, poparte studiami literatury i badaniami, z praktycznymi reprezentacjami opisanych studiów przypadku oraz opowiedzianymi historiami. Być mieszkańcem i uczestniczyć w życiu miasta, wnikać w tkankę miejską jako turysta-obszernik oraz konfrontować futurystyczne opisy z powieści np. Stanisława Lema z realistycznymi rozwiązaniami – samo w sobie stało się dla redaktorów fascynującą podróżą.

Oddajemy Czytelnikom monografię prezentującą spektrum reprezentacji form transportu, znajdujących przejawy w strukturach miejskich widzianych oczami zarówno naukowców i naukowczyń, jak i praktyków i praktyczek. Rozważania niniejszej publikacji rozpoczyna dyskurs o ewolucji miast podążających w kierunku modelowania regeneratywnego oraz roli i miejsca, jakie zaznaczył na kartach historii miast transport. Kolejne przybliżają Czytelnikowi zagadnienia z zakresu transportu danych w zarządzaniu przepływami informacji w miastach, transportu publicznego, transportu samochodowego pasażerskiego i ładunków, transportu mikromobilnego, transportu powietrznego, transportu przesyłowego, transportu wodnego, transportu w logistyce zwrotnej oraz prawa, bezpieczeństwa i kontroli w transporcie.

Rozdział pierwszy, autorstwa K. Kolasińskiej-Morawskiej i Ł. Sułkowskiego, prezentuje istotę ujęcia definicyjnego i koncepcyjnego miasta, z nakreśleniem historycznego tła powstania i rozwoju miast oraz fenomenu magnetyzmu miast, skutkującego zwiększaniem ich zarówno obszarowym, jak i ludnościowym.

W drugim rozdziale Ł. Sułkowski i W. Olbryk analizują ewolucję miast od klasycznych przez inteligentne aż do regeneratywnych, podkreślając ich cykliczny rozwój i konieczność harmonii z naturą. Odpowiadają na pytania dotyczące roli technologii w przyszłym rozwoju miast oraz znaczenia rezyliencji i adaptacyjności środowiskowej w modelu regeneratywnym. Wnioski oparte są na krytycznej analizie literatury i doświadczeniach autorów, akcentujących potrzebę integracji technologii i ekologii w projektowaniu miast przyszłości.

Z kolei rozdział trzeci, autorstwa J. Szoltyśka i J. Stęchłego, poświęcony jest analizie trendów w planowaniu mobilności w inteligentnych miastach, podkreślając znaczenie łączenia technologii, ideologii i społecznych innowacji w kształtowaniu

nowoczesnych systemów transportowych. Wskazuje potencjał inteligentnych rozwiązań zarówno w implementacji nowych form mobilności, jak i w utrwalaniu proekologicznych oraz efektywnych zachowań transportowych.

W rozdziale czwartym P. Morawski i M. Mastalerz koncentrują się na kluczowej roli transportu danych w tworzeniu zrównoważonych systemów transportowych w inteligentnych miastach, podkreślając znaczenie technologii takich jak 5G, przetwarzanie brzegowe i sztuczna inteligencja. Omawiają wyzwania, takie jak skalowalność, interoperacyjność i bezpieczeństwo danych, oraz potencjał optymalizacji infrastruktury miejskiej i poprawy jakości życia mieszkańców dzięki analizie danych w czasie rzeczywistym. Autorzy wskazują, że integracja systemów transportowych opartych na danych może przyczynić się do bardziej zrównoważonego i sprawiedliwego rozwoju miast.

Rozdział piąty, autorstwa R. Kozłowskiego, R. Adamka oraz M. Szymajdy, skupia się na roli transportu publicznego w zapewnieniu odpowiedniej mobilności w inteligentnych miastach, analizując jego różnorodność w zależności od lokalnych uwarunkowań i preferencji. Poruszono kwestie finansowania systemów transportu publicznego, bezpieczeństwa w kontekście wzrostu mobilności oraz wpływu nowych technologii na rozwój innowacyjnych rozwiązań transportowych. Końcowa część rozdziału przedstawia wybrane kierunki ewolucji transportu publicznego w przyszłości.

W rozdziale szóstym K. Kolasińska-Morawska, P. Morawski oraz J. Bugajski analizują współczesny transport samochodowy w kontekście wyzwań ekosystemu Smart City, ze szczególnym uwzględnieniem cyfryzacji, autonomiczności, współdzielenia i ekologizacji. Podejmują pytania dotyczące obecnej roli transportu samochodowego, wpływu transformacji cyfrowej oraz wdrażania innowacji w ramach zrównoważonego rozwoju. Wnioski oparte są na interdyscyplinarnym podejściu, krytycznej analizie literatury oraz doświadczeniach autorów.

Rozdział siódmy, autorstwa M. Ziółko i P. Stawiarskiego, koncentruje się na rosnącym znaczeniu mikromobilności, szczególnie elektrycznych hulajnóg i rowerów, w zrównoważonych systemach transportowych inteligentnych miast. Przeprowadzono badanie ankietowe, analizując opinie użytkowników na temat jakości usług współdzielonych hulajnóg elektrycznych w Polsce, zakładając różnice między operatorami. Mikromobilność została przedstawiona jako kluczowy element ekologicznych i elastycznych rozwiązań transportowych w miejskich ekosystemach przyszłości.

W rozdziale ósmym autorzy J. Kaczmarska-Krawczak i R. Fintak analizują transport powietrzny jako kluczowy element rozwoju społecznego i gospodarczego, podkreślając jego dynamiczny rozwój w Polsce oraz rosnący popyt na usługi transportowe. Autorzy skupiają się na perspektywach dalszego rozwoju tej gałęzi w kontekście zrównoważonego transportu, uwzględniając wyzwania związane

z redukcją emisji, oszczędnością energii i efektywnym zarządzaniem zasobami. Przedstawiają również trendy i tendencje rozwojowe wspierające ekologiczne i społecznie odpowiedzialne podejście do transportu powietrznego.

W rozdziale dziewiątym M. Brzozowska i M. Rosłaniec dokonują analizy transportu przesyłowego, w tym rurociągów i sieci energetycznych jako kluczowych elementów dostarczania surowców płynnych, takich jak ropa naftowa, gaz ziemny czy wodór, oraz przesyłu energii w kontekście zrównoważonego rozwoju miast. Omawiają także wpływ międzynarodowej sytuacji politycznej i ekonomicznej, konieczność dywersyfikacji dostaw oraz modernizacji infrastruktury energetycznej w obliczu rosnącego udziału odnawialnych źródeł energii.

Rozdział dziesiąty, autorstwa K. Orzeł i S. Brańki, zawiera analizę transportu wodnego jako kluczowego elementu systemów miejskich w kontekście koncepcji Smart City, skupiając się na inteligentnych portach oraz żegludze śródlądowej. Przedstawiono studia przypadków europejskich miast-portów, takich jak Rotterdam czy Paryż, oraz omówiono zastosowanie technologii *smart* w zarządzaniu portami, integracji transportu i rozwoju turystyki.

W rozdziale jedenastym A. Kawa oraz M. Gral skupiają się na analizie zwrotów w handlu elektronicznym, szczególnie zwrotów konsumenckich, wynikających z prawa odstąpienia od umowy bez podania przyczyny. Omawiają przyczyny występowania zwrotów, wyzwania związane z ich obsługą oraz sposoby ich minimalizacji, takie jak poprawa jakości produktów i procesów logistycznych. Autorzy podkreślają, że efektywne zarządzanie zwrotami w e-commerce wymaga kompleksowego podejścia, obejmującego zarówno aspekt operacyjny, jak i zrównoważony rozwój.

Z kolei w rozdziale dwunastym G. Mazurkiewicz i J. Morawski przedstawiają rolę i znaczenie regulacji prawnych w rozwoju transportu w ramach koncepcji Smart City, koncentrując się na mikromobilności, pojazdach autonomicznych oraz zrównoważonym rozwoju infrastruktury transportowej. Omawiają zmieniające się wymagania prawne, w tym regulacje Unii Europejskiej i przykład Singapuru, wspierające wdrażanie innowacyjnych technologii w transporcie. Autorzy podkreślają konieczność harmonizacji technologii z przepisami, aby zapewnić bezpieczeństwo, efektywność oraz zgodność z celami zrównoważonego rozwoju w dynamicznie rozwijających się miastach.

W ostatnim rozdziale opracowania M. Lis, M. Raczek oraz K. Wrana przeanalizowali związki między koncepcją Smart City, sprawiedliwą transformacją a rewitalizacją w kontekście miast województwa śląskiego, podkreślając ich rolę w kształtowaniu nowej struktury społeczno-gospodarczej oraz poprawie jakości życia mieszkańców. Autorzy omawiają ewolucję idei Smart City i jej potencjał w realizacji celów związanych z transformacją i rewitalizacją miast, opierając się na praktycznych doświadczeniach zdobytych w projektach dla lokalnych samorządów.

Przedstawione wnioski wskazują na możliwości skuteczniejszego wdrażania innowacyjnych rozwiązań w procesach miejskiej transformacji.

Podsumowując, niniejsze opracowanie nie pretenduje do ukazania wszystkich możliwych aspektów zrównoważonego transportu w kontekście Smart City. Wielokontekstowość i aspektowość rozważań dotyczących Smart City i transportu w kontekście koncepcji zrównoważonego rozwoju jest dość obszerna. Jednakże zgodnie z zamysłem redaktorów interdyscyplinarne podejście miało wskazać na istotność połączeń i zależności między conceptami miasta oraz zastosowania nowych technologii, idei zrównoważonego rozwoju w kontekście rozwiązań transportowych. Zaprezentowane w poszczególnych rozdziałach treści łączą rozważania teoretyczne ze wskazaniem zastosowań praktycznych, tworząc płaszczyznę prezentacji wybranych zrównoważonych rozwiązań transportowych stosowanych w inteligentnych miastach.

Redaktorzy monografii dziękują badaczom i praktykom za udział w projekcie. Dzielenie się wiedzą i doświadczeniami jest niezmiennie ważne w dobie wyzwań, przed jakimi staje obecny świat. Poznanie różnych perspektyw i historii pozwala na immersyjne zanurzenie się w świat zrównoważonego transportu i poznanie jego specyfiki. Wskazując, że materiał zawarty w poszczególnych częściach stanowi każdorazowo autorskie spojrzenie na wybrany obszar transportu miejskiego, redaktorzy tomu mają jednocześnie nadzieję, że niniejsza publikacja będzie inspiracją do kolejnych projektów badawczych oraz publikacji. Wszak „prawdziwa podróż odkrywczą nie polega na szukaniu nowych lądów, lecz na nowym spojrzeniu” (M. Proust).

Drogi Czytelniku, oddając w Twoje ręce niniejsze opracowanie, redaktorzy żywią nadzieję, że jego lektura będzie dla Ciebie wartościowa oraz inspirująca.

Zapraszamy w podróż
z życzeniami owocnej lektury

Katarzyna Kolasińska-Morawska, Łukasz Sułkowski,
Marta Brzozowska, Paweł Morawski

Miasto – ewolucja fenomenu koncentracji ludności

Katarzyna Kolasińska-Morawska

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

ORCID 0000-0002-4035-8272

Łukasz Sułkowski

Akademia WSB

ORCID 0000-0002-1248-2743

Wstęp

Etymologia słowa *miasto* ma zróżnicowane korzenie. Z jednej strony w języku polskim łączy się ono z prasłowiańskim *‘město’*, które oznaczało *‘miejsce’*, czyli *‘locus’* (stąd umieścić, ulokować) (Paszkowski, 2011). Z drugiej strony w języku angielskim miasto identyfikowane było i jest z *‘city’*, łącząc się z łacińskimi słowami *civitas*, *civilitas* i *civis*, odwołującymi się znaczeniowo do obywatela oraz wskazującymi na charakter obywatelski, publiczny i państwowy (Hansen, 2011).

Miasta starożytne, średniowieczne, nowożytne i współczesne łączy stan zagęszczenia ludzkiej wspólnotowości, począwszy od strukturalizacji osadniczej regionu, poprzez powstające osady z nadanymi prawami miejskimi, aż po miasta metropolie. Przez wieki to ludzka działalność wyznaczała układy przestrzenne i architektoniczne, które podlegały transgresji, wskazując na przekraczanie granic i odradzanie się miast w kolejnych epokach. Takie przekształcanie i nawarstwianie miejskiej tkanki stanowiło organiczną kronikę rozwoju ludzkiej

cywilizacji¹. Przestrzeń i czas zostały zakłęte w murach, budynkach i uliczkach, które stanowią współcześnie mapę pamięci sukcesów i porażek minionych pokoleń. W tym ujęciu, mimo że składowe architektoniczne miast traktowane są jako pewnego rodzaju stałość, ta stałość jest pozorna, bo miasto to jeden wielki organizm, który żyje i podlega przemianom.

Celem niniejszego rozdziału jest przybliżenie istoty terminologicznej miast oraz nakreślenie historycznego rysu ich powstania i ewolucji na przestrzeni wieków. Na potrzeby realizacji tak sformułowanego celu przyjęto następujące pytania badawcze: Jakie czynniki zainicjowały powstanie miast w przeszłości i w jaki sposób miasta rozwijały się na przestrzeni stuleci? Na czym polega magnetyzm miast, skutkujący fenomenem koncentracji ludności? Uzyskanie odpowiedzi i tym samym realizacja celu były możliwe dzięki analizie istniejącego dorobku naukowego w postaci monografii, artykułów i raportów, które przeanalizowano, stosując metody wyszukiwania i przeszukiwania oraz krytycznej analizy treści.

Słowa kluczowe: miasto, system miasta, koncepcje miasta, ludność miast

1.1. Historyczny rys początków miast

Historycznie ujmując, miasta są materialnym obrazem tworzących je cywilizacji², które wyłoniły się w procesie zmian, jakich doświadczała ludzkość na przestrzeni wieków; począwszy od funkcjonowania pojedynczych jednostek, poprzez tworzenie wspólnot, aż po kształtowanie się społeczności, czyli ludzkich zbiorowości połączonych wartościami, celami i więzami w obrębie współdzielonego środowiska komunikacyjnego, terytorialnego oraz mieszkaniowego. Ludzie funkcjonujący w takich strukturach społecznościowych działali

1 Znaczeniowo terminem *cywilizacja* określa się formę zbiorowego funkcjonowania ludzi połączonych więzami społecznymi i kulturowymi. Upowszechnienie terminu nastąpiło w epoce oświecenia. Wówczas termin *cywilizacja* identyfikowano głównie z postępem oraz materialnym i duchowym rozwojem. Nieco inne znaczenie terminu *cywilizacja* pojawiło się u J.G. Herdera i F. Guizota. Badacze ci identyfikowali cywilizację z postępem moralnym i intelektualnym. Z kolei W. Humboldt wskazywał, że cywilizację należy pojmować przez składowe, takie jak: technologia, narzędzia, prawo i obyczajowość oraz instytucjonalizm. W ten sposób abstrakcyjne pojęcie zyskuje cielesną identyfikację. Współcześnie różne koncepcje odnoszą się do kwestii operacjonalizacji i kwantyfikacji terminu *cywilizacja*, w zależności od dziedzin i dyscyplin naukowych (k. biologiczna, historyczna, socjologiczna, politologiczna oraz historyczno-filozoficzna) (Bartosz, 2018).

2 Słowo *cywilizacja* wywodzi się od łacińskiego rzeczownika *civis* – ‘obywatel’ i przymiotnika *civilis*. Łacińska *civilitas* oznaczała miejski tryb życia i była przeciwstawiana *rusticitas*. Różne warianty tego słowa są obecne w językach, ale nie zostały zaczerpnięte z łaciny. *Cywilizacja* nie jest słowem pochodzenia łacińskiego, tylko francusko-angielskiego; jest słowem nowożytnym. W ślad za francuską *la civilisation* i angielską *the civilization* pojawiły się inne wersje językowe: w niemieckim – *die Zivilisation*, w hiszpańskim – *civilización*, w polskim – „cywilizacja”, w rosyjskim – *цивилизация*; słowo to można odnaleźć nawet w węgierskim – *civilizáció* i fińskim – *sivilisaatio* (Bartosz, 2018).

na rzecz wspólnych celów, pomagając sobie nawzajem i wymieniając zasoby. Przyczynkiem do takiego postępowania była dla nich wspólnota przekonań, zasad i wartości, które stanowiły podstawy regulujące zachowania członków zbiorowości. Istotne było również dla współplemieńców poczucie przynależności, które sprawiało, że ludzie funkcjonujący w strukturach danej społeczności czuli się częścią większej całości. To poczucie przynależności dawało im komfort, zrozumienie i wsparcie. Do tego na przestrzeni wieków tworzona infrastruktura oraz strukturalizacja organizacyjna i funkcjonalna zaowocowały osiągnięciem przez miasta statusu dominatora w tworzeniu i transformacji cywilizacji.

Historia miast może być podzielona w zgodzie z rozwojem cywilizacji na trzy epoki: pierwszą – agrarną, od neolitu i kończącą się wraz z nastaniem epoki przemysłowej, drugą – od momentu nastania epoki przemysłowej, i trzecią – sygnowaną przez epokę poprzemysłową, przy czym epoki agrarna i przemysłowa nie trwały w sposób ciągły i linearny we wszystkich rejonach świata (kraje Europy kontra kraje Azji i Afryki) (Beyer, 2012).

Złożoność społeczno-kulturowej ewolucji ludzkich populacji związana jest zdaniem naukowców z dwoma obszarami: rolnictwem oraz wynalazczością³. Już od czasów ostatniego zlodowacenia, czyli przez kolejne 10–12 tysięcy lat, w epoce zwanej holocenem ludzkie społeczności stopniowo stawały się coraz większe i coraz bardziej złożone (R.K., 2022). Około 10 000 lat p.n.e. przed rozwojem osadnictwa jako pierwsze funkcjonowały niewielkie i rozproszone społeczności zbieracko-łowieckie. Ludzie je tworzący, nazywani nomadami, prowadzili życie oparte na koczownictwie. Konieczność przemieszczania się z miejsca na miejsce podyktowana była dostępnością pożywienia (Kalicki, 2006).

Od około 10 000–8000 lat p.n.e. rozpoczęła się rewolucja neolityczna, związana z nastaniem rolnictwa i osiadłego trybu życia (Zięba, 2021). Ludzie zaczęli uprawiać rośliny i hodować zwierzęta, co pozwoliło na stałe osiedlenie się w jednym miejscu (Marcinkowska-Swojak i in., 2023). Najczęściej pierwsze osady powstawały w dolinach rzek, gdzie woda była łatwo dostępna, a ziemia żyzna. Wówczas uprawa roli i hodowla zwierząt pozwalały na produkcję nadwyżek żywności, co z kolei umożliwiło rozwój większych osad. Pierwsze wsie zaczęły powstawać w żyznych dolinach rzek, między innymi takich jak Dolina Nilu, Dolina Indusu oraz Dolina Huang He.

Wsie były małymi, samowystarczalnymi jednostkami, w których ludzie żyli z uprawy ziemi i hodowli zwierząt. Społeczność wiejska była zorganizowana wokół rodzin i klanów, a ludzie żyli głównie w domach zbudowanych z materiałów dostępnych lokalnie, takich jak drewno i glina. Około 8000–5000 lat p.n.e. dzięki dostępności narzędzi i produkcji żywności zaczęły pojawiać się

3 Projekt Seshat: Global History Databank (Turchin i in., 2022).

nadwyżki. Wówczas dostrzeżono, że nie wszyscy mieszkańcy wsi muszą być rolnikami (Łapiński, 1999). Niektórzy mieszkańcy osad podejmowali różne aktywności, które nie wiązały się z rolnictwem. Były to aktywności w zakresie rzemiosła, handlu oraz zarządzania. Wraz z rosnącym dobrobytem następował sukcesywny wzrost populacji. W tworzących się, coraz większych osadach pojawiała się hierarchizacja społeczna, z reprezentacją przywódców społeczności, którzy zarządzali zasobami i organizowali społeczność.

Stopień zaawansowania osiadłych społeczności sprawił, że na przestrzeni 5000–3000 lat p.n.e. można wskazać narodziny kilku pierwszych miast, takich jak: Uruk i Ur w Mezopotamii, Mohendżo Daro w Dolinie Indusu czy Memfis w Egipcie (Ślódczyk, 2012). Znajdowane są również artefakty w postaci ceramiki i biżuterii, które wskazują, że pojedyncze miasta mogły powstawać dużo wcześniej. Do takich miast należy Jerycho, którego początek datowany jest na ok. 9000 lat p.n.e. (Claval, 1981). W różnych częściach świata archeologowie odkrywają ślady ludzkiej obecności i może się w przyszłości okazać, że czas powstania pierwszych miast będzie jeszcze wcześniejszy niż 9000 lat p.n.e. Niezależnie od daty, z pewnością można wymienić kilka składowych sprzyjających powstawaniu miasta. Zaliczyć do nich można między innymi: warunki geograficzne z dostępnością wody, gwarantującej intensywną produkcję rolną, dającą podstawy egzystencjalne, specjalizację czynności wykonywanych przez mieszkańców, zwiększającą paletę usług, oraz położenie na wędrownych szlakach, umożliwiające prowadzenie wymiany handlowej. Komasaacja tych czynników skutkowałą zwiększeniem masy ludnościowej i powstawaniem pierwszych miast (Ślódczyk, 2012). Przy tym należy dodać, że wraz ze wzrostem liczby mieszkańców powstawała również zaawansowana infrastruktura w postaci budynków mieszkalnych i świątyń, okolonnych murami obronnymi, z sieciami dróg oraz systemów irygacyjnych.

Jednakże samo zgrupowanie ludności na określonej przestrzeni oraz infrastruktura nie sprawiają, że dana przestrzeń wraz z mieszkańcami może zostać nazwana miastem. Tym, co daje taki status, jest organizacja społeczna, a przede wszystkim zróżnicowanie wewnętrzne i podział zadań między poszczególne grupy w danej zbiorowości. Zgodnie z tym ujęciem miasta od osad odróżnia strukturalizacja organizacyjna. Z kolei struktury administracyjne i religijne powstające w miastach sprzyjały tworzeniu systemów politycznych i prawnych (Kostrzeva, 2013). Zatem by jednostkę osadniczą z przeszłości można określić miastem, niezbędne jest, by spełniała wymogi związane z liczebnością mieszkańców, posiadaniem infrastruktury oraz strukturalizacją organizacyjną życia społecznego.

Około 3000–500 lat p.n.e., w kolejnym etapie rozwoju cywilizacyjnego, nastąpił wzrost urbanizacji⁴. Na skutek intensywnego rozwoju komunikacji i handlu, zarówno lokalnego, jak i międzynarodowego, w miastach nastąpił rozwój struktury społecznej w postaci wyłonienia się klas społecznych, takich jak kupcy, rzemieślnicy, kapłani, urzędnicy oraz rolnicy i niewolnicy. Ponadto powstawały instytucje edukacyjne, ustrukturalizowane świątynie i szkoły, co z kolei sprzyjało rozwojowi nauki, pisma i kultury.

Kolejny krok milowy w zakresie rozwoju miast nastąpił około 500 p.n.e. – 500 n.e. W epoce klasycznej miasta Grecji, Rzymu, Chin i Indii stawały się centrami politycznymi, kulturalnymi i gospodarczymi. Przykładem mogą być Ateny, Rzym, Aleksandria i Chang'an. To tam rozwój infrastruktury publicznej przyczyniał się do podnoszenia jakości życia mieszkańców (Paszkowski, 2015). Podboje i wzrost znaczenia imperiów (np. Rzymskiego) prowadziły do powstawania i rozbudowy miast w nowych regionach, które były integrowane z istniejącymi systemami handlu i polityki.

Wraz z nastaniem średniowiecza, czyli około V–XV wieku n.e., po upadku Cesarstwa Rzymskiego w Europie wiele miast podupadło, a życie miejskie zanikło. Jednak w późnym średniowieczu miasta zaczęły się odradzać, zwłaszcza dzięki rozwojowi handlu i powstawaniu cechów rzemieślniczych. Miasta średniowieczne często powstawały wokół zamków, klasztorów i ważnych szlaków handlowych. W Europie Zachodniej miasta zaczęły uzyskiwać prawa miejskie, które były wyróżnikiem struktury organizacyjno-administracyjnej. Posiadanie praw miejskich gwarantowało autonomię oraz przywileje handlowe, a to sprawiało, że gospodarki poszczególnych państw zaczęły być uzależnione od ekonomicznej siły ich miast. Warto dodać, że już wtedy zaczęto dostrzegać istotność wiedzy i informacji jako towaru rynkowego, który może być podstawą innowacji i rozwoju.

Epoka nowożytna i industrialna, identyfikowane z okresem od XVI do XIX wieku n.e., naznaczone były rozwojem handlu międzykontynentalnego, a industrializacja zaowocowała intensywnym rozwojem tkanki miejskiej. To w XVI wieku pojawiły się międzynarodowe targi, które dały siłę i bogactwo ośrodkom umiejscowionym na szlakach wodno-lądowych, jak Frankfurt, Lyon czy Genua. Rozwój wymiany handlowej związany był z pojawieniem się metali szlachetnych pochodzących z Ameryki Łacińskiej, co stanowiło pewną formę ówczesnej globalizacji, będącej efektem procesu kolonizacji. W XVII wieku kapitał zaczynał

4 Termin *urbanizacja* (łac. *urbs, urbis*) oznacza miasto, stolicę, zaś *urbanus* – miejski lub mieszkaniec miasta, miłośnik życia miejskiego. Urbanizacja to zarazem proces i stan. Urbanizacja to proces społeczno-kulturowy wyrażający się w rozwoju miast, wzroście ich liczby, powiększaniu obszarów miejskich i udziale ludności miejskiej w całości zaludnienia (bądź udziale ludności żyjącej wg miejskich wzorów) (Stawasz & Sikora-Fernandez, 2015). Urbanizacja jako stan to rezultat procesu: oznacza liczbę i wielkość miejskich jednostek osadniczych, proporcje ludności miejskiej do ogółu ludności kraju, regionu (współczynnik urbanizacji), koncentrację ludności w dużych miastach bądź jej rozproszenie wraz z powierzchnią zajęta pod zabudowę miejską (Szymańska, 2013).

przemieszczać się na północ, co zaowocowało silnym wzrostem roli Amsterdamu. Dotychczasowe rynki jako miejsca bezpośrednich spotkań ustąpiły pola giełdom. Genewa i Genua wyspecjalizowały się w pożyczkach międzynarodowych. Powstawały kolejne centra, tworzące i ożywiające różnego rodzaju ośrodki gospodarcze. Do około 1750 roku dominującymi ośrodkami wymiany były te miasta handlowe lub niezależne państwa-miasta.

Rewolucja przemysłowa z powstającymi w miastach fabrykami i zapotrzebowaniem na siłę roboczą znacząco przyspieszyła urbanizację wewnątrz lądów. Rozwój nowego sektora, jakim był przemysł, odcisnął swoje piętno w krajobrazie środowiskowym, organizacyjnym i społecznym miast. Powstawały miasta epoki przemysłowej (Zamorska, 2020). Częstokroć to państwo stawało się inicjatorem zmian, wskazując możliwości powstania miast oraz inwestując w istniejących miastach, np. w przebudowę infrastruktury. Miasta rozrastały się, a często w miejscach, gdzie uprzednio funkcjonowały wsie, pojawiały się nowe miasta z fabrykami (np. Łódź), budynkami administracyjnymi i drogami (Koter, 1969). Często to fabryki stawały się centralnymi obiektami przestrzeni miejskiej, a nie jak dawniej rynki lub place. Funkcjonowanie fabryk wymagało dużej liczby rąk do pracy, zatem ludzie masowo migrowali ze wsi do miast w poszukiwaniu pracy, co skutkowało wzrostem liczby ludności.

Gwałtowny przyrost ludności w miastach wskutek industrializacji generował poza efektami rozwoju technologicznego i ekonomicznego również liczne problemy. Głównie były one związane z przeciążeniem ludnościowym, warunkami sanitarnymi i mieszkaniowymi, niewydolną komunikacją i ochroną zdrowia. Władze miast dążyły do ich rozwiązania poprzez wprowadzanie idei planowania dla nowo powstających miast⁵ oraz reorganizację już istniejących. Zaczęto dbać o strefy zieleni i wypoczynku dla mieszkańców w postaci parków i skwerów, wprowadzono komunikację miejską w postaci konnych tramwajów (Nowy York) oraz kolei podziemnej – metra (Londyn). Z czasem pojawiły się również tramwaje elektryczne oraz pierwsze samochody.

Z nastaniem XX wieku proces urbanizacji nabrał tempa niemal na całym świecie. Miliony ludzi migrowały ze wsi do miast i z mniejszych do większych miast w poszukiwaniu pracy, edukacji i lepszych warunków życia⁶. Z drugiej strony pojawiło się również masowe zjawisko suburbanizacji. Osoby, dla których miasto było uciążliwym miejscem do mieszkania i które posiadały środki finansowe, przemieszczały się z centrów miast na peryferia. W tym czasie następował również

5 Koncepcja miasta ogrodu z 1898 roku, opracowana przez Ebenezera Howarda (Howard, 2015).

6 Wobec rosnącej liczby ludności miast i wzrostowego zagęszczenia na 1 km kw. architekci pod przewodnictwem Le Corbusiera przygotowali manifest, tzw. Kartę Ateńską, zawierającą propozycję zmian w zakresie planowania miast tak, by rozdzielone zostały strefy mieszkalna, pracy i wypoczynku, aby przestrzeń była przyjazna mieszkańcom. To podejście stało się początkiem nowego podejścia w planowaniu i zarządzaniu miastem.

sukcesywny proces deindustrializacji, wiążący się z zastępowaniem fabryk ciężkiego przemysłu przez nowocześniejsze przedsiębiorstwa, nastawione na produkcję lekką. Fabryki, podobnie jak ludzie, przenoszone były na peryferia i w przypadku takiej relokacji można również mówić o zjawisku dezurbanizacji. Szczególnie zjawisko to było widoczne w USA.

W drugiej połowie XX wieku zarządzanie miastami opierało się w dużej mierze na uwzględnieniu interesów jednej grupy interesariuszy życia społecznego miast – korporacji. W krajobrazie centrów miast zaczęły dominować wieżowce i centra handlowe. Nastąpiła era postindustrialna, nazywana erą informacji. Przedsiębiorcy z krajów o gospodarkach wysokorozwiniętych (USA, Kanada, Niemcy, Japonia, Szwecja czy Norwegia) skupiali swoje działania wokół kwestii kapitałowych, usługowych i *know-how*. Produkcja dóbr została przeniesiona tam, gdzie była tańsza siła robocza. Miasta amerykańskie i europejskie przestały opierać się na produkcji. Dominantą ich działania stało się zarządzanie informacją i wiedzą, co wzmocnione zostało przez pojawienie się nowych technologii w postaci Internetu (Castells, 1989). Powstawały wówczas technopolie, czyli miasta, w których dominujące były instytucje działające w obszarze nowych technologii, centra badawcze, uniwersytety, przedsiębiorstwa i instytucje nastawione na innowacje.

1.2. Istota i ujęcia definicyjne miasta

Miasta jako kolebka cywilizacji, ujmowane synonimicznie w postaci sformułowania „miasta są cywilizacją” (Lozano, 1990), zawsze były i nadal są źródłem innowacyjności i kreatywności, zapewniającym rozwój nauki i idei. Miasta istnieją od zarania dziejów i mają wielowiekową tradycję. Historia ich powstawania i rozwoju jest długa (Claval, 1981), i choć miasta istniały już w starożytności, to przedmiotem badań naukowych stały się dopiero z nastaniem XX wieku (Majer, 2010). Dopiero od niedawna badacze z obszaru różnych dyscyplin naukowych zaczęli zgłębiać ich istotę i naturę (Lefebvre, 2003). Należą do nich geografowie badający lokalizację i osadzenie terytorialne miast (Jasnosz, 2008), historycy studiujący kontekst dziejowy wydarzeń, w których uczestniczyły miasta, urbaniści analizujący sposoby zagospodarowania przestrzeni oraz socjologowie studiujący związki społeczne, oraz ekonomiści badający relacje gospodarcze, jak również politycy analizujący strukturę władzy i sposoby zarządzania miastem.

Złożoność i niepowtarzalność oraz różnorodność i zmienność, jakie towarzyszyły powstaniu i przekształcaniu miast na przestrzeni dziejów, stanowią nie lada problem w jednoznacznej operacjonalizacji i kwantyfikacji terminologicznej terminu *miasto*. Kwestia ta została trafnie ujęta w stwierdzeniu Aleksandra Wallisa: „miasto jest zjawiskiem nieskończonym, niemożliwym do całkowitego ogarnięcia, a więc przekraczającym granice jakiegokolwiek rozpoznania czy interpretacji” (Wallis, 1967), a dodatkowo ze względu na zasięg czasowy trwania miast „jedna

definicja nie może być jednakowa dla wszystkich epok i dla wszystkich krajów” (Mironowicz, 2013), bo każda z nich miała i ma swoją specyfikę (Bridge & Watson, 2003). W zgodzie z tym ujęciem na przestrzeni lat powstało wiele definicji interpretacyjnych terminu *miasto*. Jedne z nich, o charakterze analitycznym, akcentują podstawę wybranej dziedziny i/lub dyscypliny naukowej, na niwie której dana definicja była formułowana, jak: socjologia, historia, geografia, architektura, filozofia, politologia i administracja. W innych zawarto ujęcie syntetyczne o charakterze holistycznym, traktując miasto jako system, sieć lub węzeł, doceniając elementy składowe współtworzące istotę miasta, z podkreśleniem istotności strukturalizacji układu, siły powiązań i interakcji w szerszym kontekście obszarowym i czasowym.

Jedne z pierwszych definicji akcentowały centralną rolę miasta względem pozostałego terytorium. Ta sformułowana przez F. Ratzla z końca XIX wieku wskazuje, że „miasto to trwałe zagęszczenie ludzi i siedzib ludzkich, obejmujące znaczny obszar i położone w centralnym punkcie większych dróg komunikacyjnych” (Lorens & Mironowicz, 2013). Podobnie L. Wirth opisał miasto jako „wielkie, gęsto zaludnione i trwale zamieszkiwane osiedle zróżnicowanych społecznie jednostek” (Wirth, 1983). Liczyła się „sama wielkość osady (...), niezwykle wymiar i kształt budowli. Liczyło się także skupienie zespołów ludzkich oderwanych od zajęć takich jak rolnictwo, pasterstwo czy myślistwo, następnie koncentracja handlu i rzemiosła (...). Uderzało tu nagromadzenie życia i specyficzna obyczajowość” (Deptuła, 1996).

Z kolei L. Mumford (1996) wskazał, że miasto „jest zarówno ekonomiczną organizacją, teatrem społecznych działań i estetycznym symbolem wielości w jedności, jak i geograficznym miejscem” (LeGates, Stout & Caves, 2020). Max Weber określił pięć cech, które musi posiadać osada, by nadać jej miano miasta. Są to: fortyfikacje, rynek, sąd i przynajmniej częściowo autonomiczne prawo, powiązane formy stowarzyszeń, częściowa autonomia i, co za tym idzie, administracja wybrana w wyborach przeprowadzonych wśród mieszkańców (Weber, 1962). Do tego należy dodać ujęcie definicyjne miasta R.E. Parka, wskazujące, że „miasto jest czymś więcej niżli aglomeracją jednostek wyposażonych w dobra komunalne, takie jak: ulice, nieruchomości, oświetlenie elektryczne, tramwaje, telefony itd. Miasto jest także czymś więcej niżli prostą konstelacją instytucji i aparatów administracyjnych: trybunałów, szpitali, szkół, posterunków policji oraz urzędów wszelkiego rodzaju. Miasto jest stanem ducha, zespołem zwyczajów i tradycji, postaw i sentymentów, nieodłącznie powiązanych z tymi zwyczajami i transmitowanych przez tradycję. Inaczej mówiąc, miasto jest produktem natury, zwłaszcza zaś natury ludzkiej” (Park, 1915).

E.W. Burgess, reprezentujący podejście urbanistów w stosunku do miast XIX-wiecznych, twierdził, że „miasto jest układem stref koncentrycznych zaaranżowanych jedna w drugiej i posiadających wspólną i najważniejszą w mieście dzielnicę biznesu (ang. *loop*). Strefa I to w istocie główny ośrodek administracyjno-handlowy

miasta. Strefę II określa się mianem strefy przejściowej, albowiem w rezultacie przestrzennej ekspansji dzielnicy centralnej następuje wypieranie dotychczasowych jej użytkowników, zwłaszcza ludności robotniczej. Udaje się ona do strefy III po to, by zachować najmniejszy dystans przestrzenny między mieszkaniem a miejscem pracy. Strefa IV obejmuje luksusowe rezydencje elit miejskich. Natomiast w strefie V osiedlają się migranci świeżej daty i ludzie nie w pełni włączeni jeszcze w obieg miejski” (Jałowiecki & Szczepański, 2002).

Współcześnie użycie terminu miasto w bazowym ujęciu jest uzależnione od spełnienia kryteriów prawno-administracyjnych oraz demograficznych przez daną jednostkę osadniczą. O ile w większości krajów status miasta jest uznawany z racji nadania praw miejskich przez władzę ustawodawczą, to nie ma jednolitych wartości brzegowych kryterium demograficznego dla poszczególnych krajów.

Dla przykładu w Wielkiej Brytanii istnieje kilka terminów określających miasta. Termin „city” nadawany jest przez panującego monarchę i nie zależy bezpośrednio od liczby mieszkańców. W Niemczech wymóg liczebności mieszkańców zależy od landu, ale małe miasta zaczynają się od 2 tys. mieszkańców. Z kolei we Francji status miasta (ang. *commune*) zależy od liczby mieszkańców i infrastruktury, przy czym najmniejsza możliwa liczebność dla miast wynosi 2 tys. mieszkańców. W USA kryterium demograficzne wyznaczające minimalną liczebność mieszkańców jest różne w zależności od stanu, np. w Teksasie minimum to 5 tys. osób. W Japonii istnieją precyzyjne kryteria dotyczące nadawania statusu miasta (shi, 市), określone przez prawo. Jednostka osadnicza musi liczyć co najmniej 50 tys. mieszkańców, przy czym co najmniej 60% populacji musi mieszkać na obszarze o zwartej zabudowie i co najmniej 60% mieszkańców musi utrzymywać się z działalności niezwiązanej z rolnictwem, rybołówstwem lub leśnictwem. Z kolei w Chinach miasto może mieć status administracyjny dopiero przy liczbie mieszkańców przekraczającej 100 tys. Miasta w Egipcie mają głównie znaczenie administracyjne. Liczba mieszkańców nie jest najważniejszym kryterium, chociaż wiele miast ma ich ponad 10 tys. W Polsce o przyznaniu statusu miasta decyduje Rada Ministrów na wniosek odpowiednich władz lokalnych⁷. Pod uwagę bierze się: historyczne prawa miejskie, dominujący miejski charakter zabudowy i funkcji, istnienie infrastruktury miejskiej, np. szkół, sieci wodociągowej, kanalizacji oraz liczebność mieszkańców, którą najczęściej wyznacza się w wartościach brzegowych między 2 a 3 tys. mieszkańców.

Poza kryteriami sprawczymi, jakimi są wskazania prawno-administracyjne i demografia, kwalifikujące jednostkę osadniczą jako miasto, badacze akcentują istotność komponentów współtworzących miasto, jak również powiązania na rzecz pełnego

7 Tryb postępowania przy składaniu wniosków oraz wymagane dokumenty określa rozporządzenie Rady Ministrów. Mówi o tym obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Dz. Ust. Z dnia 18 września 2024 poz. 1465 oraz Obwieszczenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2013 4. Poz. 310. Teksty dostępny pod adresem: <https://isap.sejm.gov.pl>

dookreślenia terminu miasto. Takie podejście ujmuje miasto jako złożony system⁸, składający się z wielu wzajemnie powiązanych elementów zgodnie z interdyscyplinarną teorią systemów (Rudzka, 2021). Zamiast skupiać się wyłącznie na jednym aspekcie, takim jak liczba mieszkańców czy funkcja administracyjna, podejście to akcentuje wielość składowych współzależnych, tworzących dynamiczną całość.

Miasta zmieniają się w czasie w odpowiedzi na czynniki wewnętrzne (np. urbanizacja) i zewnętrzne (np. migracje, polityka). Holistyczne ujęcie zakłada niezbędną analizę nie tylko poszczególnych składowych – jak infrastruktura, gospodarka, ludzie i kultura – współtworzących miasto, ale i miasto jako pewną całość. Na tym gruncie przyjmuje się, że miasto może być traktowane jako ekosystem środowiskowy, system społeczno-ekonomiczny lub system organicystyczny (Abdel-Rahman & Anas, 2004).

Traktując miasto jako ekosystem środowiskowy, wskazuje się na składowe biotyczne (ludzie, roślinność, zwierzęta) i abiotyczne (powietrze, woda, gleba, budynki, drogi, mosty i inne), które współlistnieją i oddziałują na siebie, tworząc strukturę zdolną do adaptacji i przekształceń w odpowiedzi na zmiany w otoczeniu. Tak jak w przyrodzie, tak i w mieście zachodzą procesy selekcji, koncentracji, inwazji i sukcesji, które oddziałują na przeobrażenia tkanki miejskiej. Przykładami miast zdefiniowanych przez pryzmat koncepcji ekosystemu środowiskowego są: Letchworth Garden City położone w Anglii – pierwsze miasto ogród, które zostało założone w 1903 roku według koncepcji H. Ebenezera, Singapur, w którym to mieście widoczna jest pełna integracja flory z infrastrukturą i które promuje cyrkularne wykorzystanie zasobów i minimalizuje wpływ na środowisko naturalne, oraz Podkowa Leśna – miasto położone w Polsce.

Z kolei definiując miasto jako system społeczno-ekonomiczny, należy zaakcentować istotność zorganizowania przestrzeni, w której zachodzą procesy gospodarcze i społeczne umożliwiające wymianę dóbr, usług i informacji, a także tworzenie więzi społecznych, przy jednoczesnym wykorzystywaniu zasobów materialnych i ludzkich w celu zapewnienia zrównoważonego rozwoju i poprawy jakości życia mieszkańców (Amin & Thift, 2002). Kluczowymi elementami tak zdefiniowanego systemu są składowe społeczne (mieszkańcy ze swoimi potrzebami i oczekiwaniami) oraz materialne (przyrodnicze i antropogeniczne), których funkcjonowanie jest podporządkowane systemowi władzy. Interakcje, wymiana i mobilności przepływu zasobów pomiędzy podsystemami miasta wpływają na skuteczność i efektywność systemu jako całości (Wallis, 1967). Przykładami miast zdefiniowanych przez pryzmat koncepcji systemu społeczno-ekonomicznego są: Nowy Jork – jako globalne centrum finansowe, w którym złożone relacje społeczne i gospodarcze napędzają rozwój oraz Tokio – w którym koncentracja zasobów ludzkich

8 Po raz pierwszy o teorii systemów pisał L. Bertalanffy w opracowaniu *Ogólna teoria systemów*. PWN, 1984.

i technologicznych sprawia, że miasto to uważane jest za lidera innowacji i rozwoju gospodarczego.

Ujmując miasto jako system organicystyczny, wskazuje się na jego poszczególne części, które pełnią określone funkcje i współpracują w celu zapewnienia całościowej sprawności i harmonii (homeostazy), zupełnie tak jak działa żywy organizm. W tym podejściu miasto nie jest jedynie zbiorem budynków i ulic, ale dynamiczną strukturą, w której wszystkie elementy wzajemnie na siebie oddziałują, podobnie jak składowe żywego organizmu. Centrum, dzielnice, infrastruktura i instytucje traktowane są jak organy, a przepływy i relacje to procesy metabolizmu. Miasto rozwija się, rozbudowuje i modernizuje, co przypomina proces wzrostu i regeneracji komórek w organizmie. Z kolei reagując na zmiany w otoczeniu (np. gospodarcze, społeczne, klimatyczne), poprzez wprowadzanie nowych rozwiązań, podobnie jak żywy organizm miasto dostosowuje się poprzez adopcję i adaptację. Przykładami miast zdefiniowanych przez pryzmat koncepcji systemu organicystycznego są: Barcelona – zaprojektowana przez A. Gaudiego, projektanta inspirowanego się naturą i organizmami żywymi, oraz Wiedeń – którego planowanie przestrzenne oparte jest na zasadach równowagi i harmonii różnych funkcji miejskich.

Miasto można również uznać za otwartą strukturę osadniczą, w której ustawicznie dokonują się zmiany, polegające na konfigurowaniu indywidualnych i instytucjonalizowanych strategii rozwoju różnych form życia społecznego, odpowiadających im procesów i form przestrzennych oraz środowisk, z którymi te zmiany można logicznie powiązać (Zuziak, 2008). W odróżnieniu od podejścia systemowego, jeśli uwzględniona zostanie jedynie istotność samych powiązań w postaci węzłów (miejsc i instytucji) oraz relacji i przepływów między nimi (ludzi, informacji, towarów), bez wyraźnej hierarchii z akcentacją na interaktywność i dynamikę połączeń, które mogą być zmienne i adaptacyjne, to otrzymujemy innowacyjne ujęcie znaczeniowe dla terminu miasto. Takie podejście jest pochodną zmian technospołecznych, obejmujących ludzkie aktywności związane z pojawieniem się i rozprzestrzenianiem rozwiązań ICT z reprezentacją Internetu, co odpowiada ogólnej koncepcji sieci (Barney, 2008), która stanowi nową morfologię społeczną współczesnego społeczeństwa (Castells, 2011).

Miasto w ujęciu sieciowym to koncepcja, która traktuje je jako strukturę opartą na powiązaniach i przepływach między różnymi elementami, takimi jak ludzie, instytucje, infrastruktura, informacje i zasoby. W tym ujęciu kluczowe znaczenie mają relacje między poszczególnymi częściami miasta, które tworzą dynamiczną sieć, umożliwiającą jego funkcjonowanie i rozwój. Tak jak każda sieć, tak struktura sieciowa w mieście stanowi zestaw węzłów (budynki mieszkalne, centra biznesowe, dworce i stacje, instytucje użyteczności publicznej oraz publiczne miejsca spotkań, takie jak parki i place), które połączone są fizycznie (drogi, linie kolejowe,

sieci energetyczne i wodociągowe), społecznie (relacje międzyludzkie), informacyjnie (przepływy informacji w mediach) oraz ekonomicznie (rynkі producentów, usługodawców i pracowników), zapewniając prawidłowość realizacji przepływów ludzkich, towarowych, informacyjnych i zasobowych (Zuziak, 2008; Healey, 2007). Przykładami miast zdefiniowanych przez pryzmat koncepcji miasta sieciowego są: Singapur – zarządzany za pomocą systemów informatycznych, Amsterdam – w którym rozwijane są sieci współpracy między mieszkańcami, firmami i administracją oraz Tokio – gdzie rozbudowana sieć transportowa łączy dzielnice i regiony w dynamiczną całość.

Pewnym uszczegółowieniem koncepcji miasta sieciowego w opozycji do centralistycznego ujęcia miast jest miasto w postaci węzła łączącego przestrzenie geograficzne, wymiary mentalne i obszary funkcyjne. Wówczas „miasto jest przede wszystkim węzłem ekonomicznym, politycznym, administracyjnym i komunikacyjnym (w obu znaczeniach tego słowa – odnoszącym się do transportu i komunikacji społecznej), który jest osadzony w przestrzeni oraz oddziałuje na przestrzeń daleko niekiedy wykraczającą poza administracyjne granice” (Matyja, 2017). Miasto jako węzeł w kontekście kulturowym (Ejsmont & Kosmalska, 2016) jest również pewnego rodzaju efektem złożonych zjawisk, generującym charakterystyczny styl, przyciągający potencjalnych mieszkańców i przedsiębiorców.

Miasto jest również tworem przestrzenno-społecznym o wysokiej złożoności, powstałym w określonych warunkach politycznych, społecznych i ekonomicznych, w konkretnej przestrzeni. Miasto to przestrzeń zurbanizowana, która była tworzona w sposób nierównomierny w czasie, na określonej przestrzeni, ulegając procesom rozwoju, przekształceń i degradacji (Szołtysek & Trzpiot, 2024). Miasto stanowi wyraz przestrzenny zrealizowanych idei i podjętych decyzji w zakresie urbanistycznym i społecznym. Miasto jest odzwierciedleniem działania sił rynkowych w czasie i przestrzeni, w której zapisane są zarówno okresy gospodarczego wzrostu, jak i kryzysów gospodarczych i politycznych. Miasto jako przestrzeń społeczno-kulturowa jest miejscem wymiany myśli i rozwoju cywilizacyjnego, odzwierciedlającym dążenia, aspiracje i kulturę jego mieszkańców (Paszkowski, 2011). Jeśli w złożoności substancji miejskiej dostrzeżemy nie tylko strukturę i organizację hierarchiczną, lecz również relacje opisywane w koncepcji systemowej oraz istotność węzłów i przepływów w strukturze odrzucającej hierarchizację, jak w koncepcji sieciowej, i skupimy się na aspekcie upływu czasu, to otrzymamy ujęcie miasta w procesie. Miasta powstającego i podlegającego zmianom, zarówno przewidywalnym, jak i nieprzewidywalnym, inkrementalnym i synoptycznym, ciągłym i dyskretnym. Miasta nie są monolitem i nie są statyczne.

Reasumując, miasta odzwierciedlają dynamiczny zbiór zmian składających się na długotrwałe procesy zachodzące w czasie i przestrzeni. Będąc w ciągłym ruchu,

podlegają transformacji i reorganizacji. Ich struktura i funkcje zmieniają się pod wpływem samych procesów, zarówno tych przebiegających w ich wewnętrznych strukturach, jak i tych na zewnątrz w otoczeniu miast. Procesy społeczne, takie jak zmiany demograficzne i migracje ludności, ekonomiczne – reprezentowane przez możliwości zatrudnienia i rozwój gospodarczy, przestrzenne – ilustrowane zagospodarowaniem infrastrukturalnym, polityczne i administracyjne – w postaci regulacji prawnych, decyzji planistycznych i zarządczych oraz środowiskowych – identyfikowanych ze zmianami klimatu, kształtowały obraz miast w przeszłości, jak również wpływają na teraźniejszość i przyszłość miast.

1.3. Fenomen koncentracji ludności

Od momentu pojawienia się człowieka *homo sapiens sapiens* po współczesność minęły tysiąclecia. W tym czasie liczba ludności świata zwiększyła się wielokrotnie. Szacunkowo zgodnie z danymi naukowców globalnie populacja ludzi przed 10 000 lat p.n.e. liczyła 5–10 mln, około 500 roku p.n.e. było to już około 150 mln osób, a w 1000 roku n.e. stan ten wyniósł prawdopodobnie około 300 mln osób. Z kolei w naszej erze, w latach 1000–1600 nastąpiło podwojenie ludności świata do około 600 mln, by w latach 1600–2000 osiągnąć dziesięciokrotny wzrost – do 6 mld osób.

Na tle ogólnego przyrostu światowej ludności na przestrzeni wieków następowały również przeobrażenia w zakresie lokalizacji ludności. Początkowe osady przeradzające się w miasta swoje istnienie osadzały na ludzkim substracie. Ten proces odcisnął swoje piętno na kartach historii ludzkości. Przez tysiąclecia rosła liczebność światowej populacji, jak również zwiększało się zagęszczenie ludności w określonych lokalizacjach na Ziemi. W tym ujęciu miasta jako układy systemowo-procesowe, stanowiąc połączone składowe obszarowe od swojego powstania po współczesność, przechodziły liczne przeobrażenia w wymiarach: lokalizacyjnym, ludnościowym, przestrzenno-ludnościowym oraz gospodarczo-ludnościowym. Magnetyzm miast, przyciągający ludność z osad do miast i pomiędzy miastami, był efektem synergii różnych czynników, takich jak: postęp technologiczny, gospodarczy, rozwój handlu, specjalizacja zawodowa oraz centralizacja władzy. Miasta oferowały większe bezpieczeństwo, możliwości ekonomiczne i dostęp do dóbr kultury oraz religii, przyciągając ludność i tym samym przyczyniając się do swego dynamicznego wzrostu.

Liczba mieszkańców starożytnych miast była bardzo różna w zależności od czasu, miejsca i roli danego miasta. Szacuje się, że około VI wieku p.n.e. Babilon jako jedno z największych starożytnych miast mógł liczyć nawet 200–250 tysięcy mieszkańców. W okresie klasycznym (ok. V wieku p.n.e.) Ateny mogły mieć populację około 100–150 tysięcy ludzi. Z kolei w egipskiej stolicy Memfis w III wieku p.n.e. mieszkało 30–50 tysięcy osób. Natomiast już w I–II wieku n.e. starożytny

Rzym mógł przekroczyć nawet 1 milion mieszkańców. Podobną liczbę – 1 milion mieszkańców osiągnęło w XVIII wieku japońskie miasto Edo, czyli dawne Tokio.

Między rokiem 1500 a 1700 ludność miast europejskich nie wzrastała więcej niż 0,2% w ciągu roku. Jednak już w latach 1750–1910 wzrost ten osiągnął rocznie 1,4%, a w kolejnym okresie (1850–1910) przyspieszył do 2,0% rocznie (Polèse, 1994). W 1800 roku w miastach żyło nieco ponad 30 mln ludzi, co stanowiło tylko 8% mieszkańców świata (Bloc-Duraffour, 1998). Wówczas za największe miasta świata można było uznać takie, w których mieszkało powyżej 100 tysięcy osób. W światowej skali było zaledwie 45 takich miast. Wówczas Pekin, jako stolica dynastii Qing i polityczne centrum Chin, liczył około 1,1–1,5 miliona mieszkańców. Z kolei Kanton (Guangzhou), będący ośrodkiem międzynarodowego handlu, liczył około 800 tysięcy – 1 miliona mieszkańców. Europejskie miasta również zyskiwały na liczebności obywateli. W Londynie mieszkał 1 milion osób, w Paryżu było to 550 tysięcy, oraz w Berlinie 172 tysiące osób.

Powstające przez wieki miasta tworzyły systemy społeczno-gospodarcze, charakteryzujące się wielością elementów oraz relacjami między nimi. Zarówno funkcjonowanie istniejącego systemu społeczno-gospodarczego, jak i jego powiązania z systemem przestrzennym czy środowiskowym, uzależnione były i są nadal od utrzymania więzi między poszczególnymi elementami składowymi. Oznacza to, iż elementy składowe miasta muszą pozostać zintegrowane – jest to warunek konieczny do prawidłowego trwania, funkcjonowania i rozwoju miasta (Stawasz & Sikora-Fernandez, 2015). W tym kontekście warto wskazać na istotną kwestię terytorializacji przestrzeni, których reprezentacją jest zagęszczenie podmiotów na danym obszarze oraz liczba i siła powiązań społeczno-kapitałowych między nimi. I tu zarysowuje się specyficzny obraz miasta definiowanego jako metropolia.

Metropolizacja to proces krystalizowania się nowego rodzaju struktury przestrzennej, uzyskującej przewagę konkurencyjną nad innymi obszarami w wymiarze międzynarodowym, mającej odmienny charakter powiązań między miastem centralnym a otaczającym go regionem, prowadzący do wykształcenia się dużego, wielce złożonego systemu osadniczego o różnych powiązaniach wewnętrznych i zewnętrznych, oznaczających taki rozwój przestrzeni zurbanizowanej, który prowadzi do ekspansji i rozwoju, eksportu, tworzenia wzorców zachowań, przenoszonych na zasadzie benchmarkingu do innych przestrzeni (Markowski & Marszał, 2006). Powstały obszar metropolitalny stanowi połączenie miasta oraz przyległych wiejsko-miejskich terenów. Osoby mieszkające na przedmieściach, by zrealizować potrzeby edukacyjne, zarobkowe lub rekreacyjne, przemieszczają się do miasta.

Wraz z nastaniem epoki przemysłowej powstawały od podstaw lub na bazie osad i mniejszych miast pierwsze miasta industrialne, które rozwinęły się głównie dzięki przemysłowi i jego wpływowi na gospodarkę, strukturę społeczną oraz urbanistykę. W takich miastach przemysł odgrywał kluczową rolę w kształtowaniu przestrzeni,

zatrudnienia i stylu życia mieszkańców. W wielu przypadkach była to monokultura przemysłowa, co oznaczało funkcjonowanie miasta w oparciu o jedną branżę przemysłu (np. górnictwo, hutnictwo, przemysł tekstylny). Przykładami takich miast są: Manchester (przemysł tekstylny) i Birmingham (przemysł metalurgiczny i produkcja maszyn) w Wielkiej Brytanii, Łódź (przemysł tekstylny) i Katowice (centrum górnictwa węglowego i hutnictwa) w Polsce, Lille (przemysł tekstylny) we Francji oraz Detroit (przemysł samochodowy) w Stanach Zjednoczonych.

Na początku XX wieku jeszcze ponad 60% ludności Francji mieszkała na wsi, a głównym jej zajęciem było rolnictwo. W Szwajcarii wskaźnik ten wynosił w tym okresie ponad 75%, w Kanadzie około 63%, a w Japonii więcej niż 80%. Jedynie Wielka Brytania i kraje północnej Europy były bardziej zurbanizowane (Polèse, 1994). Mimo że nadal większość obywateli poszczególnych krajów mieszkała na wsi, to liczba mieszkańców miast sukcesywnie rosła (Glaeser, 2012), przy czym dotyczyło to głównie istniejących już ośrodków miejskich.

W 1900 roku współczynnik urbanizacji – jako procentowy udział mieszkańców miast w ogólnej liczbie ludności – wyniósł zaledwie 10% ogółu populacji (1,65 mld). Wówczas liczba mieszkańców największych miast, takich jak Londyn, wynosiła 6,48 mln, w przypadku Nowego Yorku było to 4,24 mln, z kolei w Paryżu mieszkało 3,33 mln. Najmniej licznymi milionowymi miastami były wówczas Berlin z 2,7 mln mieszkańców oraz Chicago, w którym mieszkało 1,71 mln osób.

W 1950 roku w miastach mieszkało 746 mln osób, co stanowiło około 29% światowej populacji (ok. 2,5 mld). Liczba mieszkańców takich miast jak Nowy York wynosiła wówczas 12,5 mln, zaś Londynu 8,9 mln, Tokio 7 mln, Paryża 5,9 mln i Szanghaju 5,4 mln. W 1975 roku mieszkańcy miast i aglomeracji liczących powyżej 100 tys. osób stanowili 68% ogółu ludności miejskiej świata, w 2012 roku już ponad 75%. Warto przy tym dodać, że z racji migracji coraz więcej osób sukcesywnie zwiększało liczebność większych aglomeracji z liczbą mieszkańców powyżej 500 tys. W 1950 roku było to około 36,3% ogółu ludności miast na świecie. W 1975 roku udział ten osiągnął wartość 46,8%, by w 2012 roku wzrosnąć do 49%.

Na przełomie XIX i XX wieku, w wyniku dynamizacji rozwoju przemysłu, migracji ludności oraz postępu technologicznego, liczebność miast zarówno powyżej 100 tys. osób, jak i 1 mln zaczęła dynamicznie wzrastać (powyżej 1 mln – proces makropolizacji i powyżej 10 mln – megapolizacji). W okresie 1950–2012 liczba miast powyżej 100 tys. mieszkańców wzrosła z 875 do 4146. Podobnie zwiększeniu uległa liczba miast z liczbą powyżej 1 mln osób, od 83 wyliczonych w 1950 roku do 195 miast w 1975 roku, by w 2014 wynieść 488. W 1900 roku na świecie nie było żadnego miasta czy aglomeracji miejskiej powyżej 10 mln, natomiast już w 1975 roku było ich 5, a w 2014 już 28 (Raport, 2015).

Według najnowszego raportu ONZ, w 2024 roku populacja świata wynosi 8,2 bln, z tego w miastach mieszka 4,6 bln osób, co stanowi 57% populacji Ziemi

(WBG, 2023). Prawie połowa miast powyżej 100 tys. jest zlokalizowana na kontynencie azjatyckim, kolejne 22% na europejskim i prawie 14% w Ameryce Łacińskiej i na Karaibach, zaś w Afryce około 8% (Szymańska, 2015). Można wręcz pokusić się o stwierdzenie, że Ziemia stała się planetą miast ze względu na dynamikę urbanizacji wywołaną wzrostem ludności miejskiej i liczebnością rozrastających się dużych miast. W wielu rejonach świata wzrastają rozłożyste miasta, którym przypisane są etykiety megamiast, gigamiast, megalopolis lub miast globalnych.

Tabela 1.1. Największe miasta na świecie (liczba mieszkańców w mln)

Lp.	Stan na 1950 rok	mln	Lp.	Prognoza na 2050 rok	mln
1.	Nowy York	12,34	1.	Tokio	37,19
2.	Tokio	11,27	2.	Delhi	36,06
3.	Londyn	8,36	3.	Szanghaj	30,75
4.	Kinki M.M.A. (Osaka)	7,01	4.	Mumbaj	27,80
5.	Paryż	6,28	5.	Pekin	27,71
6.	Moskwa	5,36	6.	Dhaka	27,37
7.	Buenos Aires	5,10	7.	Karachi	24,84
8.	Chicago	5,00	8.	Kair	24,50
9.	Kalkuta	4,51	9.	Lagos	24,24
10.	Szanghaj	4,30	10.	Mexico City	23,86
11.	Los Angeles – Long Beach – Santa Ana	4,05	11.	Sao Paulo	23,44
12.	Mexico City	3,37	12.	Kinshasa	20,00
13.	Berlin	3,34	13.	Kinki M.M.A. (Osaka)	19,98
14.	Filadelfia	3,13	14.	Nowy York	19,89
15.	Rio de Janeiro	3,03	15.	Kalkuta	19,09

Źródło: opracowanie własne na podstawie ONZ (Raport, 2019).

Na szczególną uwagę zasługują megamiasta. Różnią się od pozostałych miast liczbą ludności, jak i wpływem gospodarczym, społecznym oraz urbanistycznym na region. Zgodnie z definicją ONZ, megamiasta to aglomeracje o liczbie mieszkańców przekraczającej 10 milionów, podczas gdy typowe miasta mają od kilkudziesięciu tysięcy do kilku milionów mieszkańców. Taka liczba

mieszkańców przekłada się na rozległe obszary zamieszkiwane przez ludność. Często megamiasta nie są tylko jednym miastem, lecz stanowią połączenie kilku miast, dzielnic i przedmieść w jedną wielką aglomerację. Są to olbrzymie, gęsto zaludnione struktury (średnia gęstość zaludnienia to 700–800 osób/km kw.) z silnie rozwiniętą infrastrukturą drogową, transportem publicznym, sieciami energetycznymi i komunikacyjnymi (metro, kolej, lotniska). Takie megamiasta są globalnymi ośrodkami finansowymi, handlowymi i kulturalnymi. Mają ogromny wpływ na światową gospodarkę i często są siedzibami wielonarodowych korporacji, instytucji finansowych, międzynarodowych organizacji i centrów decyzyjnych. Megamiasta są często centrami wielokulturowymi, przyciągającymi migrantów z różnych części kraju i świata. To powoduje ogromne zróżnicowanie etniczne, kulturowe i ekonomiczne, co ma wpływ na rozwój społeczny i integrację mieszkańców.

Równoległe z ciągłym zwiększaniem się liczby ludności w miastach i liczby miast na naszej planecie zachodzi proces makropolizacji (w tym megapolizacji i gigapolizacji) w skali globalnej. Wzrost liczby miast „milionowych” i ich udział zarówno w ogólnym, jak i miejskim zaludnieniu świata można nazwać procesem makropolizacji (miasta powyżej 1 mln), ten sam wzrost w odniesieniu do miast wielkich, powyżej 10 mln – procesem megapolizacji, a w odniesieniu do miast powyżej 20 mln – procesem gigapolizacji. (Szymańska, 2015). Miasta w XXI wieku tak bardzo się rozrosły, że trudno stwierdzić, które jest największe. Współcześnie megamiasta są przede wszystkim zlokalizowane w krajach rozwijających się, gdzie szybki przyrost naturalny i migracja do miast prowadzą do powstawania ogromnych aglomeracji. Zgodnie z danymi obecnie 1 na 8 osób żyje w jednym z 28 megamiast (miasto powyżej 10 mln mieszkańców). Stworzenie ścisłej listy największych miast może jednak sprawiać problemy z uwagi na fakt, że nie istnieje jedna poprawna definicja miasta obowiązująca we wszystkich krajach. Ponadto miasta można zidentyfikować poprzez wskaźniki liczbowe i jakościowe. ONZ proponuje trzy kategorie, według jakich można klasyfikować największe miasta na świecie. Są miasta według granic administracyjnych (*city proper*), obszary miejskie (*urban area*) i obszary metropolitalne (*metropolitan area*).

Według danych na 31 sierpnia 2023 w skali świata miastem uznawanym za największe jest Tokio. Obszar metropolitalny tego miasta zamieszkuje 37,2 mln osób. Oznacza to, że mieszka tam niemal tyle osób, co w Polsce. Drugie miejsce w tej kategorii przypadło Delhi. To indyjskie miasto zamieszkuje aż 32,9 mln osób. Trzecie miejsce zajmuje miasto Szanghaj z liczbą mieszkańców 29,2 mln. W odróżnieniu od świata, gdzie możemy wskazać kilka megamiast, w Polsce zaledwie jedno miasto liczy więcej niż 1 mln mieszkańców. Tym miastem jest Warszawa. Za to istnieje 7 aglomeracji, które mają siedmiocyfrową populację.

Warto w tym miejscu dodać, że niejednokrotnie metropolie mogą być mniejsze od aglomeracji. Wynika to z samej istoty wyznaczania granic megamiast oraz obszarów metropolitalnych i niedoszacowania ludności miast w krajach rozwijających się (takich jak Bangladesz). W przypadku największych miast świata nie do końca istotne jest to, które miasta określimy jako metropolie, ale to, w jakich regionach świata się znajdują, jak również to, jak szybko zwiększa się tam liczba mieszkańców. I tu można zauważyć pewną prawidłowość. Dominująca liczba megamiast i aglomeracji jest zlokalizowana na Dalekim Wschodzie, w Azji Południowo-Wschodniej, Afryce czy Ameryce Łacińskiej w porównaniu do miast Ameryki Północnej i Europy.

Liczba mieszkańców miast systematycznie rośnie, co przekłada się na strukturę rankingu największych miast, porównujących liczbę mieszkańców w wybranych miastach w 1950 roku z prognozą na 2025 rok. Według szacunków Organizacji Narodów Zjednoczonych do 2050 roku 66% ludności świata będzie mieszkać w miastach (Bibri & Krogstie, 2017). Z kolei szacunki Banku Światowego przewidują, że do 2050 roku liczba ludności w miastach podwoi się i będzie w nich mieszkać 70% ludności świata. Przy tym prawie 90% światowego wzrostu ludności miejskiej będzie najprawdopodobniej obejmowało dwa kontynenty: Azję i Afrykę. Największy wzrost jest przewidywany w miastach krajów takich jak: Indie, Chiny i Nigeria (Raport, 2015).

Zakończenie

Podsumowując, dotychczasowa i przewidywana dynamika urbanizacji uwiadcza siłę magnetyzmu megamiast, zwiększających swoją liczebność zarówno organicznie, jak i wtórnie. Zwiększająca się liczebność i rosnąca gęstość zaludnienia gigamiast sprawiają, że obserwowane są specyficzne typy zachowań. Ludzie szybko przystosowują się do codziennej presji społecznej, ekonomicznej i przestrzennej. Miejska przestrzeń kształtuje obraz nowego *homo sapiens* jako *homo urbanus* (Szymańska, 2007), człowieka w pełni przystosowanego do wyzwań współczesnego miasta, począwszy od ograniczonej przestrzeni, przez nowe formy interakcji społecznych, aż po życie zdominowane przez technologie i sztuczne środowisko.

Bibliografia

- Abdel-Rahman, H., & Anas, A. (2004). Theories of Systems of Cities. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 4. Pobrano z lokalizacji <https://www.rrojasdatabank.info/theoriesofsyscities.pdf>
- Amin, A., & Thrift, N. (2002). *Cities. Remagining the urban*. Wiley.
- Baraniewicz-Kotasińska, S. (2020). Smart City. Four Approaches to the Concept of Understanding. *Urban Research & Practice*, 15(1), 1–24.
- Barney, D. (2008). *Społeczeństwo sieci*. Warszawa: Sic!
- Bartosz, D. (2018). *Cywilizacja. Szkice z dziejów pojęcia w XVIII i XIX wieku*. Uniwersytet Warszawski.
- Bertalanffy, L.V. (1984). *Ogólna teoria systemów. Podstawy, rozwój, zastosowania*. PWN.
- Beyer, K. (2012). Od epoki agrarnej po gospodarkę. *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania*, 30, 11–21.
- Bibri, S., & Krogstie, J. (2017). Smart Sustainable Cities of the Future: An Extensive Interdisciplinary Literature Review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183–212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>
- Bloc-Duraffour, P. (1998). *Les villes dans le monde*. Paris: Synthèse.
- Bridge, G., & Watson, S. (2003). *A Companion to the City*. Blackwell Publisher.
- Cantwell, J., & Vertova, G. (2004). Historical evolution of technological diversification. *Research Policy*, 33(3), 511–529. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2003.10.003>
- Castells, M. (1989). *The Informational City. Information Technology, Economic Restructuring and the Urban Regional Process*. Basil Blackwell.
- Castells, M. (2011). *Społeczeństwo sieci*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- ChuanTao, Y., Zhang, X., Hui, C., JingYuan, W., Daven, C., & Bertrand, D. (2015). A literature survey on smart cities. *Science China*, 58. doi: 10.1007/s11432-015-5397-4
- Claval, P. (1981). *La logique des villes*. Librairies Techniques.
- Deakin, M. (2013). *From intelligent to smart cities*. 1 Edition, Routledge.
- Deptuła, C. (1996). Metropolis. *Znak*, 2, 127–133.
- Ejsmont, M., & Kosmalska, B. (2016). Motyw miasta w tekstach kultury popularnej. *Studia Pedagogiczne, LXIX*, 113–128.
- Glaeser, E. (2012). *Triumph of the city*. Penguin Books.
- Hansen, M. (2011). *Polis. Wprowadzenie do dziejów greckiego miasta-państwa w starożytności*. Uniwersytet Warszawski.
- Healey, P. (2007). *Urban Complexity and Spatial Strategies. Towards a Relational Planning for Our Times*. Routledge.
- Howard, E. (2015). *Miasta-ogrody jutra*. Fundacja Centrum Architektury, Instytut Kultury miejskiej.

- Jałowiecki, B., & Szczepański, M. (2002). *Miasto i przestrzeń w perspektywie socjologicznej*. Wydawnictwo Scholar.
- Jasnosz, M. (2008). Problematyka genezy i ewolucji funkcji miast. *Acta Universitatis Lodzensis, Folia Geographica Socio-Oeconomica*, 9, 31–44.
- Kalicki, T. (2006). *Zapis zmian klimatu oraz działalności człowieka i ich rola w holocenijskiej ewolucji dolin śródkowoeuropejskich*. IGiPZ PAN. Pobrano z lokalizacji https://books.google.pl/books?hl=en&lr=&id=GE4QAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=cz%C5%82owiek+w+holocenie&ots=1uYo-EvM8p&sig=RNUpWy-sc65029Yf7hMQON3YtL8&redir_esc=y#v=onepage&q=cz%C5%82owiek%20w%20holocenie&f=false
- Kanter, R., & Litow, S. (2009). *Informed and Interconnected: A Manifesto for Smarter Cities*. HBS.
- Kostrzewa, M. (2013). *Miasto europejskie na przestrzeni dziejów. Wybrane przykłady*. Akapit-DTP.
- Koter, M. (1969). *Geneza układu przestrzennego Łodzi przemysłowej*. PWN. Pobrano z lokalizacji https://rcin.org.pl/igipz/Content/14279/WA51_21914_r1969_nr79_Prace-Geogr.pdf
- Kumar, T.V. (2017). *Smart Economy in Smart Cities*. Axel Springer.
- Lefebvre, H. (2003). *The Urban Revolution*. University of Minnesota Press.
- LeGates, R.T., Stout, F., & Caves, R.W. (2020). *The City Reader*. Routledge.
- Lorens, P., & Mironowicz, I. (2013). *Wybrane teorie współczesnej urbanistyki*. Gdańsk: PŁ.
- Lozano, E. (1990). *Community Design and the Culture of Cities*. Cambridge University Press.
- Łapiński, J. (1999). „Pradzieje”homotechnicus. *Studia Philosophiae Christianae*, 35(2), 162–189. Pobrano z lokalizacji https://bazhum.muzhp.pl/media/files/Studia_Philosophiae_Christianae/Studia_Philosophiae_Christianae-r1999-t35-n2/Studia_Philosophiae_Christianae-r1999-t35-n2-s162-189/Studia_Philosophiae_Christianae-r1999-t35-n2-s162-189.pdf
- Majer, A. (2010). *Socjologia i przestrzeń miejska*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Marcinkowska-Swojak, M., Stolarek, I., Zeńczak, M., Handschuh, L., & Figlerowicz, M. (2023). Historia biologiczna populacji *Homo sapiens* zamieszkujących centralną i wschodnią części Europy. *Historia Slavorum Occidentis*, 143–165. doi: 10.15804/hso230107
- Markowski, T., & Marszał, T. (2006). *Metropolie. Obszary metropolitalne. Metropolizacja. Problemy i pojęcie podstawowe*. PAN KPPK.
- Matyja, R. (2017). Miasto jako przestrzeń, węzeł i system. Analiza z perspektywy badań politologicznych. *Acta Politica Polonica*, 3, 5–15. doi: <http://dx.doi.org/10.18276/ap.2017.41-01>

- Mironowicz, I. (2013). Miasto, jego struktura i kompozycja – definicje, schematy, relacje przestrzenne. W: P. Lorens i I. Mironowicz, *Wybrane teorie współczesnej urbanistyki* (s. 93–116). Gdańsk: PŁ.
- Mumford, L. (1996). Miasto. *Polis*, 6, 5–7.
- Park, R. (1915). The City: Suggestions for the Investigation of Human Behavior in an Urban Environment. *The American Journal of Sociology*, 20(5), 577–720. Pobrano z lokalizacji <https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1086/212433>
- Paszkowski, Z. (2011). *Miasto idealne w perspektywie europejskiej i jego związku z urbanistyką współczesną*. Universitas.
- Paszkowski, Z. (2015). *Historia idei miasta od antyku do renesansu*. Teka Zachodniopomorska.
- Polèse, M. (1994). Economie urbaine et régionale. W: *Logique spatiale des mutations économiques* (s. 13). Paris: Economica.
- R.K. (2022). *Przystanek nauka*. Pobrano z lokalizacji <https://przystaneknauka.us.edu.pl/artukul/co-napedzalo-rozwoj-spolczenstw>.
- Raport. (2015). *Demographic Yearbook 2014*. United Nations. Pobrano z lokalizacji <https://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dyb2014.htm>
- Raport. (2019). *World Urbanization Prospects 2018*. United Nations. Pobrano z lokalizacji https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2020/Feb/un_2018_wup_highlights.pdf
- Rudzka, I.M. (2021). Sprzężenia zwrotne w obszarze mieszkalnictwo – przedsiębiorczość i ich wpływy na zrównoważony rozwój. *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie*, 5, 49–62. Pobrano z lokalizacji <https://econjournals.sgh.waw.pl/KNoP/article/view/2811/2544>
- Ślódczyk, J. (2012). *Historia planowania i budowy miast*. Uniwersytet Opolski.
- Spence, M., Clarke Annez, P., & Buckley, R.M. (2009). *Urbanization and Growth*. Washington: The World Bank.
- Stawasz, D., & Sikora-Fernandez, D. (2015). *Zarządzanie w polskich miastach zgodnie z koncepcją Smart City*. Placet.
- Szołtysek, J., & Trzpiot, G. (2024). *Nowa perspektywa miasta*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Szymańska, D. (2007). *Urbanizacja na świecie*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Szymańska, D. (2013). *Geografia osadnictwa*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Szymańska, D. (2015). Koncentracja ludności w miastach i fenomen urbanizacji. W: D. Szymańska i M. Korolko, *Inteligentne miasta – idea, koncepcje i wdrożenia* (s. 11–64). Uniwersytet Mikołaja Kopernika.
- Turchin, P., Whitehouse, H., Gavrillets, S., Hoyer, D., Francois, P., Bennett, J.S., ..., & Majid, M.-G. (2022). Disentangling the Evolutionary Drivers of Social Complexity: A Comprehensive Test of Hypotheses. *Science Advances*, 8(25). doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abn3517>

- Wallis, A. (1967). *Socjologia wielkiego miasta*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- WBG. (2023). *World Development Indicators*. Pobrano z lokalizacji <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/Series/SP.URB.TOTL.IN.ZS>
- Weber, M. (1962). *The City*. Collier Books.
- Wirth, L. (1983). Urbanism as a Way of Life. *The American Journal of Sociology*, 44(1).
- Zamorska, K. (2020). Pięć rewolucji przemysłowych – przyczyny, przebieg i skutki (ujęcie historyczno-analityczne). *Studia BAS*, 3, 7–23.
- Zięba, S. (2021). Informacyjny wymiar człowieka. *Zeszyt Naukowe Wyższej Szkoły Nauk Społecznych w Lublinie*, 13–21. doi: <https://doi.org/10.58562/zns.14726>
- Zuziak, Z.K. (2008). *O tożsamości urbanistyki*. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki.

Rozdział 2

Miasto przyszłości – miasto regeneratywne

Łukasz Sułkowski

Akademia WSB

ORCID 0000-0002-1248-2743

Waldemar Olbryk

P2P Consulting Waldemar Olbryk

ORCID 0009-0008-4427-3226

Wstęp

Miasta były, są i będą reprezentacją ludzkiego pędu w zmienności, wyłaniając się z chaosu w uporządkowaną strukturę, by następnie ze statyki przeobrazić się w pęd. Taka transformacja i reorganizacja jest swoistą egzemplifikacją ich istoty. Można wręcz stwierdzić, iż cykliczność takich przemian z punktu widzenia historycznego jest wpisana w DNA miast. Przeszłość miast można poznać po pozostawionych artefaktach, zaś przyszłość należy tworzyć z poszanowaniem przeszłości, ale w oparciu o twórczą immersję techno-ekologiczną. A to oznacza, że rozwój miast powinien uwzględniać habitat zgodny z potrzebami jednostek ludzkich. Sama technologia nie wystarczy, by mówić o miastach w przyszłości. Rozwój miast powinien odbywać się z poszanowaniem środowiska naturalnego.

Celem niniejszego rozdziału jest wskazanie atraktorów metabolizmu miast – od miast w ujęciu klasycznym poprzez miasta inteligentne aż do regeneratywnych miast przyszłości. Na potrzeby realizacji tak sformułowanego celu przyjęto dwa pytania badawcze o następującej treści: czy i w jakim zakresie obecne rozwiązania

technologiczne inteligentnych miast będą istotne w ich przyszłym rozwoju? Dlaczego i w jakim stopniu rezyliencja i adaptacyjność środowiskowa jest niezbędna w kształtowaniu atrakcyjności modelu regeneratywnego miasta przyszłości?

Uzyskanie odpowiedzi i tym samym realizacja celu były możliwe dzięki analizie istniejącego dorobku naukowego w postaci monografii, artykułów i raportów, z zastosowaniem metod krytycznej analizy treści oraz doświadczeń własnych autorów.

Słowa kluczowe: transformacja, Smart City, rezyliencja, regeneracja

2.1. Atraktory transformacji i metabolizmu miast

Ziemia stała się planetą miast. Postawienie takiej tezy wynika ze zwiększania się liczby miast już istniejących oraz pojawiania się nowych. Magnetyzm koncentracji miast wynikający z ich atrakcyjności przyczynia się do aktywności większości mieszkańców globu w ramach miast i pomiędzy miastami. Takie podejście sprawia, że miasta jako specyficzne rodzaje systemu, sieci, węzła i procesu łączy wspólne podejście do postrzegania miasta jako złożonego, dynamicznego i współzależnego układu, w którym kluczową rolę odgrywają interakcje, przepływy i zmiany obejmujące planetę. System to „ciało”, w którym każdy organ (podsystem) pełni określoną funkcję. Sieć to „układ nerwowy”, przekazujący sygnały i umożliwiający komunikację między częściami. W tym ujęciu miasto, będące specyficznym ekosystemem, stworzonym i zdominowanym przez człowieka, jest jednocześnie układem strukturalno-funkcjonalnym współtworzonym przez biocenozę (żywą przyrodę) i biotop (nieożywione składniki), którego istotą jest obieg materii i przepływ energii. W takiej perspektywie miasto należy traktować jako pewną całość, której głównym zadaniem jest zaspokajanie potrzeb mieszkańców, począwszy od potrzeb biologicznych, takich jak powietrze, żywność, woda, przez społeczne związane z przynależnością, aż po gospodarcze (surowce mineralne, woda, energia i gaz, możliwość realizacji procesów produkcji oraz dostępność infrastruktury architektonicznej i mobilnej). W tym ujęciu miasta mogą być porównane do skomplikowanych i zróżnicowanych morfogenetycznie i fizjonomicznie organizmów, podlegających ciągłym zmianom oraz przemianom. Procesy w nich przebiegające zgodnie z ideą organicystyczną można przyrównać do procesów metabolizmu zachodzącego w żywych komórkach (procesy anaboliczne wymagające dostarczenia energii i kataboliczne prowadzące do wytworzenia energii). Przemiany energii pozwalające na wzrost i przyrost komórek, w przypadku miast oznaczają konieczność dostarczania zasobów, ich przekształcania oraz usuwania elementów zbędnych. Ten nieustanny ruch, przekształcanie i adaptacja pozwalają miastom i ich mieszkańcom nie tylko trwać, ale również transformować.

Skuteczność i efektywność zarządzania dostępnością i przepływem zasobów uzależniona jest nie tylko od decyzji podejmowanych przez administracje miast oraz mieszkańców. Równie istotny wpływ na ten proces mają zewnętrzne czynniki, pojawiające się w otoczeniu miast:

- czynniki polityczne i regulacje,
- czynniki ekonomiczne,
- czynniki demograficzne,
- czynniki środowiskowe,
- czynniki technologiczne,
- czynniki społeczne i kulturowe.

W wielu przypadkach stanowią one atraktory transformacji miast, sprzyjające jako *spiritus movens* ich wzrostu, przyciągając zasoby ludzkie (talenty, specjaliści), finansowe (kapitał), technologiczne i kulturowe, które stymulują rozwój miasta w określonym kierunku. Atraktory działają jak magnesy, tworząc punkty koncentracji aktywności społecznej (festiwale, muzea, obiekty sportowe), gospodarczej (strefy ekonomiczne, centra biznesowe) i innowacyjnej (parki technologiczne, kampusy innowacji), które determinują kształt i dynamikę urbanizacji.

Współcześnie o powstaniu miasta w konkretnej lokalizacji decydują władze danego kraju lub regionu, ustanawiające i realizujące miejskie polityki rozwoju i regulacje prawne. Jeśli miejscowość już istnieje i stara się o otrzymanie praw miejskich, to aby je otrzymać – musi spełniać ustanowione przepisami w danym kraju wymogi prawne. Z kolei jeśli miasto ma powstawać tam, gdzie dotychczas były puste przestrzenie, to podstawą decyzji (w odróżnieniu od historycznych predestynatów) jest przyjęta polityka i strategia miejska oraz założenia planowania przestrzennego obowiązujące w danym kraju. Finansowanie takich innowacyjnych projektów miast jest często realizowane z budżetu państw (Masdar City, Neom, Songdo) lub przedsiębiorstw (Woven City).

Z kolei atraktor globalizacji w ujęciu ekonomii znajduje reprezentację w procesach integracji rynków światowych, silnie oddziałując na rozwój miast jako centrów biznesowych, handlowych i usługowych. W wielu przypadkach to inwestycje zagraniczne stają się impulsem do konwergencji miast na wyższy etap rozwoju. Taki stan przyczynia się konsekwentnie do przyciągania siły roboczej i jej intensywnego napływu (Warszawa, Londyn).

Urbanizacja, jako specyficzny proces wskazujący na rosnącą liczbę ludzi mieszkających w miastach w stosunku do ogólnej liczby ludności, przez stulecia przyczyniała się do przeobrażeń w miastach i na wsiach (Spence i in., 2009). Zatem kolejnym istotnym atraktorem transformacji miast była, jest i będzie demografia. Migracje ludności ze wsi do miast i z miast do miast podlegają ciągłym zmianom. Jedne miasta historycznie zwiększały swoją liczebność. W tym przypadku magnetyzm przyciągający ludzi do miast związany był z możliwością uzyskania pracy

i szansą rozwoju osobistego. Kosmopolityczny charakter miast, z ich różnorodnością i doświadczeniem mieszkańców, stanowił i współcześnie nadal stanowi silne pole przyciągania talentów i specjalistów. Zwłaszcza centra badawcze i uniwersytety przyciągają zdolnych i młodych ludzi (np. miasto Boston, Warszawa, Londyn). Tym silnym atraktorem rozwoju miast są edukacja i kapitał ludzki, o który zabiegają zarządzający miastami. Im więcej zdolnych i przedsiębiorczych osób, które chcą się uczyć i działać na terenach miast, tym większe szanse na rozwój. Dlatego miasta stawiają na startupy, specjalne strefy ekonomiczne i programy wspierające młodych mieszkańców i rezydentów (Poznań, Wrocław).

Wśród miast są również takie, których siła przyciągania wygasła. Miasto już nie przyciąga, a raczej odpycha, co może być wynikiem spadku liczby ludności wynikającego z niskiego przyrostu naturalnego (Bydgoszcz), odpływu młodego pokolenia i starzenia się społeczności (Łódź), deindustrializacji (Detroit) i braku czynników przyciągania (Świętochłowice), konfliktów zbrojnych (Aleppo) oraz ekologicznych (miasta w północno-wschodniej Japonii po katastrofie w Fukushima i miasto Prypeć w Ukrainie opuszczone po katastrofie w Czarnobylu wymierają lub już wymarły). W tym kontekście zarządzający jeszcze istniejącymi miastami, które notują spadki demograficzne, powinni analizować powyższe przypadki, by dążyć do wyhamowania niekorzystnych tendencji i ponownie wzbudzić ducha miasta.

Zwłaszcza czynniki środowiskowe mogą być tym atraktorem, który może odegrać istotną rolę w rozwoju miast w przyszłości. Szczególnie zdarna do picia woda, zdrowa żywność, akceptowalna dla ludzkich organizmów temperatura i czyste powietrze są tymi, które jako podstawa warunkowa egzystencji już dziś wpływają na wzrost i stabilizację miast, zaś w przyszłości będą determinować ich funkcjonowanie. Niestety, w ostatnim czasie obserwowane zmiany klimatyczne stanowią jedno z największych wyzwań dla współczesnych miast, wpływając destrukcyjnie na ich funkcjonowanie, gospodarkę i jakość życia mieszkańców.

Pojawiające się ekstremalne zjawiska pogodowe prowadzą do transgresji¹ klimatycznej. Z jednej strony miasta dotykają fale upałów, prowadzące do ich przegrzewania (fale upałów w Barcelonie i Rzymie w 2024) oraz susz i niedoborów wody (Kapsztad w RPA). Powstający na skutek gęstej betonowej zabudowy efekt miejskich wysp ciepła powoduje pogorszenie komfortu życia mieszkańców, w tym szczególnie osób starszych i chorych (udary cieplne, choroby układu oddechowego) oraz większe zużycie energii na chłodzenie budynków. Z drugiej strony miasta mierzą się z incydentalnym nadmiarem wody w postaci ponadprzeciętnych

1 *Transgresja* to termin, który w psychologii i filozofii odnoszony jest do przekraczania granic biologii, osobowości, granic społecznych oraz norm społecznych. W przypadku składowych klimatycznych w ostatnich 50 latach widoczne są zmiany w zakresie temperatury, opadów, wiatrów, które znacznie przekraczają normy uznane za obowiązujące (za: <https://unhabitat.org/topic/urban-energy>).

opadów deszczu i powodzi (miasta w dorzeczu Odry zalane we wrześniu 2024), huraganami i cyklonami (huragan Milton, który dotknął miasta na zachodnim wybrzeżu Florydy w październiku 2024) oraz podnoszeniem się poziomu mórz i oceanów (Amsterdam, Miami, Dżakarta). Do niekorzystnych zjawisk na tle temperaturowo-wodnym dochodzi również czynnik zanieczyszczenia powietrza (Delhi, Pekin, Kraków) w postaci nagromadzenia CO₂ oraz pyłów zawieszonych, co destrukcyjnie wpływa na stan zdrowia mieszkańców. Takie niekorzystne warunki klimatyczne często działają łącznie, skutkując destabilizacją warunków pogodowych, co oddziałuje na produkcję żywności na rzecz miast. Susze lub powodzie mogą skutkować wysokimi cenami produktów rolnych lub wręcz brakiem żywności. Ponadto zmiany klimatyczne mogą skutkować wzrostem liczby uderzeń klimatycznych, co może prowadzić do napięć społecznych i przeciążenia infrastruktury miast, powstawania slumsów i obszarów marginalizowanych oraz wzrostu konfliktów o zasoby, takie jak woda i ziemia.

Z racji tego, że zmiany klimatyczne mają wielowymiarowy wpływ na funkcjonowanie miast – od bezpośrednich zagrożeń fizycznych po subtelne skutki społeczne i gospodarcze – to w przyszłości adaptacja i zrównoważone zarządzanie miastami staną się kluczowe dla ich przetrwania i rozwoju w obliczu globalnego kryzysu klimatycznego. Atraktory w postaci prymatu zrównoważonego rozwoju i ekologii powinny być uwzględnione w politykach i strategiach rozwoju miast. Ważna będzie w tym wypadku realizacja założeń o uzyskaniu neutralności klimatycznej, która może znaleźć reprezentację w postaci powstawania zeroemisyjnych budynków², wykorzystania odnawialnych źródeł energii³ i zazielenienia budynków, pozwalających na obniżenie temperatury. Ponadto istotna będzie konsekwencja w stosowaniu założeń gospodarki obiegu zamkniętego (skrót GOZ) w postaci minimalizacji produkcji odpadów i dążenia do maksymalizacji wielokrotnego wykorzystania zasobów. Ponadto dążenie do integracji z naturą powinno znaleźć egemplifikację w postaci zazielenienia terenów miejskich: skwery, parki, woonerfy, lasy kieszonkowe, tak by osiągnąć efekt miasta ogrodu zgodnie z nurtem *biophilic design*, aby przestrzeń, w której mieszkają i pracują ludzie, przynosiła wymierne korzyści dla zdrowia i ich dobrego samopoczucia.

Podobnie jak zmiany klimatyczne, silny wpływ na przyszłość miast będzie miał również atraktor w postaci technologii (Cantwell i Vertova, 2004). Choć stare technologie (Rewolucja 1.0, 2.0), które przyczyniły się do dotychczasowego rozwoju

2 Obecnie sektor budowlany w Europie odpowiada za ok. 40% emisji CO₂. W Unii Europejskiej budynki zużywają 40% energii oraz odpowiadają za 36% emisji gazów cieplarnianych. Przenosząc te dane na miasta, a dokładniej na miejskie funkcjonalne obszary urbanizacji zamieszkane przez 80% populacji Europejczyków, wskaźniki te sięgają odpowiednio 32% i 28,8%.

3 Transformacja energetyczna w stronę dekarbonizacji energii i zróżnicowanych i zdecentralizowanych systemów energetycznych jest procesem nieodwracalnym.

miast – takie jak wynalezienie energii elektrycznej, telegrafu i telefonu, konstrukcje elektrowni ciepłych i wodociągów oraz wzbudzenie transportu lądowego dzięki stworzeniu bicykli, samochodów, kolei i samolotów – nadal istnieją, to niezbędne miastom do dalszego trwania i rozwoju są cyfrowe technologie (Rewolucja 3.0 i 4.0). Trend cyfryzacji jest już dostrzegalny. Wręcz współczesność jest sygnowana ekspansywnością gospodarczą społeczeństw naznaczonych adopcją i adaptacją inteligentnych technologii (Kolasińska-Morawska i in., 2022). W tym ujęciu niemal każda sfera życia społecznego dotknięta jest technologiami informacyjno-komunikacyjnymi – w skrócie TIK (ang. *Information and Communications Technology* – ICT). Cyfryzacja, digitalizacja, komputeryzacja i wirtualizacja łącznie stanowią podstawę do działań w zakresie transformacji cyfrowej społeczeństw w skali globalnej, w tym również mieszkańców miast. Dzięki cyfryzacji niemal wszystkiego obserwowana jest migracja ludzi między *meetspace* a *cyberspace*. Istotną rolę w tym procesie odgrywa dostęp do superszybkiego Internetu dzięki technologii 5G i, w przyszłości, 6G.

Dostęp do informacji za pomocą zaawansowanych komputerów w postaci laptopów, tabletów, telefonów oraz zegarków, jest dla mieszkańców niezwykle istotny. Niemal każda aktywność, poczynając od monitoringu wykorzystania wody, energii i śledzenia wydatków poprzez określenie formy i trasy podróży miejskiej lub zamówienia taksówki aż po poszukiwanie miejsca parkingowego, jest związana z cyfrową przestrzenią. Poszukiwanie informacji, zakupy, śledzenie postępu dostawy, wysyłanie dokumentacji oraz spotkania to tylko niektóre z aktywności w wirtualnej przestrzeni.

Z uwagi na rosnące zapotrzebowanie na cyfrowe usługi zarządzający współczesnymi miastami coraz częściej wdrażają cyfrowe technologie, aby spełnić oczekiwania mieszkańców, poprawić jakość ich życia, zoptymalizować zarządzanie zasobami i zwiększyć efektywność infrastruktury miejskiej. Technologie cyfrowe inkluzyjnie wtapiają się w tkankę miejską w postaci technologii twardych, czyli infrastruktury, oraz technologii miękkich, takich jak oprogramowanie wspomagające funkcjonowanie administracji i aplikacje ułatwiające życie mieszkańcom. Takie sukcesywne przechodzenie przez mieszkańców miast ze świata analogowego do cyfrowego stwarza konieczność powstawania i wykorzystania cyfrowych miejskich bliźniaków, które w przyszłości będą niezbędnymi formatami zarządzania miastami.

W przestrzeni miejskiej pojawiają się pasywne budynki, panele słoneczne i chodniki zapewniające energię oraz zbiorniki wodne na deszczówkę. Infrastruktura miejska coraz częściej jest wzbogacana w czujniki zbierające informacje (monitorowanie), które po przetworzeniu są podstawą do wykonania działań przez sterowniki do zarządzania przepływem energii w systemach oświetlenia (Eindhoven w Holandii), ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC). Ponadto coraz częściej

w przestrzeni miejskiej pojawiają się czujniki jakości powietrza, których zadaniem jest monitorowanie i ostrzeganie przed smogiem. Z kolei automatyczne systemy nawadniania parków i zieleni miejskiej oraz inteligentne kosze na śmieci z czujnikami napełnienia mają wspierać zarządzanie ekosystemem miejskiej zieleni. Natomiast w zakresie sterowania przepływem potoków ludzi i ładunków w mieście stosowane są systemy zarządzania ruchem drogowym w oparciu o inteligentne środki transportu oraz inteligentne sygnalizatory świetlne.

W sferze administracji zwiększa się również dostępność cyfrowych usług publicznych w postaci elektronicznego składania wniosków (rejestracja pojazdów, opłaty lokalne), platformy konsultacji społecznych i platformy głosowania np. w lokalnych wyborach (*e-voting*) dostępne dla mieszkańców wpływają na szybkość i skuteczność działania administracji (miasta w Estonii). Świat aplikacji odnosi się również do osobistego życia mieszkańców, w tym do możliwości pracy zdalnej i hybrydowej dzięki dostępowi do szybkiego Internetu, możliwości korzystania z interaktywnych map i przewodników miejskich, jak również dostępności do informacji o rozkładach jazdy w celu zaplanowania tras podróży miejskiej w oparciu o transport miejski oraz możliwości korzystania z form współdzielonego transportu, takiego jak *bike-sharing* i *car-sharing* (np. Bolt, Lime), zgłaszania problemów, nadzorowania procesów segregacji odpadów i wywozu śmieci.

Coraz większa powszechność wykorzystania nowych technologii opartych na cyfrowych rozwiązaniach sprawia, że zmianie ulega społeczny i kulturowy aspekt funkcjonowania człowieka. Powstające zjawisko *connexity* pozwala na powstanie uwspólnotowienia miejskiej społeczności w wirtualnej przestrzeni w postaci *co-livingu* i *co-workingu* (np. miasto Amsterdam z wielofunkcyjnymi dzielnicami). Ludzie funkcjonujący w takich przyjaznych przestrzeniach chętniej podejmują wspólne aktywności, co sprzyja wymianie doświadczeń i wzajemnej pomocy.

Symbiotycznie wnikające w tkankę miejską rozwiązania technologiczne przyczyniły się do propagacji koncepcji antropocentryzmu – uznającego człowieka za centrum całej rzeczywistości, czy wręcz technocentryzmu – koncepcji przyjmującej technikę jako główną wartość w rozwoju cywilizacji, z odejściem od biocentrycznego ujęcia, w którym to człowiek jest częścią natury i nie zajmuje w świecie centralnego miejsca. Cyfryzacja przekształca miasto w inteligentne ekosystemy, w których technologia służy mieszkańcom, poprawia jakość ich życia i wspiera rozwój miast. Kluczowe jest jednak zrównoważone wdrażanie technologii, zapewnienie bezpieczeństwa danych oraz inkluzywność, aby każdy mieszkaniec mógł korzystać z dobrodziejstw cyfryzacji. Przyszłość miast będzie zależała od synergii między technologią, ekologią, potrzebami mieszkańców i globalnymi trendami. Kluczowe stanie się stworzenie przestrzeni, które są inteligentne, zrównoważone i dostosowane do dynamicznych zmian społecznych i klimatycznych.

2.2. Adaptacyjne wariacje koncepcji miasta

W ciągu ostatniego stulecia miasta z centr przemysłu, handlu i życia społecznego przekształciły się w centra technologiczne i naukowe, stając się fundamentem nowoczesnej cywilizacji. Już na przełomie XIX i XX wieku naukowcy i przemysłowcy, pracując nad innowacjami w naukach ścisłych, takimi jak mechanizacja, elektryfikacja i przemysł ciężki, doprowadzili do stanu, że zaczęto wyodrębniać prekursorów współczesnych technopolii, czyli miasta, których wyróżnikiem funkcjonowania są technologie, będące akceleratorem rozwoju gospodarczego (Detroit, Manchester, Tokio, Mediolan).

Współcześnie na funkcjonowanie i rozwój miast wpływają nie tylko czynniki sprzyjające ich rozwojowi poprzez tworzenie podstaw szans wzrostu społeczno-gospodarczego. Pojawiają się również czynniki tworzące zagrożenia, które stanowią wyzwania zarówno dla zarządzających miastami, jak i samych mieszkańców. Transformacja cyfrowa i inkluzyjna wirtualizacja oraz rosnące znaczenie informacji i innowacji, wzmacniane przez lata, zderzają się obecnie z problemami hipermobilności, niekontrolowanej suburbanizacji (tzw. *urban sprawl*) i zmianami klimatycznymi. Rozwój technologii, skutkujący konwergencją rozwoju miast, zderza się z destrukcją ekosystemów miast na skutek ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak intensywne deszcze, ulewne huragany, katastrofalne susze i związane z nimi pożary, burze powodujące gołoledzie i szalejące fale upałów. W efekcie taka konfrontacja może stanowić zagrożenie dla życia i dobrobytu człowieka oraz egzystencji ekosystemów miast, skutkując dewastacją zdrowotną, społeczną i gospodarczą. Wówczas teza, że przyroda bez człowieka przetrwa, ale człowiek bez przyrody nie, może przejść do boleśnie odczuwanej praktyki.

W odpowiedzi na dysharmonijną i rozedrganą relację pomiędzy rozwojem cywilizacji i trwaniem przyrody, wśród zarządzających miastami, urbanistów oraz aktywistów środowiskowych pojawiała się potrzeba przededefiniowania koncepcji miasta. Zgodnie z faktem, że jeśli to człowiek spowodował obecne zmiany klimatu, to jedynie człowiek może sprawić, że powrót do równowagi będzie możliwy. W tym celu należy podjąć wszelkie możliwe działania naprawcze. Pierwszym z nich jest dokonanie aberracji sposobu myślenia o człowieku jako centrum całej rzeczywistości i technologii jako głównej wartości rozwoju cywilizacji na rzecz podejścia koherencyjnego ekosystemu, współtworzonego przez środowisko, ludzi i technologie. Żadna ze składowych nie jest dominatorem. Istotą jest harmonijne współlistnienie ludzi i technologii z przyrodą. Wśród najpopularniejszych w ostatnich latach koncepcji rozwoju miast można wymienić:

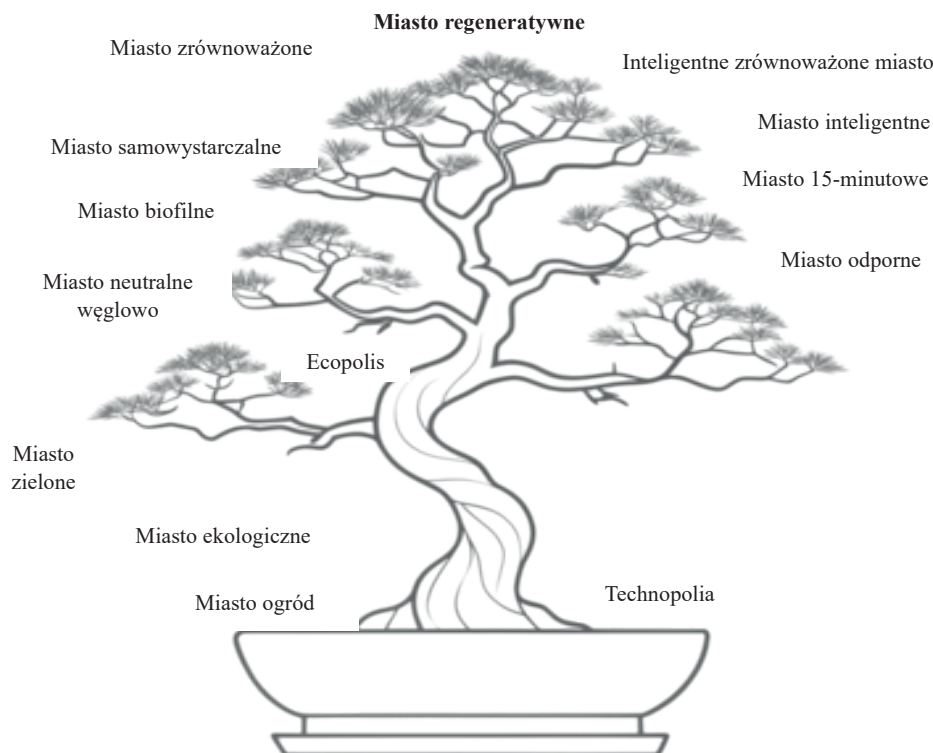
- miasto zrównoważone – sustensywne (ang. *sustainable city*),
- miasto ekologiczne (ang. *eco-city*),

- miasto zielone (ang. *green city*),
- ecopolis,
- miasto neutralne węglowo (ang. *carbon-neutral city*),
- miasto biofilne (ang. *biophilic cities*),
- miasto samowystarczalne (ang. *self-sufficient city*),
- miasto odporne (ang. *resilient city*),
- miasto inteligentne (ang. *Smart City*),
- miasto piętnastominutowe (ang. *15-minute city*)
- miasto regeneratywne (ang. *regenerative city*)
- oraz inteligentne zrównoważone miasto (ang. *smart sustainable city*).

Wariacje koncepcji miasta wskazują na adaptacyjne podejście w zakresie wskazań rozwoju miast w oparciu o dominujący atraktor transformacji: technologiczny, ekologiczny, urbanistyczny lub odwołujący się do społecznych innowacji. Przeprowadzona analiza pozwoliła na wyodrębnienie ciągów połączeń pomiędzy koncepcjami w oparciu o wybrany atraktor. Najsilniejszy nurt widoczny jest w obszarach ekologii i technologii. Do ich zaistnienia i zadziałania niezbędne są zmiany w założeniach i planowaniu architektonicznym oraz wprowadzanie innowacji społecznych. Dodatkowo, w odróżnieniu od jednoobszarowych koncepcji środowiskowych, złożone koncepcje technologiczne osadzają się na podbudowie obszaru środowiskowego, który jest dla nich bazą.

Prakoncepcją, która nawiązywała do docenienia środowiska naturalnego jako naturalnej przestrzeni dla życia, była koncepcja **miasta ogrodu**, która pojawiła się już w 1898 roku. Jej pomysłodawcą był Ebenezer Howard, który wierzył, że miasta ogrody są perfekcyjnym połączeniem miasta i natury, w nawiązaniu do wcześniejszej koncepcji „miasta niebiańskiego”. W opracowaniu *To-morrow: A Peaceful Path to Real Reform* (Howard, 1989) wskazywał, że miasta powinny charakteryzować się możliwie rozproszoną zabudową i wysokim procentowym udziałem zieleni, tak aby zapewnić mieszkańcom przyjazne warunki życia poprzez naturalność przyrody, ograniczenie hałasu i zanieczyszczeń. Ponadto miasta powinny być samowystarczalne, z lokalnymi uprawami wokół miast i lokalnymi miejscami pracy, by ograniczyć konieczność dojazdów. Jeśli mieszkańcy mieliby się przemieszczać, to zachęcał do przemieszczania się pieszo lub rowerem. Sformułowane założenia Howard przełożył na gotowe projekty architektoniczne miast, których siatka planimetryczna była zbudowana na planie koła, z przeplatającą się koncentryczną architekturą placów i budynków oraz zielenią (tzw. *green belts*). Docelowo w miastach ogrodach liczba mieszkańców miała być ograniczona do około 30 tysięcy. Przykładami takich miast są: Letchworth Garden City (Wielka Brytania) i Podkowa Leśna (Polska).

Rysunek 2.1. Adaptacyjne wariacje koncepcji rozwoju miast w XX i XXI wieku



Źródło: opracowanie własne.

Próbując odpowiedzieć na pytanie: czy wizja **miast ogrodów** była nadrealna – utopijna? Z perspektywy czasu można stwierdzić, że nie. Ten zamysł był początkiem trendu, który stopniowo ewoluował i przybierał na sile, by znaleźć reprezentację w postaci wielorakich koncepcji (dywergencja): **zrównoważonego miasta** – promowanego przez ruchy urbanistyczne od lat 70. XX wieku, **zielonego miasta**, **Eco-miasta** i **Smart City** – zaproponowanych w latach 90. XX wieku, oraz koncepcji **Smart Sustainable Cities** (konwergencja) – ogłoszonej na przełomie XX i XXI wieku.

Idea **zrównoważonych miast** (z ang. *Sustainable Cities*), określana też mianem idei **Miast Sustensywnych**, wywodzi się bezpośrednio z koncepcji zrównoważonego rozwoju, której korzenie sięgają 1969 roku, kiedy to na sesji Zgromadzenia Ogólnego sekretarz generalny ONZ U Thant zaprezentował raport „Człowiek i jego środowisko” (ang. *The Man and his environment*), w którym to zwrócono uwagę na ogólnoświatowy kryzys, przejawiający się globalnym zagrożeniem środowiska wywołanym działalnością człowieka. Kolejnymi działaniami były program kreujący zrównoważone relacje między ludźmi i biosferą: „Człowiek i biosfera” (*Man*

and Biosphere – MAB), zapoczątkowany przez UNESCO w 1971 roku, oraz przyjęta w 1972 roku w Sztokholmie Deklaracja Konferencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Środowiska Człowieka, w którym to dokumencie opisano relacje między zasobami naturalnymi występującymi w środowisku (przyrodą) a rozwojem gospodarczym, podejmując przy tym po raz pierwszy próbę zdefiniowania pojęcia „zrównoważony rozwój” (*Sustainable Development*). Efektem końcowym prac była deklaracja dbałości o środowisko naturalne człowieka jako „prawo do zaspokojenia aspiracji rozwojowych obecnej generacji bez ograniczenia praw przyszłych pokoleń do zaspokojenia ich potrzeb rozwojowych”. Sformułowanie to dookreślało istotę rozwoju gospodarczego jako nieinwazyjnej działalności na rzecz dobra kolejnych pokoleń. Zdaniem twórców wskazanej deklaracji rozwój gospodarczy powinien odbywać w sposób nienarażający środowiska naturalnego na degradację.

Idea zrównoważonego rozwoju jako koncepcja zmian została również zaprezentowana w raporcie Brundtlanda „Nasza wspólna przyszłość” w 1987 roku jako „rozwój zaspokajający potrzeby współczesnego pokolenia bez narażania na szwank możliwości przyszłych pokoleń w zakresie zaspokajania ich własnych potrzeb” (Brundtland, 1987). Takie ujęcie miało wskazywać na uwzględnienie roli i znaczenia środowiska naturalnego w działalności człowieka na niwie gospodarczej, w tym również w koncepcji zrównoważonych miast, co zostało podkreślone w 1992 roku na II Konferencji „Szczyt Ziemi”, która odbyła się w Rio de Janeiro⁴.

Idea rozwoju zrównoważonego, najczęściej dotycząca działalności proekologicznej, uznaje konieczność zachowania środowiska przyrodniczego w możliwie nienaruszonym stanie (Ślodyczk i Śmigielska, 2008). Zgodnie z nią koncepcja zrównoważonych miast zakłada taki sposób rozwoju przestrzeni miejskich, aby możliwe było zaspokajanie potrzeb zarówno obecnych, jak i przyszłych mieszkańców. By ten postulat mógł być spełniony, konieczne jest wprowadzanie takich rozwiązań, które nie będą degradować obecnej przestrzeni oraz warunków naturalnych, ale będą dawać szansę na taki sam (lub wyższy) poziom życia przyszłym pokoleniom. W praktyce oznacza to prowadzenie systematycznych i wieloletnich działań w obszarach społecznym, ekonomicznym oraz środowiskowym, tak by wizja rozwoju urbanistycznego znalazła reprezentację w ekologicznie i społecznie odpowiedzialnej przestrzeni miasta.

Zatem zrównoważone miasto to miasto, które efektywnie gospodaruje zasobami naturalnymi, tak by minimalizować zużycie energii i emisję zanieczyszczeń, oraz zapewnia wysoką jakość życia mieszkańcom, uwzględniając potrzeby

4 Przyjęto tam dwa dokumenty jako uznające wykonawczo koncepcję zrównoważonego rozwoju: Deklarację z Rio – będącą ogólną filozofią zrównoważonego rozwoju, i Agendę 21 – dokument przedstawiający sposoby, zasady i mechanizmy praktycznego wprowadzania założeń tej koncepcji w życie w obszarach ekologii (powstrzymanie degradacji środowiska naturalnego), ekonomii (zaspokojenie potrzeb ludzkości przy poszanowaniu środowiska naturalnego) i społecznym (zabezpieczenie minimum socjalnego).

społeczne, ekonomiczne i środowiskowe. Ponadto jest to miasto, które promuje partycypację społeczną, umożliwiając mieszkańcom aktywny udział w procesach decyzyjnych oraz stawia na innowacje technologiczne, by podnieść efektywność zarządzania miastem. Zrównoważone miasto jak żywy organizm łączy ekonomię, ekologię i potrzeby społeczne mieszkańców, kładąc nacisk na holistyczne podejście do planowania przestrzennego, z uwzględnieniem potrzeb przyszłych pokoleń. Przykładami takich miast są Kopenhaga (Dania) i Amsterdam (Holandia).

Koncepcja **miasta ogrodu** wywiera do dziś ogromny wpływ na zrównoważone planowanie miejskie. W tym nurcie pojawia się również koncepcja „**Eco-miasta**”. Po raz pierwszy termin ten został wprowadzony w książce z 1987 roku pt. *Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future* autorstwa Richarda Registera. Koncepcja Eco-miasta odnosi się do nowych miast, zaprojektowanych i zarządzanych w sposób, który minimalizuje negatywny wpływ na środowisko naturalne, promuje zrównoważony rozwój, a jednocześnie zapewnia wysoką jakość życia mieszkańcom.

Główne założenia funkcjonowania Eco-miasta osadzają się na zazielenianiu przestrzeni miejskich w postaci ogrodów, skwerów, parków i zielonych budynków, promowaniu zrównoważonej mobilności, z priorytetyzacją transportu publicznego, ścieżek rowerowych i przestrzeni dla pieszych, naciskiem na korzystanie z odnawialnych źródeł energii (słońce, wiatr, woda, geotermia), efektywnym zarządzaniem zasobami wodnymi (w tym wodą deszczową) i nastawieniem na stosowanie gospodarki obiegu zamkniętego (skrót: GOZ) i minimalizację odpadów. Ponadto realizacja koncepcji osadza się na podejmowaniu działań w celu minimalizacji CO₂ w procesach produkcyjnych przedsiębiorstw, transporcie i lokalnej produkcji żywności. Jej celem jest całkowita neutralność ekologiczna, niskie zużycie zasobów oraz stosowanie odnawialnej energii. Wdrożenie założeń tej koncepcji możliwe jest w oparciu o zintegrowane planowanie przestrzenne. Dlatego już na etapie planowania inwestycji nawet w częściach miast uwzględniane są ekologiczne rozwiązania. Przykładem takiego miasta mogą być: Tianjin Eco-city (Chiny), Curitiba (Brazylia), Malmö (Szwecja) oraz Warszawa z dzielnicą Jaśminowy Mokotów.

Na niwie trendu ekologii w miastach na przełomie XX i XXI wieku reaktywowano również koncepcję miasta ogrodu w odświeżonej postaci **zielonego miasta** (ang. *Green City*), która stała się odpowiedzią współczesnej urbanistyki na kryzysy klimatyczne, przeludnienie i zanieczyszczenie środowiska. Koncepcja ma charakter ewolucyjny, odnosząc się do już istniejących miast, które wdrażają zrównoważone praktyki w zakresie środowiska, gospodarki i społeczeństwa, wskazując na konieczność modernizacji i transformacji istniejącej infrastruktury miejskiej. Jej celem jest redukcja emisji gazów, zrównoważony transport i adaptacja do zmian klimatu. Nacisk kładziony jest na technologie ekologiczne, zielone

dachy i efektywne zarządzanie zasobami. Przykładami takich miast są Kopenhaga (Dania) i Singapur.

Koncepcje Eco-miast i zielonych miast, łączące technologię, ekologię i zrównoważone planowanie, zostały rozwinięte przez naukowców i praktyków w kolejnych konstrukcjach, które pojawiły się mniej więcej w tym samym czasie. Są to koncepcje takie jak *ecopolis*, *carbon-neutral city* i *selfsufficient city*.

Termin **Ecopolis** pochodzi z połączenia dwóch słów: „eco” (ekologiczne) i „polis” (miasto). Ecopolis jako zaawansowana koncepcja Eco-miasta, choć do niej podobna, ma jednak szersze znaczenie – odnosi się do **wizji miast przyszłości lub całych regionów miejskich**, które powstają od podstaw z myślą o ekologii i zrównoważonym rozwoju. Koncepcja ta akcentuje holistyczne zintegrowane planowanie miasta od samego początku, z uwzględnieniem ekologii, technologii i społeczności, wskazując na takie wykorzystanie wiedzy i metod ekologicznych w projektowaniu, które umożliwią stworzenie ekologicznie zrównoważonej przestrzeni miejskiej. Celem jest integracja człowieka, natury i technologii w pełnej ekologicznej harmonii. Koncepcja takiego miasta opiera się na idei spójnej ewolucji biosfery i ludzkości pod względem dynamiki, wprowadzając nowe holistyczne i interdyscyplinarne podejście do planowania i projektowania miast (Ignatieva, 2000). Wykorzystywane inteligentne technologie mogą sprawić, że miasta będą samowystarczalne pod względem energii i zasobów. Przykładami takich miast są Masdar City (ZEA) oraz Songdo (Korea Południowa).

Kolejną koncepcją rozwoju miast jest **Carbon-neutral City** (*miasto neutralne węglowo*), wskazująca, że miasto, które w podstawie zarządzania ma przyjęte cele związane z osiągnięciem zerowej emisji netto gazów cieplarnianych, głównie dwutlenku węgla (CO₂)⁵, może stać się miastem zeroemisyjnym. Oznacza to, że ilość emitowanego CO₂ jest zrównoważona przez ilość usuniętą z atmosfery poprzez różne strategie redukcji emisji oraz kompensacji węgla. By osiągnąć te cele miasta monitorują emisję CO₂ w czasie rzeczywistym, dokonują inwestycji w odnawialne źródła energii (słoneczna, wiatrowa i geotermalna), wprowadzają zielony transport (pojazdy elektryczne, rowery i transport publiczny), zachęcają do zadbania o efektywność energetyczną budynków (budynki pasywne i zeroenergetyczne) oraz zastosowania technologii *Carbon Capture and Storage* (CCS), pozwalającej na wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla. Kolejnymi działaniami są: segregacja i recykling, prowadzenie zrównoważonej gospodarki wodnej, promowanie obiegu zamkniętego oraz monitorowanie stanu drzew w miastach, sadzenie nowych i tworzenie terenów zielonych, takich jak lasy kieszonkowe (ang. *pocket forest*, także *mini-forest*, *Miyawaki forest*). Przykładem takich miast mogą być Helsinki (Finlandia) oraz Oslo (Norwegia).

5 Są one pochodnymi celów 11 i 13 ESG.

W nurcie ekologicznym pojawiała się **koncepcja Miasta Biofilnego** (ang. *biophilic city*), wywodząca się z idei biofilii⁶, której podstawowym założeniem jest „miłość do życia” lub „istot żywych”. Z racji tego, że ludzie mają wrodzoną potrzebę kontaktu z naturą, obcowanie z przyrodą wspiera zdrowie i dobre samopoczucie, łagodzi stres i pozytywnie wpływa na nastrój, a także wspiera ludzkie zdolności poznawcze i kreatywność. Urbanista Timothy Beatley (Beatley, 2010) stworzył na bazie idei biofilii koncepcję miasta biofilnego⁷. Z kolei Stephen R. Kellert wykorzystał tę ideę i stworzył termin *projektowanie biofilne*. Pojęcie odnosiło się do takiej konstrukcji otoczenia, które opiera się na trzech filarach: naturze w przestrzeni, naturze przestrzeni i naturze analogii (Milliken i in., 2023). *Biophilic design* polega na integracji elementów naturalnych z miejską przestrzenią. Zgodnie z założeniami koncepcji miasta powinny stać się bardziej zrównoważonymi i przyjaznymi dla mieszkańców, tak by wspierać działania na rzecz przeciwdziałania kryzysom klimatycznym obecnie i w przyszłości. Przykładem mogą być ściany budynków pokryte roślinnością, które w naturalny sposób regulują termikę i akustykę. To również dbałość o bioróżnorodność w zakresie fauny. Przykładami takich miast są Portland (USA) oraz Wellington (Nowa Zelandia).

Uwzględniając znaczenie zrównoważonego rozwoju i ekologii oraz dążenie do obniżenia emisji netto gazów cieplarnianych, należy dodać chęć osiągnięcia przez zarządzających miastami stanu, gdy miasto będzie mogło być samowystarczalne. **Self-sufficient city** (samowystarczalne miasto) to koncepcja urbanistyczna, w której miasto jest w stanie zaspokajać swoje podstawowe potrzeby lokalnie, minimalizując zależność od zewnętrznych źródeł zasobów, takich jak energia, woda, żywność i surowce. Jest to miasto, które dąży do autonomii energetycznej, żywnościowej i gospodarczej, jednocześnie minimalizując swój wpływ na środowisko.

Inspiracją powstania i rozwijania koncepcji samowystarczального miasta były kryzysy energetyczne i ekologiczne z lat 70. XX wieku, które skłoniły urbanistów do poszukiwania rozwiązań dla bardziej zrównoważonego rozwoju miast, w których można byłoby zarządzać zasobami i infrastrukturą, korzystając z inteligentnych technologii. Działania takie obejmują zarówno dbałość o samowystarczalność energetyczną, jak również recykling wody deszczowej, wprowadzanie parków deszczowych i ogrodów retencyjnych oraz dążenie do niezależności żywnościowej w postaci upraw na dachach budynków, wprowadzania wertykalnych farm

6 Termin ten został po raz pierwszy użyty przez Ericha Fromma do opisu psychologicznej orientacji przyciągania do wszystkiego, co żywe i żywotne (za: E. Fromm, *Serce człowieka*. Harper & Row 1964. Koncepcja została spopularyzowana przez Edwarda O. Wilsona w książce *Biophilia* (za: E.O. Wilson, *Biophilia*. Cambridge, MA: Harvard University Press (1984).

7 W 2013 roku podczas konferencji Biophilic Cities Project w Charlottesville w USA ogłoszono Manifest Miast Biofilnych, definiujący kluczowe zasady i cele miast biofilnych, które mają na celu integrację natury z przestrzenią miejską i poprawienie jakości życia mieszkańców.

(ang. *urban farming*) i promowania diety o niskim śladzie węglowym. Przykładami takich miast mogą być Auroville (Indie) oraz Freiburg (Niemcy).

Resilient City (odporne miasto) to koncepcja urbanistyczna, która opisuje zdolność miasta do przewidywania, reagowania i adaptacji do różnorodnych zagrożeń i zmian, zarówno tych nagłych (np. katastrofy naturalne, kryzysy gospodarcze), jak i długotrwałych (np. zmiany klimatu, wzrost populacji, degradacja środowiska). Zasadniczym powodem jej powstania była zwiększona świadomość skutków zmian klimatu oraz potrzeba reagowania na katastrofy naturalne (np. huragany, powodzie), co zostało przedstawione w raporcie ONZ „Making Cities Resilient” z 2010 oraz Agendzie ONZ 2030 z 2016 roku w postaci 11. celu Zrównoważonego Rozwoju (SDG). Głównym celem miast odpornych jest zapewnienie trwałego i stabilnego funkcjonowania społeczności miejskich, gospodarki i infrastruktury w obliczu niepewności i wyzwań.

Istotne w tworzeniu takich miast jest tworzenie infrastruktury odpornej na trzęsienia ziemi, powodzie i fale upałów, budowa systemów wczesnego ostrzegania i plany ewakuacyjne oraz promowanie zielonej infrastruktury w postaci parków retencyjnych i zielonych budynków. Takie miasta posiadają również plany awaryjne i systemy reagowania kryzysowego na wypadek inwazyjnych zdarzeń (trzęsienia ziemi, pożary i zalania). Ważna jest również lokalna odporność gospodarcza poprzez promowanie innowacyjnych i elastycznych modeli biznesowych oraz wsparcie dla lokalnych przedsiębiorców i startupów.

Działanie odpornych miast jest możliwe dzięki odporności społecznej – poprzez wspieranie tworzenia więzi społecznych i aktywności obywatelskiej, równości w dostępie do podstawowych usług (edukacja, opieka zdrowotna) oraz budowie systemów wsparcia dla osób najbardziej narażonych (seniorzy, osoby z niepełnosprawnościami). *Resilient City* to miasto, które nie tylko przetrwa w obliczu kryzysów, ale także będzie w stanie szybko się odbudować i dalej się rozwijać. To podejście wymaga holistycznego planowania, współpracy międzysektorowej oraz zaangażowania mieszkańców. Przykładami takich miast mogą być Rotterdam (Holandia) oraz Tokio (Japonia).

Kolejnymi koncepcjami miasta uruchamiającymi mechanizm adaptacyjności do zmiennych warunków środowiskowych są miasto inteligentne (ang. *Smart City*), miasto piętnastominutowe (ang. *15-minute City*), miasto regeneratywne (ang. *Regenerative City*) oraz inteligentne zrównoważone miasto (ang. *Smart Sustainable City*). Z racji stopnia ich złożoności zostaną omówione odrębnie w kolejnej części.

2.3. Przejście od Smart City do miasta regeneratywnego

Smart City (ChuanTao i in., 2015) to koncepcja miasta, która pojawiła się jako efekt badań nad inteligentnymi środowiskami miejskimi (Caragliu i in., 2009), zgodnych ze wskazaniami zrównoważonego rozwoju, dbałością o środowisko naturalne,

minimalizacją śladu węglowego, docenienia możliwości zastosowania cyfrowych technologii oraz współpracy mieszkańców. Dzięki temu wpisuje się w ideę superinteligentnego, kolaboratywnego, cyfrowego Społeczeństwa 5.0 (Fukuyama, 2018) jako najwyższego poziomu rozwoju społecznego.

Pojęcie *smart* jest bardzo pojemne i wieloznaczne (Baraniewicz-Kotasińska, 2020). W odniesieniu do miasta jego znaczenie identyfikowane jest wąsko, z określeniami takimi jak: inteligentne, innowacyjne, kognitywne oraz kreatywne (Katz i Bradley, 2013). Smart City w ujęciu szerszym to miasto, które przyczynia się do zaspokojenia potrzeb swoich mieszkańców, korzystając z dobrodziejstw nowoczesnych technologii, równocześnie nie ograniczając możliwości rozwoju przyszłych pokoleń (Kanter i Litow, 2009). W tak funkcjonującym systemie występuje połączenie fizycznej przestrzeni przyrody (świata realnego) z cyberprzestrzenią, dzięki nowym, mobilnym technologiom cyfrowym operującym na warstwie ICT w połączeniu z IoT, AI, Big Data, chmurą obliczeniową, *machine learning* oraz *deep learning* tworzone są warunki do wygodnego i satysfakcjonującego życia mieszkańców supermiast (Kumar, 2017; Deakin, 2013). Miarą inteligencji miasta jest dostępność szerokopasmowego Internetu, skuteczna edukacja na rzecz gospodarki opartej na wiedzy, polityka na rzecz upowszechniania Internetu, poziom innowacji i obecność środków technologicznych, działanie na rzecz absorpcji utalentowanych pracowników (Wdowiarsz-Bilska, 2012).

Termin **Smart City** po raz pierwszy pojawił się w latach 90. XX wieku (Rosati & Conti, 2016; Szpilko i in., 2020a; Szpilko, 2020), kiedy na świecie odczuwalne było oddziaływanie dwóch sił. Z jednej strony następowała silna propagacja rozwiązań cyfrowych (Śledziwska & Włoch, 2020). Z drugiej ruch *Smart Growth* (inteligentny rozwój) zaproponował nowe zasady planowania przestrzennego i zarządzania rozwojem miast oraz obszarów wiejskich w odpowiedzi na konieczność tworzenia przestrzeni miejskich bardziej efektywnych, zintegrowanych i przyjaznych dla mieszkańców. W okresie tym także coraz częściej zaczęto posługiwać się takimi terminami, jak: *City of Bits* (miasto bitów), *Cyber City* (cyber miasto) czy *Digital City* (miasto cyfrowe), które łączyło to, że odgrywały one kluczową rolę w miastach wykorzystujących system powiązań i przestrzeni wirtualnych.

Początki Smart City można datować na okres, gdy pojawiły się pierwsze zaawansowane systemy monitoringu i zarządzania infrastrukturą miejską. Idea ta zyskała na popularności, gdy coraz więcej miast zaczęło wprowadzać cyfrowe systemy do zarządzania ruchem, monitoringu bezpieczeństwa czy zarządzania zużyciem energii. Technologia miała zautomatyzować procesy, które wcześniej wymagały dużych nakładów pracy ludzkiej, co miało przynieść miastom oszczędności i poprawić jakość życia ich mieszkańców. Jednak w miarę jak koncepcja ta się rozwijała, zaczęto dostrzegać jej ograniczenia. Technologia, która miała ułatwiać życie, często stawała się celem samym w sobie, a nie środkiem do osiągnięcia

lepszego funkcjonowania miast. Wiele projektów Smart City koncentrowało się na wdrożeniu najnowszych technologii, nie zawsze uwzględniając rzeczywiste potrzeby mieszkańców. W efekcie powstawały miasta naszpikowane elektroniką, ale odległe od ludzkich oczekiwań i często mało przyjazne.

Jednak z założenia Smart City to nie miasto naszpikowane technologią i sensorami, lecz miasto mające dbać o lepszą przyszłość dla ludzkości. Cytat z Szekspira „What is the city but the people” (Czym jest miasto, jeśli nie ludźmi) oddaje i podkreśla służebny charakter miasta, jego infrastruktury (w tym technicznej), administracji i służb względem ludzi (Reichental, 2020). Technologia powinna być narzędziem, a nie celem, służącym do tworzenia miast, które są bardziej zrównoważone, odporne i przyjazne dla swoich mieszkańców (Taipale, 2013). Przykładem tej ewolucji jest rozwój miast takich jak Kopenhaga, Singapur czy Zurich, które stały się modelowymi przykładami integracji nowoczesnych technologii z naturą i potrzebami społeczeństwa. W Kopenhadze rower stał się nie tylko środkiem transportu, ale symbolem nowoczesnego, zrównoważonego stylu życia, wspieranego przez infrastrukturę miejską, która promuje zdrowie i aktywność fizyczną (Colville-Andersen, 2019). W Singapurze rozwinięto zaawansowane systemy zarządzania energią i wodą, które pozwalają na optymalne wykorzystanie ograniczonych zasobów naturalnych, a także na ochronę przyrody w warunkach intensywnej urbanizacji. Każde miasto musi uwzględniać własne, unikalne aspekty, takie jak kultura, relacje społeczne czy poziom rozwoju. Istotne jest również to, że wielkość miasta nie powinna determinować jego „inteligencji” i możliwej integracji. Zarówno ogromne, światowe metropolie, jak i mniejsze europejskie miasta, takie jak Zurich czy Bilbao – każde z nich może realizować koncepcję Smart City na swój własny sposób (Bris i in., 2022).

Do dziś nie ma jednoznacznego kryterium, które pozwalałoby ocenić, czy dane miasto spełnia już warunki bycia *smart*, czy jeszcze nie (Baraniewicz-Kotasińska, 2023). I chociaż istnieje Certyfikat ISO 37120, który – w założeniu – ma dawać „prawo” do nazywania się Smart City, to niewiele miast korzysta z tej możliwości. Dzisiaj ten certyfikat posiada tylko nieco ponad 50 miast na całym świecie, w tym Singapur, Londyn, Barcelona, Tajpej czy Los Angeles. Ta norma ISO została opracowana w 2014 roku w Kanadzie, a w 2017 została przyjęta przez Polski Komitet Normalizacyjny. Jak do tej pory skorzystało z możliwości certyfikacji zaledwie kilka miast, w tym Gdynia, Kielce, Gdańsk, Lublin i Warszawa.

Współcześnie za inteligentne uważa się raczej te miasta, które koncentrują kreatywną populację aktywizującą działania oparte na intensywnym wykorzystaniu wiedzy. Są to miasta, które posiadają efektywnie działające instytucje w oparciu o jasne procedury w zakresie tworzenia wiedzy (jej nabywanie, adaptacja i rozwój) i rozwiniętą szerokopasmową infrastrukturę, oferującą możliwości działalności w oparciu o cyfrowe narzędzia zarządzania wiedzą (e-usługi). Takie inteligentne miasta można wskazać dzięki sześciu wymiarom, które należy

traktować jako pewne wytyczne, pozwalające na przypisanie etykiety Smart City do danego miasta. Są to:

- gospodarka (ang. *smart economy*),
- transport i komunikacja (ang. *smart mobility*),
- środowisko (ang. *smart environment*),
- ludzie (ang. *smart people*),
- jakość życia (ang. *smart living*),
- inteligentne zarządzanie (ang. *smart governance*) (Donato, 2010).

Miasto inteligentne to terytorium o wysokiej zdolności uczenia się i innowacji. Jest to miasto kreatywne, z instytucjami badawczo-rozwojowymi, szkolnictwem wyższym, infrastrukturą cyfrową i technologiami komunikacyjnymi, a także odznaczające się wysokim poziomem sprawności zarządzania (Nicos i Kakderi, 2019). Takie miasto może być etykietowane jako *smart*, gdy dysponuje kapitałem ludzkim i społecznym, tradycyjną i nowoczesną infrastrukturą komunikacyjną. Założenia o rozwoju takiego miasta są zgodne z teorią rozwoju zrównoważonego, a partycypacyjny system zarządzania ma zapewnić lepszą jakość życia mieszkańcom.

Dziś na świecie istnieje już kilka modeli tworzenia, oceny i klasyfikacji inteligentnych miast (Badr i in., 2016). Jeden z pierwszych badaczy Smart City, Nikos Komninos (Komninos, 2020), zaproponował trzy fazy rozwoju inteligentnych miast, zdefiniowanych jako Smart City 1.0, Smart City 2.0 i Smart City 3.0. W fazie 1.0 wdrażanie technologii w Smart City następuje z inicjatywy firm sektora ICT raczej na zasadach biznesowych i testowych, bez uwzględniania istotnych potrzeb miasta i jego mieszkańców. W kolejnej fazie – 2.0 inicjatywa wdrożenia nowoczesnych technologii jest zgłaszana przez władze miasta, które chcą poprawić jakość życia swoich obywateli. Z kolei w fazie 3.0 zarządzający miastami zachęcają mieszkańców – zgodnie z zasadą partycypacji i podejścia kolaboratywnego w duchu społecznej ekonomii – do tworzenia własnych rozwiązań technologicznych na rzecz miasta (np. poprzez otwarte dane). Dotyczy to zarówno zachęcania obywateli do korzystania z nowoczesnych technologii (np. poprzez projekty edukacyjne dla osób niewykluczonych cyfrowo), jak i umożliwienie im tworzenia własnych rozwiązań technologicznych (np. poprzez otwarte dane). W dodanej fazie czwartej Smart City 4.0 w rozwoju miast prym wiodą inteligentne technologie, współtworzące infrastrukturę miejską, która pozwala na złożoną sieć połączeń międzysystemowych i tym samym na organicystyczne podejście do miasta z jego siecią nerwową, w którym płyną bity informacji, oraz siecią przepływów zasobów ludzi i ładunków.

Z kolei w koncepcji rozwoju miast Richarda Floridy źródłem innowacyjności i twórczości są kapitały „4T”: technologia – talent – tolerancja – *trust* (z ang. zaufanie). Według Floridy kapitały „4T” są podstawą „klasy kreatywnej” (Florida, 2019). Wraz z zaawansowanymi technologiami rośnie znaczenie miękkich potencjałów, do których zaliczono – obok technologii – talent, tolerancję i zaufanie

(*trust*). Zaawansowany udział „4T” w inteligentnym zarządzaniu miastem jest wyznacznikiem jakości życia mieszkańców i jego konkurencyjnej pozycji względem pozostałych metropolii. Osoby będące reprezentacją koncepcji „4T” wybierają miejsca, które są dla nich atrakcyjne pod względem warunków życia, a właściwie decydują o jego wyższej jakości.

W ujęciu rozwoju miast „4T” klasa kreatywna jest reprezentowana przez grupę osób wykonujących zamkniętą listę zawodów i profesji, posiadającą określone cechy i preferencje dotyczące wykonywanej pracy i miejsca zamieszkania. Klasa kreatywna składa się z:

- superkreatywnego rdzenia, który tworzą: naukowcy, inżynierowie, artyści estradowi, aktorzy, projektanci i architekci, poeci i powieściopisarze, a także przedstawiciele środowisk opiniotwórczych współczesnego społeczeństwa;
- autorów literatury faktu, wydawców, postaci świata kultury, analityków, twórców think-tanków itp., których praca łączy się z rozwiązywaniem, ale i wyszukiwaniem problemów;
- twórców profesjonalistów pracujących w dziedzinach wymagających zaawansowanej wiedzy; zalicza się tu: lekarzy, prawników, menedżerów, których zawód wymaga testowania i doskonalenia nowych technik oraz stosowania nowych sposobów leczenia.

Jednakże kapitał kreatywny jest rozumiany jako zasób właściwy ludziom, którzy współpracują i funkcjonują w danych warunkach, wykorzystując swoją kreatywność. Oprócz talentu, technologii, tolerancji i zaufania (*trust*) istotna jest również współpraca. Takie ujęcie oznacza niezawężanie się tylko do przedstawicieli wybranych zawodów. Włączenie do definicji współpracy wynika z traktowania tego elementu jako filaru „nowej ekonomii”. Istotność współpracy i współdziałania łączy się z umiejętnością pozyskania i przetwarzania informacji oraz umiejętnościami współpracy w ramach powiązań społecznych czy gospodarczych. Stanowi to przesłankę do oceny budowy kapitału kreatywnego, warunkującego rozwój Smart City, co jest zgodne z ideą ekonomii społecznej.

Z kolei Boyd Cohen⁸ z Universidad del Desarrollo w Santiago de Chile stworzył popularną koncepcję „**Smart City Wheel**” (Koło Inteligentnego Miasta), która opisuje zrównoważone i inteligentne miasta w formule ewolucyjnej. W swoim modelu trójfazowej ewolucji miast z etykietą Smart City wskazał, iż na przestrzeni lat inteligentne miasta przechodziły od technokratycznego podejścia w zarządzaniu do bardziej inkluzyjnych modeli, przesuwając akcenty istotności predyktorów priorytetyzacji rozwoju od technologii (1.0: *technology driven*), poprzez sektor

8 B. Cohen, korzystając z otwartych danych dotyczących 120 miast oraz metodyki *Urban Living Labs* (laboratoria miejskie) i teorii innowacji społecznych, opracował 62 wskaźniki, opracował trójfazowy model rozwoju Smart City. (za: B. Cohen, *The 3 Generations of Smart Cities*. 2015). Wersja elektroniczna: <https://www.fastcompany.com/3047795/the-3-generations-of-smart-cities> [dostęp: 12.09.2024].

publiczny (2.0: *technology enabled city-led*), a na mieszkańcach (3.0 *citizen co-creation*) kończąc. Powstawanie, trwanie i przyszłościowy rozwój miast wynika ze złożoności i interakcji wielu składowych, przy czym w danym okresie jeden z nich przyjmuje dominującą rolę jako czynnik sprawczy transformacji miasta.

W najwcześniejszej fazie Smart City 1.0 to technologia jest głównym czynnikiem napędzającym rozwój miasta, zgodnie z podejściem *top-down*. Wielkie technologiczne korporacje (np. Living PlanIT, IBM, Cisco) silnie oddziałują na funkcjonowanie takich miast (np. miasto Songdo w Korei Południowej, Masdar w Zjednoczonych Emiratach Arabskich). Technocentryczna wizja miast inteligentnych tworzy atrakcyjne środowisko dla innowatorów technologicznych, mających potencjał przyspieszenia rozwoju ekonomicznego, zwiększenia zatrudnienia i zasobności mieszkańców. W efekcie nie przyniosła zamierzonych rezultatów w postaci miast bardziej przyjaznych mieszkańcom, wprowadzających innowacje we wszystkich obszarach funkcjonowania – od środowiskowych po społeczne i gospodarcze. Smart City 1.0 hołdujące filozofii „*must have*”, tzn. wizji miasta przyszłości sterowanej i napędzanej przez sektor prywatny, gubi kluczową kwestię funkcjonowania, tzn. relacje i interakcje miasta z mieszkańcami (Kauf, 2018).

W fazie 2.0 kluczową rolę w rozwoju miast (np. Barcelona, Singapur) odgrywa współpraca między lokalnymi samorządami, sektorem publicznym i prywatnym oraz wdrażanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych (np. publiczna sieć WiFi, inteligentne sterowanie ruchem ulicznym, wykorzystanie Big Data, inteligentne sensory, liczniki, sterowniki, publiczny transport elektryczny). Główną rolę odgrywają samorządy, których zadaniem jest utrzymanie równowagi pomiędzy inkluzją technologii w ekosystem miasta a potrzebami jego mieszkańców, tak by technologie były wdrażane głównie „dla ludzi”, a nie „z ludźmi”. Według Cohena większość miast realizujących projekty Smart City należy do generacji 2.0.

Od 2015 roku wyewoluowała faza Smart City 3.0, w której miasta koncentrują się na obywatelach (np. Wiedeń, Vancouver, Amsterdam, Seul), co jest zgodne z ideą partycypacji, czyli współtworzenia i współzarządzania mieszkańców, przedsiębiorców, lokalnych władz i pozostałych podmiotów działających w ekosystemie miasta. Takie podejście oddolne (*bottom-up*) stawia ludzi w centrum i wykorzystuje technologie jako narzędzie do realizacji ich potrzeb (np. poprzez *crowdsourcing*). Inteligentne miasta 3.0 tworzą przestrzeń, w której mieszkańcy mogą wykorzystywać swoją wiedzę i umiejętności do używania nowych technologii w celu ich tworzenia i polepszania jakości życia w mieście, między innymi poprzez współdzielenie zasobów (z ang. *sharing economy*) w *carpooling* i *car-sharing* (Kinelski i in., 2022).

Kolejnym etapem rozwoju miast w nurcie smart jest Smart City 4.0 inspirowane ekonomią i technologiami (Internet rzeczy – IoT, sztuczna inteligencja – AI, duże zbiory danych – Big Data), koncepcją zrównoważonego rozwoju oraz otwarte na

innowacje, z naciskiem na współpracę różnych interesariuszy, takich jak obywatele, przedsiębiorstwa, sektor publiczny i środowisko akademickie. W tej koncepcji miasta są postrzegane jako platformy otwartych innowacji, które wykorzystują zbiorową inteligencję i współpracę do wdrażania rozwiązań służących transformacji i poprawie jakości życia. Funkcjonowanie miast jest osadzone zgodnie z modelem „4T” (Technologia, Talent, Tolerancja, Zaufanie zgodnie z koncepcją Floridy) na możliwościach, jakie oferuje *hyperconnectivity* oraz innowacyjne technologie, takie jak AI, IoT, cyfrowe bliźniaki, AR, VR i MR, jak również praktykowanie koncepcji zrównoważonego rozwoju (zgodnie z celami ONZ SDG) w połączeniu z zaangażowaniem miejskich interesariuszy.

W takim nurcie działania prowadzone przez zarządzających miastami mają doprowadzić do obniżenia kosztów funkcjonowania miasta dzięki oszczędności zasobów, takich jak woda i energia, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości życia mieszkańców, co ma z kolei wspomóc koncepcja eco-miasta z naciskiem na zdrowe środowisko i harmonię między naturą a urbanizacją. W tym kontekście pojawia się koncepcja miasta 15-minutowego⁹, która po raz pierwszy pojawiła się w 2016 roku jako model urbanistyczny miast bardziej lokalnych, ekologicznych i przyjaznych dla ludzi, w których wszystkie niezbędne usługi i funkcje życiowe (praca, edukacja, zakupy, zdrowie, rekreacja) znajdują się w zasięgu 15-minutowego spaceru lub jazdy rowerem od miejsca zamieszkania¹⁰. Zaproponowane rozwiązanie zyskało zainteresowanie zarządzających miastami (np. Paryż) jako odpowiedź na problemy współczesnej urbanizacji, takie jak korki, zanieczyszczenie powietrza oraz niska jakość życia w miastach (Moreno, 2024).

Aktualny system gospodarowania naszej cywilizacji sprzyja procesom przyspieszonej entropii materii i energii, czego najdobitniejszym potwierdzeniem są zmiany klimatyczne (Markowski, 2023). W miarę jak ewoluowała koncepcja Smart City, stało się jasne, że sama technologia nie jest rozwiązaniem wszystkich problemów. Miasta przyszłości muszą iść krok dalej – muszą stać się regeneratywne. Tylko takie podejście, łączące innowacje technologiczne z głębokim szacunkiem dla natury i odpowiedzialnym zarządzaniem zasobami, pozwoli nam stworzyć przestrzenie miejskie, które nie tylko będą minimalizować swój negatywny wpływ na środowisko, ale także aktywnie przyczynią się do jego odnowy. Co więcej, nowoczesne miasto to miasto życzliwe, czyli miasto współtworzone przez ludzi, którzy

9 Autorem koncepcji miasta 15-minutowego jest Carlos Moreno z Uniwersytetu Panthéon-Sorbonne, który inspirował się koncepcjami miast ogrodów autorstwa Ebenezera Howarda oraz koncepcją zrównoważonego rozwoju miast, promowanego przez ruchy urbanistyczne od lat 70. XX wieku.

10 Profesor Carlos Moreno uczestniczył w Igrzyskach Wolności (Łódź, 2024), będących interdyscyplinarnym forum kulturalnym i intelektualnym. W panelu dyskusyjnym na temat koncepcji miasta 15-minutowego zestawione były trzy perspektywy: naukowa profesora Carlosa Moreno, samorządowa Pani Prezydent Łodzi Hanny Zdanowskiej i biznesu reprezentowanego przez Waldemara Olbryka CEO Archicom S.A.

się zatrzymują, żyją wolniej, funkcjonują razem (Sim, 2022). I tu powstaje zapotrzebowanie na nowy paradygmat w zarządzaniu miastem. Rozwiązaniem może być koncepcja miasta regeneratywnego¹¹, odnosząca się do idei miast, które nie tylko minimalizują swój negatywny wpływ na środowisko, ale aktywnie przyczyniają się do jego odnowy.

Nie wystarczy rewitalizować określonych, degenerujących się obszarów miasta, ale należy wytyczyć jego nową rozwojową trajektorię (regeneracyjną) i uruchomić siły napędowe, które wprowadzą miasto na tę drogę bez konieczności silnej zewnętrznej interwencji w sferze funkcjonalno-przestrzennej (Markowski, 2023). Regeneracja miast to podejście wykraczające poza tradycyjne zrównoważone miasta, bowiem regeneratywne miasta mają za zadanie przywrócić równowagę ekosystemom, wspierać odbudowę bioróżnorodności i poprawiać jakość życia ludzi w symbiozie z naturą. Miasta regeneratywne to miejsca, w których przyroda i urbanizacja współistnieją w symbiotycznej harmonii. W takich miastach działania regeneracyjne, przywracające naturalną funkcjonalność ekosystemów, poprawiają jakość życia mieszkańców i pozwalają miastu stać się aktywno-pozytywnym elementem środowiska, a nie jego obciążeniem.

Operacjonalizacja i wdrożenie koncepcji miast regeneratywnych wymaga ekologizacji sektorów produkcji, konsumpcji i budownictwa, a także zasobooszczędnego wykorzystania materiałów i dóbr naturalnych. Konieczne jest myślenie projektowe, które stawia ludzi w centrum każdego procesu planowania. Dlatego paradygmat planowania nowych miast, a także modernizacja istniejących muszą ulec głębokiej zmianie. Metabolizm miejski musi zostać przekształcony z nieefektywnego i marnotrawnego liniowego systemu wejścia–wyjścia w zasobooszczędny i regeneracyjny system o obiegu zamkniętym, w połączeniu z procesem planowania przestrzennego, który zapewnia wystarczająco dużo miejsca na kreatywny i niezaplanowany rozwój (Schurig, 2018). W regeneratywnych miastach nacisk kładziony jest na zwiększenie ilości zieleni miejskiej i wody w celu obniżenia temperatury w czasie upałów, renaturyzację rzek i zbiorników wodnych poprzez odtwarzanie naturalnych biegów rzek, usuwanie betonowych nabrzeży i przywracanie terenów podmokłych (rzeka Cheonggyecheon w Seulu), budowę zielonych dachów i ścian poprzez przywracanie natury na budynkach w celu oczyszczania powietrza i zwiększania bioróżnorodności oraz rewitalizację zdegradowanych gruntów poprzez zalesianie i naturalną uprawę roślinności. Kolejnymi działaniami regeneratywnymi są te z zakresu *circular economy*, wśród których można wymienić: recykling, kompostowanie i ponowne wykorzystanie odpadów, zbieranie, filtrację i ponowne użycie wody w miejskich systemach

11 W zgodzie z wytycznymi World Cities Report 2024. [Za:] https://unhabitat.org/sites/default/files/2024/11/wcr2024_-_full_report.pdf

nawadniania czy chłodzenia oraz wykorzystanie lokalnych źródeł energii, takich jak panele słoneczne, turbiny wiatrowe i bioenergia, tak by minimalizować emisję CO₂. Istotna w tej koncepcji jest również integracja natury z urbanistyką w postaci nie tylko tworzenia parków, ogrodów społecznych, lasów miejskich i korytarzy ekologicznych, ale również taka przebudowa infrastruktury miejskiej, by pochłaniała wodę opadową przez przepuszczalne nawierzchnie i tereny zielone, co zmniejszałoby ryzyko powodzi i suszy, i tworzenie **Sponge Cities (miasta gąbki)** (Shenzhen – Chiny).

Takie łączne podejście do przemian w zarządzaniu miastem ma doprowadzić do homeostazy, czyli równowagi. Miasta regeneratywne to miasta, które dbają również o faunę poprzez tworzenie siedlisk dla ptaków, owadów i małych zwierząt (np. łąki kwiatne, domki dla owadów) oraz promowanie agrokultury miejskiej. Istotna jest również edukacja ekologiczna mieszkańców, którzy aktywnie uczestniczą w procesach regeneracji środowiska (np. sadzenie drzew, ogrody społeczne) oraz dbałość o lokalną kulturę poprzez promowanie lokalnych zasobów, rzemiosła i gospodarki opartej na relacjach międzyludzkich.

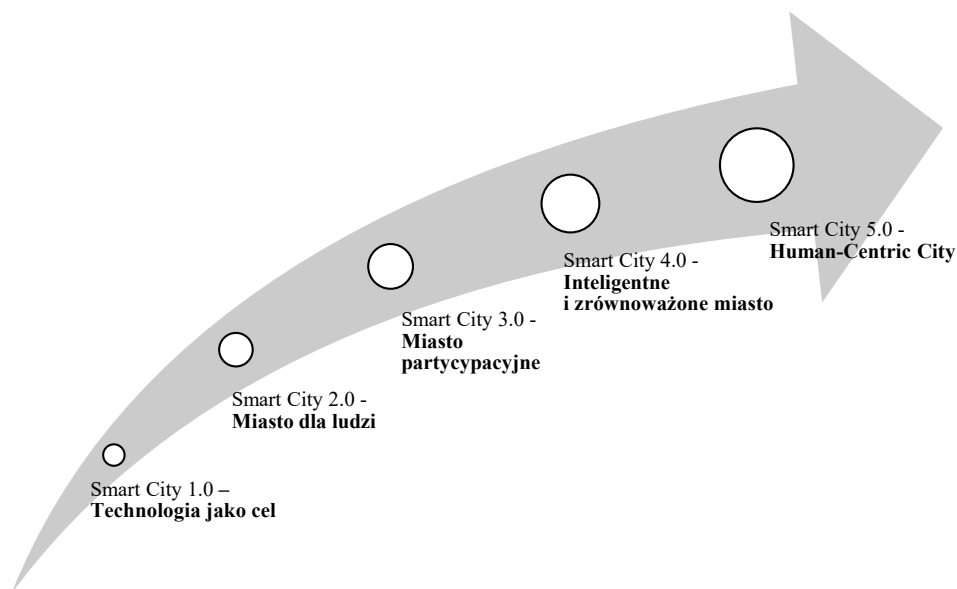
Efektom przededefiniowania miasta w kierunku miasta regeneratywnego ma być społeczny aspekt regeneracji, w postaci poprawy zdrowia i dobrostanu mieszkańców dzięki zwiększonej dostępności zielonych przestrzeni, czystszyemu powietrzu i przyjaznej infrastrukturze pieszej oraz integracji społeczności lokalnej. Takie łączne podejście do przemian w zarządzaniu miastem ma doprowadzić do homeostazy, czyli równowagi, tak by miasto mogło się rozwijać bez nadmiernych kosztów po stronie społecznej, środowiskowej i ekonomicznej. Konsekwentne działania regeneratywne powinny również doprowadzić do wypracowania modelu rezyliencji, czyli swego rodzaju odporności na kryzysy i zawirowania.

Zanim pojawi się kolejny etap w ewolucji miast w ujęciu technologicznych w nurcie *smart* (Smart City 5.0), warto wskazać na wyodrębnienie **Smart Sustainable City** jako koncepcji pomostowej, odpowiadającej na wyzwania środowiskowe, z możliwością wykorzystania inteligentnych technologii do osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju przy minimalizacji wpływu na środowisko, z jednoczesnym dążeniem do poprawy jakości życia mieszkańców i efektywnego zarządzania zasobami. Zgodnie z jej założeniami miasto, wykorzystując nowoczesne rozwiązania technologii cyfrowych, może skutecznie i efektywnie zarządzać zasobami na rzecz obecnych mieszkańców, bez uszczerbku dla przyszłych pokoleń (Höjer & Wangel, 2014). Podstawą wprowadzenia tej koncepcji jest teoretyczny i praktyczny model *Quintuple Helix* (Carayannis i in., 2012), który wskazuje na istotność budowy i rozprzestrzenienia informacji prowadzącej do tworzenia kapitału wiedzy w zarządzaniu miastami. Głównym celem zarządzających miastami według tej koncepcji jest zapewnienie długoterminowej równowagi między technologią, środowiskiem i społeczeństwem, przy minimalnym wpływie na planetę.

Osiągnięcie tego celu wymaga działania zgodnego z dyrektywami i celami zrównoważonego rozwoju. Technologie są w tym wypadku narzędziem do redukcji śladu węglowego i regeneracji środowiska. Kluczowym elementem jest zrównoważony rozwój w oparciu o neutralność energetyczną i gospodarkę obiegu zamkniętego. Realizacja założeń tej koncepcji jest możliwe pod warunkiem holistycznego podejścia do zarządzania procesami i składowymi w mieście jako całości oraz zaangażowania społeczności w odpowiedzialne zarządzanie zasobami i ochronę środowiska miasta (Martin i in., 2018).

W zgodzie z dotychczasowymi rozważaniami pojawia się tu kolejny krok w ewolucji miast w nurcie smart. Koncepcja **Smart City 5.0** jest kształtującą się fazą, która nie została jeszcze precyzyjnie zdefiniowana ani wdrożona. Jednakże istnieją przesłanki natury humanistyczno-przyrodniczej, które mogą stać się podstawą do tego, że w niedługim czasie taka koncepcja pojawi się w przestrzeni dyskursu naukowego. Wizjonerskie podejście do konceptu miast przyszłości osadzać się będzie na humanocentryczności, z akcentem na stan indywidualizacji dostosowań technologii do potrzeb mieszkańców. W tym kontekście istotna będzie kwestia dobrostanu mieszkańców z integracją rozwoju społecznego, środowiskowego i gospodarczego tkanki miasta. Istotna będzie integracyjna empatia społeczna, odwołująca się do relacji społecznych mieszkańców miasta oraz kolaboracji.

Rysunek 2.2. Ewolucja koncepcji rozwoju Smart City



Źródło: opracowanie własne.

Co więcej, miasta te będą musiały stać się bardziej dostępne dla osób starszych ze względu na starzenie się społeczeństw, a jednocześnie tworzyć warunki sprzyjające młodym ludziom, którzy będą napędzać gospodarkę i innowacje. W takich miastach cyfrowi asystenci miejscy będą wspierać mieszkańców w ich codziennych aktywnościach nie tylko technicznie, ale także emocjonalnie. Z racji funkcjonowania w przestrzeni technologicznej ważną kwestią będzie również wykorzystanie takich rozwiązań technologicznych, które się etyczne, odpowiedzialne i transparentne.

Wyróżnikiem Smart City 5.0 będzie bio-strukturalizacja rezyliентnego i regeneratywnego miasta, w którym pełna harmonia z naturą, zielona infrastruktura i ekologiczne rozwiązania będą standardem. W przyszłości Smart City 5.0 będą miastami samodostosowującymi się, które będą w stanie szybko reagować zarówno na pojawiające się trendy, jak i zagrożenia. Będzie to możliwe dzięki dostępowi do dużych zbiorów danych i ich analizie w czasie rzeczywistym, co pozwoli na automatyczne optymalizowanie miejskich aktywności. Takie procesowanie sprawi, że miasta jak żywe organizmy adaptacyjnie i rezyliентnie będą reagować na zmiany środowiskowe. Powszechność źródeł energii i systemów jej magazynowania sprawi, że miasta w przyszłości będą również mogły być samowystarczalne energetycznie. Wdrożenie zielonej urbanistyki z reprezentacją biologicznych budynków i wertykalnych lasów sprawi, że miasto – odzwierciedlając ekosystemem ze świata zwierząt – pozwoli integrować biotop i biocenozę.

2.4. Smart City przyszłości w dyktacie regeneratywnym

Miasto przyszłości to temat, który łączy urbanistykę, technologię, ekologię i społeczne innowacje. Absorbacja innowacyjnych rozwiązań stosowanych w konkretnym miejscu jest możliwa, jeśli wszyscy interesariusze wyrażają na to przyzwolenie oraz gotowość do podjęcia konkretnych działań. Przykład miasta Łodzi doskonale ilustruje transformację miasta przemysłowego w kierunku modelu regeneratywnego, pokazując, jak historyczna tkanka miejska może zostać przekształcona w sposób sprzyjający zarówno mieszkańcom, jak i środowisku naturalnemu. To historyczne centrum włókiennictwa, które przez dziesięciolecia zmagало się z problemami typowymi dla ośrodków przemysłowych, skutecznie przekształca swoje dziedzictwo w nowoczesną, zrównoważoną przestrzeń miejską. Kluczowym elementem tej transformacji jest kompleksowa rewitalizacja terenów przemysłowych, czego sztandarowymi przykładami są projekty Manufaktury i Fuzji, gdzie historyczna architektura została twórczo połączona z nowymi funkcjami społeczno-kulturalnymi, tworząc tętniące życiem przestrzenie publiczne, sprzyjające integracji mieszkańców i rozwojowi lokalnej przedsiębiorczości.

Miasto podejmuje również ambitne działania w zakresie renaturyzacji, czego najbardziej znaczącym dowodem jest projekt przywracania rzeki Łódki do

przestrzeni miejskiej. Wcześniej ukryta w betonowych kanałach rzeka, obecnie staje się integralnym elementem przestrzeni publicznej, tworząc nie tylko nowe miejsca rekreacji, ale także przyczyniając się do poprawy lokalnego mikroklimatu i wspierając rozwój bioróżnorodności. Ten projekt stanowi modelowy przykład, jak elementy błękitno-zielonej infrastruktury mogą być skutecznie przywracane do tkanki miejskiej, przynosząc wielorakie korzyści środowiskowe i społeczne.

Łódź intensywnie rozwija także zieloną infrastrukturę poprzez tworzenie innowacyjnych rozwiązań, takich jak ogrody deszczowe i zielone dachy, które nie tylko poprawiają estetykę miasta, ale przede wszystkim pomagają w zarządzaniu wodami opadowymi i łagodzeniu efektu miejskiej wyspy ciepła. Rozbudowa terenów zielonych, w tym parków kieszonkowych w gęsto zabudowanych częściach miasta, oraz modernizacja istniejących obszarów zielonych, takich jak Park Źródliska, znacząco przyczynia się do poprawy jakości życia mieszkańców i zwiększenia odporności miasta na zmiany klimatyczne.

W ramach projektu Eco City realizowanego w Śródmieściu, miasto koncentruje się na kompleksowej modernizacji energetycznej budynków, rozwoju odnawialnych źródeł energii oraz promocji transportu niskoemisyjnego. Te działania, połączone z rozbudową sieci tras rowerowych i modernizacją transportu publicznego, systematycznie przyczyniają się do redukcji śladu węglowego miasta i poprawy jakości powietrza. Szczególnie istotnym aspektem transformacji Łodzi jest aktywne zaangażowanie mieszkańców, realizowane poprzez różnorodne mechanizmy partycypacji społecznej. Budżet Obywatelski i program „Łódź Kreuje” umożliwiają społeczności lokalnej rzeczywiste współdecydowanie o kształcie przestrzeni publicznych, podczas gdy liczne warsztaty i konsultacje społeczne budują świadomość ekologiczną i poczucie odpowiedzialności za wspólną przestrzeń miejską. Aktywność lokalnych organizacji pozarządowych w obszarze edukacji ekologicznej i ochrony środowiska dodatkowo wzmacnia te procesy.

Mimo wciąż istniejących wyzwań, takich jak zanieczyszczenie powietrza, wpływ mieszkańców czy nierówności społeczne, przyjęte przez Łódź podejście regeneratywne stanowi kompleksową odpowiedź na problemy współczesnych miast przemysłowych. Planowane działania, obejmujące dalszą renaturyzację rzek miejskich, w tym Sokołówki, rozbudowę zielonej infrastruktury w najbardziej zdegradowanych częściach miasta oraz intensyfikację działań edukacyjnych w zakresie gospodarki cyrkularnej, pokazują, że Łódź konsekwentnie dąży do stworzenia miasta, które nie tylko minimalizuje swój negatywny wpływ na środowisko, ale aktywnie przyczynia się do jego regeneracji. Ten przykład udowadnia, że nawet miasto z trudną historią przemysłową może skutecznie przekształcić się w nowoczesny, zrównoważony organizm miejski, który stawia na pierwszym miejscu dobro swoich mieszkańców i środowiska naturalnego.

Zakończenie

Podsumowując, życie gospodarcze już obecnie koncentruje się głównie w miastach i wokół miast. Jak wskazują ekonomiczne analizy 80% światowego PKB powstaje w miastach. By osiągnąć taki stan, miasta zużywają dwie trzecie światowej energii, odpowiadając jednocześnie za dwie trzecie światowej emisji gazów cieplarnianych. Miejskie kolosy to właściwie miasta-państwa¹². W odróżnieniu od dominującej roli technologii jako wsparcia w zarządzaniu miastami, akcentowanej w koncepcji Smart City dla miast XXI wieku, atraktorem jest i będzie środowisko naturalne. Humanocentryczność i powrót do natury będą traktowane priorytetowo. Technologia, pełniąc rolę służebną, będzie wsparciem w realizacji organicznych procesów funkcjonowania miasta oraz będzie stanowiła zaplecze predykcyjne do zarządzania przyszłością.

Miasta przyszłości, oparte na koncepcjach Smart City i miast regeneratywnych, muszą stawić czoła licznym wyzwaniom, ale jednocześnie mają szansę stać się miejscami, które oferują swoim mieszkańcom wysoką jakość życia, zrównoważony rozwój i bezpieczeństwo. Kluczem do sukcesu jest integracja nowoczesnych technologii z naturalnym środowiskiem oraz zaangażowanie społeczności w procesy decyzyjne. Tylko takie podejście pozwoli na stworzenie miast, które będą nie tylko trwać, ale także kwitnąć w przyszłych dekadach. Miasta regeneratywne, w których natura i technologia współpracują na rzecz lepszego życia, stają się nie tylko celem, ale koniecznością. Przyszłość naszych miast zależy od tego, jak dobrze potrafimy połączyć te dwa elementy, tworząc przestrzeń przyjazną dla ludzi i planety. Dla miast, które potrafią odpowiednio zarządzać swoimi zasobami, angażować mieszkańców i wdrażać innowacje w sposób zrównoważony, przyszłość jawi się jako obiecująca.

12 <https://www.obserwatorfinansowy.pl/bez-kategorii/rotator/oko-na-gospodarke-miasta-w-morzu-potrzeb/>

Bibliografia

- Badr, B., Benahmed, M., Abdes-Samed, B., & Ouardouz, M. (2016). *Ranking models of smart cities*. Morocco: IEEE.
- Baraniewicz-Kotasińska, S. (2020). Smart City. Four Approaches to the Concept of Understanding. *Urban Research & Practice*, 15(1), 1–24.
- Baraniewicz-Kotasińska, S. (2023). *Smart City. Kto rządzi w inteligentnych miastach?* Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Beatley, T. (2010). *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. Island Press Washington.
- Bloc-Duraffour, P. (1998). *Les villes dans le monde*. Paris: Synthèse.
- Bris, A., Cabolis, C., Chee, C., & Lanvin, B. (2022). *Sixteen Shades of Smart, how cities can shape their own future*. IMD Publishing.
- Brundtland, G.H. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
- Cantwell, J., & Vertova, G. (2004). Historical evolution of technological diversification. *Research Policy*, 33(3), 511–529. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2003.10.003>
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2009). Smart Cities in Europe. *Serie Research Memoranda*.
- Carayannis, E.G., Barth, T.D., & Campbell, D.F. (2012). The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, (2), 201–234. doi:10.1186/2192-5372-1-2
- ChuanTao, Y., Zhang, X., Hui, C., JingYuan, W., Cooper D., & Bertrand, D. (2015). A literature survey on smart cities. *Science China*, 58, 1–18. doi:10.1007/s11432-015-5397-4
- Claval, P. (1981). *La logique des villes*. Paris: Librairies Techniques.
- Colville-Andersen, M. (2019). *Być jak Kopenhaga – duński przepis na miasto szczęśliwe*. Wysoki Zamek.
- Deakin, M. (2013). *From intelligent to smart cities*. 1st Edition, Routledge.
- Donato, T. (2010). *The Smart City Vision: How Innovation and Ict Can Build Smart, “Liveable”, Sustainable Cities*. Milano: Think!
- Florida, R. (2019). *The Rise of the Creative Class*. Nowy Jork: Basic Books.
- Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. *Japan Spotlight*. https://www.jef.or.jp/journal/pdf/220th_Special_Article_02.pdf
- Glaeser, E. (2012). *Triumph of the City*. London: Penguin Books.
- Höjer, M., & Wangel, J. (2014). Smart Sustainable Cities: Definition and Challenges. W: B.A. Lorenz Hilty, *ICT Innovations for Sustainability, Advances in Intelligent Systems and Computing* (s. 333–349). Zurich: Springer International Publishing.
- Howard, E. (1989). *To-morrow: A Peaceful Path to Real Reform*. London: Swan Sonnenschein & Co.

- Ignatieva, M. (2000). *Ecopolis – towards the holistic city: lessons in integration from throughout the world*. Routledge.
- Kanter, R., & Litow, S. (2009). *Informed and Interconnected: A Manifesto for Smarter Cities*. HBS.
- Katz, B., & Bradley, J. (2013). *The Metropolitan Revolution: How Cities and Metros Are Fixing Our Broken Politics and Fragile Economy*. Washington: Brookings Institution Press.
- Kauf, S. (2018). Ekonomia współdzielenia (*sharing economy*) jako narzędzie kreowania Smart City. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie*, 120, 141–151.
- Kinelski, G., Mucha-Kuś, K., & Makiela, Z. J. (2022). *Koncepcja Smart City i potencjały 4T. Inteligentne zarządzanie miastami Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii*. Dąbrowa Górnicza: Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB.
- Kolańska-Morawska, K., Sułkowski, Ł., Buła, P., Brzozowska, M., & Morawski, P. (2022). Smart Logistics-Sustainable Technological Innovations in Customer Service at the Last-Mile Stage: the Polish Perspective. *Energies*, 1–34.
- Komninos, N. (2020). *Smart Cities and Connected Intelligence Platforms, Ecosystems and Network Effects*. New York: Routledge.
- Kumar, T.V. (2017). *Smart Economy in Smart Cities*. Berlin: Axel Springer.
- Makiela, Z., Stuss, M., Mucha-Kuś, K., Kinelski, G., Budziński, M., & Michałek, J. (2022). Smart City 4.0: Sustainable Urban Development in the Metropolis GZM. *Sustainability*.
- Markowski, T. (2023). Idea miast regeneracyjnych – na czym polega, jak ją realizować? *Thinkletter*, 1–9. <https://www.kongresobywatelski.pl/pomorski-thinkletter/wszystkie-teksty/idea-miast-regeneracyjnych-na-czym-polega-jak-ja-realizowac/>
- Martin, C.J., Evans, J., & Karvonen, A. (2018). Smart and sustainable? Five tensions in the visions and practices of the smart-sustainable city in Europe and North America. *Technological Forecasting and Social Change*, 133, 269–278. DOI:10.1016/j.techfore.2018.01.005
- Milliken, S., Kotzen, B., Walimbe, S., Coutts, C., & Beatley, T. (2023). Biophilic cities and health. *Cities and Health*.
- Moreno, C. (2024). *The 15-Minute City: A Solution to Saving Our Time and Our Planet*. Wiley.
- Nicos, K., & Kakderi, C. (2019). *Smart Cities in the Post-algorithmic Era: Integrating Technologies, Platforms and Governance*. Northampton: Edward Elgar Publishing.
- Polèse, M. (1994). Economie urbaine et régionale. W: *Logique spatiale des mutations économiques* (s. 13). Paris: Economica.
- Reichental, J. (2020). *Smart Cities For Dummies*. John Wiley & Sons.
- Rosati, U. & Conti, S. (2016), What is a Smart City Project? An Urban Model or A Corporate Business Plan?, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 223, 968-973. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.332>.

- Schurig, S. (2018). Regenerative cities — an urban concept whose time has come! *The Beam* (7). <https://medium.com/thebeammagazine/regenerative-cities-an-urban-concept-whose-time-has-come-e08b5271ccf8>
- Sim, D. (2022). *Miasto życziwe. Jak kształtować miasto z troską o wszystkich*. Wysoki Zamek.
- Słodczyk, J., & Śmigielska, M. (2008). *Współczesne kierunki i wymiary procesów urbanizacji*. Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego.
- Spence, M., Clarke Annez, P., & Buckley, R.M. (2009). *Urbanization and Growth*. Washington: The World Bank.
- Szpilko, D., Szydło, J., & Winkowska, J. (2020). Social participation of city inhabitants versus their future orientation. Evidence from Poland. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 17, 692-702.
- Szpilko, D. (2020). Foresight as a Tool for the Planning and Implementation of Visions for Smart City Development. *Energies*, 13(7), 1782. <https://doi.org/10.3390/en13071782>
- Śledziewska, K., & Włoch, R. (2020). *Gospodarka cyfrowa. Jak nowe technologie zmieniają świat*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.
- Taipale, I. (2013). *100 fińskich innowacji społecznych*. Szara Godzina.
- Wdowiarz-Bilska, M. (2012). Od miasta naukowego do Smart City. *Technical Transactions. Architecture*, 305–314. <https://repozytorium.biblos.pk.edu.pl/resources/31126>

Planowanie mobilności w mieście inteligentnym

Jacek Szołtysek

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
ORCID 0000-0003-3266-0241

Jakub Stęchły

Niezależny badacz
ORCID: 0000-0002-3595-1901

Wstęp

Problematyka kształtowania mobilności w miastach jest przedmiotem rozważań w praktyce zdecydowanej większości miast, przy czym zarówno z punktu widzenia teorii, jak i praktyki funkcjonowania ośrodków miejskich ciekawe wydaje się obserwowanie trendów planowania mobilności w miastach inteligentnych. Inteligencja miast otwiera nowe możliwości zarówno w tworzeniu warstwy ideologicznej mobilności, jak również w tworzeniu kombinacji technologiczno-technicznych oraz społecznościowych, służących nie tylko wdrażaniu nowej mobilności, ale również utrwalaniu wdrażanych zachowań. To tematyka o sporym potencjale, zarówno teoretycznym, jak i praktycznym.

Słowa kluczowe: Nowa Mobilność, planowanie mobilności, zachowania mobilnościowe, ideologia mobilności, miasto inteligentne

3.1. Wprowadzenie do mobilności w Smart City

Problemy środowiskowe związane z mobilnością, zatłoczeniem i zużyciem energii, wraz z potrzebą spełnienia bardziej zrównoważonych wymagań w lokalnych systemach transportowych oraz zmienność potrzeb mobilnościowych mieszkańców skłaniają wiele miast do zmiany podejścia do planowania mobilności. Współczesne planowanie mobilności, by było skuteczne, musi być zrównoważone i uwzględniać wszystkie istniejące formy mobilności (w tym Nową Mobilność). W tym kontekście rozwój technologii stanowi zarówno szansę, jak i wyzwanie. Koncepcja Smart City wyłoniła się z badań inteligentnych środowisk miejskich (Caragliu i in., 2011), a termin „miasto inteligentne” oznacza miasto posiadające pewną zdolność intelektualną, która odnosi się do innowacyjnych socjotechnicznych i społeczno-ekonomicznych aspektów rozwoju (Katz & Bradley, 2013). Można ją rozpatrywać w sześciu wymiarach (Haarstad, 2016): inteligentni ludzie, inteligentne życie, inteligentna gospodarka, inteligentna mobilność, inteligentne środowisko i inteligentne zarządzanie.

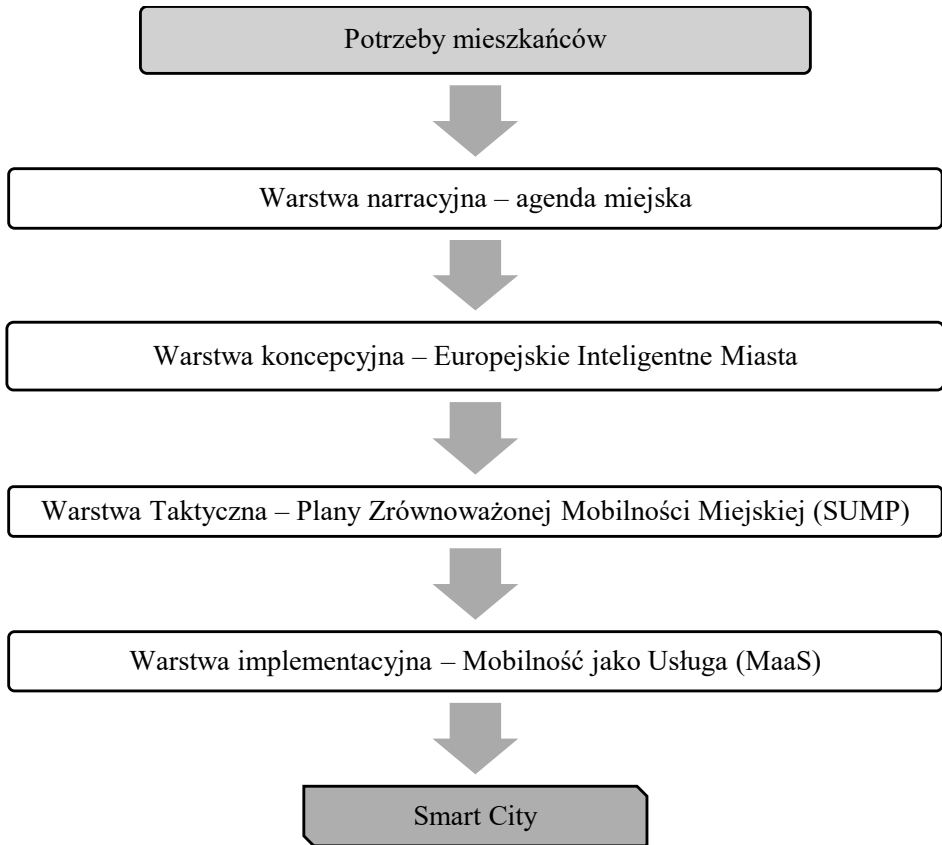
Przedstawiając zagadnienia związane z planowaniem mobilności w mieście inteligentnym, ze względów narracyjnych przyjmujemy układ linearny, przedstawiony na rysunku 1. Zarówno planowanie mobilności, jak i rozwój koncepcji miasta inteligentnego podlegają ciągłym zmianom pod wpływem czynników zewnętrznych, wewnętrznych oraz wzajemnych sprzężeń zwrotnych. Przykładem takiej pętli (dodatniego) sprzężenia zwrotnego może być wzrost przemieszczeń przy użyciu rowerów (w tym rowerów miejskich) w wyniku inwestycji w rozwój drogowej infrastruktury rowerowej w oparciu o gromadzone dane.

Inteligentne miasta muszą być świadome potrzeb swoich mieszkańców. Postulujemy, że muszą również być, w wystarczającym stopniu, samoświadome. W kontekście planowania mobilności oznacza to m.in. dokonanie świadomych decyzji strategicznych w zakresie doboru metod osiągnięcia celów mobilnościowych oraz metod strategicznego zarządzania relacjami z grupami interesariuszy. Takie podejście, poprzez dobór i prowadzenie spójnej narracji, zwiększa szanse realizacji przyjętych celów i jest zgodne z zasadą racjonalnej gospodarki zasobami.

Planowanie zrównoważonej mobilności miejskiej jest strategicznym i zintegrowanym podejściem do transportu miejskiego. Przyczynia się ono do zwiększenia dostępności i poprawy jakości życia poprzez przejście na mobilność zgodną z zasadami zrównoważonego rozwoju. W metodyce Planów Zrównoważonej Mobilności Miejskiej (ang. *Sustainable Urban Mobility Plan* – SUMP) promuje się podejmowanie decyzji na podstawie faktów i kierowanie się przy tym długookresową wizją mobilności. Wymaga to dogłębnej oceny aktualnej sytuacji i przyszłych tendencji, wspólnej wizji zakładającej realizację celów strategicznych oraz zintegrowanego zestawu środków z różnych obszarów polityki, w tym regulacji, promocji, finansowania, technologii i infrastruktury. W ramach koncepcji SUMP

szczególny nacisk kładzie się na zaangażowanie mieszkańców i zainteresowanych stron oraz na współpracę między podmiotami administracji publicznej a sektorem prywatnym (Jordová & Brůhová-Foltýnová, 2021).

Rysunek 3.1. Schemat ideowy



Źródło: opracowanie własne.

Wiele europejskich miast wykorzystuje Plany Zrównoważonej Mobilności Miejskiej jako ramę, która okazuje się przydatna w rozwiązywaniu problemów związanych z mobilnością.

Sektor transportowy jest jednym z największych emitentów gazów cieplarnianych, z globalnym udziałem w emisji sięgającym nawet 30%. Źródłem emisji gazów cieplarnianych z transportu jest głównie spalanie będących nieodnawialnymi źródłami energii paliw kopalnych (np. ropy i węgla) napędzających pojazdy, których używamy: samochody, ciężarówki, statki, pociągi czy samoloty. Przechodząc

na grunt europejski, aż 70% mieszkańców UE mieszka w miastach (z prognozą aż 84% w 2050 r.), a te generują 23% emisji gazów cieplarnianych pochodzących z transportu. Z powodu dużej skali zjawiska Komisja Europejska zaproponowała pod koniec 2021 roku nowe, zmienione tzw. ramy dla mobilności miejskiej¹ (*The New EU Urban Mobility Framework*), zawierające listę środków i inicjatyw dla miast na ich drodze do neutralności klimatycznej w obszarze mobilności.

Wśród wskazanych rozwiązań znalazły się zarówno te dotyczące transportu osób, jak i dostaw towarów, np. zwiększanie udziału zrównoważonych form transportu w podziale modalnym (ang. *modal split*); wspieranie integracji innowacyjnych usług mobilności z systemami transportu miejskiego; wysokiej jakości Plany Zrównoważonej Mobilności Miejskiej (w tym spójne podejście do gromadzenia danych nt. mobilności miejskiej); wytyczne dla miast, które pomogą promować mobilność multimodalną, aktywną i współdzieloną; zwiększona digitalizacja zrównoważonych form mobilności (w tym dostarczanie i przetwarzanie danych wrażliwych z handlowego punktu widzenia na potrzeby platform typu MaaS – *Mobility-as-a-Service*); wytyczne w zakresie równoważenia transportu drogowego na żądanie (w szczególności usług *taxi*- i *ride-hailing*); budowa i modernizacja multimodalnych hubów (w tym z infrastrukturą typu *parkuj i jedź*, ang. *park and ride*, P&R); wytyczne w zakresie bezpiecznego korzystania z urządzeń mikromobilności; efektywniejsza i zeroemisyjna logistyka miejska i dostawy na tzw. ostatniej mili (w tym dobrowolna wymiana danych pomiędzy różnymi interesariuszami).

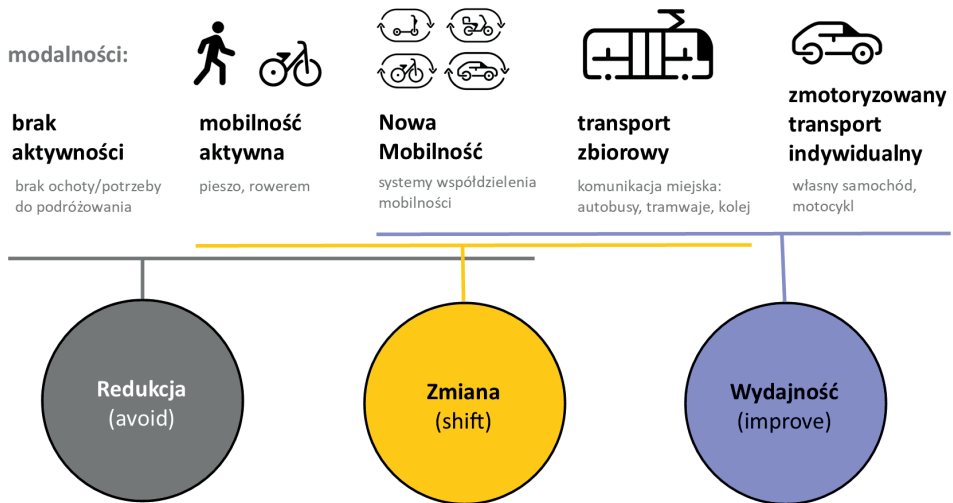
Przez wiele lat zarządzanie mobilnością z perspektywy miasta było mniej złożone niż obecnie – koncentrowało się na inwestycjach infrastrukturalnych (głównie drogowych i kolejowych) oraz zapewnianiu transportu publicznego. Wraz z nasyceniem się miast prywatnymi pojazdami stało się oczywiste, że rozwiązania oparte na transporcie indywidualnym nie są zrównoważone. W podobnym czasie postęp technologiczny umożliwił nowe modele biznesowe, zapewniające możliwości wspólnych lub multimodalnych podróży, a obywatele stali się bardziej świadomi swoich potrzeb w zakresie mobilności (w tym kwestii środowiskowych). Doprowadziło to do wyższego poziomu złożoności zarządzania mobilnością – różni aktorzy, różne ramy czasowe, wyższe oczekiwania zarówno ze strony biznesu, jak i obywateli, więcej zmiennych do rozważenia.

Mobilność może stać się bardziej zrównoważona, jeśli podróżujemy mniej (redukcja w obszarze generowania popytu na przemieszczanie się), jeśli podróżujemy inaczej (bardziej różnorodnie, do czego potrzebna jest zmiana zachowań transportowych) i/lub jeśli podróżujemy wydajniej (bardziej efektywnie, do czego potrzebny jest inny mechanizm niż transport indywidualny). Na

1 Źródło: https://transport.ec.europa.eu/news/efficient-and-green-mobility-2021-12-14_en [dostęp: 4.08.2024].

tej podstawie można wyróżnić trzy główne strategie równoważenia mobilności: redukcję, zmianę i wydajność, co jest spójne z podejściem A-S-I (*Avoid* – redukcja, *Shift* – zmiana, *Improve* – poprawa)². Przenikanie się tych strategii w obszarze modalności transportowych zostało zwizualizowane na rysunku 3.2, przedstawiającym fragment podróży miejskiej³. Co ważne, Nowa Mobilność wpisuje się w każdą z omawianych strategii, ponieważ zarówno skłania do redukcji liczby przemieszczeń, zmienia zachowania transportowe na bardziej zrównoważone (łączenie modalności, ze szczególnym uwzględnieniem mobilności aktywnej i transportu zbiorowego), a także zwiększa wydajność systemów transportowych.

Rysunek 3.2. Strategie równoważenia mobilności w kontekście modalności transportowych



Źródło: opracowanie własne.

Wracając do zasygnalizowanych narracji na temat zrównoważonej mobilności, w celu ich realizacji należy jednocześnie zająć się trzema elementami: „co?”, „kto?” i „jak?”. „Co?” skupia się na ww. strategiach równoważenia mobilności (redukcji, zmianie, wydajności), a „kto?” na interesariuszach, którzy mogą przejąć inicjatywę (interesariusz to podmiot, lub grupa osób, mający potencjał do wywierania

2 INUA #9: *Avoid-Shift-Improve (A-S-I)* – SUTP, <https://sutp.org/publications/sustainable-urban-transport-avoid-shift-improve-a-s-i-inua-9/>

3 Każda podróż składa się z łańcucha elementarnych przemieszczeń wykonywanych pieszo bądź z użyciem środków transportowych, zaś podróże w miastach składają się z jednego bądź wielu przemieszczeń, tworząc łańcuch przemieszczeń.

wpływu, w oparciu o różne motywacje). Łącząc te dwa elementy, możemy stworzyć matrycę wypełnioną narracjami „jak?”, mówiącymi o tym, w jaki sposób uczynić mobilność bardziej zrównoważoną. Połączone wiersze (co?), kolumny (kto?) i komórki (jak?) w tabeli 3.1. tworzą swoistą typologię do zrozumienia zjawiska zrównoważonej mobilności (Holden i in., 2020). Konceptualna prostota tej tabeli zakłada przy tym rzecz jasna wzajemne nakładanie się i przenikanie poszczególnych obszarów, co oznacza, że z praktycznego punktu widzenia strategie, interesariusze i narracje mogą się częściowo pokrywać. Żadna z narracji nie będzie też w stanie samodzielnie zrealizować celu w postaci zrównoważonej mobilności, stąd niezbędne jest równoległe działanie wielowymiarowe i – co równie ważne – współdziałanie wszystkich interesariuszy.

Tabela 3.1. Typologia zrównoważonej mobilności

		Interesariusze („kto?”)		
Narracje równoważenia mobilności („jak?”)		Administracja i nauka (<i>Leave it to the experts – homo bureaucrat</i>)	Społeczeństwo (<i>Leave it to the people – homo civitas</i>)	Biznes/Rynek (<i>Leave it to the firms – homo economicus</i>)
Strategie równoważenia mobilności („co?”)	Wydajność (<i>Efficiency</i>)	Zielony regulator (<i>The green government</i>)	Zielony konsument (<i>The green purchaser</i>)	Czysty transport (<i>The clean vehicles</i>)
	Zmiana (<i>Alteration</i>)	Publiczny transport zbiorowy (<i>The public transport provider</i>)	Odpowiedzialne podróżowanie (<i>The responsible traveller</i>)	Współdzielona mobilność (<i>The shared mobility schemes</i>)
	Redukcja (<i>Reduction</i>)	Miasta 15-minutowe (<i>The compact city</i>) ⁴	Przewartościowanie potrzeb (<i>The essential life</i>)	Usługi zdalne/cyfrowe (<i>The travelling electrons</i>)

Źródło: (Holden i in., 2020).

4 Lyotard, zgodnie z postmodernistycznym duchem zaproponował, aby metanarracje ustąpiły miejsca *petits récits*, czyli narracjom skromniejszym i „lokalnym”, które mogą „odrzuć” wielką narrację, skupiając uwagę na pojedynczym wydarzeniu (C. Nouvet, Z. Stahuljak, K. Still, *In the Wake of Jean-François Lyotard*, Stanford University Press, 2007). Autorzy opracowania, co widać doskonale na przykładzie miasta 15-minutowego, zrezygnują z pułapki dychotomicznego myślenia, z korzyścią dla użyteczności proponowanego podejścia.

Strategia wydajności sugeruje, że efektywność środowiskowa i dostępność mogą zostać poprawione dzięki bardziej wydajnym, nowatorskim technologiom, w których technologia jest stosowana w szerokim znaczeniu, obejmującym wykorzystanie zarówno „twardej technologii” (np. wydajniejsza technologia pojazdów i zmiana rodzaju paliwa), jak i „miękkiej technologii” (np. informacje, łączenie podróży, aplikacje i logistyka). Technologie efektywnościowe mogą być wdrażane we wszystkich częściach systemu transportowego, w tym w zmotoryzowanych pojazdach transportowych (np. pojazdy elektryczne), w infrastrukturze transportowej (np. węzły transportowe, huby mobilności, stacje ładowania) oraz w systemie energetycznym (np. odnawialne źródła energii).

Strategia zmian próbuje przemodelować istniejące wzorce transportowe poprzez tzw. przesunięcie modalne (ang. *modal shift*). W związku z tym główne wzorce transportu, które są obecnie zdominowane przez samochody w użytku prywatnym (i samoloty), powinny zmierzać w kierunku bardziej zbiorowych form transportu, a mianowicie przystępnego cenowo i dobrze funkcjonującego systemu transportu publicznego, co spowodowałoby zastępowanie podróży samochodem (i samolotem) zwiększonym wykorzystaniem autobusów, pociągów i tramwajów, które przy obecnym obłożeniu są bardziej energooszczędne niż samochody (i samoloty). Ponadto przystępny cenowo i dobrze funkcjonujący system transportu publicznego zwiększyłby jego inkluzywność, w tym dostępność dla grup o ograniczonej mobilności, szczególnych potrzebach, czy też niskim statusie ekonomicznym. Strategia ta obejmuje również ideę zwiększonego udziału współdzielonej mobilności i zastępowania zindywidualizowanych podróży zmotoryzowanych modalnością pieszą i rowerową.

Chociaż poprzednie dwie strategię są konieczne i zapewniłyby pewne zmniejszenie zużycia energii i emisji, te redukcje nie są wystarczająco duże, aby osiągnąć zrównoważoną mobilność. Co więcej, ciągły wzrost transportu może zniwelować wszelkie redukcje zużycia energii i emisji osiągnięte dzięki wdrażaniu nowych technologii i zmianie zachowań transportowych. Tak więc strategia redukcji zachęca do wysiłków na rzecz ograniczenia podróży zmotoryzowanych (z wyjątkiem tych, których podstawowe potrzeby transportowe nie zostały jeszcze zaspokojone) poprzez rzadsze podróżowanie i krótsze podróże, na przykład poprzez kompaktowe planowanie zagospodarowania terenu (koncepcja tzw. miast 15-minutowych), telepracę i zmianę ustalonych preferencji podróży.

3.2. Inteligencja miasta a skłonności do modyfikowania mobilności

Na czym polega „inteligencja” miasta? Wśród nurtów koncepcyjnych można wskazać na stosunkowo jednolity technologiczny – podkreślający możliwości Internetu rzeczy (IoT) i technologii, które mamy do dyspozycji, oraz drugi – mniej

jednolity nurt o charakterze kontemplacyjnym. W ramach tego drugiego mieści się coraz większa liczba publikacji, które zwiększenie „inteligencji” miasta w istocie sprowadzają do tego, by miasto pozyskało umiejętność „myślenia” (Szołtysek, 2017). Owo myślenie – współdzielone z mieszkańcami, realizowane w sprzężeniu zwrotnym, może być też utożsamiane z procesem nieustannego uczenia się mieszkańców poprzez zdobywanie wiedzy i nowych doświadczeń, oraz – jako efekt zwrotny – uczenia się przez miasto. Mianem *smart* określa się również, poszerzając przytoczony na wstępie termin, „miasto, gdzie technologie są wzajemnie powiązane i rozwijane. Miejsce, które udostępnia zoperacjonalizowane doświadczenie życiowe, przenosząc je na zupełnie nowy poziom. To również miasto, którego zarządzający posiadli umiejętność optymalizowania wzrostu, doskonalenia budżetu oraz proaktywnego planowania” (Szołtysek, 2018a). Miasto adaptujące się, proaktywne i zwinne, wykorzystujące szanse, odkodowujące dane, analizujące je oraz wykorzystujące to, co gromadzi się współcześnie w ramach Big Data. Zazwyczaj takie miasta są stosunkowo intensywnie zaopatrzone w „inteligentne przedmioty, mogące odczuwać, reagować na środowisko oraz przetwarzać i pamiętać informacje cyfrowe, a także przysyłać te informacje do innych przedmiotów (i tym samym do ich użytkowników) za pośrednictwem protokołów internetowych” (Czajkowski & Nowakowski, 2016), czyli w Internet rzeczy. Miasta *smart* funkcjonują współcześnie w dwóch paradygmatach: paradygmacie miasta sprytnego oraz paradygmacie miasta myślącego (Szołtysek, 2018b). Gdy działania skoncentrowane są na stronie technicznej projektu miejskiego w zakresie „tworzenia miasta inteligentnego”, a efekty uzyskiwane dzięki oprzyrządowaniu pozwalają zarówno władzom miasta, wszelkiego rodzaju służbom miejskim oraz użytkownikom wykorzystywać pozyskane informacje dla zwiększenia sprawności (skuteczności, ekonomiczności, czy ich korzyści), wówczas takie miasto wchodzi w nową erę funkcjonowania – erę paradygmatu miasta sprytnego⁵. Tymczasem – warto to podkreślić – IoT ma swoje główne miejsce w przestrzeni koncepcyjnej pomysłu *Smart City*, zaś to ostatnie jest praktycznym przejawem funkcjonowania miasta w paradygmacie miasta myślącego. Miasto myślące w tym paradygmacie sięga do trzech kluczowych zasobów: technologii informatycznych i komunikacyjnych, które są niezbędnym oprzyrządowaniem IoT, infrastruktury, wspierającej nie tylko mądre funkcjonowanie miasta, ale też mającej istotny dodatni wpływ na rozwój IoT, wreszcie – kapitału kreatywnego, jedyne go zasobu mogącego na bazie wcześniej wymienionych dokonywać innowacyjnego rozwoju miasta, oraz wszelkich osiągnięć koncepcyjnych i realizacyjnych, będących pożywką rozwoju dowolnej organizacji, grupy osób czy jednostek. Na styku tych wyznaczników oraz

5 Autor użył tego określenia, gdyż w języku polskim spryt oznacza „zdolność do szybkiego, praktycznego radzenia sobie w trudnych sytuacjach” (SJP).

w ich głównym nurcie osadzane są współcześnie stosowane rozwiązania w mieście w nurcie *smart* (Szołtysek, 2018b). Miasto *smart* w istocie w swojej odsłonie technologicznej niekiedy bezrefleksyjnie, w oparciu o decyzje urzędników bądź ustalone procedury, integruje różne systemy miejskie poprzez:

1. zbieranie danych: wykorzystanie sensorów i urządzeń IoT do monitorowania ruchu ulicznego, jakości powietrza, zużycia energii, itp. (paradygmat miasta sprytnego);
2. analizę danych: wykorzystanie AI i Big Data do analizy zbieranych informacji, co pozwala na identyfikację wzorców i prognozowanie zachowań (to etap początkowy miasta myślącego);
3. zarządzanie zasobami: optymalizacja wykorzystania dostępnych zasobów, takich jak transport publiczny, energia i woda, w oparciu o analizowane dane (etap początkowy miasta myślącego);
4. interaktywność: umożliwienie interakcji między mieszkańcami a administracją miejską, co pozwala na szybką reakcję na potrzeby społeczności (paradygmat miasta myślącego).

Istnienie miast inteligentnych może być też rozważane w kontekście dwóch perspektyw: istoty i charakteru rozwiązywania problemów ich funkcjonowania i rozwoju oraz kształtowania postaw i świadomości mieszkańców (czy szerzej – użytkowników). Obie te perspektywy można odnieść do zaspokajania potrzeb użytkowników w zakresie mobilności. Sama mobilność ma charakter zmienny, zarówno cyklicznie uwarunkowany, jak i stochastyczny. O ile te pierwsze podlegają obserwacjom i mogą być ze stosunkowo dużą dozą prawdopodobieństwa przewidywalne (nawet w życiu każdego z nas), o tyle te drugie są znacznie trudniejsze w przewidywaniu ze względu na swój, będący wynikiem losowości, charakter. Stochastyczny⁶ charakter mobilności odnosi się do losowych i probabilistycznych elementów wpływających na zachowania mobilnościowe (zachowania komunikacyjne) w miastach, co jest istotne w planowaniu i zarządzaniu systemami transportowymi. W życiu codziennym na ograniczonej przestrzeni realizowania mobilności (trasy, szlaki, drogi) mamy do czynienia z ciągłym mieszanym mobilności przewidywalnej i nieprzewidywalnej, zarówno w zakresie planów przemieszczeń, jak i ich realizacji. Zatem w perspektywie istoty i charakteru rozwiązywania problemów funkcjonowania i rozwoju miast inteligentnych wmontowanie systemu mobilności użytkowników ma kluczowe znaczenie i w zależności od etapu, na którym „inteligencja” miasta się znajduje, czyli jakimi narzędziami umożliwiającymi zaspokajanie potrzeb mobilnościowych dysponuje, oraz od stopnia umiejętności

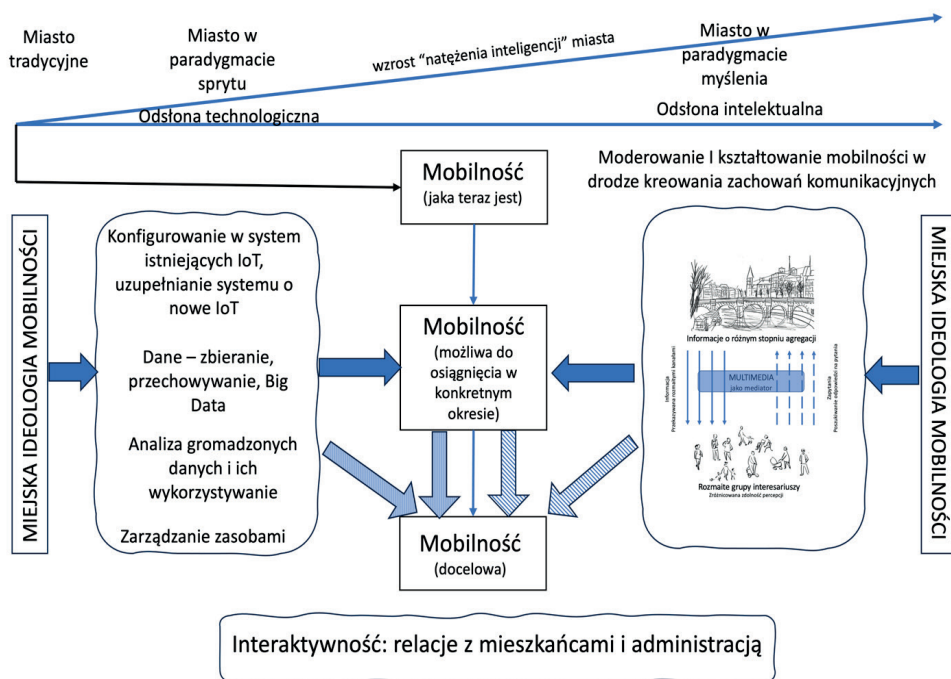
6 Procesy stochastyczne to zbiory losowych zmiennych, które opisują zmiany pewnych zjawisk w czasie lub przestrzeni. W kontekście mobilności procesy te modelują zmienność w ruchu drogowym, przepływach pasażerów czy dostępności transportu publicznego.

ich stosowania. Na rysunku 3.3 przedstawiono generalne zależności między kształtowaniem mobilności a stanem zaawansowania w rozwoju inteligencji miasta. W mieście sprytnym wykorzystujemy możliwości technologiczne wsparte (zaawansowanymi, jeśli są w dyspozycji) metodami kształtowania mobilności.

Modele stochastyczne są wykorzystywane do analizy i prognozowania zachowań mobilnościowych, co pozwala na lepsze zrozumienie i zarządzanie ruchem miejskim. Przykłady zastosowań obejmują:

1. **Modelowanie ruchu drogowego.** Modele te pomagają przewidywać natężenie ruchu w różnych porach dnia, uwzględniając takie zmienne, jak: pogoda, wypadki czy zdarzenia specjalne.
2. **Analizę przepływów pasażerskich.** Wykorzystanie modeli stochastycznych do analizy przepływów pasażerów w systemach transportu publicznego, takich jak autobusy, tramwaje czy metro.
3. **Symulacje transportowe.** Stochastyczne symulacje pozwalają na testowanie różnych scenariuszy zarządzania ruchem, co pomaga w optymalizacji tras i redukcji korków.

Rysunek 3.3. Generalne zależności między kształtowaniem mobilności a stanem zaawansowania w rozwoju inteligencji miasta



Źródło: opracowanie własne.

Na stochastyczność mobilności wpływają rozmaite czynniki:

1. Czasowe wahania popytu

Czasowe wahania popytu na transport są jednym z głównych czynników determinujących stochastyczny charakter mobilności. Przykłady obejmują:

- **Godziny szczytu.** Znaczne zwiększenie liczby pasażerów w godzinach szczytu powoduje przeciążenie systemów transportowych.
- **Sezonowość.** Okresy wakacyjne, święta i inne wydarzenia mogą powodować znaczne zmiany w popycie na transport.

2. Nieprzewidywalne zdarzenia

Nieprzewidywalne zdarzenia mogą znacząco wpływać na mobilność miejską.

Należą do nich:

- **Wypadki drogowe.** Wypadki mogą powodować zatory i opóźnienia w ruchu.
- **Zdarzenia pogodowe.** Niekorzystne warunki pogodowe, takie jak śnieg, deszcz czy mgła, mogą wpływać na przepustowość dróg i bezpieczeństwo transportu.
- **Protesty i zgromadzenia publiczne.** Mogą one prowadzić do zamknięcia dróg i zmian w trasach transportu publicznego.

3. Zmienność zachowań ludzkich

Zachowania ludzkie, które są trudne do przewidzenia, również wpływają na mobilność. Przykłady obejmują:

- **Preferencje transportowe.** Wybory dotyczące korzystania z transportu publicznego, samochodów osobowych, rowerów czy chodzenia pieszo mogą się różnić w zależności od wielu czynników, takich jak czas, koszt, dostępność i komfort.
- **Decyzje dotyczące trasy.** Kierowcy mogą wybierać różne trasy na podstawie swoich doświadczeń, co wpływa na ruch uliczny.

Stąd w zarządzaniu stochastycznością mobilności wiodącą rolę odgrywają technologie:

1. Analiza Big Data

Dzięki technologii Big Data miasta mogą zbierać i analizować ogromne ilości danych na temat ruchu miejskiego, co pozwala na identyfikację wzorców i prognozowanie przyszłych trendów. Przykłady zastosowań obejmują:

- **predykcję ruchu drogowego:** analiza danych z kamer, sensorów i urządzeń GPS w celu prognozowania natężenia ruchu i optymalizacji sygnalizacji świetlnej;
- **analizę przepływów pasażerskich:** wykorzystanie danych z kart płatniczych, aplikacji mobilnych i systemów biletowych do analizy przepływów pasażerskich i optymalizacji tras transportu publicznego.

2. Systemy wspomagania decyzji

Systemy wspomagania decyzji (DSS) integrują dane z różnych źródeł, aby wspierać podejmowanie decyzji w zarządzaniu transportem. Przykłady obejmują:

- **optymalizację tras:** DSS mogą analizować dane o ruchu drogowym i warunkach pogodowych, aby sugerować optymalne trasy dla pojazdów i transportu publicznego;
- **zarządzanie kryzysowe:** w przypadku nieprzewidywalnych zdarzeń, takich jak wypadki czy zdarzenia pogodowe, DSS mogą pomóc w koordynacji działań służb ratunkowych i zarządzaniu ruchem.

W tym konglomeracie techniczno-technologicznym z czasem znajdzie się miejsce dla sztucznej inteligencji (AI), której zadaniem będzie wnioskowanie oraz ustalanie sposobów mobilności, spełniające wyznaczone przez miejską ideologię mobilności funkcje.

Reasumując, przy uwzględnieniu kontekstu technologicznego, stochastyczny charakter mobilności miejskiej odgrywa kluczową rolę w zrozumieniu i zarządzaniu systemami transportowymi w miastach. Dzięki wykorzystaniu modeli stochastycznych, technologii Big Data i systemów wspomagania decyzji miasta mogą lepiej przewidywać i reagować na zmieniające się potrzeby mieszkańców. Przyszłość mobilności miejskiej zależy od zdolności do adaptacji do nowych technologii, zmian demograficznych i społecznych, a także wyzwań związanych z ochroną danych i ograniczeniami technologicznymi. Integracja tych elementów jest kluczowa dla tworzenia bardziej zrównoważonych, efektywnych i przyjaznych dla środowiska systemów transportowych. W dużym uproszczeniu możemy powiedzieć, że ewentualna zmiana zachowań mobilnościowych jest w pewnym stopniu skutkiem występujących bodźców zewnętrznych, często opartych na mieszanke zachęt i przymusów.

Drugi z wymienionych to nurt kontemplacyjny, charakteryzujący miasto w paradygmacie myślenia. Mimo intelektualnie brzmiącej nazwy tego nurtu – tu, poza miastem, również myślą ludzie, przy czym to myślenie nie jest uzależnione od otrzymywania od miasta „cyfrowego wkładu” (który *notabene* jest „dostarczany” przez mieszkańców jako skutek ich zachowań i ujawnianych dążeń oraz emocji) jako przesłanki podejmowania decyzji. Gwoli ścisłości trzeba zaznaczyć, że nurt kontemplacyjny nie rezygnuje, czy też nie wyklucza wsparcia ze strony świata cyfrowego, on jedynie nie stawia takiego warunku jako *sine qua non* „inteligencji” miasta.

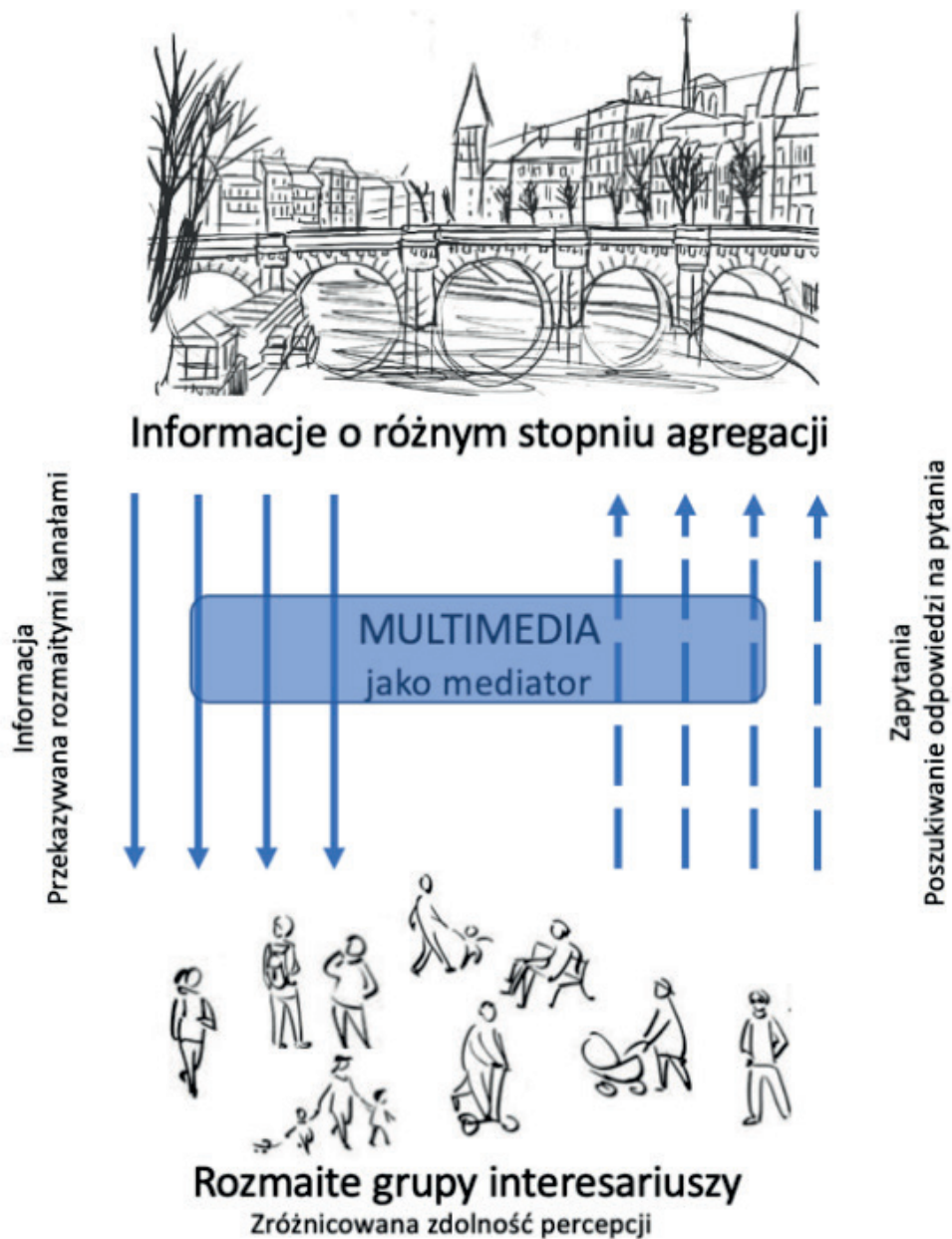
Dlaczego tak jest, że urzędnicy nie są (na razie) w stanie samodzielnie myśleć, by móc ten atrybut przypisać miastu? Być może dlatego, że myślenie (obok woli i sądenia) jest aktem umysłu, czyli ludzi. Myślenia nie da się zredukować do innej aktywności, a wola i sądenie bez myślenia nie są realizowalne. Zatem

(na razie) maszyna nie jest w stanie skutecznie i perfekcyjnie imitować człowieka (Szołtysek, 2023).

Narracja krąży wokół mobilności i jej zmiany w kierunku lepszym dla miasta oraz dla mieszkańców, z tym, że ocena „gorszy–lepszy” odnosi się do za-
mysłu (preferencji) miasta – jaka ta pożądana mobilność ma być. Źródeł upa-
trujemy w preferowanym pomyśle miasta, a w zasadzie jego władz, w ramach
„miejskiej ideologii mobilności” (Szołtysek, 2019). W kształtowaniu tych za-
chowań mobilnościowych mają być aktywnie wykorzystywane: przekonywanie,
uświadamianie, nakłanianie oparte na wachlarzu argumentów – zarówno ra-
cjonalnych, jak i pozaracjonalnych – kształtowanych w procesie wspomnianego
myślenia. Tu myślenie jest stanem mediującym – informacja przekazana do
odbiorcy jest przez niego przetwarzana, modyfikowana, akceptowana bądź od-
rzucona itd., by w końcu stworzyć wewnętrzne przesłanki (bodźce) do zmiany
zachowań mobilnościowych.

Mamy tu dwie grupy twórców i jednocześnie odbiorców informacji zachę-
canych do podejmowania decyzji i – najprawdopodobniej – do indukowania
rozwoju (swojego, grupowego, miejskiego). Są to: miasto i interesariusze. By
odpowiedzi były precyzyjne, warunkiem koniecznym jest zrozumienie intencji
pytającego oraz właściwe rozpoznanie kompetencji odpowiadającego. Stąd przy
dużym rozrzucie rozumienia pojęć podstawowych oraz nierównej umiejętności
właściwego odekodowywania informacji (jako skutku nierównego formalnego
i intelektualnego przygotowania), nierównego dostępu do technologii i źródeł
informacji, przynależności do obszarów wykluczenia (np. cyfrowego, statuso-
wego) zauważalna jest potrzeba posiadania w mieście mediatora, który byłby
w stanie niwelować różnice w zdolności percepcji.

Rysunek 3.4. Multimedia i ich miejsce w systemie miasta dążącego do bycia inteligentnym



Źródło: (Szołtysek, 2023).

W poszukiwaniu takiego mediatora nietrudno zwrócić uwagę na multimedia⁷. Jeżeli rozumieć multimedia jako połączenie różnych form przekazu, aby dostarczona informacja była atrakcyjna i zrozumiała, oraz dzięki różnorodności oddziaływała na mieszkańców zgodnie z intencją nadawcy, to zapewne takie możliwości mogłyby być wykorzystywane w miastach inteligentnych. Nie wyczerpując całego zakresu użyteczności multimediów dla funkcjonowania miast inteligentnych, można wskazać kilka grup ich generalnego stosowania.

Zadania multimediów jako mediatorów zmiany zachowań mobilnościowych generalnie powinny:

1. Wyjaśnić i doprecyzować, czym jest potencjał miasta w zakresie wachlarza możliwości mobilnościowych, jak się przejawia i jaki posiada zasięg terytorialny. W tym celu potrzebny jest koordynator mobilności, który będzie posiadać zdolność faktycznego uzgadniania, ujednolicania oraz synchronizowania poszczególnych sposobów przemieszczania (w ramach podróży miejskiej) w zakresie uzgodnionego wsparcia doradczego „inteligencja miasta”.
2. Na etapie podejmowania decyzji o rozpoczęciu transformacji w zakresie poglądów i zachowań mobilnościowych należy przedstawiać istotę i potencjał dla każdego podróżującego (w ramach ustalonych grup docelowych) oraz mapę drogową i kamienie milowe zmian. Ponadto zachęcać i współtworzyć szanse do dyskusji i wymiany opinii oraz być przygotowanym do odpierania wszelkich kampanii dezinformacji, pomówień mających na celu zniechęcenie do rozpoczynania procesu transformacji.
3. W przypadku faktycznego rozpoczęcia procesu zmian w zachowaniach mobilnościowych zadanie miasta polega na konsekwentnym, rzetelnym i niehurraoptymistycznym przedstawieniu korzyści dla wszystkich grup mieszkańców, wraz ze wskazaniem przybliżonych terminów osiągnięcia tych korzyści oraz z dystrybucją korzyści ciążących.
4. W nurcie „kontemplacyjnym” konieczne jest precyzyjne określenie, jakie są zakresy „rozmyślenia” w mieście (kto i o czym powinien myśleć i komu rezultaty dociekań przekazywać). Warto skupić się na dystrybucji potencjalnych korzyści wśród interesariuszy.
5. W dowolnym mieście (z grupy dążących do bycia *smart* i tych inteligentnych) wszelkiego rodzaju nieporozumienia i potencjalne podziały społeczności miejskiej powinny być w pierwszej kolejności poddawane procesowi mediacji z wykorzystaniem potencjału multimediów.

⁷ Można je też nazwać „środkami komunikacji”, lecz, by uniknąć ewentualnych nieporozumień terminologicznych, gdyż środki komunikacji mogą być również rozumiane jako służące przemieszczaniu, autorzy zdecydowali się użyć pojęcia „multimedia”.

6. Powinny być platformą do porozumień między miastami w tworzeniu układów komunikacyjnych i podejmowaniu prób poszukiwania koalicji w ewentualnej walce konkurencyjnej.

Do dyspozycji kreatorów mobilności miejskiej mamy kilka modeli teoretycznych, stosunkowo dawno zaproponowanych, które próbują wyjaśnić, dlaczego i jak zachowania mobilnościowe ulegają zmianom.

1. **Teoria Planowanych Zachowań (ang. *Theory of Planned Behavior*, TPB)**
Teoria Planowanych Zachowań (TPB) autorstwa I. Ajzen (1991) sugeruje, że zachowanie jednostki jest wynikiem intencji, która jest kształtowana przez trzy czynniki: postawy wobec zachowania, subiektywne normy oraz postrzeganą kontrolę nad zachowaniem. W kontekście mobilności TPB może być używana do analizowania, w jaki sposób osobiste przekonania i doświadczenia wpływają na wybór środków transportu.
2. **Model Uczenia się Przez Doświadczenie (*Experiential Learning Model*)**
Model ten (Kolb, 2014) zakłada, że jednostki uczą się i modyfikują swoje zachowania w oparciu o doświadczenia, które wpływają na ich przekonania i oczekiwania dotyczące różnych form transportu.
3. **Teoria Perswazji Społecznej (*Theory of Social Persuasion*)**
Zgodnie z teorią W. Wooda (2000) zachowania są kształtowane przez wpływy społeczne i kulturowe, a także przez działania i kampanie edukacyjne, które mają na celu zmianę postaw i przekonań jednostek.
4. **Model Zrównoważonej Mobilności (*Sustainable Mobility Model*)**
Ten model (Köhler i in., 2009) koncentruje się na promowaniu zrównoważonych środków transportu poprzez edukację ekologiczną i politykę wspierającą transport publiczny, rowery i piesze podróże.

W rezultacie zastosowania takich (lub innych – pokrewnych) modeli możemy uzyskać:

1. Wzrost świadomości ekologicznej w społeczeństwie, który wpływa na zmiany zachowań mobilnościowych. Jednostki coraz częściej wybierają środki transportu, które mają mniejszy wpływ na środowisko, takie jak rowery, piesze podróże czy pojazdy elektryczne.
Zmiana postaw: coraz większa liczba osób zmienia swoje przekonania i postawy na rzecz zrównoważonego transportu, co prowadzi do zwiększonego wykorzystania ekologicznych środków transportu.
Edukacja ekologiczna: kampanie edukacyjne i informacyjne mogą wpływać na wzrost świadomości ekologicznej i promować zmiany w zachowaniach mobilnościowych.
2. Zmiany społeczne i kulturowe, które wpływają na postawy i przekonania jednostek dotyczące mobilności. Nowe normy społeczne i wartości mogą prowadzić do zmiany preferencji dotyczących środków transportu.

Kultura współdzielenia: zmiana podejścia do posiadania pojazdów na rzecz współdzielenia zasobów transportowych, co jest promowane przez platformy *car-sharing* i *bike-sharing*.

Zmiany demograficzne: starzejące się społeczeństwo i rosnąca liczba młodych ludzi w miastach wpływają na zmiany w preferencjach mobilnościowych, z większym naciskiem na wygodne i dostępne środki transportu.

3. Technologie, które odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu zmian zachowań mobilnościowych. Innowacje technologiczne wpływają na dostępność i atrakcyjność różnych środków transportu.

Aplikacje mobilne: aplikacje do planowania podróży, zarządzania biletami oraz rezerwacji usług transportowych wpływają na wybory mobilnościowe jednostek, zwiększając wygodę i dostępność.

Autonomiczne pojazdy: rozwój technologii autonomicznych pojazdów może wpłynąć na zmiany w zachowaniach mobilnościowych, oferując nowe możliwości transportu.

Zrównoważone technologie: innowacje w zakresie zrównoważonych technologii transportowych, takie jak pojazdy elektryczne i hybrydowe, mogą wpływać na zmiany zachowań mobilnościowych.

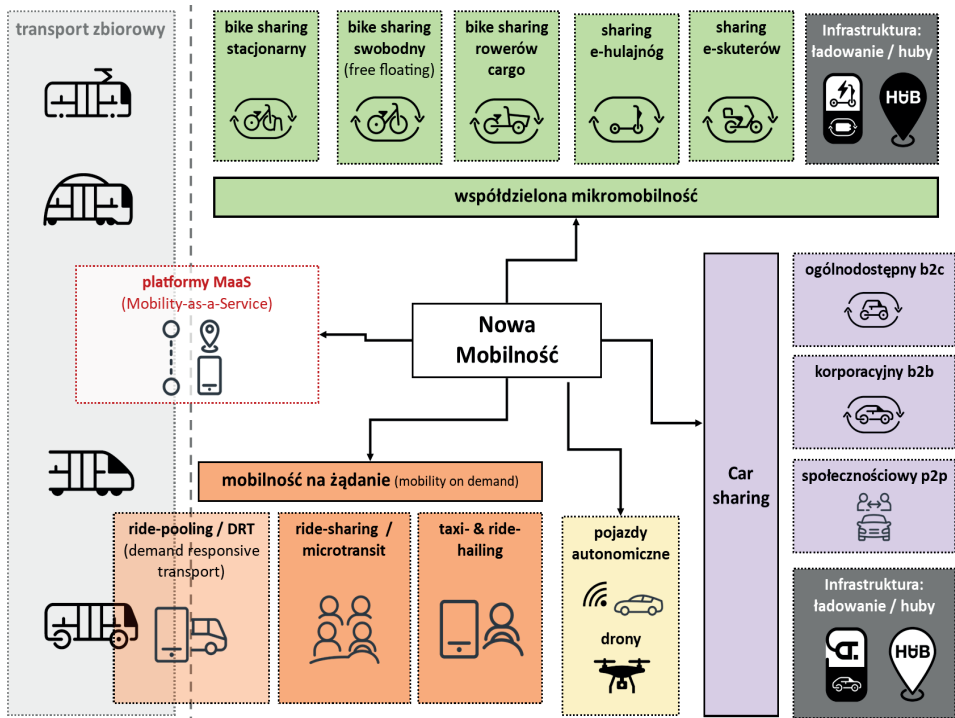
Reasumując, w miarę jak społeczeństwo staje się coraz bardziej świadome ekologicznie i kulturowo zróżnicowane, zmiany te stają się bardziej widoczne i istotne dla projektowania zrównoważonych systemów transportowych. Działania w zakresie modyfikowania mobilności w miastach obejmują budowanie ludzkiej świadomości w zakresie sensowności prób zmian komunikacyjnych. Tu bardzo istotne jest zaangażowanie miasta myślącego do tworzenia, przetwarzania, a następnie przekazywania pomysłów, które tworzone są w kontakcie z mieszkańcami, z władzami miasta i kreatorami mobilności i adresowane są do konkretnych grup mieszkańców. Zaproponowane modele, bazujące w głównej mierze na podejściu psychologicznym, mogą być stosowane równolegle. Niezależnie od kształtu pożądanej mobilności warto ją umiejscowić w generalnym pojęciu Nowej Mobilności.

3.3. Wymiary Nowej Mobilności i uwarunkowania jej realizacji

Omówione wyżej zagadnienia dotyczące zrównoważonej mobilności stanowią krajobraz, do którego wprowadzono Nową Mobilność; mianem tym określa się zwyczajowo takie formy mobilności, które niejako wyprzedzają swoją epokę i są stosunkowo niedawno powstałymi formami transportu. Będzie tak z pewnością w przypadku dostępnych cyfrowo/zdalnie (za pośrednictwem technologii mobilnych, określanych też jako Internet rzeczy) form korzystania z całej

gamy współdzielonych środków transportu, które przedstawiono na rysunku 3.5. W skład Nowej Mobilności wchodzi m.in. systemy współdzielonej mikromobilności (w tym systemy tzw. roweru miejskiego/publicznego, rowery towarowe, elektryczne hulajnogi i skutery), różne rodzaje systemów współdzielenia samochodów (*car sharing*, *car pooling*), usługi mobilności na żądanie (np. przejazdy z kierowcą, czyli *taxi*- lub *ride-hailing*, a także *ride-pooling*, który w ramach usług DRT może uzupełniać sieć transportu zbiorowego), współdzielenie przejazdów (*ride-sharing*), cyfrowe połączenie wszystkich usług Nowej Mobilności z tradycyjnym transportem zbiorowym na cyfrowych platformach „mobilności jako usługi”, określanych mianem MaaS (*Mobility-as-a-Service*), jak również usługi mobilności dostarczane przez pojazdy autonomiczne i/lub drony (osobowe, towarowe). Elementem infrastrukturalnym Nowej Mobilności są zaś infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych oraz „huby mobilności”, czyli miejsca gromadzące multimodalną ofertę Nowej Mobilności, a zlokalizowane w bezpośredniej bliskości węzłów transportowych i generatorów ruchu.

W połowie 2022 roku usługi Nowej Mobilności dostępne były w Polsce w blisko 200 miejscowościach. Ich mieszkańcy mogli korzystać z co najmniej jednej z następujących współdzielonych modalności: rowerów miejskich, e-hulajnóg, e-sukuterów, *car sharingu* i/lub *taxi-hailingu*. Łączna flota wszystkich samoobsługowych pojazdów współdzielonych wynosiła w tym czasie nieco ponad 100 tysięcy, z czego aż 72% stanowiły hulajnogi elektryczne (blisko 72,5 tys. pojazdów), 23% rowery (blisko 23 tys. pojazdów), 5% *car sharing* (ok. 5 tys. pojazdów) i zaledwie 0,5% skutery elektryczne (ok. 500 pojazdów). Ponadto szacuje się, że w Polsce dostępnych jest ponad 30 tysięcy samochodów osobowych, którymi za pośrednictwem aplikacji pośredniczących świadczone są usługi przejazdu z kierowcą, realizowane w ramach krajowego transportu drogowego.

Rysunek 3.5. Schemat składowych Nowej Mobilności

Źródło: opracowanie własne.

Nowa Mobilność ma być w pierwszej kolejności odpowiedzią na wyzwania, które przyniósł ze sobą rozwój motoryzacji indywidualnej. Obecnie nawet 35–50% przestrzeni w miastach przeznaczona jest bowiem na infrastrukturę drogową (sieć dróg i parkingi), a miasta mierzą się z nadmiarem samochodów w użytku prywatnym (Rodrigue, 2017). Zarówno Polska, jak i polskie miasta biją rekordy tzw. wskaźników motoryzacji indywidualnej, czyli liczby samochodów osobowych przypadających na 1000 mieszkańców. Polska zajmuje tu wg danych Eurostat za rok 2019 (po odrzuceniu niewielkich państw: Liechtensteinu, Luksemburga i Cypru) drugie miejsce w Europie – 642 pojazdy na 1000 mieszkańców. Statystyki dla miast wyglądają przy tym jeszcze bardziej alarmująco. Przykładowo, na koniec 2021 roku w Warszawie, która miała w tamtym czasie ok. 1,8 mln mieszkańców, przekroczony został próg 2 mln zarejestrowanych aut, a wskaźniki takie np. w Berlinie, Wiedniu czy Oslo oscylują wokół 300–400 aut na 1000 mieszkańców. Bołączką aut w użytku indywidualnym jest fakt, że nie są efektywnie wykorzystywane (statystyczny samochód przez 95% czasu stoi

zaparkowany⁸, a przewozi średnio mniej niż 1,5 osoby⁹), a tym samym powodują znaczące uciążliwości dla miasta i jego mieszkańców, m.in. w postaci korków, zaboru cennej przestrzeni, zanieczyszczenia powietrza, generowanego hałasu, obniżonego bezpieczeństwa publicznego oraz wysokich kosztów finansowych, społecznych i środowiskowych. Nowa Mobilność to szereg usług, które mają udroźnić i zrównoważyć mobilność miejską – w sposób dużo bardziej efektywny, ekonomiczny, ekologiczny i przyjazny dla swojego otoczenia, jak również dla użytkowników, nakłaniając przy tym mieszkańców do aktywnego korzystania z transportu zbiorowego czy mobilności aktywnej. Wpisuje się to w globalne trendy walki ze zmianami klimatycznymi oraz potrzebę poprawy jakości życia w obszarach zurbanizowanych, która nie idzie w parze z rosnącymi wskaźnikami motoryzacji indywidualnej. Przykładowo, z badania przeprowadzonego w 11 europejskich miastach wynika, że tylko jedno auto z usługi swobodnego *car sharingu* (tzw. *free-floating*) może zastąpić potrzebę posiadania od 8 do nawet 19 aut w użytku prywatnym (Jochem i in., 2020).

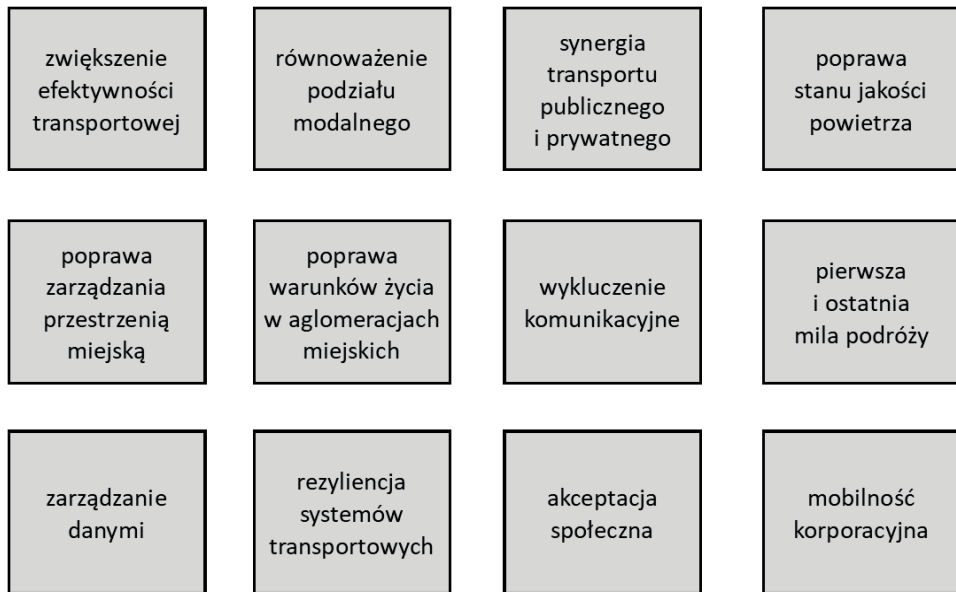
3.4. Wyzwania dla planowania mobilności – czy inteligencja miasta zmienia reguły?

Zjawisko Nowej Mobilności zrodziło się w obszarze zagadnień transportowych, m.in. jako odpowiedź na wyzwania, z którymi mierzą się dzisiejsze miasta. Wyzwania te są z jednej strony spowodowane postępującymi procesami urbanizacji, a z drugiej równoległym rozrastaniem się i rozlewaniem miast, co skutkuje generowaniem coraz większej liczby podróży na coraz gęściej zamieszkanym i coraz silniej zabudowanym terytorium miast. Według prognoz ONZ¹⁰ poziom urbanizacji w Europie w latach 2020–2050 wzrośnie o 8,8%, by osiągnąć pułap 83,7% w 2050 roku, przy czym w Polsce dynamika ta w tym samym okresie będzie jeszcze wyższa: 10,3% wzrostu, z poziomem urbanizacji w 2050 r. wynoszącym 70,4%. Taki stan rzeczy stawia przed miastami szereg wyzwań. Na rysunku 3.6 wymieniono najważniejsze z nich, na które Nowa Mobilność wywiera korzystny wpływ. Mobilność korporacyjna została przedstawiona w kolejnym podrozdziale, w formie uproszczonego studium przypadku.

8 Źródło: <https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html>.

9 Źródło: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/occupancy-rates-of-passenger-vehicles/occupancy-rates-of-passenger-vehicles>.

10 Źródło: <https://population.un.org/wup/Download/>.

Rysunek 3.6. Wyzwania, na które Nowa Mobilność wywiera korzystny wpływ

Źródło: opracowanie własne.

3.4.1. Synergia transportu publicznego i prywatnego

Fundamentalne dla realizacji celów Strategii będzie wzajemne widzenie się i uzupełnianie dwóch najbardziej efektywnych kategorii transportowych, które dla uproszczenia można podzielić na publiczny transport zbiorowy (w głównej mierze komunikację miejską i kolej) i prywatny transport współdzielony (w rozumieniu usług Nowej Mobilności). Synergia tych dwóch kategorii transportowych – pierwszej z przejazdami o charakterze zbiorowym, a drugiej z przejazdami o charakterze indywidualnym – jednak w oparciu o efektywny mechanizm współdzielenia, ma odpowiedzieć na potrzeby mobilności mieszkańców miast bez konieczności posiadania przez nich samochodów na własność. Scenariusz, w którym mieszkańców miast pozbawi się możliwości korzystania z indywidualnych środków transportu, a pozostawi im wyłącznie transport zbiorowy, nie jest realny, stąd konieczne jest uzupełnienie oferty transportu zbiorowego usługami Nowej Mobilności.

Współpraca i uzupełnianie się obu ekosystemów transportowych może odbywać się na różnych poziomach złożoności i wzajemnej integracji usług. W polskich miastach spotkamy w tym obszarze sporadycznie jedynie analogowe rozwiązania punktowe, dalece niewystarczające, żeby mówić o innej niż przypadkowa synergii transportu publicznego z prywatnym. Są to np. fizycznie

wyznaczone stacje współdzielonych rowerów czy nieusystematyzowane miejsca postoju współdzielonych hulajnóg elektrycznych, ewentualnie preferencyjne zasady korzystania z publicznego roweru miejskiego dla osób posiadających bilet okresowy na komunikację miejską. Rozwiązania te to jednak kropla w morzu potrzeb i nie mają charakteru systemowego, niezbędnego do obsługi większych potoków pasażerskich.

Systemową synergię transportu publicznego z prywatnym realizować można m.in. na wskazane poniżej sposoby, w zależności od stopnia skomplikowania, obowiązywania centralnych i lokalnych regulacji wspierających rozwój Nowej Mobilności czy wzajemnej wymiany pomiędzy wszystkimi przewoźnikami i usługodawcami (publicznymi i prywatnymi) danych dotyczących oferowanych w czasie rzeczywistym usług transportowych.

- Fizyczne wyznaczenie w przestrzeni miasta tzw. hubów mobilności, które w bezpośrednim sąsiedztwie węzłów transportowych (np. przystanków autobusowych i tramwajowych, stacji kolejowych czy parkingów P&R) oraz innych generatorów ruchu (np. budynków użyteczności publicznej, miejsc pracy, osiedli mieszkaniowych, punktów usługowo-handlowych) będą gromadziły multimodalną ofertę usług Nowej Mobilności.
- Cyfrowe połączenie transportu zbiorowego ze współdzielonym na platformach typu MaaS), które dadzą mieszkańcom powszechny i cyfrowy dostęp do całej oferty transportu zbiorowego i współdzielonego w mieście, zapewniając im kluczowe funkcjonalności: multimodalny planer podróży, faktyczny dostęp do wszystkich środków transportu (np. bilet czy możliwość uruchomienia pojazdu współdzielonego) oraz rozliczenie (zapłata) za wszystkie typy podróży niezależnie od tego, kto świadczy konkretną usługę.
- Uzupełnianie usługami Nowej Mobilności oferty transportu zbiorowego – w szczególności w tych obszarach miasta i w tych porach doby czy tygodnia, kiedy utrzymanie obsługi pełnowymiarowego systemu transportu zbiorowego jest ekonomicznie nieuzasadnione. Usługi Nowej Mobilności, np. w postaci mobilności na żądanie, ale też flot pojazdów samoobsługowych, mogą być z powodzeniem stosowane np. do obsługi ruchu nocnego, zapewnienia transportu osobom ze szczególnymi potrzebami, rozładowania nadwyżki pasażerów w szczytach komunikacyjnych albo jako udrożnienie systemu transportowego tam, gdzie sieć regularnego transportu publicznego nie jest rozbudowana, a częstotliwość jego kursowania jest mało użyteczna (i akceptowalna) dla mieszkańców. Co ważne, w 2022 roku potrzeba wprowadzenia usług mobilności na żądanie w schemat sieci transportu publicznego została w toku konsultacji publicznych uwzględniona w projekcie *Krajowej Polityki Miejskiej 2030* jako jedno z działań na rzecz digitalizacji usług mobilnościowych:

„W większym stopniu powinno się wykorzystywać potencjał cyfryzacji w zarządzaniu transportem”.

Za integracją oferty transportu publicznego i współdzielonego przemawiają też m.in. wyniki szeroko zakrojonego badania w obszarze mikromobilności z 2021 roku (*Putting Micromobility at the Center of Urban Mobility*, 2022), z których wynika, że mieszkańcy miast mają gotowość do płacenia średnio o 22% lub 25% więcej za bilet komunikacji miejskiej (odpowiednio: za bilet jednorazowy lub okresowy), o ile zawierać on będzie usługę mikromobilności na odcinku tzw. pierwszej/ostatniej mili – po to, aby wygodnie i szybko dotrzeć albo do węzła transportowego, albo z węzła transportowego do celu swojej podróży. Pokazuje to duży potencjał synergii transportu zbiorowego z usługami Nowej Mobilności, które razem mogą tworzyć lepszą, pełniejszą alternatywę dla transportu samochodowego w mieście. Podjęcie próby systemowego, a nawet produktowego, łączenia oferty transportu zbiorowego z usługami Nowej Mobilności znajduje tu realne uzasadnienie, a rekomendowanymi w tym celu w dokumencie narzędziami są m.in. wskazane powyżej „huby mobilności” (jako przykład integracji fizycznej/przestrzennej) oraz platformy MaaS (jako przykład integracji cyfrowej). Stosunkowo wysoka procentowa akceptacja dla wzrostu ceny podróży multimodalnej (łączonej) pokazuje nie tylko, że istnieje apetyt na zintegrowane oferty mikromobilności w ramach transportu publicznego, ale także, że ludzie są gotowi za nie zapłacić. Operatorzy transportu publicznego i mikromobilności powinni potraktować to jako mocną wskazówkę: aby przyciągnąć więcej pasażerów (w szczególności dojeżdżających), muszą oferować bilety wiązane w atrakcyjnej cenie. A jeśli to konieczne, powinni wykorzystać dotacje, tak jak robią to rządy, w celu promowania korzystania ze zrównoważonych form transportu.

Wdrożenie rozwiązań proponowanych powyżej wymaga oczywiście współpracy interesariuszy – dostawców usług Nowej Mobilności, operatorów transportu zbiorowego, samorządu i administracji centralnej czy też integratorów rozwiązań. Tego rodzaju wysiłek niezbędny jest jednak w przypadku każdej inicjatywy prowadzącej do osiągnięcia kluczowego celu Strategii – równoważenia podziału modalnego.

3.4.2. Zarządzanie danymi

Stale rosnąca mobilność obywateli i towarów sprawia, że efektywne zarządzanie danymi w mobilności staje się koniecznością zarówno dla władzy szczebla krajowego, dla zarządzających miastem, jak i dla dostawców usług mobilności. Gromadzące i przetwarzające dane transportowe systemy informacyjne umożliwiają też obywatelom lepsze informowanie się o szerokiej gamie opcji transportowych, co w założeniu ma prowadzić do bezpieczniejszego, bardziej skoordynowanego i wydajniejszego korzystania z całego systemu transportowego. Poprawa

systemu transportowego kraju wymaga nie tylko wysiłków w zakresie zachowania i poprawy infrastruktury i środków transportu, ale także we wdrażaniu technologii informacyjnych na poziomie zarówno krajowym, międzynarodowym, jak i lokalnym (Drees i in., 2021).

W sektorze mobilności zaufana wymiana i przetwarzanie danych stają się kluczowymi czynnikami umożliwiającymi cyfryzację oraz powstawanie i rozwój nowych rozwiązań mobilnościowych (Nikitas i in., 2020). Udoskonalone usługi i nowe możliwości biznesowe, takie jak na przykład bardziej płynne podróżowanie w oparciu o rozwiązania multimodalne, wymagają gotowości zainteresowanych stron do dzielenia się danymi, co z kolei zależy od zharmonizowanych i powszechnie akceptowanych rozwiązań regulujących taką wymianę danych. Sektor mobilności jest heterogenicznym ekosystemem, w którym wielu różnych interesariuszy dąży często do podobnych celów, ale z różnych perspektyw i z różnymi podejściami. Wymiana danych dotyczących mobilności między różnymi zainteresowanymi stronami – podróżnymi, dostawcami usług mobilności, dostawcami infrastruktury i wieloma innymi – jest kluczowym czynnikiem, umożliwiającym ulepszone i nowe usługi mobilności, mające na celu bezpieczną, wydajną i bezproblemową mobilność (Laborda, 2022).

Warto w tym miejscu podkreślić, że przedmiotowa kwestia otwartości i dostępu do danych wszystkich usługodawców w obszarze transportu – zarówno publicznych, jak i prywatnych – jest jednym z kluczowych wyzwań, hamujących dziś rozwój cyfrowych i multimodalnych usług mobilności, które są niezbędnym elementem w drodze do bardziej zrównoważonej mobilności. Spowodowane jest to faktem, że jedynie sektor publiczny podlega w myśl obowiązujących przepisów obowiązkowi upubliczniania danych transportowych; usługodawców prywatnych to nie dotyczy (Docherty, 2018). Rodzi to sytuację, w której ani administracja krajowa, ani administracja samorządowa nie mają wiedzy na temat skali i obrazu usług transportowych realizowanych dla obywateli na drogach publicznych (Veeneman i in., 2018). Dopóki wszyscy interesariusze usług mobilności nie zapewnią wzajemnego dostępu do określonego zakresu danych – co ważne, na równych prawach i wg określonego standardu – dopóty nie uda się dostarczyć na rynek zintegrowanych usług mobilności w formacie „mobilności jako usługi” (MaaS), a alternatywa dla posiadania w miastach samochodu na własność, którą ma być właśnie cyfrowo połączona oferta transportu publicznego ze współdzielonym, będzie niewystarczająca, aby zrealizować zakładane cele (McKinney, 2020).

3.4.3. Wyzwania i szanse związane z MaaS

Chociaż koncepcja MaaS zrodziła się zaledwie dekadę temu – w roku 2012 w Göteborgu – gdzie w ramach projektu Go:Smart (Karlsson i in., 2016) miała

miejsce demonstracja na żywo koncepcji UbiGo, w Europie i na całym świecie pojawiło się już wiele projektów MaaS. Dobrym przykładem wdrożenia MaaS jest tzw. model helsiński, który zaproponował Heikkilä (2014), a następnie został on wdrożony jako aplikacja Whim.

Pomimo różnych modeli biznesowych wdrożenie i obsługa usługi MaaS wymaga pojedynczej tożsamości użytkownika, otwartych danych i otwartych metod płatności z różnych środków transportu. Jeżeli przewoźnik nie chce korzystać z płatności obsługiwanej przez osoby trzecie w celu zakupu biletu lub uniemożliwia osobie trzeciej sprzedaż biletów w swoim imieniu, jego usługi nie mogą zostać uwzględnione w MaaS. W wielu krajach bilety na transport publiczny były w znacznym stopniu regulowane i żadna strona trzecia nie może sprzedawać biletów w zastępstwie przewoźnika. W obrębie takich ram prawnych zintegrowanie biletów różnych rodzajów może nie być możliwe, w związku z czym MaaS również nie jest wykonalny (Li & Voege, 2017).

Dostępność różnych środków transportu i odpowiedni system transportu publicznego pozwalają na większe wykorzystanie platform MaaS. MaaS może działać w miejscu, w którym potencjalni użytkownicy są skłonni odejść od codziennego transportu opartego na samochodzie (Karlsson i in., 2016). Często jest to miasto, w którym usługi transportu publicznego są już dość dobre, a wielu mieszkańców nie widzi konieczności posiadania samochodu. Niektóre wcześniejsze testy, np. UbiGo, miały na celu zachęcenie do zmiany przyzwyczajeń. Göteborg jest jednak miastem oferującym doskonałe usługi transportu publicznego, a zrównoważona mobilność miejska znajduje się w centrum polityki transportowej miasta. Polityka transportowa i istniejące usługi transportowe w mieście przygotowały grunt do wdrożenia UbiGo. MaaS postrzegany jest jako alternatywa dla posiadania samochodu, przy równoczesnym korzystaniu z równie dogodnych usług transportowych. MaaS może być również wykorzystywany w krajach o niższych dochodach w celu zapewnienia rozwiązań w zakresie mobilności osobom, które nie mogą sobie pozwolić na posiadanie samochodu (Li & Voege, 2017).

Tradycyjnie dostarczanie informacji o podróżnych należy do obowiązków przewoźnika. Ostatnio wielu przewoźników decyduje się na otwarcie swoich danych, aby umożliwić deweloperom wdrożenie usług informacyjnych. Udostępnienie danych dotyczących transportu publicznego deweloperom ma ogromny wpływ na dostępność informacji dla podróżnych (Musolino i in., 2022). Na przykład publikowanie danych dotyczących transportu publicznego w Helsinkach pobudziło rozwój rynku aplikacji dla planistów podróży w mieście. Tylko w Google Play, sklepie aplikacji dla smartfonów korzystających z systemu operacyjnego Android, dostępnych jest ponad 30 aplikacji dla planistów podróży multimodalnych w Helsinkach. Polityka otwartych danych może być również

katalizatorem wdrażania MaaS w Helsinkach. Chociaż wielu przewoźników publicznych udostępniło swoje dane w czasie rzeczywistym, operatorzy innych rodzajów transportu rzadko udostępniają swoje dane podmiotom zewnętrznym. Na przykład dane w czasie rzeczywistym dotyczące rowerów publicznych, takie jak lokalizacja stacji rowerowych, dostępność miejsc parkingowych i rowerów na każdej stacji, były rzadko udostępniane twórcom aplikacji (Matyas & Kamargianni, 2019). Jeżeli dostawca MaaS planuje włączenie do usługi rowerów publicznych, musi mieć dostęp do danych w czasie rzeczywistym z każdej stacji rowerów, aby umożliwić swojemu użytkownikowi wypożyczenie lub zwrot roweru. Ponadto obecne aplikacje taksówkowe umożliwiają użytkownikowi śledzenie lokalizacji zarezerwowanego pojazdu. MaaS będzie musiał oferować równoważne usługi, gdy użytkownik wybierze przejazd taksówką. Oznacza to, że firma taksówkowa musi zapewnić MaaS dostęp do swoich danych operacyjnych w czasie rzeczywistym (Saprykin i in., 2022). Można przewidzieć, że jeżeli MaaS stanie się powszechnym wyborem podróżnych, więcej przewoźników będzie skłonnych podzielić się swoimi danymi z operatorami MaaS. Jednakże na obecnym etapie udostępnianie przez wszystkich przewoźników ich danych deweloperom MaaS nadal pozostaje wyzwaniem.

Jednym z podstawowych warunków skutecznej eksploatacji MaaS jest to, że smartfony mogą być wykorzystywane do uzyskiwania dostępu do różnych środków transportu (Tran & Hashimoto, 2022). Oznacza to, że operatorzy tych środków transportu muszą dopuszczać różne formy e-biletu lub e-płatności. Na przykład aplikacja MaaS może zostać sprawdzona przez kontrolera biletów, aby udowodnić, że podróżny zapłacił za przejazd. Jeżeli użytkownik wybierze rower, aplikacja MaaS powinna zapewniać możliwość zwolnienia roweru ze stacji dokującej (Kriswardhana & Esztergár-Kiss, 2023). Transport publiczny często wymaga okazania biletu, aby przejść przez bariery fizyczne. MaaS może być stosowany tylko wtedy, gdy dostawca transportu publicznego zezwala na przekraczanie barier fizycznych poprzez skanowanie smartfonów. Konieczne mogą być dodatkowe inwestycje w infrastrukturę. To, czy przewoźnik będzie skłonny pokryć takie dodatkowe koszty, stanowi wyzwanie dla dostawców MaaS (Mitropoulos i in., 2023).

Wdrożenie usługi MaaS może zostać zainicjowane przez władze lokalne miasta jako instrument na rzecz bardziej zrównoważonego rozwoju mobilności w danym mieście. MaaS może być jednak również eksploatowany w mieście bez oficjalnego wsparcia ze strony władz lokalnych, jeżeli spełnione zostaną wyżej wymienione podstawowe warunki (Li & Voegelé, 2017). Projekt MaaS4EU, w ramach którego przetestowano trzy rodzaje modeli biznesowych operatorów MaaS (1. Organ publiczny jest operatorem MaaS – przetestowany w Greater Manchester, 2. Doświadczony prywatny operator transportowy

jest operatorem MaaS – przetestowany w Luksemburgu, oraz 3. Nowa spółka prywatna jest operatorem MaaS – przetestowana w Budapeszcie), dowodzi, że najbardziej udanym modelem biznesowym dla operatora MaaS jest sytuacja, gdy nowa spółka prywatna jest operatorem MaaS. Ponadto rozmowy z wszystkimi zainteresowanymi stronami (operatorami MaaS i dostawcami usług w zakresie mobilności) podczas demonstracji wykazały, że najbardziej pożądanym podejściem jest współpraca w zakresie MaaS między dostawcami usług mobilnych a organem publicznym wspierającym/umożliwiającym opracowanie rozwiązania.

Poza tym prostym podejściem do zrozumienia, czy MaaS może zostać wdrożony w danym mieście lub regionie, projekt ProMaaS ma na celu stworzenie tablicy powiązanej z ankietą do samooceny, która będzie zawierała zalecenia¹¹ dotyczące sposobu przygotowania do wdrożenia MaaS na danym obszarze. W ramach tego projektu opracowano tablicę opartą na MMI (wskaźnik dojrzałości MaaS – Kamargianni & Goulding, 2018), za pomocą której organy odpowiedzialne za transport mogą ocenić swoją gotowość na przyjęcie MaaS, otrzymać zalecenia w zakresie polityki i ocenić różne scenariusze polityk¹².

3.5. Praktyczne studium przypadku

Mobilność korporacyjna, zdefiniowana jako intencjonalne zarządzanie realizacją potrzeb mobilnościowych pracowników organizacji, nie została jeszcze opisana w polskojęzycznej literaturze w sposób adekwatny do jej dynamicznego rozwoju (Ślęzak, 2019).

Mobilność korporacyjna może odegrać znaczącą rolę w osiągnięciu celów planowania zrównoważonej mobilności miejskiej (Gorges & Holz-Rau, 2021), jak i w rozwoju zrównoważonego systemu transportu poprzez promowanie korzystania ze zrównoważonych środków transportu, takich jak transport publiczny, jazda na rowerze i mobilność piesza (Wong, 2018).

Istnieją jednak wyzwania związane z wdrażaniem mobilności korporacyjnej na obszarach miejskich. Jednym z głównych wyzwań jest brak świadomości i chęć dla przedsiębiorstw do przyjmowania praktyk w zakresie zrównoważonej mobilności. Kolejnym wyzwaniem jest brak infrastruktury i obiektów wspierających zrównoważone rodzaje transportu, takich jak ścieżki rowerowe i bezpieczne parkingi dla rowerów. Dodatkowo może pojawić się opór pracowników przed zmianą nawyków w zakresie dojazdów do pracy, zwłaszcza jeśli są przyzwyczajeni do jazdy do pracy samochodem (Vaddadi i in., 2020).

¹¹ <https://promaas-eitum.eu/>

¹² <https://www.maaslab.org/projects-2>

Aby podołać tym wyzwaniom, najlepsze praktyki w ekosystemach biznesowych na rzecz mobilności w miastach obejmują tworzenie partnerstw między sektorem publicznym i prywatnym, promowanie opcji zrównoważonej mobilności poprzez zachęty i kampanie uświadamiające oraz zapewnianie infrastruktury i obiektów wspierających zrównoważone rodzaje transportu. Zalecenia dotyczące zmiany metod zarządzania w miastach obejmują przyjęcie holistycznego podejścia do planowania mobilności, włączenie interesariuszy w proces planowania oraz wykorzystanie danych i technologii do podejmowania decyzji.

Korzystne może być również wykorzystanie ekosystemów biznesowych w planowaniu zrównoważonej mobilności miejskiej. Ekosystemy biznesowe mogą stanowić platformę współpracy między różnymi zainteresowanymi stronami, w tym sektorem publicznym i prywatnym, w celu opracowania i wdrożenia rozwiązań w zakresie zrównoważonej mobilności. Ekosystemy biznesowe mogą również ułatwiać dzielenie się wiedzą i zasobami, co może prowadzić do bardziej wydajnego i skutecznego planowania mobilności (Cabanelas i in., 2023).

By skutecznie wdrażać rozwiązania niezbędne jest zrozumienie otoczenia. Tak jest również z nową mobilnością, która wpisuje się w szerszy trend zmian zachodzących w obszarze mobilności, zwłaszcza w kontekście miejskim. Grupa Veolia realizuje wiele działań wpisujących się w koncepcję Smart City. Obszar mobilności, w tym elektromobilności i Nowej Mobilności, nie był dotychczas zagospodarowany przez Grupę na terenie Polski. Grupa Veolia Polska, poprzez wykorzystanie strategicznej pozycji (bazy klientów w obszarze B2B, B2G, B2C, wieloletnich relacji z kluczowymi interesariuszami, ekonomii skali) oraz kluczowych aktywów (infrastruktury technicznej i wytwórczej, gruntów i nieruchomości, *know-how* technologicznego), ma szansę stać się wiodącym graczem w kluczowych obszarach dynamicznie rosnącego rynku mobilności w Polsce, z perspektywą zbudowania transferowalnego i skalowalnego *know-how* na potrzeby Grupy Veolia na świecie.

Veolia oferuje i wdraża „ekologię rozwiązań”, których zadaniem jest osiągnięcie neutralności węglowej do 2050 roku. Jako kreator rozwiązań z obszaru Smart City implementuje w swojej działalności innowacyjne technologie, zmierzające do poprawy efektywności energetycznej z wykorzystaniem IoT oraz sztucznej inteligencji. Dzięki temu dostarcza dla biznesu gotowe rozwiązania, oparte na idei zrównoważonego rozwoju, wpisujące się w politykę UE (Zielony Ład), rozwój elektromobilności w Polsce, potrzeby pracowników i mieszkańców miast oraz trendy związane z obszarem zarządzania mobilnością, HR i CSR odpowiedzialnych społecznie przedsiębiorstw.

Działania w obszarze nowej mobilności realizowane są w czterech, wzajemnie się przenikających, strumieniach:

1. Veolia City Mobility,

2. Veolia Smart Fleet,
3. Veolia Mobility Hub,
4. Wewnętrzna transformacja w zakresie mobilności,
5. Veolia City Mobility.

Projekt City Mobility jest elementem systemu Smart City, którego celem jest zrównoważony transport miejski, opierający się na rozwoju elektromobilności. Umożliwia on również budowę sprawnej i wydajnej infrastruktury do ładowania pojazdów w przestrzeni miejskiej oraz zarządzanie nią.

System Veolia City Mobility, oprócz wsparcia w zakresie dostaw energii elektrycznej pod infrastrukturę ładowania i atrakcyjnej cenowo oferty sprzedaży zielonej energii elektrycznej, pochodzącej w dużej części z własnych elektrociepłowni, przy gwarantowanej niezmienności ceny, pozwala na wdrożenie innowacyjnego zarządzania mobilnością w mieście dzięki wprowadzeniu ułatwień dla mieszkańców. Pozwala również na łączenie elementów komunikacji miejskiej z taksówkami, potencjalnie także z innymi elementami mikromobilności, ułatwiając mieszkańcom sprawne przemieszczanie się, zmniejszając korki i redukując ślad węglowy w aglomeracjach miejskich. Na rysunku 3.7 przedstawiono przykładową strukturę zależności pomiędzy uczestnikami jednego z realizowanych projektów.

Kompleksowe rozwiązanie zarządzania mobilnością dla miast, cyfrowy łącznik miasta z mieszkańcami obejmujący:

- aplikację mobilną dla podróżujących, która umożliwia planowanie trasy przejazdu taksówką i komunikacją miejską – planer podróży z czasem i kosztami. Aplikacja umożliwia zamówienie i opłacenie kursu taxi, zakup biletów komunikacji miejskiej;
- aplikację dla kierowcy taksówki, która umożliwia przyjęcie zlecenia na przejazd, a także rozliczenie przejazdu. Aplikacja ta również z użyciem zaawansowanych algorytmów kierować będzie w odpowiednim momencie do stacji ładowania;
- system Taxi – do obsługi taksówek i ich ładowania, rozliczeń z kierowcami, zarządzany przez jednolite oprogramowanie *backoffice*;
- system zarządzania ładowarkami miejskimi wraz z inteligentną nawigacją do miejsca ładowania dla jednostek miejskich oraz posiadaczy i użytkowników pojazdów elektrycznych.

Rysunek 3.7. Struktura zależności pomiędzy uczestnikami projektu Nowej Mobilności

Struktura – zależności pomiędzy uczestnikami



Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Grupy Veolia Polska.

Sprawnie funkcjonujące systemy ładowania odegrają kluczową rolę w zielonej rewolucji miejskiej. Dzięki systemowi Veolia City miasto stanie się kreatorem nowej mobilności miejskiej, opartej na transporcie publicznym, zeroemisyjności i współdzieleniu. System umożliwia optymalizację czasu i długości tras przejazdu, wylicza optymalny czas ładowania taksówek, oraz umożliwia rozbudowę o inne formy mobilności miejskiej, np. hulajnogi, rowery.

3.5.1. Veolia Smart Fleet

Projekt Veolia Smart Fleet jest nową formą podejścia do zarządzania mobilnością w firmie – poprzez współdzielenie pojazdów i zarządzanie nimi przy użyciu zaawansowanych systemów IT. Współdzielenie, zwane też carpoolingiem, pozwala na zaspokojenie potrzeb związanych z przemieszczaniem się i realizacją zadań pracowników w czasie pracy, ale jednocześnie dającą benefity w postaci korzystania z mobilności dla celów prywatnych, po bardzo atrakcyjnych cenach. Wpisuje się w wyzwania zielonej transformacji, zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstwa i ułatwia realizację celów związanych z redukcją śladu węglowego. Jest on odpowiedzią na wyzwania transformacji energetycznej, ponieważ wspiera rozwój systemów opierających się na samochodach zeroemisyjnych, ułatwiając zarządzanie nimi, a jednocześnie optymalizuje koszty, ułatwiając zmniejszenie liczby pojazdów w organizacji.

Na rysunku 3.8 przedstawiono przykładową macierz korzyści projektu mobilnościowego.

Rysunek 3.8. Przykładowa macierz korzyści projektu mobilnościowego

Macierz korzyści					
Celem projektu jest zmiana nawyków mobilnościowych mieszkańców miast, by budować zrównoważoną mobilność miejską					
	Veolia	Partner 1	Partner 2	Miasto	...
1. <u>Optymalizacja wielkości floty</u>	✓	✓		✓	
2. <u>Poprawa dostępności i jakości floty</u>	✓	✓		✓	
3. <u>Nowa forma benefitów dla pracowników</u>	✓	✓		✓	
4. <u>Testowanie rozwiązań do dalszego skalowania (EV, fleet, ładowanie)</u>	✓	✓	✓	✓	
5. <u>Mierzalna redukcja emisji CO₂</u>	✓	✓	✓	✓	
6. <u>Mniej samochodów na drogach – wartość dla środowiska i mieszkańców</u>	✓	✓	✓	✓	
7. <u>Budowanie ekosystemu zrównoważonej mobilności</u>	✓	✓	✓	✓	
					Korzyści ekonomiczne
					Korzyści zrównoważonego rozwoju

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Grupy Veolia Polska.

System umożliwia zarządzanie pojazdami, ale również włączanie do ekosystemu mobilności innych form transportu: skuter, rower, hulajnoga. Składa się z czterech podstawowych elementów: aplikacji mobilnej dla pracownika, aplikacji Web dla *backoffice*, aplikacji serwisowej do zarządzania pojazdami, modułów *hardware* do komunikacji z pojazdami, parkingami oraz ładowarkami.

Kompleksowe rozwiązanie zarządzania mobilnością współdzieloną w organizacji obejmuje:

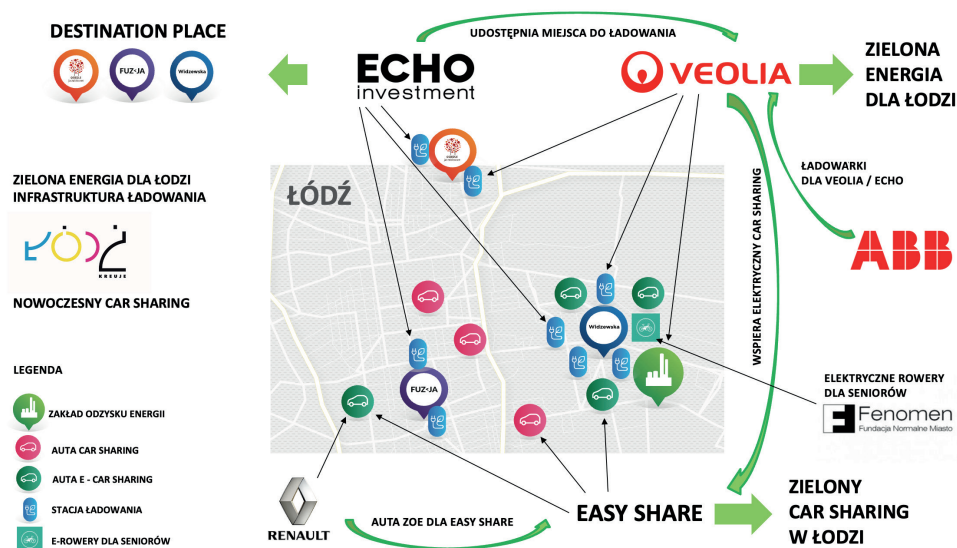
- aplikację mobilną dla pracowników,
- aplikację Web *backoffice*,
- elementy benefitów i grywalizacji,
- system optymalizacji opierający się na sztucznej inteligencji,
- transparentny, definiowalny moduł raportów i statystyk.

3.5.2. Echo Share na osiedlu Zenit w Łodzi, Veolia Łódź

Echo Share to przestrzeń skupiająca flotę elektrycznych samochodów, rowerów oraz hulajnóg. Pojazdy ładowane dzięki ekologicznej infrastrukturze zasilanej energią słoneczną są przeznaczone do dyspozycji wyłącznie mieszkańców osiedla Zenit – budowanego przez Archicom w ramach marki Echo Residential by

Archicom. Unikalny hub mobilności, który po raz pierwszy stworzono w ramach osiedla mieszkaniowego, powstał we współpracy z Keratronik, Veolią i Autoweber. Na rysunku 3.9 przedstawiono historyczny schemat powiązań uczestników ekosystemu mobilności dla projektu Zenit, który z czasem w naturalny sposób ewoluował.

Rysunek 3.9. Historyczny schemat powiązań uczestników ekosystemu mobilności dla projektu Zenit



Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Grupy Veolia Polska.

Mieszkańcy łódzkiego osiedla Zenit mają dostęp do usług Echo Share za pośrednictwem bezpłatnej aplikacji. Dzięki niej sprawdzą dostępność pojazdów (przedstawionych na rysunku 3.10), zarezerwują wybrany model i dokonają płatności. Użytkownicy aplikacji mogą również sprawdzić ich zasięg, a także poziom naładowania. Choć nie ma ograniczenia terytorialnego, to rozpoczęcie podróży i jej zakończenie wypożyczonym środkiem transportu zawsze musi mieć miejsce w osiedlowej stacji mobilności. Z kolei koszt wypożyczenia pojazdu jest średnio nawet dwa razy mniejszy niż cena wynajmu rynkowego odpowiednika.

Rysunek 3.10. Wdrożenie projektu hubu mobilności w Łodzi – współdzielone samochody elektryczne



Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Grupy Veolia Polska.

Dla mieszkańców osiedla dostępne też są elektryczne rowery (także w wersji cargo) oraz hulajnogi (przedstawione na rysunku 3.11). Pojazdy można wynajmować na co najmniej godzinę, dodatkowo założenie jest takie, aby były wypożyczane i zwracane na terenie osiedlowego hubu mobilności. To pojazdy, które mają być współdzielone przez mieszkańców osiedla, więc konieczna może być rezerwacja określonych pojazdów z wyprzedzeniem.

Rysunek 3.11. Pojazdy nowej mobilności dostępne w ramach projektu Zenit



Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Grupy Veolia Polska.

„Elektromobilność to jeden z kluczowych kierunków rozwoju nowoczesnych miast. Hub mobilności na osiedlu Zenit jest zwiastunem trendu, zgodnie z którym powinny ewoluować przestrzenie osiedli mieszkaniowych i wierzę, że niedługo powstaną kolejne takie elektromobilne punkty na mapie Łodzi. W Veolii, niezależnie od koniecznej transformacji klimatycznej systemu ciepłowniczego, prowadzimy prace nad projektami, które potencjalnie będą mogły

wykorzystywać w systemie rozproszone źródła energii, nowe paliwa oraz zapewniać odzysk i magazynowanie ciepła. To ważny element transformacji dla obecnie scentralizowanej infrastruktury ciepłowniczej, który również wpisuje się w ideę Smart City” – wskazała Anna Kędziora-Szwagrzak, prezes zarządu Veolia Energia Łódź, w trakcie wydarzenia inauguracyjnego uruchomienie usługi.¹³

Zakończenie

Reasumując rozważania niniejszego rozdziału, autorzy konstatują:

1. Analiza literatury przedmiotu wskazuje, że globalne uwarunkowania, takie jak zmiany klimatyczne, urbanizacja, rosnące zapotrzebowanie na transport, a także zmiany technologiczne mają kluczowe znaczenie dla rozwoju mobilności. Badacze powinni uwzględniać te globalne czynniki w kontekście planowania mobilności, aby stworzyć strategię zrównoważonego rozwoju transportu.
2. Podejście do planowania mobilności również ewoluuje, przechodząc od tradycyjnych strategii opartych na samochodach do bardziej zrównoważonych i intermodalnych form. Odzwierciedla to rosnące zainteresowanie ochroną środowiska, poprawą jakości życia w miastach i efektywnym wykorzystaniem zasobów transportowych.
3. W doniesieniach literaturowych można zauważyć, że na różnych poziomach administracji, tj. europejskim, krajowym, regionalnym, metropolitalnym i lokalnym, istnieją dokumenty strategiczne dotyczące planowania mobilności. Analiza tych dokumentów pozwala zrozumieć, jak cele i strategię na różnych poziomach wpływają na rozwój mobilności w danym regionie. Jednocześnie badania sugerują, że Plan Zrównoważonej Mobilności Miejskiej (SUMP) jest skutecznym narzędziem do planowania i zarządzania transportem w miastach. SUMP koncentruje się na zrównoważonym rozwoju, promowaniu transportu publicznego, pieszo i rowerem, a także ograniczaniu emisji CO₂.
4. Poza wymienionymi kontekstami dla odniesienia sukcesu i wdrożenia pożądanego sposobu mobilności niezbędne jest wykorzystywanie zasobów miasta inteligentnego w celu kształtowania zachowań mobilnościowych mieszkańców miast. Jesteśmy już na tym etapie świadomości, który w pełni akceptuje dotychczas niekiedy kontestowane stwierdzenie, że kształt pożądanego mobilności jest decyzją polityczną odpowiednich władz

13 Hub mobilności na terenie osiedla Zenit jest dostępny całodobowo. Dodatkowe informacje nt. projektu dostępne są na stronie <https://echoshare.pl/>

terytorialnych. Im wyższy stopień inteligencji miasta, tym większa zdolność do skutecznego zmieniania zachowań mobilnościowych.

5. Mimo istotnego różnicowania obszarów miejskich warto zauważyć, że określone koncepcje realizacji mobilności mogą być uogólniane i stanowić źródło/wzorzec wdrażania stosownych zmian kształtujących mobilność.
6. Niezależnie od wybranego sposobu kształtowania mobilności, wybór mapy drogowej wdrażania zmian jest głównym składnikiem planowania mobilności w miastach. Planowanie mobilności w kontekście globalnych warunków wymaga uwzględnienia zmieniającego się podejścia do strategii transportu oraz analizy konkretnych dokumentów strategicznych na różnych poziomach administracji. Wykorzystanie narzędzi takich jak SUMP może pomóc w osiągnięciu zrównoważonej mobilności w miastach.

Bibliografia

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211.
- Cabanelas, P., Parkhurst, G., Thomopoulos, N., & Lampón, J. F. (2023). A dynamic capability evaluation of emerging business models for new mobility. *Research in Transportation Business & Management*, 47, 100964.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Czajkowski, R., & Nowakowski, W. (2016). IoT jako naturalna ewolucja Internetu. *Elektronika: Konstrukcje, Technologie, Zastosowania*, 57(4). <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-7f56593e-2ec2-4b6e-b469-d18091cbf625>
- Docherty, I. (2018). New governance challenges in the era of ‘smart’ mobility. W: *Governance of the smart mobility transition* (s. 19–32). Emerald Publishing Limited. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/978-1-78754-317-120181002/full/html>
- Drees, H., Kubitz, D. O., Lipp, J., Pretzsch, S., & Langdon, C. S. (2021). *Mobility data space—first implementation and business opportunities*. Proceedings of the 27th ITS World Congress, Hamburg, Germany.
- Gorges, T., & Holz-Rau, C. (2021). Transition of mobility in companies – A semi-systematic literature review and bibliographic analysis on corporate mobility and its management. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 11, 100462. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100462>
- Haarstad, H. (2016). Who Is Driving the ‘Smart City’ Agenda? Assessing Smartness as a Governance Strategy for Cities in Europe. W: A. Jones, P. Ström, B. Hermelin, & G. Rusten (Red.), *Services and the Green Economy* (s. 199–218). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/978-1-137-52710-3_9
- Heikkilä, S. (2014). *Mobility as a service—a proposal for action for the public administration, case helsinki* [Master’s Thesis]. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/13133>
- Holden, E., Banister, D., Gössling, S., Gilpin, G., & Linnerud, K. (2020). Grand Narratives for sustainable mobility: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*, 65, 101454.
- iNUA #9: Avoid-Shift-Improve (A-S-I)—SUTP. (b.d.). Pobrano 30 stycznia 2023 z <https://sutp.org/publications/sustainable-urban-transport-avoid-shift-improve-a-s-i-inua-9/>
- Jochem, P., Frankenhauser, D., Ewald, L., Ensslen, A., & Fromm, H. (2020). Does free-floating carsharing reduce private vehicle ownership? The case of SHARE NOW in European cities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 141, 373–395. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.09.016>
- Jordová, R., & Brůhová-Foltýnová, H. (2021). Rise of a New Sustainable Urban Mobility Planning Paradigm in Local Governance: Does the SUMP Make a Difference? *Sustainability*, 13(11), 5950. <https://doi.org/10.3390/su13115950>

- Kamargianni, M., & Goulding, R. (2018). The mobility as a service maturity index: Preparing the cities for the mobility as a service era. *Transport Research Arena*, 7. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10063087/>
- Karlsson, I.M., Sochor, J., & Strömberg, H. (2016). Developing the 'Service' in Mobility as a Service: Experiences from a field trial of an innovative travel brokerage. *Transportation Research Procedia*, 14, 3265–3273.
- Katz, B., & Bradley, J. (2013). *The metropolitan revolution: How cities and metros are fixing our broken politics and fragile economy*. Brookings Institution Press.
- Köhler, J., Whitmarsh, L., Nykvist, B., Schilperoord, M., Bergman, N., & Haxeltine, A. (2009). A transitions model for sustainable mobility. *Ecological Economics*, 68(12), 2985–2995. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.06.027>
- Kolb, D.A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT Press.
- Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2023). A systematic literature review of Mobility as a Service: Examining the socio-technical factors in MaaS adoption and bundling packages. *Travel Behaviour and Society*, 31, 232–243.
- Laborda, J. (2022). Mobility data management and its potential to generate value. *Economics*, 18.
- Li, Y., & Voegelé, T. (2017). Mobility as a service (MaaS): Challenges of implementation and policy required. *Journal of Transportation Technologies*, 7(2), 95–106.
- Lindblad, S., & Nygård, S. (2018). *Corporate Mobility as a Valuable Service? An Exploratory Study from a Business Model Perspective*.
- Matyas, M., & Kamargianni, M. (2019). The potential of mobility as a service bundles as a mobility management tool. *Transportation*, 46(5), 1951–1968. <https://doi.org/10.1007/s11116-018-9913-4>
- McKinney, E.Z. (2020). *Code shift: Data, governance, and equity in Los Angeles's shared mobility pilots* [PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology]. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127621>
- Mitropoulos, L., Kortsari, A., Mizaras, V., & Ayfantopoulou, G. (2023). Mobility as a Service (MaaS) Planning and Implementation: Challenges and Lessons Learned. *Future Transportation*, 3(2), 498–518.
- Musolino, G., Rindone, C., & Vitetta, A. (2022). Models for supporting mobility as a service (MaaS) design. *Smart Cities*, 5(1), 206–222.
- Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E.T., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial intelligence, transport and the Smart City: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability*, 12(7), 2789.
- Putting Micromobility at the Center of Urban Mobility*. (2022). BCG Global. <https://www.bcg.com/publications/2022/the-future-of-urban-mobility>
- Rodrigue, J.-P. (2017). Urban Land Use and Transportation. W: *The Geography of Transport Systems*. New York: Routledge.

- Saprykin, A., Chokani, N., & Abhari, R.S. (2022). Impacts of downscaled inputs on the predicted performance of taxi fleets in agent-based scenarios including Mobility-as-a-Service. *Procedia Computer Science*, 201, 574–580.
- Szołtysek, J. (2017). Logistyka miasta wobec postulatów zwiększania „inteligencji” Smart City. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 18(8.1), 285–296.
- Szołtysek, J. (2018a). Ewolucja zainteresowań logistyki miasta – nowe kierunki eksploracji naukowobadawczej. *Logistyka*, 1, 11–15.
- Szołtysek, J. (2018b). Miasto w dobie Internet of Things. W: Ł. Sułkowski, D. Kaczorowska-Spychalska, *Internet of Things. Nowy paradygmat rynku*.
- Szołtysek, J. (2019). Miasto jako obiekt „ideologicznego” zarządzania logistycznego. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 7. <https://doi.org/10.33226/1231-2037.2019.7.1>
- Szołtysek, J. (2023). Miasto, inteligencja i multimedialne mediacje. W: R. Kucęba, W. Jędrzejczyk, K. Smoląg (red.), *Multimedia w biznesie i zarządzaniu. Dokąd zmierzamy?* Toruń: Towarzystwo Naukowe.
- Ślęzak, E. (2019). *Mobilność korporacyjna na przykładzie Krakowa*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Tran, Y., & Hashimoto, N. (2022). Mobility-as-a-service trials in Japan: Initial result from a national project. *2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 1–5. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9730155/>
- Vaddadi, B., Zhao, X., Susilo, Y., & Pernestål, A. (2020). Measuring system-level impacts of corporate mobility as a service (CMaaS) based on empirical evidence. *Sustainability*, 12(17), 7051.
- Veeneman, W., van der Voort, H., Hirschhorn, F., Steenhuisen, B., & Klievink, B. (2018). PETRA: Governance as a key success factor for Big Data solutions in mobility. *Research in Transportation Economics*, 69, 420–429.
- Wong, Y. Z. (2018). *Corporate mobility review: how business can shape mobility*. http://sydney.edu.au/business/itls/research/publications/working_papers
- Wood, W. (2000). Attitude Change: Persuasion and Social Influence. *Annual Review of Psychology*, 51(1), 539–570. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.51.1.539>

Transport danych – istotność danych w Smart City

Paweł Morawski

Politechnika Łódzka

ORCID 0000-0002-7682-620X

Mateusz Mastalerz

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Accenture Germany

ORCID 0009-0009-9807-561X

Wstęp

W zmieniającym się krajobrazie urbanizacji inteligentne miasta stanowią transformacyjne podejście do wyzwań związanych ze wzrostem populacji, zrównoważonym rozwojem środowiska i efektywnym zarządzaniem zasobami. Transport, jako podstawa infrastruktury miejskiej, odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu zrównoważonego rozwoju i warunków życia w miastach. W tym kontekście integracja zaawansowanych systemów transportu danych w ramach inicjatyw inteligentnych miast oferuje bezprecedensowe możliwości osiągnięcia zrównoważonego transportu i wspierania zdrowej tkanki miejskiej. Koncepcja inteligentnych miast opiera się na wykorzystaniu danych i technologii w celu optymalizacji operacji miejskich, poprawy jakości życia mieszkańców i zapewnienia zrównoważonego rozwoju środowiska (Batty i in., 2012). Systemy transportowe, będące kluczowym elementem inteligentnych miast, przechodzą zmianę paradygmatu z tradycyjnych modeli na ramy oparte na danych, wspierane przez inteligentne

systemy. Transformacja ta wynika z potrzeby rozwiązania palących problemów miejskich, takich jak zatory komunikacyjne, zanieczyszczenie powietrza i nieefektywność energetyczna, które łącznie odpowiadają za znaczne koszty społeczno-gospodarcze na całym świecie.

Z definicji transport danych w inteligentnych miastach odnosi się do technologii, które umożliwiają gromadzenie, przesyłanie i przetwarzanie danych generowanych przez różne miejskie infrastruktury i usługi. Ten skomplikowany system odgrywa kluczową rolę w usprawnianiu zarządzania miastem i poprawie jakości życia mieszkańców, ułatwiając analizę danych w czasie rzeczywistym w różnych sektorach, takich jak transport, bezpieczeństwo publiczne i monitorowanie środowiska. Znaczenie transportu danych jest podkreślane przez jego zdolność do optymalizacji operacji miejskich, zmniejszania nieefektywności i promowania zrównoważonego rozwoju w coraz bardziej zaludnionych obszarach (Gilman i in., 2024).

Niniejszy rozdział analizuje kluczową rolę transportu danych w kształtowaniu zrównoważonych systemów transportowych w inteligentnych miastach. Zagłębia się w podstawowe aspekty infrastruktury transportu danych, procesów i ich interakcji z systemami transportowymi, jednocześnie podkreślając wyzwania, takie jak skalowalność, interoperacyjność i bezpieczeństwo danych. Ponadto nowe technologie, w tym 5G, przetwarzanie brzegowe i sztuczna inteligencja, są analizowane jako czynniki przyszłego ekosystemu transportu miejskiego. Ta eksploracja kompleksowo objaśnia, w jaki sposób rozwiązania oparte na danych mogą przyczynić się do stworzenia zrównoważonych, wydajnych i sprawiedliwych systemów transportowych.

Słowa kluczowe: transport danych, interoperacyjność, skalowalność, bezpieczeństwo i prywatność

4.1. Infrastruktura transportu danych

Wydajna infrastruktura transportu danych, umożliwiająca **płynną komunikację i integrację różnych systemów miejskich**, jest podstawą inteligentnych miast. Infrastruktura ta obejmuje zarówno fizyczne, jak i cyfrowe komponenty, które ułatwiają przepływ danych, od urządzeń IoT i czujników po złożone architektury sieciowe i protokoły komunikacyjne. W tej sekcji omówiono podstawowe elementy infrastruktury transportu danych i ich rolę we wspieraniu aplikacji inteligentnych miast. Wydajny transport danych jest podstawą funkcjonalności inteligentnego miasta. Bez płynnego przepływu danych skomplikowane systemy w inteligentnym mieście nie mogą działać w zintegrowany sposób. Wydajny transport danych zapewnia szybkie gromadzenie, przesyłanie i przetwarzanie informacji, umożliwiając spójne funkcjonowanie systemów, takich jak:

inteligentny transport, sieci energetyczne i reagowanie kryzysowe. Na przykład dane o ruchu drogowym w czasie rzeczywistym umożliwiają adaptacyjne sterowanie sygnalizacją świetlną w celu optymalizacji przepływu ruchu i zmniejszenia zatorów. Podobnie oparte na danych monitorowanie jakości powietrza i zużycia energii wspiera rozwój zrównoważonych praktyk. Wydajność transportu danych jest zatem bezpośrednio skorelowana ze zdolnością inteligentnego miasta do osiągania celów w zakresie zrównoważonego rozwoju, wydajności i odporności (Banach, 2020).

4.1.1. Infrastruktura fizyczna

Infrastruktura fizyczna jest podstawą transportu danych w inteligentnych miastach. Obejmuje szybkie sieci światłowodowe, wieże komunikacji bezprzewodowej, czujniki IoT i brzegowe centra danych, strategicznie zlokalizowane w środowiskach miejskich. Komponenty te umożliwiają gromadzenie i przesyłanie ogromnych ilości danych generowanych przez systemy miejskie, takie jak: sieci transportowe, sieci energetyczne i operacje bezpieczeństwa publicznego. Przykładowo, czujniki IoT wbudowane w jezdnie i pojazdy dostarczają w czasie rzeczywistym dane o ruchu drogowym, wspierając adaptacyjne systemy zarządzania ruchem. Podobnie integracja technologii 5G zwiększa przepustowość i szybkość transmisji danych, ułatwiając zaawansowane aplikacje, takie jak pojazdy autonomiczne i zdalne monitorowanie. Co więcej, postępy w dziedzinie inteligentnych słupów, które integrują czujniki, kamery i funkcje bezprzewodowe, stają się kluczowymi elementami infrastruktury fizycznej, zapewniając wielofunkcyjne wsparcie dla miejskich sieci danych (Kumar i in., 2023). Fizyczna infrastruktura w inteligentnych miastach obejmuje różne elementy, które ułatwiają transport danych i łączność. Kluczowe przykłady obejmują:

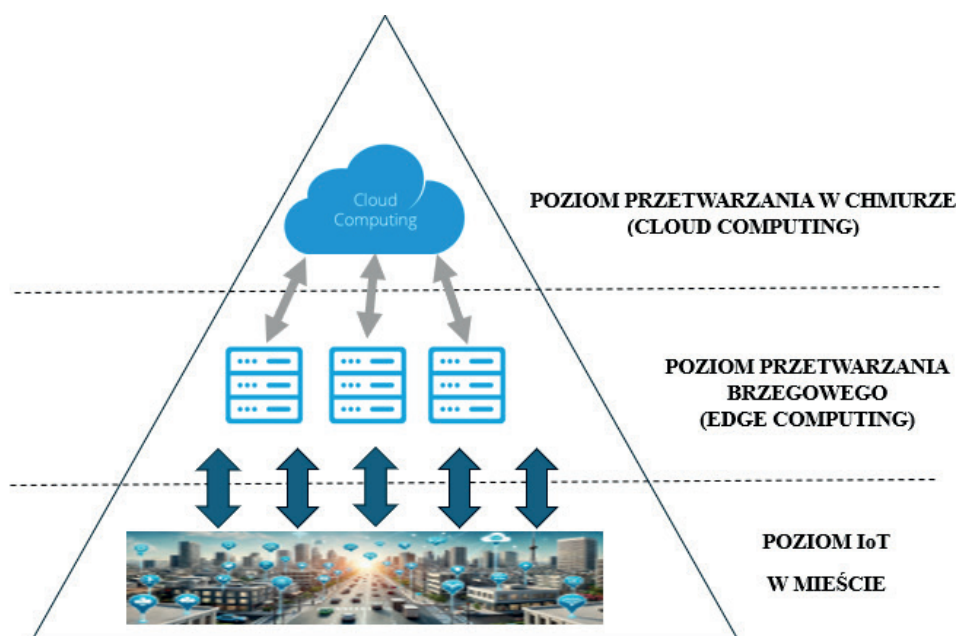
- Sieci światłowodowe. Szybkie kable światłowodowe służą jako szkielet transportu danych, łącząc centra danych, wieże komunikacyjne i kluczowe węzły miejskie.
- Inteligentne słupy. Te wielofunkcyjne urządzenia integrują oświetlenie uliczne, czujniki, kamery i technologie komunikacji bezprzewodowej. Są one coraz częściej wykorzystywane do monitorowania warunków środowiskowych, zarządzania ruchem i zapewniania publicznego Wi-Fi.
- Brzegowe centra danych. Te niewielkie obiekty są strategicznie rozmieszczone w pobliżu źródeł danych, zmniejszając opóźnienia w przetwarzaniu.

4.1.2. Architektury sieciowe

Architektura sieci w inteligentnych miastach została zaprojektowana w celu optymalizacji przepływu danych i zapewnienia skalowalności. Tradycyjnie scentralizowane sieci są zastępowane lub rozszerzane przez zdecentralizowane

i hybrydowe architektury, które zmniejszają opóźnienia i poprawiają niezawodność. Zdecentralizowane systemy, takie jak sieci *mesh*, umożliwiają komunikację *peer-to-peer* między urządzeniami, pomijając potrzebę centralnego węzła. Architektury hybrydowe, które łączą elementy scentralizowane i zdecentralizowane, oferują elastyczność i odporność, szczególnie w przypadku wdrożeń miejskich na dużą skalę. Badania wykazały, że hybrydowe modele sieci mogą poprawić wydajność transmisji danych nawet o 30% w porównaniu do tradycyjnych, scentralizowanych systemów (Wang i in., 2020). Co więcej, sieci definiowane programowo (SDN) i wirtualizacja funkcji sieciowych (NFV) są coraz częściej stosowane w inteligentnych miastach w celu zwiększenia programowalności i skalowalności sieci, umożliwiając dynamiczne dostosowywanie do obciążenia ruchem i odporności na awarie w czasie rzeczywistym. Architektury sieciowe zapewniają wydajny przepływ danych przez złożone systemy w inteligentnym mieście. Przykłady obejmują:

- Sieci *mesh*. Sieci *peer-to-peer* umożliwiają bezpośrednią komunikację urządzeń, zapewniając redundancję danych i niezawodność sieci. Sieci te są szczególnie przydatne w scenariuszach odzyskiwania danych po awarii.
- Architektury hybrydowe. Łącząc scentralizowaną kontrolę i rozproszone węzły danych, sieci hybrydowe równoważą skalowalność i wydajność. Przykładowo, architektura sieci LoRaWAN obsługuje urządzenia IoT w gęsto zaludnionych obszarach miejskich, zachowując jednocześnie efektywność energetyczną.
- Sieć definiowana programowo (SDN). SDN oferuje elastyczność, umożliwiając scentralizowaną kontrolę nad przepływami ruchu. Miasta (na przykład Amsterdam) wdrażają SDN do zarządzania danymi w czasie rzeczywistym z systemów transportowych.

Rysunek 4.1. Poziomy przetwarzania danych w Smart City

Źródło: opracowanie własne.

4.1.3. Protokoły komunikacyjne

Protokoły komunikacyjne regulują wymianę danych między urządzeniami i systemami, zapewniając interoperacyjność i wydajność. W inteligentnych miastach protokoły takie jak MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), CoAP (*Constrained Application Protocol*) i AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*) są szeroko stosowane ze względu na ich lekką i wydajną konstrukcję. Protokoły te są szczególnie odpowiednie dla aplikacji IoT, gdzie ograniczenia przepustowości i mocy są krytyczne. Na przykład model publikowania i subskrybowania MQTT ułatwia komunikację w czasie rzeczywistym między czujnikami a systemami sterowania, umożliwiając szybką reakcję na zmieniające się warunki miejskie (Dizdarević, 2019). Ponadto nowe protokoły, takie jak 6LoWPAN i Thread, odgrywają kluczową rolę w optymalizacji komunikacji bezprzewodowej o niskim poborze mocy, która jest niezbędna dla zasilanych bateryjnie urządzeń IoT w inteligentnych miastach. Protokoły te zapewniają, że różne urządzenia mogą komunikować się płynnie, nawet w środowiskach o ograniczonych zasobach, zwiększając ogólną niezawodność i wydajność miejskiego transportu danych. Protokoły komunikacyjne umożliwiają płynną interakcję różnych systemów w inteligentnym mieście. Godne uwagi przykłady to:

- MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*): lekki i idealny protokół komunikacyjny do środowisk o niskiej przepustowości, szeroko stosowany w inteligentnych miejskich aplikacjach IoT, takich jak zdalne monitorowanie jakości wody w Singapurze;
- 6LoWPAN (*IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks*): protokół ten optymalizuje łączność dla urządzeń o niskim poborze mocy, powszechnie stosowanych w inteligentnych systemach pomiarowych. Studium przypadku obejmuje jego zastosowanie w inteligentnych sieciach we Włoszech. Informacje techniczne 6LoWPAN;
- *Thread*: protokół sieciowy zapewniający bezpieczną i niezawodną komunikację IoT, wspierając systemy inteligentnego domu, takie jak Google Nest.

4.2. Proces transportu danych

Procesy transportu danych w inteligentnych miastach obejmują kompleksowe ramy gromadzenia, przesyłania, agregacji, integracji i zarządzania danymi, co ma kluczowe znaczenie w zwiększeniu wydajności miast i poprawie jakości życia. Procesy te wykorzystują wiele technologii, w tym urządzenia Internetu rzeczy (IoT), sieci czujników i dane generowane przez użytkowników, umożliwiając miastom gromadzenie w czasie rzeczywistym informacji o ich środowiskach i zachowaniach mieszkańców. Znaczenie tych procesów jest podkreślane przez rosnącą zależność od podejmowania decyzji opartych na danych – w planowaniu urbanistycznym, transporcie, zarządzaniu energią i bezpieczeństwie publicznym, co oznacza transformacyjną zmianę w sposobie funkcjonowania miast i angażowania ich mieszkańców.

Szczególnie integracja zaawansowanych metod gromadzenia danych rodzi krytyczne kwestie dotyczące prywatności, własności danych i etycznego wykorzystania informacji. Wraz z rozwojem inteligentnych miast wyzwania związane z zarządzaniem heterogenicznymi źródłami danych i zapewnieniem bezpiecznej transmisji stają się coraz bardziej złożone. Metody transmisji danych muszą uwzględniać takie kwestie, jak opóźnione lub brakujące informacje, muszą być odporne na awarie systemu, aby utrzymać ciągły przepływ informacji niezbędnych do zarządzania miastem w czasie rzeczywistym (Jawhar i in., 2018). Co więcej, procesy związane z agregacją i integracją danych mają kluczowe znaczenie dla syntezy ogromnych ilości informacji zebranych z różnych źródeł, umożliwiając ulepszoną analizę i przydatne spostrzeżenia. Techniki takie jak semantyczna integracja danych i rozwiązywanie przechowywania danych w chmurze odgrywają kluczową rolę w umożliwieniu urbanistom efektywnego wykorzystania danych, promując przejrzystość i wspierając świadomy udział społeczeństwa w zarządzaniu (Bibri, 2019).

Kontrowersje związane z transportem danych w inteligentnych miastach często koncentrują się na równowadze między wspieraniem innowacji a ochroną

praw jednostki, szczególnie w świetle przepisów, takich jak ogólne rozporządzenie o ochronie danych (RODO). Zapewnienie zgodności z takimi przepisami, przy jednoczesnym wykorzystaniu korzyści płynących z analizy danych, stanowi ciągłe wyzwanie dla urzędników miejskich i interesariuszy. W miarę rozwoju inteligentnych miast ustanowienie solidnych ram zarządzania i angażowanie społeczności w dialog będzie konieczne dla sprostania tym wyzwaniom i maksymalizacji potencjału ekosystemów miejskich opartych na danych. Procesy transportu danych w inteligentnych miastach są kluczowe w umożliwieniu płynnego działania systemów miejskich. Procesy te obejmują gromadzenie, przesyłanie, agregację i przechowywanie danych, ułatwiając podejmowanie decyzji i optymalizację w czasie rzeczywistym (Ma i in., 2019). W tej sekcji opisano szczegółowo każdy z tych procesów wraz z przykładami.

Rysunek 4.2. Proces transportu danych w Smart City



Źródło: opracowanie własne.

4.2.1. Gromadzenie danych

Zbieranie danych to pierwszy krok w transporcie danych, obejmujący pozyskiwanie informacji z różnych źródeł, w tym czujników IoT, kamer, systemów GPS i urządzeń użytkownika. W inteligentnych miastach kluczową rolę odgrywają urządzenia IoT, z czujnikami wbudowanymi w infrastrukturę, pojazdy i przestrzenie publiczne w celu monitorowania parametrów, takich jak przepływ ruchu, jakość powietrza i zużycie energii. Przykładowo, miasto Amsterdam wykorzystuje rozległą sieć czujników jakości powietrza, aby zapewnić mieszkańcom aktualizacje w czasie rzeczywistym i kierować decyzjami politycznymi. Z kolei Nowy Jork wykorzystuje zaawansowane sieci kamer i dane z taksówek z obsługą GPS do analizy przepływu ruchu i optymalizacji wzorców użytkowania dróg.

W kontekście inteligentnych miast gromadzenie danych jest podstawowym procesem, który obejmuje różne metody i technologie gromadzenia informacji o środowiskach miejskich. Ponieważ tradycyjne metody gromadzenia danych, takie jak ankiety, stają się mniej wydajne, pojawiły się innowacyjne technologie, umożliwiające bardziej pasywne i rozległe gromadzenie danych. Obejmują one zdjęcia satelitarne, GPS w pojazdach i różne czujniki wbudowane w infrastrukturę miejską. Rodzaje źródeł danych:

- Technologie oparte na czujnikach – odgrywają one kluczową rolę w gromadzeniu danych w inteligentnych miastach. Te fizyczne urządzenia wykrywają

i reagują na bodźce środowiskowe, takie jak światło, temperatura i ruch. Różnorodność czujników pozwala na dostosowanie gromadzenia danych w zależności od konkretnych pytań politycznych, optymalizując ich dokładność i koszt. Na przykład czujniki dźwięku i czujniki środowiskowe mogą dostarczać krytycznych informacji dla zarządzania i planowania miejskiego.

- Dane generowane przez użytkowników – te dane są kolejnym istotnym elementem gromadzenia danych w inteligentnych miastach. Ten rodzaj danych jest dostarczany przez obywateli za pośrednictwem inteligentnych urządzeń i usług internetowych. Powszechne korzystanie ze smartfonów i aplikacji mobilnych umożliwia gromadzenie danych o lokalizacji i zachowaniach użytkowników, które są nieocenione dla zrozumienia dynamiki miejskiej. Ponadto platformy mediów społecznościowych służą jako repozytoria treści generowanych przez użytkowników, oferując wgląd w czasie rzeczywistym w nastroje i trendy społeczne.
- Urządzenia Internetu rzeczy (IoT) – są one coraz bardziej rozpowszechnione w infrastrukturze inteligentnych miast, stale gromadząc dane na temat wielu czynników, takich jak: warunki środowiskowe, zużycie energii i wydajność infrastruktury. Urządzenia te ułatwiają monitorowanie w czasie rzeczywistym i przyczyniają się do efektywnego zarządzania zasobami miejskimi, umożliwiając konserwację predykcyjną i lepsze świadczenie usług (Adler, 2017).

Integracja różnorodnych metod gromadzenia danych usprawnia zarządzanie miastem, wiąże się jednak z poważnymi wyzwaniami, szczególnie dotyczącymi prywatności i własności danych. W miarę rozwoju inteligentnych miast istnieje pilna potrzeba wprowadzenia solidnych przepisów dotyczących prywatności i ram etycznych w celu ochrony praw obywateli do danych. Silne środki przejrzystości i odpowiedzialne praktyki zarządzania danymi są niezbędne do budowania zaufania mieszkańców. Ponadto metodologie stosowane w gromadzeniu danych wnoszonych przez obywateli muszą być starannie zaprojektowane, aby zapewnić wiarygodność i reprezentatywność, unikając uprzedzeń, które mogłyby wypaczyć dane.

4.2.2. Transmisja danych

Transmisja danych wiąże się z przesyłaniem zebranych informacji do systemów centralnych lub innych węzłów w sieci w celu ich przetworzenia. Technologie bezprzewodowe, takie jak Wi-Fi, Zigbee i sieci komórkowe (np. 4G/5G), są powszechnie stosowane w inteligentnych miastach. Na przykład Barcelona wykorzystuje sieci 5G do przesyłania strumieni wideo w czasie rzeczywistym do zarządzania ruchem i aplikacji bezpieczeństwa publicznego. Sieci światłowodowe dodatkowo wspierają szybką i masową transmisję danych na obszarach miejskich. Godnym uwagi przykładem jest wdrożenie w Singapurze ultraszybkiego łącza szerokopasmowego

w celu zapewnienia transmisji o niskim opóźnieniu dla krytycznych usług inteligentnego miasta. Transmisja danych w inteligentnych miastach jest kluczowym elementem ogólnych procesów transportu danych, ułatwiającym przepływ informacji zebranych z różnych źródeł, w tym czujników, aplikacji mobilnych i infrastruktury publicznej. Niniejsza sekcja przybliży mechanizmy i wyzwania związane z transmisją danych w kontekście inteligentnych miast.

- Wyzwania związane z transmisją danych. Jedną z istotnych kwestii jest zarządzanie heterogenicznymi źródłami danych, które działają przy użyciu różnych protokołów komunikacyjnych i formatów. Ta różnorodność może komplikować integrację i przetwarzanie danych, zwłaszcza gdy wymagana jest analiza w czasie rzeczywistym. Dodatkowo czynniki, takie jak opóźnione, brakujące lub nieuporządkowane dane, muszą być uwzględnione podczas transmisji, aby zapewnić niezawodność przesyłanych informacji. Kolejnym wyzwaniem jest zapewnienie odporności na błędy w procesach transmisji danych. Biorąc pod uwagę wysoką częstotliwość i ogromną ilość danych generowanych przez infrastrukturę inteligentnego miasta, systemy muszą być zaprojektowane do obsługi scenariuszy, w których dane są generowane szybciej, niż mogą być przetwarzane przez konsumentów. Aby rozwiązać te kwestie, powszechnie stosuje się luźno powiązane schematy komunikacji, często wdrażane za pośrednictwem systemów przesyłania wiadomości, w celu utrzymania ciągłego przepływu danych pomimo potencjalnych zakłóceń.
- Mechanizmy transmisji danych. Inteligentne miasta wykorzystują różne technologie komunikacyjne do przesyłania danych, w tym sieci komórkowe (3G, 4G/LTE, 5G), WiMAX (IEEE 802.16) i systemy komunikacji satelitarnej. Dane generowane z różnych źródeł mogą być kierowane do wyznaczonych odbiorników danych które działają jako punkty końcowe do gromadzenia danych. Urządzenia te mogą być połączone za pomocą strategii *multi-hop*, w której dane są przekazywane przez węzły pośrednie przed dotarciem do miejsca docelowego, lub za pośrednictwem węzłów mobilnych, takich jak drony, które mogą zbierać dane w odległych obszarach.
- Znaczenie wydajnej transmisji danych. Wydajna transmisja danych ma kluczowe znaczenie dla operacji inteligentnego miasta, ponieważ umożliwia terminowe przetwarzanie informacji, które mogą wpływać na podejmowanie decyzji i poprawę usług miejskich. Wysokiej jakości dane, przesyłane bez strat lub znaczących opóźnień, są niezbędne do wspierania inteligentnej automatyzacji i zapewnienia, że zainteresowane strony mogą dokonywać świadomych wyborów w oparciu o wgląd w czasie rzeczywistym. Zapewnienie solidnych mechanizmów transmisji danych ostatecznie przyczynia się do pożądanego funkcjonowania ekosystemów inteligentnych miast.

4.2.3. Agregacja i integracja danych

Agregacja danych obejmuje konsolidację danych z różnych źródeł w celu zapewnienia ujednoliconego widoku do analizy i podejmowania decyzji. Z kolei integracja zapewnia kompatybilność danych pochodzących z różnych systemów. Platformy takie jak Urban Data Platform Komisji Europejskiej agregują dane z różnych sektorów, takich jak transport, energia i zdrowie, aby wspierać interdyscyplinarne spostrzeżenia. W Chicago projekt „Array of Things” integruje dane z czujników środowiskowych i publicznych zbiorów danych, aby zapewnić całościowe zrozumienie dynamiki miejskiej. Londyński Smart City Dashboard zapewnia urzędnikom miejskim zintegrowany widok danych dotyczących transportu publicznego, jakości powietrza i zużycia energii, ułatwiając efektywne zarządzanie miastem. Agregacja danych jest kluczowym procesem w kontekście inteligentnych miast, umożliwiającym gromadzenie i syntezę ogromnych ilości informacji generowanych przez różne źródła, w tym czujniki, kamery cyfrowe i systemy zarządzania miastem. Proces ten ułatwia integrację danych pochodzących z heterogenicznych źródeł, umożliwiając lepsze podejmowanie decyzji i rozwiązywanie problemów w czasie rzeczywistym w środowiskach miejskich.

- Gromadzenie i przesyłanie danych. Początkowa faza agregacji danych obejmuje gromadzenie danych z wielu urządzeń Internetu rzeczy (IoT) i innych źródeł. Metody zbierania danych telemetrycznych są powszechnie stosowane do gromadzenia tych informacji, które są następnie przesyłane do scentralizowanych systemów w celu przetwarzania i analizy. Ta transmisja danych może odbywać się za pośrednictwem różnych protokołów komunikacyjnych, zapewniając, że dane są skutecznie i bezpiecznie przekazywane do odpowiednich systemów w celu podjęcia dalszych działań.
- Techniki integracji danych. Po zebraniu danych należy je zintegrować, aby zapewnić ujednolicony widok do analizy. Nowoczesne ramy inteligentnego miasta wykorzystują semantyczne podejścia do integracji danych w celu agregacji danych z różnych źródeł IoT. Metody te często obejmują konwersję danych do wspólnego formatu, dzięki czemu są one dostępne do późniejszej analizy. Na przykład grafy wiedzy mogą reprezentować te dane w jednolity sposób, umożliwiając aplikacjom identyfikację i wykorzystanie niezbędnych informacji z różnych centrów danych, bez ograniczania się specyfiką poszczególnych źródeł danych.
- Przetwarzanie i przechowywanie. Zagregowane dane przechodzą różne etapy przetwarzania, które obejmują czyszczenie danych, organizację i dodawanie metadanych. Ma to kluczowe znaczenie dla zapewnienia, że dane pozostaną użyteczne i wiarygodne. Po przetworzeniu dane są przechowywane w skalowalnych rozwiązaniach, takich jak scentralizowane repozytoria danych zaprojektowanych do obsługi znacznych ilości informacji typowych dla aplikacji

Smart City. Odpowiednie systemy przechowywania danych muszą być bezpieczne, skalowalne i zdolne do obsługi złożonych zapytań i analiz, umożliwiając miejskim planistom i menedżerom uzyskiwanie praktycznych informacji z danych.

- Analiza i wizualizacja. Po agregacji i przechowywaniu danych stosowane są zaawansowane techniki analityczne, takie jak analityka predykcyjna, uczenie maszynowe i eksploracja danych w celu wydobycia znaczących spostrzeżeń. Narzędzia do wizualizacji i pulpity nawigacyjne ułatwiają interpretację danych, umożliwiając interesariuszom skuteczne zrozumienie trendów i wzorców. Te spostrzeżenia są niezbędne do kierowania strategiami zarządzania miastem, ulepszania usług i poprawy ogólnej jakości życia w inteligentnych miastach.

Integracja danych jest kluczowym aspektem zarządzania informacjami w ramach inteligentnych miast, umożliwiając gromadzenie, przesyłanie, agregację i zarządzanie różnymi źródłami danych. Opracowano różne podejścia do integracji danych, z których każde odpowiada konkretnym potrzebom i kontekstom.

- Semantyczna integracja danych. Semantyczna integracja danych obejmuje wykorzystanie technik reprezentacji wiedzy, takich jak grafy wiedzy, w celu ułatwienia odkrywania i wyszukiwania danych rozproszonych w wielu centrach danych. Metoda ta pozwala aplikacjom identyfikować i wykorzystywać niezbędne dane, niezależnie od specyfiki centrum danych. Przykładem takiego podejścia jest otwarty model danych CityGML, oparty na XML i służący jako standard przechowywania i wymiany wirtualnych modeli miast 3D. Ponadto organizacje, takie jak Alliance for Internet of Things Innovation, zaproponowały semantyczne ramy integracji danych, w tym rozszerzenie SAREF dla inteligentnych miast, które zapewnia szczegółowy model dla różnych przypadków użycia. Rozwój ontologii inteligentnych miast przez ISO dodatkowo podkreśla znaczenie integracji danych semantycznych w ustanawianiu wspólnych ram dla interoperacyjności danych.
- Strukturalna integracja danych. W przeciwieństwie do semantycznej integracji danych strukturalna integracja danych koncentruje się na integracji danych z perspektywy warstwy fizycznej. Działa w warstwie pamięci masowej platform i frameworków, nie wymagając ogólnego abstrakcyjnego schematu ujednolicania danych. Metoda ta traktuje dane jako odrębne elementy, które muszą być strukturalnie zintegrowane, co odróżnia ją od integracji danych modelu i oprogramowania. Nowoczesne rozwiązania pamięci masowej, takie jak bazy danych NewSQL, usprawniają ten proces, umożliwiając rozproszone przechowywanie i przetwarzanie za pomocą technik, takich jak replikacja i sharding. Systemy te muszą jednak poruszać się zgodnie z twierdzeniem CAP, które mówi, że w rozproszonych bazach danych można osiągnąć co najwyżej dwie spójności, dostępność i tolerancję partycji.

- Integracja danych delegowana programowo. Niedawno pojawiła się kategoria integracji danych znana jako integracja danych delegowana programowo, wykorzystująca możliwości platform przetwarzania w chmurze. Podejście to wykorzystuje różne usługi świadczone przez środowiska chmurowe w celu ułatwienia integracji danych, czego dowodem są architektury oparte na mikrousługach, takie jak te opracowane na platformie Hadoop. Ten model integracji zwiększa skalowalność i zdolność adaptacji, zaspokajając dynamiczne potrzeby aplikacji inteligentnego miasta.
- Dane wnoszone przez obywateli. Kolejny aspekt integracji danych w inteligentnych miastach obejmuje dane wnoszone przez obywateli, które odgrywają istotną rolę w procesach decyzyjnych. Metody takie jak rynki tłumy i eksploracja mediów społecznościowych umożliwiają agregację publicznego wkładu i opinii, wspierając wspólne wykorzystanie danych. Podejście to stoi jednak w obliczu wyzwań związanych z własnością danych, implikacjami prawnymi i potencjalnym niewłaściwym wykorzystaniem udostępnionych danych, podkreślając potrzebę starannego zarządzania i koordynacji między zainteresowanymi stronami.

4.2.4. Przechowywanie i zarządzanie danymi

Wydajne przechowywanie danych i zarządzanie nimi ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia dostępności, bezpieczeństwa i niezawodności. Inteligentne miasta coraz częściej polegają na rozwiązaniach chmury obliczeniowej w zakresie skalowalnego przechowywania danych. Na przykład Nowy Jork wykorzystuje platformę *Citywide Data Integration* do zarządzania i analizowania ogromnych zbiorów danych, umożliwiając lepsze świadczenie usług i planowanie urbanistyczne. *Edge computing* odgrywa również rolę poprzez przetwarzanie danych bliżej źródła, zmniejszając opóźnienia i przeciążenia sieci. Doskonałym przykładem jest wykorzystanie serwerów brzegowych w Seulu do przetwarzania danych w czasie rzeczywistym z rozległych sieci IoT, zapewniające szybkie reagowanie na wyzwania miejskie. W Dubaju oparta na chmurze inteligentna platforma danych miejskich centralizuje przechowywanie i analizę informacji z systemów ruchu drogowego, sieci energetycznych i inteligentnych budynków, wspierając wysiłki na rzecz cyfrowej transformacji całego miasta. W kontekście inteligentnych miast efektywne przechowywanie danych i zarządzanie nimi ma kluczowe znaczenie dla obsługi ogromnych ilości informacji generowanych przez różne aplikacje i systemy. Obejmuje to dane z urządzeń Internetu rzeczy (IoT), infrastruktury miejskiej i interakcji obywateli. Wybór rozwiązań do przechowywania danych musi uwzględniać skalowalność, bezpieczeństwo i wydajność, dostosowując się do różnych typów gromadzonych danych, takich jak modele 3D infrastruktury miejskiej i współrzędne punktów zainteresowania.

- Etapy zarządzania danymi. Zarządzanie danymi w inteligentnych miastach obejmuje wiele etapów, z których każdy wiąże się z unikalnymi wyzwaniami. Podstawowe etapy obejmują gromadzenie, pozyskiwanie, przechowywanie, dostęp, zmiany, archiwizację i niszczenie. Każdy etap wymaga starannego zarządzania w celu zapewnienia integralności danych i zgodności z przepisami.
- Gromadzenie i pozyskiwanie danych. Gromadzenie danych to początkowy etap, który obejmuje zbieranie informacji z różnych źródeł, w tym czujników, kamer i innych urządzeń IoT. Pozyskiwanie danych odnosi się do procesów, które przygotowują te dane do przechowywania, co może obejmować czyszczenie danych i dodawanie metadanych w celu zwiększenia użyteczności. Właściwe zarządzanie na tych etapach ma zasadnicze znaczenie dla zapewnienia jakości i trafności gromadzonych danych.
- Rozwiązania do przechowywania danych. Po zebraniu i pozyskaniu danych są one przechowywane w bazach danych i jeziorach danych, które mogą pomieścić duże ilości informacji. Wybór rozwiązania do przechowywania danych wpływa na ogólną wydajność ich wyszukiwania i analizy. Rozwiązania muszą być bezpieczne i skalowalne, zdolne do obsługi specyficznych wymagań danych IoT, przy jednoczesnym zapewnieniu integralności i dostępności danych.
- Rodzaje pamięci masowej. Inteligentne miasta wykorzystują różne opcje pamięci masowej, w tym systemy oparte na chmurze, które zapewniają elastyczność i skalowalność. Usługi infrastruktury Big Data (BDIS) odgrywają istotną rolę, oferując podstawowe usługi, takie jak obliczenia, przechowywanie i organizacja danych. Na przykład chmury pamięci masowej mogą dynamicznie przydzielać zasoby w oparciu o potrzeby analityczne, podczas gdy chmury danych zapewniają dostęp do danych jako usługi, umożliwiając wydajne zarządzanie i przetwarzanie.
- Zarządzanie danymi w inteligentnych miastach. Solidne ramy zarządzania danymi są niezbędne do zarządzania danymi w całym ich cyklu życia w środowisku inteligentnego miasta. Ramy te dotyczą takich kwestii, jak: własność danych, zarządzanie dostępem i interoperacyjność między różnymi zainteresowanymi stronami, w tym agencjami rządowymi i organizacjami prywatnymi. Zarządzanie zapewnia zgodność z przepisami, takimi jak ogólne rozporządzenie o ochronie danych (RODO), jednocześnie promując przejrzystość i uczciwość w praktykach udostępniania danych.
- Wyzwania i rozwiązania. W zarządzaniu danymi w inteligentnych miastach pojawia się kilka wyzwań, w tym:
 - jakość danych – zapewnienie wysokiej jakości danych ma kluczowe znaczenie, ponieważ błędy i niespójności mogą prowadzić do podejmowania niewłaściwych decyzji. Na jakość danych może wpływać wiele czynników, w tym błędy we wprowadzaniu danych i ich powielanie;

- interoperacyjność – w przypadku wielu systemów i źródeł danych osiągnięcie płynnej interoperacyjności jest trudne, ale niezbędne do efektywnego wykorzystania danych;
- zarządzanie dostępem do danych – właściwe zarządzanie tym, kto może uzyskać dostęp do danych i w jakich okolicznościach, ma kluczowe znaczenie dla zachowania bezpieczeństwa i prywatności danych. Sprostanie tym wyzwaniom wymaga znormalizowanych modeli zarządzania i solidnych praktyk zarządzania danymi, które są niezbędne do maksymalizacji wartości uzyskanej z danych inteligentnego miasta.

4.2.5. Ramy regulacyjne

Krajobraz regulacyjny dotyczący procesów przetwarzania danych w inteligentnych miastach jest złożony i wieloaspektowy, a jego celem jest zrównoważenie innowacji z ochroną praw jednostki. W miarę jak miasta coraz częściej wdrażają inteligentne technologie, muszą poruszać się po różnych formach regulacji, które dotyczą gromadzenia, przetwarzania i ochrony prywatności danych.

- Ogólne rozporządzenie o ochronie danych (RODO). Ogólne rozporządzenie o ochronie danych (RODO) jest kamieniem węgielnym prawa ochrony danych w Unii Europejskiej (UE) i ma wpływ na globalne podmioty współpracujące z obywatelami UE. Scannell podkreśla, że RODO służy jako „bastion ochrony danych”, kładąc nacisk na takie zasady, jak rozliczalność, przejrzystość, minimalizacja danych, integralność, poufność i ograniczenie celu. Zakres RODO rozciąga się na urządzenia Internetu rzeczy (IoT) i systemy sztucznej inteligencji (AI), które przetwarzają dane osobowe mieszkańców UE, co wymaga jego integracji z podstawowymi ramami projektów inteligentnych miast. Uzupełniająca dyrektywa o prywatności i łączności elektronicznej dodatkowo wzmacnia RODO, koncentrując się na poufności komunikacji elektronicznej, co jest szczególnie istotne w przypadku urządzeń IoT, które angażują się w pasywne gromadzenie danych.
- Równoważenie innowacji i ochrony. Wyzwaniem dla inteligentnych miast jest znalezienie równowagi między umożliwieniem firmom wprowadzania innowacji a zapewnieniem ochrony praw jednostki. Wiele firm postrzega systemy regulacyjne jako utrudniające im swobodne wykorzystywanie danych, jednak większość uznaje konieczność regulacji danych w celu ochrony danych osobowych i pociągnięcia firm do odpowiedzialności za działania związane z przetwarzaniem danych. Niedawna brytyjska wizja reformy ochrony danych ma na celu wspieranie odpowiedzialnych innowacji, przy jednoczesnym stawianiu czoła wyzwaniom związanym z istniejącymi przepisami, co może skutkować rozbieżnością ze standardami UE. Rozbieżność ta rodzi pytania

o wpływ na transfer danych i adekwatność środków ochrony danych, szczególnie w świetle trwającej współpracy międzynarodowej.

- Zgodność z przepisami dotyczącymi danych. Operatorzy w inteligentnych miastach muszą przestrzegać kompleksowego zestawu przepisów regulujących przetwarzanie danych osobowych, w tym RODO, brytyjskiej ustawy o ochronie danych z 2018 r. oraz europejskiej dyrektywy o prywatności i łączności elektronicznej. Przepisy te określają kluczowe zasady, których należy przestrzegać, takie jak zgodne z prawem i przejrzyste przetwarzanie danych, ograniczenie celu, minimalizacja danych, dokładność i zasady przechowywania. Zgodność z przepisami ma kluczowe znaczenie nie tylko dla uniknięcia znacznych kar, ale także dla zapewnienia, że firmy posiadają niezbędne prawa własności intelektualnej do wykorzystywania i udostępniania danych generowanych w ramach inicjatyw inteligentnych miast.
- Zarządzanie danymi i kwestie etyczne. Skuteczne zarządzanie danymi ma zasadnicze znaczenie dla zarządzania danymi w inteligentnych miastach. Zarządzanie to obejmuje zrozumienie zasobów danych, ustanowienie jasnych standardów danych oraz wdrożenie zasad ochrony prywatności i bezpieczeństwa danych. Metody gromadzenia danych stosowane w inteligentnych miastach, które obejmują urządzenia IoT, systemy nadzoru i aplikacje mobilne, generują znaczne ilości danych osobowych i nieosobowych. Odniesienie się do praw do prywatności i kwestii etycznych w gromadzeniu danych ma kluczowe znaczenie, ponieważ silne przepisy dotyczące prywatności i środki przejrzystości są niezbędne do ochrony obywateli w środowisku coraz bardziej opartym na danych.

4.2.6. Zaangażowanie społeczności

Zaangażowanie społeczności jest kluczowym elementem rozwoju i wdrażania inicjatyw inteligentnych miast, ponieważ umożliwia mieszkańcom kształtowanie ich środowisk miejskich i uczestniczenie w procesach zarządzania. Zaangażowanie obywateli w tematy związane z inteligentnymi miastami wykracza poza zwykłe konsultacje – wymaga zintegrowanego podejścia, które obejmuje różne aspekty życia w mieście w XXI wieku, jak zauważyła politolog Hollie Russon Gilman. Podkreśla ona, że skuteczne zaangażowanie wymaga spotykania się z ludźmi tam, gdzie się znajdują, wykorzystywania lokalnych ośrodków społecznych, organizacji charytatywnych i instytucji edukacyjnych w celu wspierania uczestnictwa integracyjnego.

- Znaczenie komunikacji. Skuteczna komunikacja ma zasadnicze znaczenie dla udanego zaangażowania społeczności. Lokalni liderzy są zachęceni do zachowania przejrzystości w zakresie postępów w realizacji projektów, informowania o korzyściach i wyzwaniach związanych z inicjatywami oraz publicznego

świętowania zwycięstw w celu budowania zaufania wśród wyborców. Ten ciągły dialog zapewnia, że mieszkańcy są informowani o cyklu życia projektów i wszelkich potencjalnych przeszkodach, zwiększając w ten sposób zaufanie do podejmowanych wysiłków na rzecz transformacji.

- Modele partycypacji obywatelskiej. Tradycyjnie partycypacja obywatelska w planowaniu urbanistycznym opierała się na podejściu odgórnym, często obejmującym sporadyczne i późne konsultacje, które pozostawiały wielu członków społeczności niezadowolonych z ograniczonych możliwości wpływania na decyzje. W odpowiedzi wiele grup społecznych przyjęło podejście oddolne, tworząc własne przestrzenie partycypacyjne, które koncentrują się na konkretnych kwestiach lub dzielnicach. Te oddolne wysiłki, których przykładem są stowarzyszenia mieszkańców i grupy rzecznicze, mają na celu wzmocnienie głosu obywateli w dyskusjach na temat rozwoju miast (Nochta i in., 2021).
- Cyfrowe narzędzia zaangażowania. Rozwój platform cyfrowych i aplikacji mobilnych znacząco zwiększył zaangażowanie obywateli w inteligentnych miastach. Narzędzia takie jak aplikacja „FixMyStreet” w Wielkiej Brytanii umożliwiają mieszkańcom zgłaszanie lokalnych problemów i bezpośrednią komunikację ze służbami miejskimi, wspierając proaktywne relacje między obywatelami a władzami miasta. Ponadto inicjatywy edukacyjne, które podnoszą świadomość na temat inteligentnych technologii i zrównoważonego rozwoju, dodatkowo wzmacniają pozycję mieszkańców, zachęcając do świadomego podejmowania decyzji i aktywnego uczestnictwa w kształtowaniu ich społeczności.
- Wyzwania i możliwości. Pomimo postępów w angażowaniu społeczności wyzwania pozostają. Skuteczne strategie uczestnictwa muszą uwzględniać potrzeby różnych grup interesariuszy i zapewniać dostosowaną komunikację, która rezonuje z różnymi odbiorcami (Goldsmith & Leger, 2019). Ponadto, podczas gdy zmiana w kierunku przejrzystości i dostępności za pośrednictwem dużych zbiorów danych może potencjalnie budować zaufanie między obywatelami a władzami lokalnymi, wymaga również starannego rozważenia praktyk w zakresie prywatności i zarządzania danymi, aby zapewnić odpowiedzialne wykorzystanie danych w kontekście inteligentnych miast.

4.3. Systemy transportu i przesyłania danych

Integracja systemów transportu danych z infrastrukturą transportową jest kamieniem węgielnym inteligentnych miast. Zaawansowane rozwiązania oparte na danych umożliwiają wydajniejsze funkcjonowanie systemów transportowych, poprawę bezpieczeństwa i zmniejszenie wpływu na środowisko. Inteligentne systemy transportowe (ITS) to zaawansowane aplikacje, które integrują technologie

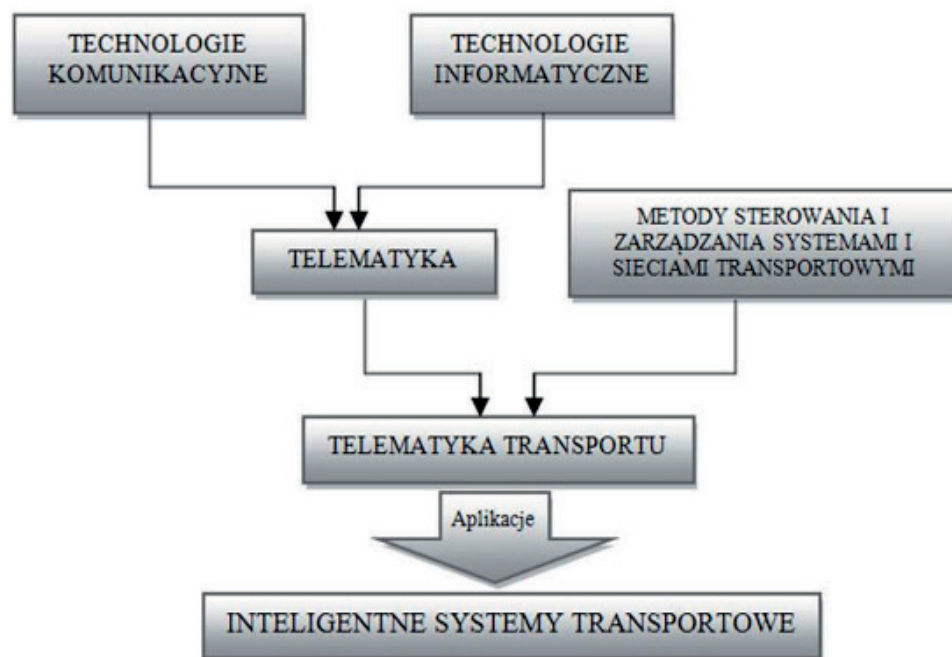
komputerowe, elektroniczne i komunikacyjne w celu poprawy bezpieczeństwa, wydajności i zrównoważonego rozwoju sieci transportu powierzchniowego. Łącząc różnych interesariuszy, w tym pojazdy, kierowców, pasażerów i operatorów infrastruktury, ITS ma na celu stworzenie płynnego i responsywnego ekosystemu transportowego, który sprosta współczesnym wyzwaniom, takim jak korki, wypadki i wpływ na środowisko. W miarę jak miasta coraz częściej stosują inteligentne rozwiązania w zakresie mobilności, ITS stają się kluczowym elementem infrastruktury miejskiej, poprawiając doświadczenia związane z podróżowaniem, jednocześnie wspierając równość ekonomiczną i społeczną. Kluczowym aspektem ITS jest komunikacja *Vehicle-to-Everything* (V2X), która umożliwia pojazdom interakcję z innymi pojazdami (V2V), infrastrukturą (V2I), pieszymi (V2P), sieciami (V2N) i sieciami energetycznymi (V2G). Ta wymiana informacji w czasie rzeczywistym znacznie zwiększa świadomość sytuacyjną, zmniejsza ryzyko kolizji i usprawnia zarządzanie ruchem. Technologie V2X, w tym *Dedicated Short Range Communications* (DSRC) i *Cellular Vehicle-to-Everything* (C-V2X), stoją na czele tej transformacji, obiecując większą wydajność operacyjną i bezpieczeństwo na drogach, zwłaszcza w miarę wzrostu popularności połączonych i zautomatyzowanych pojazdów. W tej sekcji omówiono kluczowe aspekty transportu danych w systemach transportowych, w tym inteligentne systemy transportowe (ITS), komunikację pojazd–wszystko (V2X) oraz rzeczywiste studia przypadków.

4.3.1. Inteligentne systemy transportowe (ITS)

Inteligentne systemy transportowe (ITS) to zestaw technologii wykorzystujących dane w celu zwiększenia wydajności i bezpieczeństwa sieci transportowych. Wykorzystując czujniki, kamery, systemy GPS i analizy w czasie rzeczywistym, ITS umożliwia miastom optymalizację przepływu ruchu, zarządzanie systemami transportu publicznego i poprawę bezpieczeństwa na drogach. Na przykład singapurska inicjatywa *Smart Mobility 2030* wykorzystuje ITS do dynamicznego dostosowywania sygnałów drogowych w oparciu o dane o natężeniu ruchu w czasie rzeczywistym, skracając czas podróży nawet o 15% w godzinach szczytu. Podobnie Federalna Administracja Autostrad Stanów Zjednoczonych podkreśla wdrożenia ITS, takie jak adaptacyjny tempomat i systemy unikania kolizji, które są zasilane przez dane o pojazdach w czasie rzeczywistym i znacznie zmniejszają liczbę wypadków. Ponadto ITS obejmuje zaawansowane systemy transportu publicznego, takie jak inteligentne bilety i predykcyjne rozkłady jazdy autobusów, wdrożone w londyńskim systemie *Transport for London* (TfL). Ulepszenia te poprawiają niezawodność usług, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów operacyjnych. Ponadto w Kopenhadze ITS jest wykorzystywany do ustalania priorytetów tras autobusowych, umożliwiając transportowi publicznemu ominięcie zatłoczonych obszarów, skracając czas podróży o 20% i zwiększając zadowolenie osób dojeżdżających do

pracy. Inteligentne systemy transportowe stanowią integrację technologii komputerowych, elektronicznych i komunikacyjnych w celu zwiększenia bezpieczeństwa i wydajności systemów transportu powierzchniowego.

Rysunek 4.3. Elementy inteligentnych systemów transportowych



Źródło: (Barwiński & Kotas, 2015).

Systemy ITS obejmują różne komponenty – w tym pojazdy, kierowców, pasażerów, operatorów dróg i personel zarządzający – wszystkie współdziałające ze sobą i otaczającym środowiskiem w celu poprawy infrastruktury transportowej i operacji.

- Usługi dla użytkowników. Usługi ITS dla użytkowników są podzielone na kilka grup, z których każda koncentruje się na różnych aspektach zarządzania transportem i doświadczeniach użytkowników:
 - unikanie kolizji – jednym z głównych celów ITS jest pomoc operatorom pojazdów w unikaniu kolizji. Osiąga się to za pomocą różnych mechanizmów, w tym ostrzeżeń o zderzeniu tylnym, tempomatu adaptacyjnego (ACC), ostrzeżeń o zderzeniu czołowym i ostrzeżeń o zderzeniu tylnym. Systemy te ostrzegają kierowców i mogą przejąć tymczasową kontrolę nad pojazdem, aby zapobiec wypadkom, szczególnie w scenariuszach obejmujących zjazdy z pasa ruchu lub skrzyżowania;

- zarządzanie ruchem – ITS poprawia przepływ ruchu i bezpieczeństwo poprzez gromadzenie i analizę danych w czasie rzeczywistym. Usługi w tej kategorii obejmują sterowanie sygnalizacją świetlną, dostosowujące czas na podstawie aktualnych warunków, oraz systemy zarządzania incydentami, które szybko identyfikują wypadki i reagują na nie w celu zminimalizowania zatorów;
- usprawnienia transportu publicznego – ITS mają na celu usprawnienie systemów transportu publicznego i zachęcenie do korzystania z nich. Obejmuje to dostarczanie podróżnym informacji przed podróżą o opcjach transportu, aktualizacje czasu przyjazdu w czasie rzeczywistym oraz integrację różnych usług tranzytowych. Wdrożenie zaawansowanych technologii komunikacyjnych ułatwia lepsze planowanie i zarządzanie transportem publicznym, optymalizując w ten sposób trasy i harmonogramy;
- monitorowanie środowiska – kolejnym istotnym aspektem ITS jest monitorowanie jakości powietrza i emisji zanieczyszczeń. Obejmuje to identyfikację pojazdów, które przekraczają progi zanieczyszczeń, i wdrażanie strategii przekierowania ruchu z obszarów wrażliwych. Takie inicjatywy wspierają zrównoważony rozwój środowiska poprzez zwiększenie skuteczności środków kontroli zanieczyszczeń;
- bezpieczeństwo i ochrona – ITS odgrywa również istotną rolę w zapewnianiu bezpieczeństwa systemów transportu publicznego. Obejmuje to monitorowanie obiektów tranzytowych i pojazdów, generowanie alertów o wszelkich nieprawidłowościach oraz umożliwienie pracownikom organów ścigania elektronicznego sprawdzania zgodności pojazdów użytkowych przed dotarciem do miejsc kontroli.
- Integracja i planowanie. Pomyślne wdrożenie ITS wymaga spójnej architektury, która obejmuje zarówno ramy logiczne, jak i fizyczne. Architektura ta kieruje planowaniem, definiowaniem i integracją komponentów ITS, zapewniając ich płynną współpracę w celu zwiększenia wydajności i bezpieczeństwa transportu. Architektura fizyczna składa się z podsystemów podzielonych na grupy, takie jak centra, operacje terenowe, pojazdy i podróżni, które wspólnie wspierają ogólne funkcjonowanie ITS.

4.3.2. Komunikacja pojazd–wszystko (V2X)

Komunikacja *Vehicle-to-Everything* (V2X) jest kluczową technologią w nowoczesnych inteligentnych miastach, umożliwiającą pojazdom komunikację z innymi pojazdami (V2V), infrastrukturą (V2I), pieszymi (V2P) i sieciami (V2N). Systemy V2X opierają się na transporcie danych o niskich opóźnieniach i dużej przepustowości, obsługiwany przez sieci 5G i zaawansowane technologie IoT. W Japonii Toyota wdrożyła komunikację V2X na obszarach miejskich, aby zwiększyć

bezpieczeństwo pieszych. Inteligentne przejścia dla pieszych wyposażone w czujniki z obsługą V2X wykrywają zbliżające się pojazdy i sygnalizują kierowcom aktywność pieszych, zmniejszając liczbę wypadków o 30%. Ponadto V2X ma kluczowe znaczenie dla rozwoju pojazdów autonomicznych. Na przykład w Phoenix, w Arizonie, autonomiczne wahadłowce działają przy użyciu komunikacji V2X w celu koordynacji z sygnalizacją świetlną i innymi pojazdami, zapewniając płynniejszy przepływ ruchu i większe bezpieczeństwo. Podobnie w Niemczech europejski projekt motoryzacyjny CONCORDA demonstruje integrację V2X dla systemów autostradowych, gdzie komunikacja w czasie rzeczywistym usprawnia manewry zmiany pasa ruchu, zmniejszając liczbę incydentów o 25%.

- Korzyści z komunikacji V2X. Komunikacja V2X obiecuje liczne korzyści dla systemów transportowych. Umożliwia ona pojazdom komunikowanie się ze sobą i z otoczeniem, poprawiając świadomość sytuacyjną i sprzyjając bezpieczniejszym interakcjom na drodze. Na przykład komunikacja V2V pozwala pojazdom na dzielenie się informacjami na temat ich prędkości, pozycji i trajektorii, zmniejszając ryzyko wypadków i zatory drogowe. Z kolei komunikacja V2I optymalizuje zarządzanie ruchem, umożliwiając pojazdom odbieranie w czasie rzeczywistym danych z elementów infrastruktury, takich jak sygnalizacja świetlna i oznakowanie.
- Ewolucja komunikacji V2X. Wraz z rozwojem połączonych i zautomatyzowanych pojazdów zrozumienie komunikacji V2X staje się coraz ważniejsze we wspieraniu inteligentniejszych rozwiązań w zakresie mobilności miejskiej. Technologia ta zwiększa bezpieczeństwo szczególnie narażonych użytkowników dróg, takich jak piesi i rowerzyści, umożliwiając pojazdom udostępnianie kluczowych danych w czasie rzeczywistym. Przykładowo, pojazdy mogą otrzymywać powiadomienia o przejściach dla pieszych lub obecności rowerzystów, co umożliwia im dostosowanie prędkości lub trajektorii jazdy, zmniejszając tym samym prawdopodobieństwo kolizji (Zeeshan & Fethi, 201).
- Kluczowe technologie w komunikacji V2X:
 - Dedykowana komunikacja krótkiego zasięgu (DSRC) – jest to technologia komunikacji bezprzewodowej zaprojektowana specjalnie do zastosowań V2X. Działając w paśmie 5,9 GHz, DSRC ułatwia komunikację o niskim opóźnieniu i wysokiej niezawodności między pojazdami a infrastrukturą, taką jak sygnalizacja świetlna i znaki drogowe. Ta szybka komunikacja, zazwyczaj w ciągu milisekund, ma zasadnicze znaczenie dla aplikacji bezpieczeństwa, w tym unikania kolizji i priorytetyzacji sygnalizacji świetlnej.
 - Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) – to kolejna znacząca technologia w komunikacji V2X. Wykorzystując istniejące sieci komórkowe, C-V2X obsługuje zarówno bezpośrednią komunikację między pojazdami,

jak i interakcje z usługami opartymi na chmurze, zwiększając zasięg i integrację systemów V2X. Wdrożenie technologii 5G jeszcze bardziej zrewolucjonizuje C-V2X, zapewniając wysoką szybkość transferu danych i bardzo niskie opóźnienia, poprawiając wydajność i szybkość reakcji komunikacji V2X.

- Przyszłe implikacje komunikacji V2X. W miarę rozwoju technologii oczekuje się, że integracja komunikacji V2X z pojazdami autonomicznymi zwiększy bezpieczeństwo i wydajność operacyjną. Zapewniając dodatkową świadomość sytuacyjną wykraczającą poza to, co mogą wykryć kamery i radar, V2X może ostrzegać pojazdy autonomiczne o zbliżających się zagrożeniach, takich jak piesi lub pojazdy ratunkowe, których czujniki mogą nie zidentyfikować z wyprzedzeniem. Takie kompleksowe podejście do bezpieczeństwa i wydajności transportu ma kluczowe znaczenie dla rozwoju inteligentnych miast i zrównoważonych rozwiązań w zakresie mobilności miejskiej w przyszłości.

4.3.3. Wyzwania i możliwości

Pomimo postępów ITS stoi przed kilkoma wyzwaniami, w tym obawami o bezpieczeństwo danych, interoperacyjnością między różnymi systemami oraz koniecznością posiadania solidnej infrastruktury do obsługi nowych technologii. Rozwiązanie tych kwestii ma kluczowe znaczenie dla przyszłości inteligentnych systemów transportowych, które mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa, wydajności i zrównoważonego rozwoju w rozwiązaniach mobilności miejskiej.

- Sposoby transmisji technologii. Kumulatywny charakter technologii rodzi pytania dotyczące transmisji innowacji w inteligentnych systemach transportowych (ITS) i komunikacji między pojazdami (V2X). W przeszłości przemieszczanie się artefaktów i rzemieślników ułatwiało rozpowszechnianie postępu technologicznego. W ostatnich stuleciach ulepszenia metod komunikacji, w tym prasa drukarska i zwiększone możliwości podróżowania, jeszcze bardziej przyspieszyły ten proces. Jednak jednocześnie lub równoległe wyznaczkę często komplikują zrozumienie, w jaki sposób określone technologie rozprzestrzeniają się w różnych regionach i kulturach.
- Bezpieczeństwo danych i prywatność. W miarę jak pojazdy coraz częściej komunikują się ze sobą i z chmurą, bezpieczeństwo danych staje się istotnym problemem. Potencjał cyberprzestępców do przechwytywania komunikacji stwarza ryzyko, takie jak zdalna manipulacja i naruszenia danych. Aby sprostać tym wyzwaniom, niezbędne jest przyjęcie zdecentralizowanych systemów wielostronnych, takich jak technologia *blockchain*. Systemy te zwiększają bezpieczeństwo i mogą standaryzować protokoły udostępniania danych między producentami i dostawcami. Wspólne wysiłki, takie

jak Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI), mają na celu ustanowienie kompleksowych standardów komunikacji V2X i otaczających ekosystemów, podkreślając konieczność skoordynowanych działań różnych zainteresowanych stron, w tym producentów samochodów i władz transportu publicznego.

- **Wydażność sieci i infrastruktura.** Wydajność systemów komunikacji V2X w dużym stopniu zależy od podstawowej infrastruktury sieciowej. Kwestie takie jak blokada linii wzroku (LOS) w środowiskach miejskich mogą utrudniać skuteczność standardów takich jak IEEE 802.11p. Z kolei technologia LTE może oferować korzyści ze względu na wyższe pozycje stacji bazowych, które łagodzą wyzwania związane z brakiem widoczności (NLOS). Jednak spełnienie wymagań dotyczących opóźnień staje się coraz trudniejsze przy dużym obciążeniu ruchem komórkowym. Przyszłe badania muszą ocenić wydajność w oparciu o rzeczywiste wdrożenia zarówno sieci IEEE 802.11p, jak i LTE, aby lepiej zrozumieć wpływ gęstości użytkowników i zmian ruchu na funkcjonalność sieci.
- **Interoperacyjność i współpraca.** Osiągnięcie interoperacyjności w komunikacji V2X wymaga ścisłej koordynacji między różnymi zainteresowanymi stronami, w tym organami rządowymi, producentami pojazdów i operatorami infrastruktury. Wspólne wysiłki są niezbędne do opracowania standardów, które ułatwiają płynną komunikację między różnymi urządzeniami i technologiami. Ustanowienie kompleksowych standardów prywatności i bezpieczeństwa ma kluczowe znaczenie dla zwiększenia zaufania publicznego i zapewnienia skutecznego wdrożenia środków ochrony danych. Ponadto wymagane jest silne przywództwo w celu dostosowania krajowych inicjatyw standaryzacyjnych do standardów branżowych, wspierając w ten sposób integrację istniejących technologii i zwiększając ogólną niezawodność systemu.

4.4. Wyzwania związane z transportem danych

Wyzwania związane z transportem danych obejmują krytyczne kwestie skalowalności, interoperacyjności, bezpieczeństwa, prywatności i jakości danych. Gwałtowny wzrost ilości informacji cyfrowych i wzajemnie połączonych systemów zintensyfikował te wyzwania dla organizacji polegających na operacjach opartych na danych. Skalowalność jest niezbędna, aby systemy mogły skutecznie obsługiwać rosnące obciążenia, przy jednoczesnym zachowaniu wydajności. Organizacje stosują strategie takie jak skalowanie pionowe i poziome, dodawanie zasobów lub dystrybucja zadań między maszynami. Skalowalność napotyka jednak na ograniczenia wynikające z centralizacji i komunikacji synchronicznej, wymagając innowacyjnych rozwiązań, takich jak usługi w chmurze i systemy

rozproszone, aby zapewnić ciągłą reakcję. Interoperacyjność ma kluczowe znaczenie dla umożliwienia płynnej wymiany danych między różnymi systemami i aplikacjami. Przełamuje silosy organizacyjne i promuje współpracę poprzez przestrzeganie standardów, które zapewniają kompatybilność, otwartość i skuteczne zarządzanie metadanymi. W miarę rozszerzania się przestrzeni danych do współpracy, potrzeba jasnych i zaufanych umów o udostępnianiu danych staje się coraz ważniejsza. Obawy związane z bezpieczeństwem i prywatnością nasilają się podczas transportu danych ze względu na nieodłączne luki w zabezpieczeniach. Podejścia takie jak *Privacy by Design* zalecają włączenie ochrony prywatności do architektury systemu od samego początku, zapewniając zgodność z przepisami i budując zaufanie użytkowników. Równie ważne jest utrzymanie wysokiej jakości danych, ponieważ nieścisłości mogą prowadzić do poważnych konsekwencji operacyjnych i finansowych. Solidne praktyki zarządzania danymi są niezbędne do zapewnienia dokładności, spójności i niezawodności danych, co ostatecznie wspiera podejmowanie lepszych decyzji i wydajność organizacji. Rozwój i obsługa systemów transportu danych w inteligentnych miastach napotyka kilka krytycznych wyzwań, którym należy sprostać, aby zapewnić wydajność, niezawodność i skalowalność. Wyzwania te obejmują dziedziny technologiczne, organizacyjne i regulacyjne, a ich rozwiązanie ma zasadnicze znaczenie dla powodzenia inicjatyw inteligentnych miast. W tej sekcji omówiono kluczowe wyzwania, w tym skalowalność, interoperacyjność, bezpieczeństwo i prywatność oraz jakość i niezawodność danych.

4.4.1. Skalowalność

Skalowalność jest kluczowym aspektem transportu danych, który odnosi się do zdolności systemu do efektywnego zarządzania rosnącym obciążeniem bez poświęcania wydajności. Obejmuje ona dwa podstawowe podejścia: skalowanie pionowe i skalowanie poziome. Skalowanie pionowe, lub skalowanie w górę, polega na zwiększeniu zasobów istniejącej maszyny, takich jak procesor, pamięć RAM i pamięć masowa, w celu poprawy wydajności. Metoda ta jest generalnie prosta do wdrożenia, ale może osiągnąć ograniczenia sprzętowe wraz ze wzrostem zapotrzebowania. Z drugiej strony skalowanie poziome, lub skalowanie na zewnątrz, wiąże się z dodawaniem większej liczby maszyn lub węzłów w celu rozłożenia obciążenia na wiele serwerów. Podejście to pomaga poradzić sobie ze zwiększonym obciążeniem poprzez rozłożenie zadań na kilka systemów, promując w ten sposób opłacalne skalowanie i poprawiając odporność na błędy. Powszechne metody osiągania skalowalności poziomej obejmują równoważenie obciążenia i klastrowanie.

Skalowalność nie jest jednak pozbawiona wyzwań. Centralizacja może stanowić znaczące ograniczenie, ponieważ poleganie na jednym punkcie kontroli

może utrudniać efektywne skalowanie systemu. Co więcej, mogą pojawić się kwestie związane z komunikacją synchroniczną, prowadzące do wąskich gardeł wydajności, gdy wiele komponentów musi koordynować swoje działania w czasie rzeczywistym. Taki narzut komunikacyjny może zniweczyć korzyści płynące z równoległości, zwłaszcza gdy części programu nie mogą być efektywnie zrównoleglone. Aby sprostać tym wyzwaniom, organizacje muszą przyjąć skalowalne architektury, które mogą ewoluować wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na dane. Obejmuje to integrację usług w chmurze, które oferują funkcje automatycznego skalowania, umożliwiając dynamiczne dostosowania w oparciu o wahania obciążenia. Dodatkowo włączenie elastycznych zasad projektowania i wykorzystanie systemów rozproszonych może zwiększyć skalowalność, o czym świadczą strategie stosowane przez wiodące firmy technologiczne, takie jak Google. Ostatecznie skuteczna skalowalność wymaga starannego planowania i strategicznego wdrożenia, zapewniając, że systemy pozostaną responsywne i wydajne, ponieważ dostosowują się do rosnącej ilości danych i wymagań użytkowników. Zarządzając złożonością, zapewniając jakość danych i zajmując się potencjalnymi wąskimi gardłami, organizacje mogą uwolnić pełny potencjał skalowalnych systemów transportu danych.

Skalowalność jest podstawowym wyzwaniem w systemach transportu danych, ponieważ inteligentne miasta generują ogromne ilości danych z różnych źródeł, takich jak urządzenia IoT, pojazdy i infrastruktura. Wraz z rozwojem obszarów miejskich i integracją nowych technologii, ilość danych rośnie wykładniczo. Efektywne zarządzanie tymi danymi wymaga skalowalnej infrastruktury i systemów. Przykładowo, Nowy Jork przetwarza terabajty danych dziennie za pośrednictwem platformy *Citywide Data Integration*. Aby zapewnić skalowalność, miasto przyjęło podejście chmury hybrydowej, łącząc lokalne serwery brzegowe ze scentralizowaną pamięcią masową w chmurze, aby sprostać rosnącemu zapotrzebowaniu na dane (NYC Open Data, 2020). Dodatkowo skalowalne architektury sieciowe, takie jak *Software-Defined Networking* (SDN) i 5G, umożliwiają dynamiczną alokację zasobów i równoważenie obciążenia, zapewniając płynny transport danych nawet w okresach szczytowego wykorzystania.

4.4.2. Interoperacyjność

Interoperacyjność odnosi się do zdolności różnych systemów i urządzeń do skutecznej komunikacji i współpracy. W inteligentnych miastach systemy transportu danych często obejmują szeroki zakres technologii, dostawców i standardów, co sprawia, że interoperacyjność jest poważnym wyzwaniem. Interoperacyjność danych odnosi się do zdolności różnych systemów informatycznych, aplikacji i urządzeń do uzyskiwania dostępu, wymiany, integracji i wspólnego wykorzystywania danych w skoordynowany sposób, zarówno wewnątrz, jak i ponad granicami

organizacyjnymi. Jest ona niezbędna do zapewnienia, że dane mogą swobodnie przepływać między systemami, zachowując ich integralność, kontekst i użyteczność. Znaczenie interoperacyjności danych wzrosło w dzisiejszym połączonym świecie, ponieważ umożliwia organizacjom rozbijanie silosów danych, usprawnianie przepływów pracy, usprawnianie współpracy, usprawnianie podejmowania decyzji i napędzanie innowacji. Rodzaje interoperacyjności danych:

- Interoperacyjność składniowa. Jest to najbardziej podstawowy poziom, który zapewnia, że dane mogą być wymieniane między systemami przy użyciu kompatybilnych formatów i protokołów, takich jak XML lub JSON.
- Interoperacyjność semantyczna. Ten poziom wykracza poza składnię, aby zapewnić, że znaczenie danych jest zachowane i rozumiane spójnie w różnych systemach, obejmując wspólne słowniki, ontologie i modele danych.
- Interoperacyjność organizacyjna. Dotyczy to dostosowania procesów biznesowych, polityk i celów, umożliwiając skuteczne udostępnianie danych i współpracę między organizacjami.
- Interoperacyjność techniczna. Odnosi się ona do fizycznych i logicznych połączeń między systemami, w tym protokołów i interfejsów wykorzystywanych do ułatwienia wymiany danych.
- Interoperacyjność prawna. Dotyczy to akceptacji równoważności prawnej umów i klauzul umownych w różnych ekosystemach danych, które mogą się różnić w zależności od przepisów branżowych i krajowych.

Jednym z przykładów jest integracja publicznych systemów tranzytowych z platformami współdzielenia przejazdów. W Singapurze Urząd Transportu Lądowego wdrożył otwarte interfejsy API i ustandaryzowane protokoły, aby umożliwić płynną wymianę danych między publicznymi i prywatnymi dostawcami mobilności, zwiększając wygodę osób dojeżdżających do pracy i zmniejszając zatory komunikacyjne (Infocomm Media Development Authority, 2021). Podobnie wysiłki Unii Europejskiej na rzecz standaryzacji protokołów komunikacyjnych V2X, takich jak ETSI ITS-G5, mają na celu zapewnienie kompatybilności między producentami samochodów i dostawcami infrastruktury.

4.4.3. Bezpieczeństwo i prywatność

Rosnąca ilość i szybkość przesyłania danych sprawiły, że bezpieczeństwo i prywatność znalazły się w centrum zainteresowania organizacji. Dane w tranzycie, które odnoszą się do informacji przemieszczających się w sieciach, są szczególnie narażone na przechwycenie i cyberataki. W przeciwieństwie do danych w spoczynku, które mogą być chronione za pomocą fizycznych i programowych środków bezpieczeństwa, dane w tranzycie wymagają solidnych strategii ochronnych ze względu na ich narażenie na różne potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa podczas transmisji.

Bezpieczeństwo i prywatność danych są nadrzędnymi kwestiami w inteligentnych miastach, ponieważ systemy transportu danych obsługują wrażliwe informacje, takie jak dane osobowe, transakcje finansowe i operacje infrastrukturalne. Cyberataki, naruszenia danych i nieautoryzowany dostęp stanowią poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa publicznego i zaufania. Na przykład cyberatak na system uzdatniania wody w jednym z miast na Florydzie w 2020 roku uwypuklił słabe punkty połączonej infrastruktury. Aby ograniczyć takie ryzyko, miasta stosują zaawansowane środki cyberbezpieczeństwa, w tym szyfrowanie, uwierzytelnianie wieloskładnikowe i systemy wykrywania włamań (Florida Department of Cybersecurity, 2021). Ponadto ramy ochrony prywatności, takie jak ogólne rozporządzenie o ochronie danych (RODO) w Unii Europejskiej, nakładają obowiązek stosowania rygorystycznych praktyk w zakresie ochrony danych, zapewniając bezpieczne i przejrzyste przetwarzanie danych obywateli.

- Privacy by Design. Proaktywnym podejściem do zapewnienia bezpieczeństwa i prywatności w transporcie danych jest wdrożenie Privacy by Design (PbD). Ramy te opowiadają się za integracją ochrony prywatności bezpośrednio z projektem technicznym systemów od samego początku, zamiast traktować je jako refleksję. Włączając środki ochrony prywatności do architektury systemu, organizacje mogą ułatwić przestrzeganie przepisów dotyczących prywatności i wzbudzić zaufanie użytkowników. Privacy by Design podkreśla, że dane osobowe powinny być chronione automatycznie, umożliwiając osobom fizycznym zachowanie kontroli nad swoimi informacjami bez konieczności podejmowania proaktywnych działań z ich strony.
- Kluczowe zasady prywatności w transporcie danych. Kilka zasad ma kluczowe znaczenie dla zachowania prywatności podczas transportu danych:
 - Specyfikacja celu. Organizacje muszą jasno komunikować cel gromadzenia, wykorzystywania i przechowywania danych osobom, których dane dotyczą, przed lub w momencie przetwarzania danych. Gwarantuje to, że praktyki dotyczące danych są zgodne z oczekiwaniami użytkowników i wymogami prawnymi.
 - Minimalizacja danych. Aby chronić prywatność osób fizycznych, organizacje powinny ograniczyć gromadzenie danych do tego, co jest absolutnie niezbędne do określonego celu. Zasada ta zachęca do stosowania technik anonimizacji w celu zminimalizowania identyfikacji osób fizycznych podczas przesyłania danych.
 - Bezpieczeństwo od początku do końca. Uwzględnienie ochrony prywatności w fazie projektowania obejmuje bezpieczeństwo od początku do końca w całym cyklu życia danych. Oznacza to wdrożenie kompleksowych środków bezpieczeństwa od momentu gromadzenia danych, poprzez ich

przetwarzanie i przesyłanie, aż po ostateczne usunięcie. Silne protokoły bezpieczeństwa są niezbędne do zapewnienia, że wszystkie przesyłane dane pozostaną poufne i nienaruszone.

- Przejrzystość i kontrola użytkownika. Organizacje powinny zapewnić jasne informacje na temat praktyk przetwarzania danych i umożliwić użytkownikom zarządzanie ich preferencjami dotyczącymi prywatności. Ta przejrzystość pomaga budować zaufanie, pozwalając osobom fizycznym czuć się bezpiecznie w sposobie zarządzania ich danymi podczas transportu.

4.4.4. Jakość i niezawodność danych

Jakość i wiarygodność danych mają kluczowe znaczenie dla skutecznego funkcjonowania inteligentnych systemów miejskich. Niedokładne, niekompletne lub nieaktualne dane mogą prowadzić do niewłaściwego podejmowania decyzji i nieefektywności systemu. Przykładowo, niedokładne dane o ruchu drogowym mogą skutkować nieefektywnym ustawianiem sygnalizacji świetlnej, pogłębiając korki zamiast je zmniejszać. Aby sprostać temu wyzwaniu, miasta wykorzystują algorytmy uczenia maszynowego i techniki walidacji danych w celu poprawy ich dokładności i wiarygodności. W Tokio systemy oparte na sztucznej inteligencji stale analizują i czyszczą dane z czujników ruchu, aby zapewnić optymalną wydajność inteligentnych systemów transportowych. Ponadto wdrożenie solidnych ram zarządzania danymi pomaga utrzymać integralność danych i odpowiedzialność różnych interesariuszy.

Jakość i niezawodność danych są kluczowymi elementami w krajobrazie transportu danych, znacząco wpływając na wyniki analizy danych, procesy decyzyjne i ogólną wydajność organizacji. Jakość danych odnosi się do stopnia dokładności, spójności, kompletności, wiarygodności i trafności danych gromadzonych i wykorzystywanych w organizacji. Wysokiej jakości dane mają fundamentalne znaczenie dla podejmowania świadomych decyzji i opracowywania skutecznych strategii.

- Znaczenie jakości danych. Utrzymanie wysokiej jakości danych jest niezbędne dla organizacji, aby uzyskać cenne informacje i osiągnąć swoje cele. Niska jakość danych może prowadzić do różnych problemów, takich jak błędne decyzje biznesowe, utracone możliwości, zwiększone koszty operacyjne i zmniejszona przewaga konkurencyjna. Na przykład zwykły błąd w pisowni imienia klienta może prowadzić do błędnej komunikacji i niezadowolenia klienta, co ostatecznie skutkuje utratą przychodów. Co więcej, niedokładności w przypisywaniu danych mogą zniekształcać analizy marketingowe, wprowadzać w błąd strategię i negatywnie wpływać na wyniki sprzedaży.
- Czynniki wpływające na jakość danych. Kilka czynników może wpływać na jakość danych, w tym metody stosowane do gromadzenia danych, procesy

wprowadzania, praktyki przechowywania i techniki integracji. Różnorodność formatów danych gromadzonych z różnych źródeł może prowadzić do wyzwań związanych z agregacją i analizą, potencjalnie powodując błędy podczas magazynowania danych. Bez jednolitych wytycznych dotyczących formatowania danych sprzeczne typy danych mogą zakłócać proces analizy. Standaryzacja danych w potokach lub przed analizą ma zasadnicze znaczenie dla złagodzenia tych wyzwań.

- Metryki do oceny jakości danych. Aby skutecznie zarządzać i poprawiać jakość danych, organizacje stosują określone metryki, które zapewniają wymierną ocenę stanu danych w różnych wymiarach:
 - dokładność – zapewnia zgodność informacji z rzeczywistością lub uznanym źródłem prawdy;
 - kompletność – sprawdza, czy wszystkie niezbędne pola w zestawie danych są wypełnione;
 - spójność – sprawdza, czy identyczne informacje pozostają spójne w różnych bazach danych;
 - aktualność – mierzy, czy dane są aktualne i dostępne w razie potrzeby;
 - unikalność – zapewnia, że w zestawach danych nie istnieją zduplikowane wpisy.

Badania wskazują, że niska jakość danych może dużo kosztować organizacje, a szacunki wskazują na roczną stratę około 12,9 miliona dolarów z powodu problemów związanych z danymi. Koszty te podkreślają konieczność podejmowania proaktywnych działań w celu zapobiegania i rozwiązywania problemów związanych z jakością danych. Wdrożenie solidnych inicjatyw w zakresie zarządzania danymi, takich jak nadzór nad gromadzeniem danych, dokładna dokumentacja i praktyki zarządzania jakością, może zwiększyć wiarygodność danych i ułatwić lepsze procesy decyzyjne. Rozumiejąc krytyczny charakter jakości i wiarygodności danych, organizacje mogą podjąć odpowiednie kroki w celu poprawy swoich praktyk zarządzania danymi, zapewniając w ten sposób integralność swoich systemów transportu danych.

4.5. Nowe technologie i przyszłe trendy

Pojawiające się technologie i trendy w transporcie danych dla inteligentnych miast, w szczególności 5G, przetwarzanie brzegowe oraz sztuczna inteligencja (AI) i uczenie maszynowe (ML), rewolucjonizują infrastrukturę miejską i łączność. Technologia 5G, piąta generacja komunikacji mobilnej, oferuje bezprecedensową szybkość i niskie opóźnienia, umożliwiając szeroki zakres zastosowań, które usprawniają transmisję danych w czasie rzeczywistym i interakcję w środowiskach inteligentnych miast. Ułatwiając płynne łączenie urządzeń, 5G odgrywa kluczową rolę w rozwoju inteligentnych domów, systemów

transportowych i inicjatyw bezpieczeństwa publicznego, co czyni ją kamieniem węgielnym przyszłego planowania urbanistycznego. *Edge* i *fog computing* stanowią kluczowy postęp w przetwarzaniu danych, decentralizując obliczenia w celu zminimalizowania opóźnień i zużycia zasobów. Przybliżając możliwości przetwarzania do źródeł danych, takich jak urządzenia IoT i czujniki, technologie te umożliwiają podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym, co jest niezbędne w zastosowaniach takich jak pojazdy autonomiczne i telemedycyna. Integracja przetwarzania we mgle dodatkowo optymalizuje zarządzanie danymi, wypełniając lukę między urządzeniami brzegowymi a scentralizowanymi serwerami w chmurze i zwiększając ogólną wydajność infrastruktury inteligentnego miasta. Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe są integralną częścią tych pojawiających się trendów, napędzając innowacje w różnych sektorach, umożliwiając maszynom analizowanie ogromnych ilości danych i podejmowanie świadomych decyzji. Ich zastosowanie w inteligentnych miastach poprawia zarządzanie ruchem, efektywność energetyczną i konserwację predykcyjną, przyczyniając się do bardziej zrównoważonych środowisk miejskich. Wykorzystując dane przetwarzane w czasie rzeczywistym za pośrednictwem przetwarzania brzegowego i wzmocnione łącznością za pośrednictwem 5G, algorytmy sztucznej inteligencji mogą zoptymalizować operacje miejskie i poprawić jakość życia mieszkańców. Pomimo ich potencjału transformacyjnego, przyjęcie tych technologii wiąże się z poważnymi wyzwaniami, w tym obawami dotyczącymi prywatności danych, bezpieczeństwa i przepaści cyfrowej. Równoważenie innowacji z kwestiami etycznymi i zapewnienie równego dostępu do tej zaawansowanej infrastruktury będzie miało zasadnicze znaczenie w miarę ewolucji miast w inteligentniejsze, bardziej połączone środowiska.

Przyszłość transportu danych w inteligentnych miastach jest kształtowana przez nowe technologie i innowacyjne trendy, które obiecują zrewolucjonizować środowiska miejskie. W tej sekcji przeanalizowano kluczowe postępy, w tym 5G i nie tylko, przetwarzanie brzegowe i mgłowe oraz sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe.

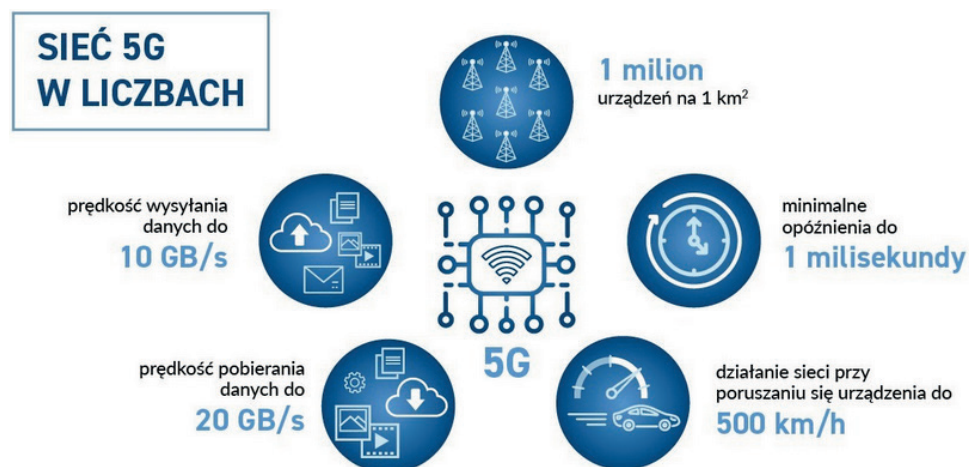
4.5.1. 5G i rozwój sieci mobilnych

Technologia 5G przekształca transport danych, umożliwiając bardzo niskie opóźnienia, szybką komunikację i masową łączność urządzeń. Możliwości te są niezbędne do obsługi aplikacji działających w czasie rzeczywistym, takich jak autonomiczne pojazdy, zdalna opieka zdrowotna i inteligentne sieci. Na przykład w Korei Południowej sieci 5G zasilają autonomiczne autobusy w Seulu, zapewniając płynną łączność w komunikacji pojazd–pojazd (V2V) i pojazd–infrastruktura (V2I). Wykraczając poza 5G, badania nad technologiami 6G mają na celu zapewnienie jeszcze większej przepustowości i mniejszych opóźnień, ułatwiając komunikację

holograficzną i zaawansowane symulacje miejskie. Kraje takie jak Finlandia i Japonia przodują w badaniach nad 6G, a projekty pilotażowe mają rozpocząć się do 2030 roku. Kluczowe cechy technologii 5G:

- **Zwiększona prędkość.** Jedną z najbardziej godnych uwagi cech technologii 5G jest jej zdolność do dostarczania danych z prędkością do 20 Gb/s, co znacznie przewyższa szczytowe prędkości 4G, które wynoszą około 1 Gb/s. Ten gigantyczny wzrost pozwala na szybsze pobieranie, płynne przesyłanie strumieniowe treści w wysokiej rozdzielczości i lepszą wydajność w aplikacjach wymagających dużej ilości danych. Użytkownicy mogą oczekiwać prędkości pobierania od 10 do 100 razy większej niż w sieciach LTE.
- **Niskie opóźnienia.** Technologia 5G wyróżnia się również zmniejszaniem opóźnień, osiągając czasy reakcji na poziomie zaledwie 1 milisekundy (ms). Ta niemal natychmiastowa komunikacja ma kluczowe znaczenie dla aplikacji wymagających interakcji w czasie rzeczywistym, takich jak autonomiczne pojazdy, zdalne operacje i szybkie gry. Zwiększona szybkość reakcji 5G jest niezbędna dla rozwoju inteligentnych rozwiązań miejskich, które opierają się na natychmiastowym przetwarzaniu danych i podejmowaniu decyzji.
- **Masowa łączność.** Sieć 5G została zaprojektowana do obsługi ogromnej liczby urządzeń jednocześnie, co czyni ją idealną dla ekosystemu Internetu rzeczy (IoT). Ta zdolność ułatwia łączność inteligentnych domów, inteligentnych miast i gęsto zaludnionych obszarów, gdzie wiele urządzeń musi działać jednocześnie bez pogarszania wydajności sieci.
- **Dzielenie sieci.** Przełomową cechą 5G jest dzielenie sieci, które pozwala na tworzenie zwirtualizowanych sieci dostosowanych do konkretnych aplikacji lub przypadków użycia. Ta elastyczność umożliwia dostawcom usług przydzielanie zasobów sieciowych w oparciu o wymagania różnych aplikacji, zapewniając optymalną wydajność i jakość usług.
- **Lepsza efektywność energetyczna.** Oprócz szybkości i łączności, technologie 5G mają być bardziej energooszczędne niż poprzednie generacje. Osiąga się to dzięki zoptymalizowanej architekturze sieci i inteligentnemu zarządzaniu siecią, które zmniejszają zużycie energii przez urządzenia sieciowe przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wydajności.

Rysunek 4.4. Sieć 5G w liczbach



Źródło: Fundacja Digital Poland (<https://digitalpoland.org/>).

Sieć GSM piątej generacji (5G) jest kluczowym czynnikiem umożliwiającym rozwój nowych technologii, takich jak rzeczywistość rozszerzona (AR), rzeczywistość wirtualna (VR), automatyka przemysłowa i inteligentna infrastruktura miejska. Jej możliwości wspierają rozwój innowacyjnych aplikacji, które wymagają dużych szybkości transmisji danych i małych opóźnień, pozycjonując 5G jako kamień węgielny dla przyszłych postępów w łączności i technologii. Ponieważ sieci 5G są nadal wdrażane na całym świecie, ich pełny potencjał zostanie zrealizowany, gdy coraz więcej urządzeń i aplikacji wykorzysta tę zaawansowaną technologię, przekształcając różne sektory i poprawiając ogólne wrażenia cyfrowe.

4.5.1. Edge i fog computing

Edge i *fog computing* decentralizują przetwarzanie danych, zbliżając moc obliczeniową do źródeł danych, zmniejszając opóźnienia i wykorzystanie przepustowości. Jest to szczególnie korzystne dla aplikacji działających w czasie rzeczywistym, takich jak zarządzanie ruchem i bezpieczeństwo publiczne. W Barcelonie węzły *edge computing* są rozmieszczane na inteligentnych skrzyżowaniach w celu lokalnego przetwarzania danych o ruchu drogowym, umożliwiając natychmiastowe dostosowanie czasów sygnalizacji w oparciu o poziomy zatorów. *Fog computing*, który rozszerza możliwości chmury na brzeg sieci, jest wykorzystywany w przemysłowych aplikacjach inteligentnych miast, takich jak konserwacja predykcyjna infrastruktury krytycznej, co zostało zademonstrowane w singapurskiej inicjatywie Smart Nation.

Edge computing to transformacyjny model przetwarzania rozproszonego, który zwiększa możliwości przetwarzania danych poprzez przeniesienie obliczeń bliżej źródła generowania danych, takiego jak urządzenia IoT i czujniki. Ta decentralizacja zmniejsza opóźnienia i zużycie zasobów, minimalizując potrzebę przesyłania danych do scentralizowanych centrów danych, umożliwiając podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym i poprawiając wydajność operacyjną. Umieszczając moc obliczeniową „na krawędzi” sieci, dane mogą być przetwarzane lokalnie przed wysłaniem ich do chmury w celu dalszej analizy, co znacznie poprawia czas reakcji i łagodzi przeciążenia sieci.

Podstawowe zasady *edge computing* koncentrują się na decentralizacji, przetwarzaniu w czasie rzeczywistym, prywatności i skalowalności. Takie podejście pozwala na natychmiastowe przetwarzanie i analizę danych w węzłach brzegowych, co ma kluczowe znaczenie dla aplikacji wymagających szybkich reakcji, takich jak pojazdy autonomiczne i telemedycyna. Dodatkowo przetwarzanie brzegowe zwiększa prywatność danych, utrzymując lokalizację wrażliwych informacji, zmniejszając tym samym ryzyko nieautoryzowanego dostępu i naruszeń. Co więcej, umożliwia skalowalność, pozwalając na dodanie większej liczby urządzeń brzegowych do zarządzania rosnącą ilością danych bez obciążania scentralizowanej infrastruktury.

Fog computing służy jako rozszerzenie przetwarzania brzegowego, zapewniając warstwę pośrednią między urządzeniami brzegowymi a scentralizowanymi serwerami w chmurze. Integracja ta tworzy model hybrydowy, który optymalizuje możliwości przetwarzania i przechowywania danych. Podczas gdy *edge computing* przetwarza dane u źródła, *fog computing* pozwala na dodatkowe przetwarzanie w pobliskich węzłach, jeszcze bardziej zmniejszając opóźnienia i zwiększając wydajność krytycznych aplikacji. Razem *edge* i *fog computing* oferują kompleksowe ramy, które wspierają efektywne zarządzanie danymi i analitykę w inteligentnych miastach i innych środowiskach intensywnie wykorzystujących dane.

Edge computing znajduje zastosowanie w różnych branżach, w których najważniejsze są reakcje o niskich opóźnieniach i przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym. Na przykład w automatyce przemysłowej przetwarzanie brzegowe umożliwia natychmiastowe podejmowanie decyzji, które mogą zwiększyć wydajność operacyjną i bezpieczeństwo. Co więcej, optymalizacja przepustowości uzyskana dzięki lokalnemu przetwarzaniu danych pozwala na obniżenie kosztów transmisji i złagodzenie przeciążeń sieci, dzięki czemu przetwarzanie brzegowe jest opłacalnym rozwiązaniem dla aplikacji intensywnie wykorzystujących dane. Co więcej, zdolność do wykonywania zlokalizowanego przetwarzania AI staje się coraz istotniejsza, ponieważ ułatwia podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym, jednocześnie zwiększając prywatność i bezpieczeństwo. Wraz ze wzrostem liczby połączonych urządzeń, przetwarzanie brzegowe i jego

integracja z przetwarzaniem we mgle będą odgrywać kluczową rolę w kształtowaniu przyszłości transportu danych i zarządzania nimi w środowiskach inteligentnych miast i nie tylko.

4.5.2. Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe

Sztuczna inteligencja (AI) i uczenie maszynowe (ML) napędzają innowacje w transporcie danych, umożliwiając analitykę predykcyjną, wykrywanie anomalii i optymalizację decyzji. Technologie te są integralną częścią zarządzania złożonością ekosystemów inteligentnych miast. W miarę dalszego rozwoju sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego, ich integracja z innymi nowymi technologiami, takimi jak obliczenia kwantowe i cyfrowe bliźniaki, otworzy nowe możliwości dla innowacji w inteligentnych miastach. Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe znajdują się w czołówce postępu technologicznego, napędzając innowacje w różnych sektorach, w tym w inteligentnych miastach, opiece zdrowotnej i produkcji. AI obejmuje szereg technologii, które umożliwiają maszynom wykonywanie zadań zwykle wymagających ludzkiej inteligencji, takich jak uczenie się, rozumowanie i autokorekta. ML, podzbiór sztucznej inteligencji, koncentruje się na opracowywaniu algorytmów, które pozwalają komputerom uczyć się i przewidywać na podstawie danych. Na przykład w Chicago algorytmy sztucznej inteligencji analizują dane historyczne i dane o ruchu drogowym w czasie rzeczywistym, aby przewidywać wzorce zatorów i zalecać optymalne trasy, skracając czas dojazdu do pracy nawet o 25%. Ponadto modele ML są wykorzystywane w Dubaju do optymalizacji zużycia energii w inteligentnych budynkach, osiągając znaczne oszczędności kosztów i zmniejszając emisję dwutlenku węgla.

- Integracja z przetwarzaniem brzegowym. Integracja sztucznej inteligencji i przetwarzania brzegowego to znaczący trend, który zwiększa możliwości infrastruktury inteligentnego miasta. *Edge computing* przetwarza dane bliżej źródła, zmniejszając opóźnienia i poprawiając czasy reakcji dla aplikacji wymagających analizy danych w czasie rzeczywistym, takich jak pojazdy autonomiczne i systemy monitorowania zdrowia. Ta zmiana paradygmatu umożliwia wdrażanie algorytmów sztucznej inteligencji na urządzeniach brzegowych, ułatwiając wydajne przetwarzanie danych bez polegania wyłącznie na scentralizowanych platformach chmurowych.
- Zastosowania w inteligentnych miastach. W inteligentnych miastach technologie AI i ML rewolucjonizują różne zastosowania, w tym zarządzanie ruchem, gospodarkę odpadami i efektywność energetyczną. Przykładowo algorytmy AI mogą analizować dane z urządzeń IoT w celu optymalizacji przepływu ruchu i zmniejszenia zatorów. Ponadto modele ML mogą przewidywać zapotrzebowanie na zasoby i zmiany obciążenia, umożliwiając proaktywne skalowanie infrastruktury w celu utrzymania optymalnej wydajności.

- Produkcja i konserwacja predykcyjna. Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe przekształcają również sektor produkcyjny, poprawiając wydajność i zmniejszając ilość odpadów. Wdrażając sztuczną inteligencję brzegową, producenci mogą uzyskać analizę w czasie rzeczywistym na potrzeby konserwacji predykcyjnej, kontroli jakości i diagnostyki usterek. Takie podejście pozwala na ciągłe monitorowanie i natychmiastowe działania naprawcze, zwiększając ogólną produktywność. Co więcej, integracja AI z technologią *edge* wspiera zaawansowane procesy produkcyjne, które spełniają rosnące oczekiwania klientów w zakresie personalizacji i produkcji o wysokiej wartości.
- Innowacje w opiece zdrowotnej. Połączenie AI, IoT i zaawansowanych technologii łączności, takich jak 5G, jest szczególnie korzystne dla zastosowań w opiece zdrowotnej. Urządzenia ubieralne wyposażone w czujniki mogą monitorować parametry życiowe pacjentów i przysyłać dane w czasie rzeczywistym, umożliwiając pracownikom służby zdrowia szybkie podejmowanie świadomych decyzji. Algorytmy sztucznej inteligencji mogą analizować ten napływ danych w celu wykrywania potencjalnych problemów zdrowotnych i tworzenia spersonalizowanych planów leczenia, poprawiając w ten sposób wyniki pacjentów i wydajność operacyjną.

4.6. Praktyczne zastosowania – Singapur i Barcelona

Singapur i Barcelona reprezentują dwa różne, ale skuteczne podejścia do wdrażania infrastruktury danych w inteligentnych miastach. Singapurska inicjatywa Smart Nation, uruchomiona w 2014 roku, działa w oparciu o scentralizowany model przetwarzający ponad 100 000 punktów danych na sekundę za pośrednictwem *Smart Nation Sensor Platform* (SNSP). Ten kompleksowy system integruje czujniki środowiskowe, mobilności i infrastruktury za pomocą zaawansowanej architektury wielopoziomowej, osiągając niezwykle wyniki, w tym 92% redukcję zatłoczenia autobusów, 30% poprawę niezawodności czasu podróży i 20% redukcję zużycia energii w budynkach publicznych. Szkielet techniczny składa się z ogólnokrajowej sieci światłowodowej, zasięgu 5G i zaawansowanych warstw integracji danych wykorzystujących systemy przetwarzania AI/ML, obsługujących aplikacje od systemów przewidywania przyjazdów autobusów po zautomatyzowane zarządzanie powodziami. Podejście Singapuru wyróżnia się w szczególności ujednoliconą strukturą zarządzania, w której jedna agencja koordynuje wszystkie inicjatywy inteligentnego miasta, umożliwiając szybkie podejmowanie decyzji i usprawnione procesy wdrażania. Kompaktowy rozmiar miasta-państwa i zaawansowana znajomość technologii cyfrowych wśród jego mieszkańców również znacząco przyczyniły się do pomyślnego wdrożenia nowych technologii.

Z kolei Barcelona opracowała zdecentralizowane podejście w ramach inicjatywy *Barcelona Digital City*, skupionej wokół platformy *open-source* *Sentilo* IoT

i architektury danych CityOS. Skupienie się miasta na udziale obywateli i zrównoważonych rozwiązaniach przyniosło imponujące wyniki, w tym 25% redukcję zużycia wody dzięki inteligentnym systemom zarządzania i 40% redukcję ruchu w centrum miasta dzięki inicjatywom takim jak program *Superblock* i inteligentne systemy parkingowe. Podczas gdy Singapur kładzie nacisk na kompleksowe gromadzenie danych za pośrednictwem zastrzeżonych systemów z kontrolowanym dostępem API, Barcelona stawia na rozwój *open source* i zasady „domyślnie otwartych danych”, utrzymując ponad 40 000 publicznych zbiorów danych. Zaangażowanie miasta w suwerenność technologiczną i prywatność obywateli doprowadziło do opracowania innowacyjnych rozwiązań, które przedkładają interes publiczny nad względy komercyjne. Model Barcelony pokazuje, w jaki sposób zaangażowanie obywateli i technologia *open source* mogą stworzyć bardziej inkluzywny i zrównoważony ekosystem inteligentnego miasta.

Oba miasta stanęły w obliczu poważnych wyzwań podczas transformacji w kierunku inteligentnego miasta, ale opracowały innowacyjne rozwiązania, aby im sprostać. Głównym wyzwaniem dla Singapuru była integracja danych pomiędzy różnymi agencjami rządowymi, z których każda posiadała własne starsze systemy i formaty danych. Rozwiązano to poprzez opracowanie wspólnej platformy wymiany danych i znormalizowanych protokołów API, a także kompleksowych programów szkoleniowych dla pracowników. Singapur zajął się również kwestiami cyberbezpieczeństwa, wdrażając architekturę zerowego zaufania i ustanawiając specjalną agencję ds. cyberbezpieczeństwa. Tymczasem Barcelona napotkała opór przed zmianami ze strony tradycyjnych struktur administracyjnych i obaw związanych z integracją cyfrową. Miasto zareagowało, tworząc centra innowacji cyfrowych w każdej dzielnicy i wdrażając kompleksowy program szkolenia umiejętności cyfrowych dla mieszkańców. Oba miasta musiały zająć się kwestiami prywatności, przy czym Singapur uchwalił ustawę o ochronie danych osobowych, a Barcelona opracowała własne etyczne standardy cyfrowe. Wyzwania infrastrukturalne były również znaczące, ponieważ Singapur musiał zmodernizować całą swoją infrastrukturę sieciową, aby obsłużyć zwiększony przepływ danych, podczas gdy Barcelona musiała zmodernizować istniejącą infrastrukturę pod kątem inteligentnych funkcji, zachowując jednocześnie historyczną tkankę miejską.

Patrząc w przyszłość, oba miasta nadal rozwijają swoje podejście, jednocześnie stawiając czoła pojawiającym się wyzwaniom. Singapur koncentruje się na wdrażaniu bezpiecznego szyfrowania kwantowego i zaawansowanej integracji sztucznej inteligencji, jednocześnie pracując nad zrównoważeniem automatyzacji z nadzorem ludzkim i zajęciem się przepaścią cyfrową wśród osób starszych. Barcelona rozszerza swoje obywatelskie inicjatywy naukowe i możliwości monitorowania środowiska, jednocześnie opracowując nowe ramy etycznego wykorzystania sztucznej inteligencji w zarządzaniu miastem. Wspólnym wyzwaniem, z którym

mierzą się oba miasta, jest rosnąca złożoność cyberzagrożeń, prowadząca do inwestycji w zaawansowane środki bezpieczeństwa i kampanie uświadamiające społeczeństwo. Odporność na zmiany klimatu stała się również kluczowym tematem, a oba miasta włączają dane środowiskowe do swoich procesów decyzyjnych i opracowują modele predykcyjne dla wyzwań związanych z klimatem. Te ciągłe zmiany pokazują, jak inteligentna infrastruktura miejska musi stale dostosowywać się do nowych wyzwań, zachowując jednocześnie podstawowe zasady wydajności, zrównoważonego rozwoju i dobrobytu obywateli.

Zakończenie

Dane stanowią podstawę inicjatyw inteligentnych miast, napędzając podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym i analizy predykcyjne w różnych usługach miejskich – zwłaszcza w transporcie. W rozdziale tym podkreślono, w jaki sposób transport danych stanowi podstawę inteligentnych systemów transportowych (ITS), komunikacji pojazd–wszystko (V2X) i innych aplikacji inteligentnego miasta. Infrastruktura fizyczna, taka jak sieci światłowodowe, wieże bezprzewodowe i czujniki IoT, umożliwia płynne gromadzenie i przesyłanie danych, podczas gdy solidne architektury sieci i protokoły komunikacyjne zapewniają skalowalność i niezawodność. Sukces w transporcie danych zależy również od skutecznych procesów agregacji, integracji i przechowywania, wspieranych przez silne ramy zarządzania danymi. Nie można przecenić znaczenia bezpieczeństwa, prywatności i zgodności z przepisami (np. RODO), ponieważ elementy te mają kluczowe znaczenie dla utrzymania zaufania publicznego i ochrony wrażliwych informacji.

Głównym wyzwaniem w inteligentnych miastach jest skalowalność, biorąc pod uwagę gwałtowny wzrost ilości danych z czujników IoT i podłączonych pojazdów. Aby poradzić sobie z tymi rosnącymi wolumenami bez poświęcania wydajności, miasta polegają na zaawansowanych projektach sieci (np. sieci definiowane programowo) i elastycznych architekturach chmurowych. Kolejnym kamieniem węgielnym jest interoperacyjność, która zapewnia, że różne systemy, urządzenia i platformy mogą płynnie wymieniać i interpretować dane. Otwarte standardy i wspólne protokoły (MQTT, 6LoWPAN itp.) są szczególnie istotne dla ujednolicenia inicjatyw sektora publicznego z prywatnymi dostawcami usług mobilnych.

Równie ważne jest bezpieczeństwo i prywatność, ponieważ przesyłane dane są podatne na przechwycenie i cyberataki. Wymaga to szyfrowania, uwierzytelniania wieloskładnikowego, wykrywania włamań i przestrzegania ram prawnych, takich jak RODO. Równolegle należy utrzymywać jakość i wiarygodność danych za pomocą metod takich jak czyszczenie i walidacja oparte na sztucznej inteligencji, aby zapobiec niedokładnościom podważającym usługi miejskie, takie jak zarządzanie ruchem. Z tymi rozważaniami zintegrowana jest rola systemów

transportowych, w których ITS wykorzystują dane w czasie rzeczywistym w celu zmniejszenia zatorów, zwiększenia bezpieczeństwa i usprawnienia transportu publicznego. Komunikacja V2X opiera się na tym fundamencie, łącząc pojazdy ze sobą i otaczającą infrastrukturą, jeszcze bardziej optymalizując mobilność w mieście.

Patrząc w przyszłość, 5G i nowsze technologie (docelowo 6G) radykalnie zmniejszą opóźnienia i zaoferują wyższą przepustowość, umożliwiając rozwój zaawansowanych aplikacji, takich jak autonomiczne wahadłowce i telemedycyna w środowiskach miejskich. *Edge* i *fog computing* są również gotowe do decentralizacji przetwarzania danych, przybliżając obliczenia do urządzeń IoT i zmniejszając opóźnienia w zadaniach krytycznych czasowo, takich jak regulacja sygnalizacji świetlnej. Nadrzędny wpływ na te technologie mają sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe, one będą napędzać analitykę predykcyjną, wykrywanie anomalii i adaptacyjne zarządzanie zasobami w inteligentnych miastach. W połączeniu te innowacje będą głęboko kształtować sposób funkcjonowania obszarów miejskich, przekształcając tradycyjną infrastrukturę w responsywne ekosystemy oparte na danych.

Jednym z prawdopodobnych kierunków rozwoju jest powszechna integracja multimodalnych rozwiązań w zakresie mobilności, łączących transport publiczny, współdzielenie przejazdów i mikromobilność w celu zmniejszenia zatorów i emisji. Istotną rolę odegrają tu dane przesyłane w czasie rzeczywistym, pozwalając miastom na dynamiczne zarządzanie przepływem ruchu i nadawanie priorytetu opcjom zrównoważonego transportu. Transport danych wzmocni również odporność i bezpieczeństwo publiczne, ponieważ usługi miejskie staną się bardziej elastyczne w reagowaniu na sytuacje kryzysowe lub zakłócenia na dużą skalę. Co więcej, zaangażowanie i uczestnictwo obywateli wzrośnie dzięki otwartym platformom danych i narzędziom cyfrowym, które zachęcają do publicznego wkładu, prowadząc do bardziej integracyjnego planowania urbanistycznego. Zapewnienie interoperacyjności w skali globalnej będzie wymagało wspólnych standardów, które ułatwią wymianę danych między różnymi zainteresowanymi stronami, od władz miejskich i międzynarodowych konsorcjów po podmioty z sektora prywatnego. Względny etyczny i dokładne modele zarządzania pozostaną niezbędne, aby zharmonizować innowacje z obawami dotyczącymi prywatności, sprawiedliwości i potencjału nadzoru. Niemniej jednak, wykorzystując bezpieczny, wysokiej jakości transport danych i nowe technologie, miasta mogą tworzyć bardziej wydajne, integracyjne i zrównoważone środowiska miejskie, które są zgodne z potrzebami i aspiracjami obywateli.

Bibliografia

- Adler, L. (2017). Planning the Data-Driven City. *Data-Smart City Solutions*.
- Banach, M. (2020). *Od inteligentnego transportu do inteligentnych miast*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Batty, M., Axhausen, K., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., & Ouzounis, G. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal*.
- Bibri, S.E. (2019). The anatomy of the data-driven smart sustainable city: instrumentation, datafication, computerization and related applications. *Journal of Big Data*.
- Dizdarević, J., Carpio, F., Jukan, A., & Masip-Bruin, X. (2019). A Survey of Communication Protocols for Internet of Things and Related Challenges of Fog and Cloud Computing Integration. *ACM Computing Surveys (CSUR)*.
- Gilman, E., Francesca, B., Ahmed, K., Hassan, M., Panos, K., Lauri, T., & Denzil, F. (2024). Addressing Data Challenges to Drive the Transformation of Smart Cities. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*.
- Goldsmith, S., & Leger, M. (2019). Building Citizens' Trust to Accelerate the Smart City Movement. *Data-Smart City Solutions*.
- Jawhar, I., Mohamed, N., & Al-Jaroodi, J. (2018). Networking architectures and protocols for smart city systems. *Journal of Internet Services and Applications*.
- Kumar, M., Panda, K.P., Naayagi, R.T., Thakur, R., & Panda, G. (2023). Comprehensive Review of Electric Vehicle Technology and Its Impacts: Detailed Investigation of Charging Infrastructure, Power Management, and Control Techniques. *Applied Sciences*.
- Ma, M., Preum, S., Ahmed, M., Tärneberg, W., Ahmed Hendawi, A., & Stankovic, J. (2019). Data Sets, Modeling, and Decision Making in Smart Cities: A Survey. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*.
- Nochta, T., Wahby, N., & Schooling, J. (2021). Knowledge politics in the smart city: A case study of strategic urban planning in Cambridge, UK. *Data & Policy*.
- Wang, A., Wang, P., Miao, X., Li, X., Ye, N., & Liu, Y. (2020). A review on non-terrestrial wireless technologies for Smart City Internet of Things. *International Journal of Distributed Sensor Networks*.
- Zeeshan, H., & Fethi, F. (2014). LTE and IEEE 802.11p for vehicular networking: a performance evaluation. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*.

Transport publiczny

Remigiusz Kozłowski

Uniwersytet Łódzki
ORCID 0000-0003-2781-5341

Rafał Adamek

Komenda Powiatowa Policji w Pabianicach
ORCID 0000-0002-4696-5495

Michał Szymajda

Komenda Główna Policji w Warszawie
ORCID 0009-0003-9279-6236

Wstęp

Jednym z głównych zadań związanych z transportem w Smart City jest zapewnienie odpowiedniej mobilności. Od dziesięcioleci grupy naukowców na całym świecie prowadzą badania, próbując odpowiedzieć na pytanie: jaki powinien być transport, żeby zapewnić dobre funkcjonowanie miast? Pomysłów jest wiele, i najczęściej wynika z nich, że głównym elementem systemu transportu, który ma przyjąć na siebie ciężar przetransportowania największych potoków pasażerów, jest właśnie transport publiczny. W zależności od warunków lokalnych i preferencji mieszkańców lub władz transport publiczny składa się z różnych rodzajów środków transportu (tę tematykę zawiera podrozdział 5.2).

Jednym z kluczowych uwarunkowań budowy i utrzymania systemu transportu publicznego jest możliwość jego finansowania. Właśnie temu jest poświęcony

podrozdział 5.3. Wzrost wielkości miast i mobilności ich mieszkańców powoduje wzrost ruchu, a to z kolei rodzi konieczność skupienia większej uwagi na bezpieczeństwie, i właśnie o tym traktuje podrozdział 5.4.

Nowe technologie powodują coraz szybszy rozwój i opracowywanie zarówno nowych rozwiązań w odniesieniu do produktów, jak i do całych systemów. Dokładnie takie samo zjawisko zachodzi i będzie z pewnością zachodzić w przyszłości również w transporcie. Stąd podrozdział kończący niniejszą część został poświęcony wybranym kierunkom ewolucji transportu publicznego.

Słowa kluczowe: transport publiczny, bezpieczeństwo w transporcie, ewolucja transportu, *Intelligent Transportation System*, *Smart Logistics*

5.1. Definicja i znaczenie transportu publicznego

W przeszłości transport zbiorowy był synonimem *komunikacji pasażerskiej*. Termin ten wywodzi się z łacińskiego słowa *communicare*, które oznacza utrzymywanie stałej łączności, ciągłego połączenia między dwiema jednostkami lub dwoma miejscami (Małek, 1968). W tym kontekście transport zbiorowy odnosił się do systemu umożliwiającego przemieszczanie się osób między różnymi punktami, zapewniającego im stały i regularny dostęp do środków transportu, takich jak autobusy, tramwaje czy pociągi. Transport zbiorowy w przeszłości podkreślał więc ideę łączenia ludzi i miejsc poprzez zapewnienie sprawnych i efektywnych połączeń transportowych, które umożliwiały przemieszczanie się dużej liczbie osób w sposób zorganizowany i dostępny dla wszystkich.

Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej termin *komunikacja pasażerska* został zastąpiony określeniem *transport zbiorowy*. Zmiana ta miała na celu zapewnienie jednoznaczności i łatwości tłumaczenia na języki obce, co było istotne w kontekście międzynarodowej współpracy i integracji w dziedzinie transportu (Wyszomirski, 2008). Określenie *transport zbiorowy* lepiej oddaje istotę systemu, który polega na zorganizowanym przemieszczaniu dużej liczby osób przy użyciu różnych środków transportu, wymienionych wyżej. Termin ten podkreśla również wspólny charakter tego typu transportu, który jest dostępny dla wszystkich i ma na celu zapewnienie efektywnego i przyjaznego dla środowiska sposobu przemieszczania się w obrębie miast i na dłuższych dystansach.

Znak równości pomiędzy transportem zbiorowym a transportem publicznym stawia art. 4 ust. 1 pkt 14 Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, który definiuje publiczny transport zbiorowy jako „powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej” (Dz.U.2022.poz.1343, 2010).

Transport publiczny został zdefiniowany jako specyficzny sposób organizacji przewozów osób, który powstał w odpowiedzi na masowe potrzeby transportowe. Oto jego kluczowe założenia organizacyjne (Małek, 1968):

1. Istnienie stałych tras przewozowych (linii komunikacyjnych), które często tworzą sieć komunikacyjną, umożliwiającą przemieszczanie się między różnymi punktami.
2. Ustalone rozkłady jazdy, zapewniające regularność i przewidywalność usług transportowych. Aby przewozy zostały uznane za publiczne, muszą spełniać warunek powszechnej dostępności. Oznacza to, że jedynym wymogiem skorzystania z przewozu jest uiszczenie opłaty za przewóz, a usługa jest dostępna dla wszystkich osób, które chcą z niej skorzystać. Transport publiczny podkreśla więc ideę zapewnienia regularnych, efektywnych i dostępnych dla wszystkich połączeń transportowych, umożliwiających przemieszczanie się dużej liczby osób w sposób zorganizowany i przyjazny dla środowiska.

Według J. Podolskiego, aby uznać dany system transportowy za środek transportu publicznego, musi on spełniać trzy kluczowe warunki (Podolski, 1985):

1. Dostępność. Pojazdy muszą być dostępne dla wszystkich osób, które przestrzegają obowiązujących przepisów i uiszczają opłaty za przejazd lub posiadają uprawnienia do bezpłatnego przejazdu.
2. Sztynny rozkład jazdy. Pojazdy muszą kursować według ustalonego i znanego użytkownikom rozkładu jazdy, niezależnie od poziomu ich zapelnienia. Jeśli częstotliwość kursów jest mniejsza niż 15 minut, rozkład powinien być ujawniony na przystankach i przestrzegany.
3. Stałe trasy i przystanki. Pojazdy muszą kursować po stałych trasach i zatrzymywać się na określonych przystankach. Spełnienie tych warunków pozwala na sklasyfikowanie danego systemu transportowego jako środka transportu publicznego, który zapewnia regularne, efektywne i dostępne dla wszystkich połączenia transportowe.

Obecnie do głównych środków transportu publicznego w obszarach miejskich zalicza się: autobusy miejskie, tramwaje, metro, Szybka Kolej Miejską (SKM) i koleje aglomeracyjne. Do transportu publicznego można zaliczyć również transport indywidualny o charakterze publicznym, m.in.: taksówki, taksówki zbiorowe, systemy tele-bus itp. (Podolski, 1985).

W literaturze tematu zauważyć można wiele odniesień do ustawowej definicji transportu publicznego. Według J. Kulczyckiego transport publiczny można określić jako system publicznego transportu pasażerskiego, w którym operatorzy (przewoźnicy) gwarantują dostęp do określonych środków transportu i zapewniają regularne połączenia na ustalonych trasach zgodnie z rozkładem jazdy, dostępny dla wszystkich zainteresowanych osób, chcących skorzystać z tej usługi (Kulczycki, 2010).

Natomiast Z. Kledy definiuje transport publiczny jako strukturalny system transportu masowego, który umożliwia przemieszczanie się osób w obrębie miasta przy użyciu środków transportu publicznego, takich jak autobusy, tramwaje, pociągi i metro. System ten jest dostępny dla wszystkich mieszkańców i gości danych terenów, zapewniając im komfortowe i efektywne poruszanie się po obszarze miejskim (Nowakowska, 2016).

Jak widać, częścią wspólną obu podejść jest świadczenie usług transportowych dla nieokreślonej liczby osób chcących z nich skorzystać, co wskazuje na kluczowe znaczenie transportu publicznego w zwiększeniu mobilności i swobody przemieszczania się w obrębie miasta. I tak M. Nowakowska wskazuje, że transport publiczny jest istotnym elementem życia miejskiego, umożliwiającym szybkie i wygodne poruszanie się po mieście oraz pomiędzy różnymi lokalizacjami. Służy jako kluczowy czynnik poprawy jakości życia mieszkańców poprzez zmniejszenie zatorów komunikacyjnych i minimalizację emisji szkodliwych substancji (Nowakowska, 2016). Podobne znaczenie transportu publicznego przedstawia S. Kowalski, wskazując, że odgrywa on kluczową rolę w zapewnianiu mobilności społecznej i ułatwianiu dostępu do kluczowych miejsc docelowych, takich jak miejsca pracy, instytucje edukacyjne, obiekty rekreacyjne i inne istotne cele życia codziennego. Ponadto znacząco wpływa na strukturę przestrzenną miast i może przynieść pozytywne skutki dla środowiska naturalnego (Kowalski, 2018).

Dostępność i efektywność systemów transportu publicznego istotnie wpływają na sprawne funkcjonowanie miast. Stanowią niezawodną alternatywę dla pojazdów prywatnych, zmniejszając liczbę samochodów na drogach i łagodząc korki. To z kolei prowadzi do oszczędności czasu osób dojeżdżających do pracy i zmniejszenia stresu.

Jako kluczowy czynnik mobilności społecznej transport publiczny zapewnia jednostkom środki dostępu do możliwości, które w innym przypadku mogłyby być poza ich zasięgiem. Umożliwia ludziom dojazdy do pracy, uczęszczanie do szkoły i spędzanie wolnego czasu, wspierając w ten sposób rozwój osobisty i gospodarczy. Oferując niedrogie i dostępne opcje transportu, przyczynia się do zmniejszania nierówności społecznych i promowania bardziej włączającego społeczeństwa.

Oprócz korzyści społecznych transport publiczny odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu krajobrazu miejskiego. Obecność wydajnych i dobrze połączonych systemów transportu może wpływać na wzorce użytkowania gruntów, zachęcać do zwartego rozwoju obszarów miejskich i zmniejszać zależność od pojazdów prywatnych. To z kolei może prowadzić do bardziej przyjaznej dla pieszych, przyjaznej dla rowerów i zrównoważonej komunikacji miejskiej.

Oczywiście transport publiczny odgrywa znaczącą rolę w ochronie środowiska. Dzięki umieszczeniu wielu pasażerów w jednym pojeździe, przyczynia się do zmniejszenia liczby pojazdów na drogach, całkowitego zużycia paliwa i emisji

gazów cieplarnianych. Skutkuje to poprawą jakości powietrza i zdrowszym środowiskiem życia mieszkańców miast. Promowanie transportu publicznego jako atrakcyjnej alternatywy dla posiadania samochodu może pomóc w zmniejszeniu zatorów w ruchu i zminimalizowaniu zapotrzebowania na rozbudowaną infrastrukturę drogową, chroniąc w ten sposób tereny zielone i siedliska naturalne.

Powszechna dostępność transportu publicznego sprzyja włączeniu społecznemu, oferując niedrogie opcje mobilności osobom z różnych środowisk ekonomicznych. Ta inkluzywność sprzyja poczuciu wspólnoty i zapewnia wszystkim obywatelom dostęp do kultury miasta.

Podsumowując, transport publiczny odgrywa kluczową rolę w mobilności społecznej i dostępności, łącząc jednostki z najważniejszymi miejscami docelowymi i wspierając bardziej sprawiedliwe społeczeństwo. Jego wpływ rozciąga się na kształtowanie struktury przestrzennej miast i promowanie zrównoważonego ekologicznie rozwoju obszarów miejskich. Nadając priorytety transportowi publicznemu i inwestując w niego, społeczności mogą zyskać liczne korzyści społeczne, gospodarcze i środowiskowe. Transport publiczny jest kamieniem węgielnym życia w mieście, zapewniającym wiele korzyści wykraczających poza zwykłą wygodę. Ułatwia efektywne poruszanie się, poprawia jakość życia, przyczynia się do zrównoważenia środowiskowego i wspiera spójność społeczną.

5.2. Rodzaje transportu publicznego na obszarze miasta

Transport publiczny w obszarach miejskich jest fundamentalnym elementem infrastruktury, który zapewnia mobilność mieszkańcom i wspiera rozwój gospodarczy oraz społeczny. Zapewnienie efektywnego i przyjaznego dla środowiska transportu publicznego w miastach jest niezbędne dla zapewnienia dobrej jakości życia mieszkańcom i promowania zrównoważonego rozwoju. Istnieje szeroka gama środków transportu publicznego, z których każdy charakteryzuje się unikalnymi cechami, zaletami i ograniczeniami. W dalszej części niniejszego podrozdziału zostaną scharakteryzowane następujące środki transportu publicznego: autobus, tramwaj, metro, pociąg podmiejski, taksówki, dwukołowe pojazdy (hulajnogi itp.).

Autobus (Dz.U. 2022 poz. 988) to jeden z najbardziej powszechnych i popularnych środków transportu publicznego w miastach na całym świecie. Niski koszt eksploatacji w porównaniu do innych środków transportu, takich jak tramwaje czy metro, czyni autobusy bardzo atrakcyjnym rozwiązaniem dla władz miejskich. Ponadto autobusy mogą obsługiwać różnorodne trasy, zarówno w centrach miejskich, jak i na obrzeżach, więc są bardzo elastycznym środkiem transportu. Jedną z głównych zalet autobusów jest ich elastyczny rozkład jazdy, który umożliwia dostosowanie się do zmieniających się potrzeb mieszkańców. Na przykład w godzinach szczytu, gdy popyt na transport publiczny jest największy, autobusy mogą kursować częściej, aby sprostać zapotrzebowaniu. Z kolei w godzinach poza

szczytem, gdy popyt jest mniejszy, autobusy mogą kursować rzadziej, co pozwala na oszczędność paliwa i zmniejszenie kosztów eksploatacji.

Autobusy mają również pewne ograniczenia. Jednym z nich jest ich podatność na korki uliczne, które mogą powodować opóźnienia w rozkładzie jazdy i utrudnienia w transporcie. Problem ten rozwiązują buspasy – pod warunkiem, że istnieje możliwość ich wydzielenia. Ponadto autobusy są narażone na warunki atmosferyczne, takie jak deszcz, śnieg czy silny wiatr, które mogą utrudniać jazdę i wpływać na bezpieczeństwo pasażerów. Mimo tych ograniczeń autobusy nadal stanowią kluczowy element transportu publicznego w wielu miastach na całym świecie. Elastyczność, niska cena eksploatacji i możliwość obsługi różnorodnych tras czynią je bardzo atrakcyjnym rozwiązaniem dla władz miejskich i mieszkańców. Jednakże, aby zminimalizować ich ograniczenia, ważne jest, aby autobusy były dobrze zaprojektowane, dobrze utrzymywane i efektywnie zarządzane.

Tramwaje (Dz.U. 2022 poz. 988) to kolejny popularny środek transportu publicznego, który szczególnie często można spotkać w większych miastach. Jedną z głównych zalet tramwajów jest fakt, że poruszają się po szynach, co eliminuje konieczność konkurowania z samochodami na drogach (wyjątkiem jest, gdy torowisko znajduje się na jezdni) i zapewnia bardziej stabilną i komfortową podróż. Jednak tramwaje mają również swoje ograniczenia i wady. Jednym z najważniejszych czynników ograniczających ich stosowanie jest konieczność budowy i utrzymania infrastruktury szynowej, co jest kosztowne i czasochłonne. Ponadto budowa nowych linii tramwajowych może wymagać znacznych inwestycji w infrastrukturę, takich jak budowa mostów, tuneli lub przebudowa ulic. To oznacza, że tramwaje są mniej elastyczne niż inne środki transportu publicznego, takie jak autobusy, które mogą łatwiej dostosowywać swoje trasy i harmonogramy do zmieniających się potrzeb mieszkańców. Mimo tych ograniczeń tramwaje wciąż stanowią ważny element transportu publicznego w wielu miastach na całym świecie, szczególnie w tych, które mają dobrze rozwiniętą infrastrukturę szynową. Ponadto tramwaje mogą być estetycznie przyjemne i stanowić atrakcję turystyczną, szczególnie w przypadku historycznych tramwajów, które zachowały swój oryginalny wygląd i styl. W związku z tym, mimo że tramwaje mają swoje ograniczenia i wady, nadal stanowią ważny element transportu publicznego w wielu miastach na całym świecie. Ich zalety, takie jak stabilna i komfortowa jazda, przyjazny dla środowiska charakter i potencjalne korzyści ekonomiczne, czynią je atrakcyjnym rozwiązaniem dla wielu miast, szczególnie w przypadku gęsto zaludnionych obszarów miejskich.

Następnym popularnym środkiem transportu publicznego jest metro (UE, 2002). Należy ono do najszybszych i najskuteczniejszych środków transportu publicznego, zwłaszcza w dużych miastach, z gęstą siecią tras. Dzięki temu, że nie jest uzależnione od ruchu ulicznego, metro może poruszać się szybko i bezpiecznie,

przyczyniając się do zmniejszenia korków ulicznych. Ponadto jest to rozwiązanie przyjazne dla środowiska, ponieważ większość systemów metra korzysta z energii elektrycznej. Budowa metra jest bardzo kosztowna, ale można wykorzystać na jej budowę dofinansowanie ze środków Unii Europejskiej. Natomiast koszty utrzymania sieci metra są relatywnie niższe niż większości innych środków transportu publicznego. Metro stanowi kluczowy element transportu publicznego w wielu dobrze zarządzanych, rozwiniętych i dynamicznych miastach na całym świecie. Jego szybkość, skuteczność i przyjazny dla środowiska charakter czynią je atrakcyjnym rozwiązaniem dla mieszkańców i turystów. Metro ma bardzo istotny wpływ na zapewnienie dobrej mobilności poprzez odpowiednią dostępność transportową. Taka sytuacja sprzyja aktywności gospodarczej terenów objętych siecią metra. W celu zwiększenia dostępności metra dla wszystkich mieszkańców, ważne jest, aby stacje były dostępne dla osób niepełnosprawnych i łatwo dostępne z różnych części miasta. Ponadto, aby zachęcić więcej ludzi do korzystania z metra, ważne jest, aby ceny biletów były rozsądne i dostępne dla wszystkich grup społecznych. Jego szybkość, skuteczność i przyjazny dla środowiska charakter czynią je atrakcyjnym rozwiązaniem dla mieszkańców i turystów. Aby zminimalizować koszty i problemy techniczne, systemy metra powinny być dobrze zaprojektowane, dobrze utrzymywane i efektywnie zarządzane, a także dostępne dla wszystkich mieszkańców, dzięki m.in. możliwości ich rozbudowy.

Pociągi podmiejskie, zwane również koleją aglomeracyjną (Wikipedia, 2024) to kolejny element transportu publicznego. Zapewniają transport pasażerów w obrębie aglomeracji miejskich. Umożliwiając szybkie i wygodne przemieszczanie się po mieście i okolicach, stanowią popularny środek transportu publicznego, służący głównie do przemieszczania się na dłuższych dystansach, zwłaszcza między miastami i ich okolicami, jednak z uwagi na ich trasy przebiegające w granicach aglomeracyjnych miast, służą również do transportu wewnątrzmijskiego. Są szczególnie przydatne dla osób dojeżdżających do pracy lub szkoły z miejscowości oddalonych od centrów miejskich. Pociągi podmiejskie charakteryzują się często dużą szybkością i komfortem podróży, co czyni je atrakcyjnym wyborem dla wielu pasażerów. Niestety, pociągi podmiejskie mogą być podatne na opóźnienia i utrudnienia, które mogą powodować nieprzyjemności dla pasażerów. Ponadto dla osób mieszkających daleko od stacji kolejowych korzystanie z pociągów podmiejskich może być mniej wygodne i wymagać dodatkowego czasu i środków transportu, aby dotrzeć do stacji. Aby zminimalizować te problemy, ważne jest, aby pociągi podmiejskie były dobrze zarządzane i utrzymywane, a także aby stacje kolejowe były dostępne i łatwo dostępne dla wszystkich pasażerów oraz dobrze skomunikowane z infrastrukturą transportu miejskiego, choćby metrem czy autobusami. Ponadto, aby zachęcić więcej osób do korzystania z pociągów podmiejskich, ceny biletów powinny być rozsądne i dostępne dla wszystkich grup społecznych.

Następnym elementem transportu publicznego są dwukołowe miejskie środki transportu: rowery, hulajnogi, skutery (Dz.U. 2022 poz. 988). W ostatnich latach w wielu miastach na całym świecie zyskują popularność systemy wypożyczalni rowerów, hulajnóg i skuterów miejskich. Dzięki nim mieszkańcy mogą szybko i tanio przemieszczać się po mieście, promując przy tym aktywny tryb życia oraz redukcję emisji spalin. Dwukołowy miejski środek transportu stanowi idealne rozwiązanie dla krótkich dystansów oraz obszarów miejskich o niewielkim natężeniu ruchu. Systemy wypożyczalni miejskich dwukołowców są łatwe w obsłudze i dostępne dla wszystkich. Użytkownicy mogą wypożyczyć rower, hulajnogę lub skuter na określony czas i zwrócić go w dowolnym miejscu w mieście. To rozwiązanie pozwala na uniknięcie problemów związanych z parkingiem oraz korkami ulicznymi. Dwukołowce miejskie są również przyjazne dla środowiska, ponieważ nie emitują spalin i nie wymagają paliwa. Ponadto korzystanie z rowerów ma pozytywny wpływ na zdrowie mieszkańców. Mimo tych zalet systemy wypożyczalni mają pewne ograniczenia. Na przykład nie są tak szybkie jak inne środki transportu publicznego (jak metro czy pociągi podmiejskie) i mogą być mniej przydatne dla osób przemieszczających się na dłuższych dystansach. Ponadto korzystanie z nich może być niebezpieczne w obszarach o dużym natężeniu ruchu i wymaga zachowania ostrożności przez użytkowników. Mimo tych ograniczeń systemy wypożyczalni dwukołowców miejskich stanowią ważny element transportu publicznego w wielu miastach na całym świecie. Ich łatwość obsługi, dostępność oraz przyjazny dla środowiska charakter czynią je atrakcyjnym rozwiązaniem dla mieszkańców i turystów. Aby zminimalizować ograniczenia, systemy wypożyczalni powinny być dobrze zaprojektowane, dobrze utrzymywane i efektywnie zarządzane.

Współcześnie do transportu publicznego zaliczamy również taksówki (Dz.U. 2022 poz. 988) i usługi transportu prywatnego, zwanego również transportem indywidualnym (Wikipedia, 2024). Uber czy Lyft coraz częściej stanowią integralną część miejskiego transportu, mimo że nie są one tradycyjnie klasyfikowane jako środki transportu publicznego. Te usługi oferują pasażerom elastyczność i wygodę podróży, dostosowując się do ich indywidualnych potrzeb i preferencji. Mimo że taksówki i usługi transportu prywatnego mogą być droższe niż tradycyjne formy transportu publicznego, wiele osób ceni sobie możliwość szybkiego i bezpośredniego dotarcia do miejsca docelowego, bez konieczności korzystania z przepełnionych autobusów lub pociągów. Ponadto te usługi często oferują możliwość wyboru pojazdu i usług dodatkowych, takich jak klimatyzacja czy ładowarka do telefonu, co zwiększa komfort podróży.

Pomimo zalet, taksówki i usługi transportu prywatnego mogą również wytwarzać pewne wyzwania dla miejskiego transportu. Na przykład mogą przyczyniać się do zwiększonego ruchu ulicznego i zatłoczenia w centrach miast, co może powodować wzrost emisji spalin i pogorszenie jakości powietrza. Niektóre

osoby mogą mieć trudności z dostępem do tych usług z powodu braku dostępu do smartfona lub karty kredytowej, czyli preferowanych form płatności za wskazaną usługę transportową. Mimo tych wyzwań taksówki i usługi transportu prywatnego są ważnym elementem miejskiego transportu i mogą być uzupełnieniem tradycyjnych form transportu publicznego. Aby zminimalizować ich negatywne skutki, miasta powinny regulować ich działalność i promować rozwiązania, które zapewniają równy dostęp do tych usług wszystkim mieszkańcom.

Szeroka gama dostępnych rodzajów transportu publicznego w miastach umożliwia mieszkańcom wybór środka transportu, który najlepiej odpowiada ich indywidualnym potrzebom i preferencjom. Łączenie różnych opcji transportowych może przyczynić się do skutecznego zarządzania ruchem drogowym, poprawy jakości życia mieszkańców oraz ograniczenia negatywnego wpływu transportu na środowisko naturalne. Na przykład osoby dojeżdżające do pracy z przedmieść mogą korzystać z pociągów podmiejskich, a następnie przejść na rower miejski, aby dotrzeć do miejsca pracy. Osoby, które muszą pokonać krótsze dystanse, mogą skorzystać z autobusów lub tramwajów, a te, które potrzebują szybszego i bardziej wygodnego środka transportu, mogą wybrać taksówki lub usługi transportu prywatnego. Ważne jest również, aby miasta inwestowały w infrastrukturę transportu publicznego, taką jak stacje kolejowe, przystanki autobusowe, ścieżki rowerowe i inne obiekty, które ułatwiają korzystanie z różnych opcji transportowych. Poprawa dostępności i jakości transportu publicznego może zachęcić więcej osób do rezygnacji z samochodów na rzecz bardziej przyjaznych dla środowiska opcji transportowych. Różnorodność rodzajów transportu publicznego w miastach jest kluczowym czynnikiem, zapewniającym mieszkańcom możliwość wyboru środka transportu odpowiedniego dla ich potrzeb i preferencji. Poprawa infrastruktury transportu publicznego i promowanie z jego korzystania mogą przyczynić się do zmniejszenia zatorów drogowych, poprawy jakości życia oraz zmniejszenia negatywnego wpływu transportu na środowisko naturalne.

5.3. Uwarunkowania i zasady działania systemu finansowania transportu publicznego

Finansowanie transportu publicznego jest złożonym problemem, na który wpływają różne teorie ekonomiczne i podejścia regulacyjne. Dylematy dotyczące finansowania systemów miejskich wynikają częściowo z liberalnych przekonań, które podkreślają efektywność mechanizmów rynkowych, ale jednocześnie zwracają uwagę na ich ograniczenia. Z tego powodu często pojawia się konieczność interwencji państwa, które przez regulacje stara się zapłacić luki, których nie jest w stanie skutecznie eliminować rynek. Taka regulacja jest uzasadniona obawami, że rynek sam w sobie nie jest w stanie dostarczyć wszystkich potrzebnych usług

na odpowiednim poziomie. Na przykład w przypadku transportu publicznego rynek może nie być w stanie zapewnić wystarczającej ilości usług w obszarach mniej dochodowych lub o mniejszym popycie, co może prowadzić do nierówności społecznych i ekonomicznych. W związku z tym państwo może interweniować, aby wszystkie osoby miały dostęp do transportu publicznego, niezależnie od ich dochodów czy miejsca zamieszkania.

Transport publiczny jest także postrzegany jako dobro publiczne, które generuje korzyści zewnętrzne, takie jak zmniejszenie zatorów drogowych, zmniejszenie emisji spalin i poprawa jakości życia mieszkańców. Z tego powodu państwo może interweniować, aby zapewnić, że transport publiczny jest finansowany na odpowiednim poziomie, aby zapewnić te korzyści społeczne. W związku z tym finansowanie transportu publicznego jest kwestią, która wymaga zrównoważonego podejścia, uwzględniającego zarówno mechanizmy rynkowe, jak i interwencje państwa. Celowe działania regulacyjne mogą pomóc w zapewnieniu, że transport publiczny jest dostępny i skuteczny, a także że generuje korzyści społeczne i ekonomiczne (Bąk, 2012).

Często głównym źródłem przychodów przedsiębiorstw komunikacji publicznej są dochody z biletów, które muszą być ustalone na poziomie zapewniającym dostępność i atrakcyjność transportu publicznego. Zbyt wysokie ceny mogą odstraszać użytkowników, a zbyt niskie mogą nie pokrywać kosztów operacyjnych. Dlatego system taryfowy jest często subsydiowany przez miasto, aby zachować przystępność cenową i promować korzystanie z transportu publicznego. Oprócz dochodów z biletów przedsiębiorstwa komunikacji publicznej często otrzymują środki od lokalnych samorządów, które pokrywają część kosztów operacyjnych i inwestycyjnych. Te publiczne środki są kluczowe dla utrzymania usług transportu publicznego, szczególnie w kontekście zwiększania mobilności mieszkańców i ograniczania negatywnych skutków transportu indywidualnego, takich jak zanieczyszczenie powietrza czy korki uliczne. W odpowiedzi na rosnące koszty wiele przedsiębiorstw transportu publicznego inwestuje w innowacje technologiczne, takie jak pojazdy elektryczne czy systemy zarządzania ruchem, które mogą redukować koszty operacyjne i jednocześnie zwiększać atrakcyjność transportu publicznego. Efektywne zarządzanie flotą i optymalizacja tras mogą również przynieść znaczące oszczędności. Aby zapewnić ciągłość usług transportu publicznego, władze lokalne muszą posiadać narzędzia do negocjacji i rozwiązywania konfliktów poprzez kompromisy lub umowy społeczne, wspierając tym samym rozwój transportu miejskiego. Należy przy tym pamiętać, że potrzeba znalezienia kompromisowych rozwiązań wynika zarówno z ograniczeń rynkowych, jak i z nacisków różnych grup interesu, które oczekują, że regulacje pomogą chronić ich korzyści i poprawić dobrobyt. Na przykład mieszkańcy mogą oczekiwać, że transport publiczny będzie dostępny i przystępny cenowo, podczas gdy przedsiębiorstwa

transportowe mogą chcieć maksymalizacji zysków. Takie działania są niezbędne, by transport publiczny mógł efektywnie służyć społecznościom i przyczyniać się do ich rozwoju. Ponadto regulacje mogą pomóc w promowaniu inwestowania w nowoczesną infrastrukturę i technologie, co może zwiększyć efektywność i przystępność cenową transportu publicznego. W związku z tym działania właścicielskie podejmowane przez samorządy w kontekście transportu publicznego w miastach są niezbędne, aby zapewnić, że transport publiczny jest dostępny i skuteczny dla wszystkich mieszkańców, a także że przyczynia się do rozwoju społeczności. Władze lokalne muszą posiadać narzędzia do negocjacji i rozwiązywania konfliktów, aby zapewnić, że podejmowane działania są skuteczne i korzystne dla wszystkich stron.

Stąd też, aby podejmować rozsądne działania regulacyjne, samorząd powinien dokonać szczegółowej analizy specyficznych warunków danego obszaru, na który skierowane są te działania, oraz posiadać racjonalne uzasadnienie dla swoich decyzji.

Trwały rozwój transportu publicznego często wymaga finansowania z funduszy publicznych, co jest powszechną praktyką w Unii Europejskiej oraz w krajach takich jak Austria czy Kanada (Rudnicki, 2007; Starowicz, 2012).

W Polsce, w wyniku decentralizacji, odpowiedzialność za finansowanie transportu publicznego spoczywa na samorządach lokalnych. Państwo zrezygnowało z bezpośredniego wsparcia tej dziedziny, co powoduje, że samorządy muszą sobie poradzić z nowymi obowiązkami bez dodatkowych środków finansowych. Brak funduszy na odnowienie floty i utrzymanie infrastruktury rodzi poważne problemy. W związku z tym, w celu pokrycia kosztów, samorządy podnoszą ceny biletów, co powoduje spadek popularności miejskich środków transportu. To zjawisko jest szczególnie widoczne w mniejszych miastach, gdzie brakuje środków na inwestycje w transport publiczny. W rezultacie mieszkańcy coraz częściej decydują się na korzystanie z samochodów osobowych, co przyczynia się do zwiększenia zatorów drogowych i zanieczyszczenia powietrza. Aby temu zapobiec, samorządy lokalne próbują znaleźć sposoby na zwiększenie finansowania transportu miejskiego. Taka sytuacja może obejmować np. zwiększenie podatków lokalnych, ale również pozyskiwanie funduszy z Unii Europejskiej lub współpracę z prywatnym sektorem. W każdym przypadku kluczowe jest, aby samorządy lokalne miały wystarczające środki finansowe na utrzymanie i rozwój transportu miejskiego, aby zapewnić mieszkańcom dostęp do bezpiecznych, niezawodnych i przystępnych cenowo środków transportu. To nie tylko poprawia jakość życia mieszkańców, ale również przyczynia się do rozwoju gospodarczego i społecznego miast (Rudnicki, 2007).

W wyniku zauważalnych problemów związanych z finansowaniem transportu publicznego, zaczął on być postrzegany jako usługa socjalna, przeznaczona głównie dla osób, które nie mają dostępu do własnych samochodów. To spojrzenie

sugeruje, że władze miejskie powinny interweniować w zarządzanie transportem publicznym. Jednakże takie podejście wzbudza kontrowersję, zwłaszcza w kontekście finansowania i regulacji usług transportowych przez samorządy terytorialne. Krytycy tego podejścia twierdzą, że interwencja władz lokalnych w zarządzanie transportem publicznym może doprowadzić do nieefektywnego wykorzystania środków publicznych i zniechęcić prywatnych inwestorów do inwestowania w ten sektor. Zwracają również uwagę na to, że regulacje wprowadzane przez samorządy terytorialne mogą ograniczać konkurencję na rynku transportowym, co może prowadzić do pogorszenia jakości usług i wzrostu cen biletów. Z drugiej strony, zwolennicy interwencji władz miejskich w zarządzanie transportem publicznym argumentują, że jest to niezbędne, aby zapewnić dostępność i przystępność cenową usług transportowych wszystkim mieszkańcom miasta, zwłaszcza tym, którzy nie mają dostępu do własnych samochodów. Dodają również, że interwencja władz lokalnych może przyczynić się do poprawy jakości usług transportowych i zwiększenia bezpieczeństwa pasażerów. W związku z tym istnieje potrzeba kompromisu między potrzebą działań władz miejskich w zarządzanie transportem publicznym a potrzebą zapewnienia efektywnego wykorzystania środków publicznych i zachęcenia prywatnych inwestorów do inwestowania w ten sektor. Rozwiązaniem może być współpraca między sektorem publicznym a prywatnym, która umożliwiłaby zapewnienie wysokiej jakości usług transportowych przy jednoczesnym wykorzystaniu efektywnych mechanizmów rynkowych.

G. Dydkowski zwraca uwagę, że metody finansowania transportu publicznego są zróżnicowane i zależą od wielu czynników. Do tych czynników należą m.in.: poziom i zakres interwencji publicznej, własność operatorów transportu zbiorowego, struktura lokalnego rynku, podział ryzyka oraz zasady dotyczące finansowania publicznego i inne warunki umowne. W związku z tym każdy system finansowania transportu publicznego musi być dostosowany do specyficznych warunków danego obszaru i powinien być oparty na dokładnej analizie potrzeb i możliwości finansowych. Ponadto należy wziąć pod uwagę różne interesy i oczekiwania wszystkich zaangażowanych stron, takich jak pasażerowie, operatorzy, władze lokalne i inwestorzy (Tomanek, 2007).

Rozwój transportu publicznego jest procesem dynamicznym i ciągłym, który nie ma określonego celu końcowego. Każde osiągnięcie jest tylko etapem przejściowym, stanowiącym bazę dla kolejnych etapów rozwoju. Takie podejście pozwala na stałe doskonalenie warunków funkcjonowania systemu poprzez wprowadzanie ulepszeń i korzystnych zmian. Dzięki temu transport publiczny może dostosowywać się do zmieniających się potrzeb społeczeństwa i nowych wyzwań, jakie stawia przed nim rozwój miast.

W trakcie rozwoju transportu publicznego mogą pojawiać się różne przeszkody, które mogą zakłócać równowagę systemu i obniżać jego atrakcyjność dla

użytkowników. To z kolei może stanowić zagrożenie dla dalszego rozwoju transportu. Dlatego kluczowe jest posiadanie stabilnych fundamentów, które wyznaczają kierunki ewolucji transportu i umożliwiają mu radzenie sobie z pojawiającymi się trudnościami. Dzięki temu możliwe jest utrzymanie równowagi w systemie i zapewnienie ciągłego rozwoju transportu publicznego, który spełnia potrzeby i oczekiwania mieszkańców (Szołtysek, 2005).

Rozwój transportu publicznego powinien być przemyślany, celowo kierowany i mający na celu korzyści lokalnej społeczności. Taka perspektywa teoretyczna umożliwia stworzenie warunków dla zrównoważonego i efektywnego rozwoju, który przyniesie maksymalne korzyści społeczne, spełni oczekiwania uczestników, zapewni pożądane efekty indywidualne i będzie realizowany przy minimalnym ryzyku niepowodzenia. Aby osiągnąć ten cel, należy wziąć pod uwagę różne czynniki: potrzeby i oczekiwania mieszkańców, możliwości finansowe miasta, standardy technologiczne i ekologiczne, a także regulacje prawne i instytucjonalne. Rozwój transportu publicznego powinien być również zintegrowany z innymi dziedzinami polityki miejskiej, takimi jak planowanie przestrzenne, ochrona środowiska, polityka społeczna i gospodarcza. W tym procesie ważne jest zaangażowanie wszystkich zainteresowanych stron, w tym mieszkańców, operatorów transportu, władz lokalnych i regionalnych, organizacji pozarządowych i biznesu. Wszyscy uczestnicy powinni mieć możliwość udziału w procesie decyzyjnym i wpływu na kształtowanie polityki transportowej. Wreszcie, rozwój transportu publicznego powinien być monitorowany i oceniany w sposób ciągły, aby umożliwić szybką reakcję na zmiany i wyzwania, a także dostosowanie strategii do aktualnych potrzeb i oczekiwań społecznych. Taka perspektywa teoretyczna pozwala na stworzenie warunków dla wszechstronnego i efektywnego rozwoju transportu publicznego, który przyniesie maksymalne korzyści społeczne i będzie spełniał oczekiwania wszystkich zainteresowanych stron, a w efekcie końcowym będzie spełniał zrównoważony rozwój, także w obszarze ekologicznego rozwoju miasta (Parysek, 2001). To rozumowanie sugeruje nowe podejście, w myśl którego pogodzenie sprzecznych celów rozwoju gospodarczego, ochrony środowiska i uwzględnienia aspektów społecznych stanowi wyzwanie dla władz miejskich, szczególnie w obliczu ograniczonych zasobów, niezbędnych do realizacji obowiązków wynikających z przepisów prawnych (Goldman & Gorham, 2006).

5.4. Bezpieczeństwo w transporcie publicznym

Rozwój motoryzacji, suburbanizacja miast i związana z tym konieczność poprawy mobilności skutkuje wzrostem natężenia ruchu drogowego oraz implikuje podjęcie działań zmierzających do zapewnienia bezpieczeństwa przemieszczających się osób. Bezpieczeństwo, jako stan braku zagrożenia, towarzyszy człowiekowi w każdym obszarze funkcjonowania i jest jedną z podstawowych potrzeb

jego egzystencji. Zaspokojenie tej potrzeby jest wielopłaszczyznowe między innymi poprzez uwzględnienie czynników takich jak: brak zagrożenia życia i zdrowia, wolność swobody przemieszczania się, poczucie praworządności, stabilizacji oraz wsparcia. Ze względu na stosunek do kierunku i źródeł zagrożenia państwa wyróżniamy następujące rodzaje bezpieczeństwa: bezpieczeństwo zewnętrzne i bezpieczeństwo wewnętrzne (Gierszewski, 2013). Bezpieczeństwo w transporcie publicznym zaliczamy do obszaru bezpieczeństwa wewnętrznego.

Kwestia bezpieczeństwa w transporcie drogowym osób od wielu lat stanowi przedmiot zainteresowań przedstawicieli służb i organów administracji publicznej. Oceny sytuacji były i są jednoznaczne: istotna część infrastruktury technicznej w miastach nie będzie w stanie przejąć dalszego zwiększania obciążania ruchem na możliwych do zaakceptowania poziomach standardów tego ruchu (Zych, 2011). Bezpieczeństwo jest tym obszarem działania państwa na szczeblu centralnym i samorządowym, w którym osiągnięcie pożądanego stanu wymaga ciągłych nakładów finansowych i wdrażania nowych rozwiązań. Należy przy tym wskazać, że system transportu miejskiego to krwiociąg każdego obszaru zurbanizowanego, odgrywający istotną rolę w realizacji potrzeb transportowych jego mieszkańców (Pietrzyk-Wiszwaty, 2018). Bezpieczeństwo tego systemu zależy od bardzo wielu czynników, jak: stan psychofizyczny i umiejętności kierujących, stan infrastruktury drogowej, stan techniczny pojazdów wykorzystywanych do transportu ludzi, system nadzoru nad ruchem, system prawny, a także działalność społeczna związana z zapobieganiem przyczynom sytuacji niepożądanych.

Do największej liczby zdarzeń drogowych dochodzi z winy człowieka. Jako najsłabsze ogniwo systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego człowiek popełnia błędy, przecenia swoje umiejętności, nie szanuje norm prawnych, zachowuje się wbrew zasadom współżycia społecznego, co często objawia się nawet agresją wobec drugiego użytkownika drogi. Dodatkowo wpływ na taki stan rzeczy ma zbyt naiwne stosowanie zasady ograniczonego zaufania wobec innych uczestników ruchu. Europejczycy jednomyślnie twierdzą, że wzorowymi kierowcami są Szwedzi (37%), zaś najmniej odpowiedzialnymi Włosi (28%). Na Polaków narzekają przede wszystkim sami Polacy: 44% Polaków uznaje, że ojczyznę najbardziej nieodpowiedzialnych kierowców jest właśnie Polska, daleko przed Włochami czy Grecją (PBD, 2016). Jeśli chodzi o Polskę, to sytuacja w ostatnich dziesięcioleciach uległa znacznej poprawie, jednak nadal jest niezadowolająca i wymaga kolejnych badań i analiz (Kozłowski i in., 2016) w celu wypracowania skutecznych rozwiązań, pozwalających osiągnąć podobne wyniki jak kraje w czołówce europejskiej.

Dobrze funkcjonujący system transportu staje się coraz częściej wizytówką dużych aglomeracji oraz miast. Współcześnie nowe technologie, sztuczna inteligencja czy Internet rzeczy nie są już domeną przedsiębiorstw branży IT, lecz wszystkich przedsiębiorstw działających na konkurencyjnym rynku (Jarocka, 2020). Od 2022

roku nowe pojazdy wprowadzane na rynek Unii Europejskiej muszą być wyposażone w nowoczesne i wysoce zaawansowane systemy bezpieczeństwa, co w szczególności dotyczyć będzie samochodów ciężarowych i autobusów. Zmiany w wyposażeniu pojazdów mają na celu poprawę bezpieczeństwa w ruchu drogowym poprzez zniwelowanie takich niedogodności, jak ograniczona widoczność i usunięcie martwych pól. Jest to bardzo ważny aspekt w pracy kierowcy autobusu czy ciężarówki, który w związku z rozmiarami pojazdu bardzo często przy wykonywaniu manewru skrętu w drogę poprzeczną ma utrudnioną możliwość dostrzeżenia pieszego wchodzącego z chodnika na przejście dla pieszych, lub rowerzysty wjeżdżającego z drogi dla rowerów na przejazd dla rowerzystów. Ponadto zastosowanie dodatkowych systemów bezpieczeństwa na bokach pojazdów i z przodu umożliwi ostrzeganie kierowców, a także uniemożliwi wykonanie manewru zagrażającego bezpieczeństwu drogowemu. Kolejnym elementem systemu bezpieczeństwa osób korzystających z dróg oraz komunikacji miejskiej jest infrastruktura drogowa, która powinna być tak zaprojektowana i wybudowana, aby „wybaczać” błędy uczestników dróg.

Infrastruktura drogowa to drogi różnych klas oraz kategorii wraz z urządzeniami pomocniczymi oraz bezpieczeństwa ruchu drogowego. Całość powinna tworzyć kompatybilny i czytelny dla użytkownika układ, pozwalający na bezpieczne poruszanie się. Infrastruktura drogowa nie powinna dekoncentrować uczestnika ruchu drogowego, jak również „usypiać” czujności czy też szczególnej ostrożności w sytuacjach, gdy okoliczności tego wymagają. Ponadto zewnętrzne elementy otoczenia, w których odbywają się przejazdy, wpływają w istotny sposób na bezpieczeństwo postrzegania transportu. Konstrukcja, wygląd i stan estetyczny przystanku i jego bezpośredniego otoczenia oraz kompletność informacji dla pasażerów oddziałują na percepcję bezpieczeństwa. Wpływ na poprawę i utrzymanie bezpieczeństwa mają zapewne rozwiązania pozwalające sprawować nadzór na ruchem ulicznym, informujące o zatorach drogowych, prędkości jazdy pojazdów komunikacji publicznej, a także ich stanu utrzymania. Brudne, zaniedbane i zdewastowane elementy infrastruktury przystankowej obniżają odczuwalny poziom bezpieczeństwa (Starowicz, 2012).

5.5. Kierunki ewolucji transportu publicznego

5.5.1. Integracja z transportem prywatnym

W ostatnich latach temat integracji transportu publicznego z transportem prywatnym stał się bardzo istotny w kontekście zrównoważonego rozwoju miast. W obliczu rosnących problemów związanych z korkami, zanieczyszczeniem powietrza oraz potrzebą zrównoważonego rozwoju, skuteczna współpraca między tymi dwoma rodzajami transportu jest niezbędna.

Należy wskazać przykładowe korzyści płynące z integracji obu rodzajów transportu.

- W pierwszej kolejności zmniejszenie zatłoczenia na drogach – integracja obu transportów to kluczowy czynnik w zmniejszeniu zatłoczenia na drogach. Według J. Kozłowskiego efektywna współpraca między tymi dwoma rodzajami transportu może znacznie zmniejszyć liczbę pojazdów na drogach miejskich, co prowadzi do płynniejszego ruchu i mniejszej liczby korków. Korzyści te są szczególnie istotne w kontekście rosnących problemów związanych z zatłoczeniem dróg i zanieczyszczeniem powietrza (Kozłowski, 2018).
- Następna w kolejności jest ochrona środowiska – badania przeprowadzone przez A. Nowak wykazały, że zwiększone wykorzystanie transportu publicznego, w szczególności pojazdów elektrycznych, przyczynia się do zmniejszenia emisji spalin i hałasu w miastach. To skutkuje poprawą jakości powietrza i zmniejszeniem zanieczyszczenia środowiska (Nowak, 2019).
- Należy również wskazać pozytywny wpływ na jakość życia mieszkańców – według badań A. Kowalskiego dostępność różnych form transportu oraz ich kompatybilność zwiększają mobilność mieszkańców, co przekłada się na ich zadowolenie i komfort życia. Poprawa dostępności transportu do pracy, szkół, sklepów i innych miejsc ważnych dla mieszkańców miasta przyczynia się do podniesienia jakości życia w całym regionie (Kowalski, 2019).

Jednak nie można zapomnieć o wyzwaniach, które niesie integracja tak różnych systemów transportowych.

- W pierwszej kolejności infrastruktura – może być jednym z największych wyzwań w integracji transportu publicznego z prywatnym. W Polsce wiele miast ma problem z niedostatkiem infrastruktury, która umożliwiłaby skuteczną integrację. Według M. Lewandowskiej niezbędne są inwestycje w rozbudowę sieci przesiadkowych, parkingów *Park & Ride* oraz zintegrowanych węzłów komunikacyjnych, aby umożliwić efektywną współpracę między tymi dwoma rodzajami transportu (Lewandowska, 2021).
- Następnym wyzwaniem są koszty – integracja transportu wiąże się z wysokimi wydatkami. Budowa i utrzymanie zintegrowanych systemów transportowych wymaga znacznych inwestycji finansowych. Raport *Koszty integracji systemów transportowych*, opublikowany przez Ministerstwo Infrastruktury w 2022 roku wskazuje, że średnie koszty wdrożenia zintegrowanego systemu transportu miejskiego w Polsce mogą wynosić od kilku do kilkudziesięciu milionów złotych (Dydkowski & Urbanek, 2023).
- Równie ważnym wyzwaniem w integracji transportu jest różnorodność preferencji użytkowników – E. Piotrowska prowadząc badania, zwróciła uwagę na fakt, że indywidualne potrzeby, nawyki i oczekiwania użytkowników

stanowią duże wyzwanie dla projektantów systemów transportowych. Zapewnienie elastyczności i dostosowania do zmieniających się potrzeb jest kluczowe dla skutecznej integracji transportu (Piotrowska, 2020a).

- Kolejnym wyzwaniem są systemy *Park & Ride* – w tej materii jako przykład należy podać stołeczne miasto Warszawa, które z powodzeniem zintegrowało system *Park & Ride*. T. Jankowski w swoim opracowaniu wskazał, jak budowa parkingów na obrzeżach miasta, z dobrą komunikacją z głównymi liniami metra i tramwajów, przyczyniła się do zmniejszenia ruchu samochodowego w centrum miasta. Dzięki temu rozwiązaniu mieszkańcy mogą zostawić swoje samochody na parkingach i kontynuować podróż środkami komunikacji miejskiej, co przyczynia się do zmniejszenia zatorów drogowych i zanieczyszczenia powietrza, nawiązując bezpośrednio do opisanych wyżej korzyści płynących z integracji transportu (Jankowski, 2018).
- Również implementacja zintegrowanych aplikacji mobilnych i systemów biletowych jest bardzo istotna w integracji transportu, który może stanowić wyzwanie. Temat ten podjął P. Kowalczyk, podając jak przykład aplikację mobilną Jakdojade, która umożliwia użytkownikom planowanie tras z wykorzystaniem różnych środków transportu oraz zakup biletów na wszystkie środki transportu za pomocą jednej platformy. Dzięki takim rozwiązaniom podróżni mogą łatwiej i szybciej przemieszczać się po mieście, a także korzystać z różnych form transportu w sposób bardziej elastyczny i wygodny (Kowalczyk, 2019).

Integracja transportu publicznego z prywatnym ma wiele zalet: zmniejszenie zatorów drogowych, ochrona środowiska, poprawa jakości życia mieszkańców, jednak napotyka również wiele wyzwań, takich jak: brak odpowiedniej infrastruktury, wysokie koszty wdrożenia i zmienne preferencje użytkowników. Przykłady z Polski (Warszawa) pokazują, że skuteczna integracja jest możliwa i przynosi realne korzyści. Kluczowym czynnikiem sukcesu jest współpraca różnych podmiotów, inwestycje w nowoczesne technologie i uwzględnienie potrzeb wszystkich użytkowników systemu transportowego.

5.5.2. ITS i C-ITS

W ostatnich latach duży nacisk kładziony jest na rozwój inteligentnych systemów transportu (ITS) oraz współdziałających inteligentnych systemów transportu (C-ITS). Celem jest zwiększenie efektywności, poprawa bezpieczeństwa oraz zapewnienie przyjaznego dla środowiska charakteru transportu publicznego (Kozłowski i in., 2017).

ITS to innowacyjne, zintegrowane aplikacje technologiczne, które mają na celu ulepszenie zarządzania transportem oraz zwiększenie jego efektywności. J. Kowalski podkreślił, że ITS obejmują szeroki wachlarz technologii, takich

jak: zarządzanie ruchem, informacja dla pasażerów, systemy zarządzania flotą oraz systemy monitoringu i egzekwowania przepisów (Kowalski, 2019). Są wykorzystywane do monitorowania i zarządzania ruchem w miastach, co pozwala na optymalizację sygnalizacji świetlnej i zmniejszenie korków. Przykładem wdrożenia takiego rozwiązania jest system TRISTAR zainstalowany w Gdańsku. Opisał go w swoich badaniach A. Nowak. System TRISTAR umożliwia dynamiczną zmianę czasu trwania sygnalizacji świetlnej w zależności od natężenia ruchu, co przyczynia się do płynniejszego poruszania się pojazdów i zmniejszenia emisji spalin (Nowak, 2020b). Może również dostarczać pasażerom aktualnych informacji o rozkładach jazdy, opóźnieniach oraz alternatywnych trasach, co znacznie ułatwia podróżowanie. Przykładem takiego rozwiązania jest system informacyjny ZTM w Warszawie, opisany przez T. Jankowskiego. System ten umożliwia pasażerom sprawdzenie w czasie rzeczywistym, kiedy przyjedzie ich autobus, tramwaj lub pociąg, a także otrzymanie informacji o ewentualnych opóźnieniach lub zmianach tras. Dzięki temu pasażerowie mogą lepiej planować swoje podróże i unikać nieprzewidzianych sytuacji (Jankowski, 2018). System ITS umożliwia także monitorowanie i zarządzanie flotą pojazdów publicznych, co zwiększa efektywność operacyjną. Przykładem wdrożenia takiego rozwiązania jest system ITS w Krakowie, opisany przez M. Lewandowską. System ten umożliwia m.in. monitorowanie położenia pojazdów w czasie rzeczywistym, co pozwala na lepsze dostosowanie rozkładów jazdy do aktualnych potrzeb oraz szybsze reagowanie na ewentualne awarie lub zdarzenia losowe (Lewandowska, 2019a).

W przyszłości systemy ITS mogą również wspomagać monitorowanie przestrzegania przepisów ruchu drogowego oraz egzekwowanie kar za ich naruszenie. Przykładem takiego rozwiązania mogą być tzw. fotoradary, będące integralną częścią w systemie monitorowania miasta, które rejestrują pojazdy poruszające się z prędkością przekraczającą dopuszczalną i automatycznie wysyłają do właściwych organów informacje niezbędne do nałożenia kary. Takie rozwiązania przyczyniają się do zwiększenia bezpieczeństwa na drogach, jako że zniechęcają kierowców do nadmiernego przekraczania prędkości.

Współdziałające inteligentne systemy transportu (C-ITS) to ewolucja koncepcji ITS, która skupia się na komunikacji i współpracy między pojazdami oraz infrastrukturą drogową. Jak podkreśla P. Kowalczyk, C-ITS umożliwiają wymianę informacji w czasie rzeczywistym między pojazdami (V2V), pojazdami a infrastrukturą (V2I) oraz pojazdami a pieszymi (V2P) (Kowalczyk, 2021c). C-ITS mogą zwiększać bezpieczeństwo na drogach poprzez ostrzeganie kierowców o niebezpieczeństwach na drodze, takich jak wypadki, złe warunki pogodowe czy roboty drogowe. Przykładem takiego rozwiązania jest projekt SAFESPOT, realizowany w Poznaniu. E. Piotrowska wskazała, że w ramach projektu pojazdy komunikują

się między sobą i z infrastrukturą drogową, otrzymując informacje o ewentualnych zagrożeniach i ostrzeżenia przed nimi (Piotrowska, 2020b).

C-ITS umożliwia również dynamiczne zarządzanie ruchem w oparciu o dane zbierane w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybsze reagowanie na zmieniające się warunki drogowe. Przykładem takiego rozwiązania jest system zarządzania ruchem w Katowicach, opisany przez A. Kowalskiego. System ten umożliwia monitorowanie ruchu w czasie rzeczywistym i dynamiczną zmianę sygnalizacji świetlnej w zależności od natężenia ruchu, co przyczynia się do zmniejszenia korków i poprawy płynności ruchu (Kowalski, 2019). Jednak – na co trzeba zwrócić szczególną uwagę – C-ITS mogą wspierać zarządzanie transportem publicznym poprzez optymalizację tras, zarządzanie flotą i poprawę punktualności. Przykładem takiego rozwiązania jest wdrożenie systemu C-ITS w Łodzi, opisane przez J. Nowaka. System ten umożliwia m.in. monitorowanie położenia pojazdów w czasie rzeczywistym, co pozwala na lepsze dostosowanie rozkładów jazdy do aktualnych potrzeb oraz szybsze reagowanie na ewentualne awarie lub zdarzenia losowe (Nowak, 2021).

Wracając do bezpieczeństwa na drogach, czyli kluczowego zastosowania technologii, i idącej za tym rosnącej ochrony niechronionych uczestników ruchu drogowego, C-ITS mogą również wspomagać komunikację między pojazdami a pieszymi. Przykładem takiego rozwiązania mogą być tzw. inteligentne przejścia dla pieszych, które wykorzystują technologię C-ITS do komunikowania się z pojazdami. Gdy pieszy wchodzi na przejście, system wysyła sygnał do nadjeżdżających pojazdów, informując je o konieczności zatrzymania. Dzięki temu rozwiązaniu piesi mogą bezpiecznie przekraczać drogę, a kierowcy są lepiej informowani o sytuacji na drodze.

Przyszłość ITS i C-ITS w Polsce jest ściśle związana z dalszym rozwojem technologii takich jak Internet rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) oraz sieci 5G. Jak wskazuje M. Wiśniewski, te technologie umożliwią jeszcze większą integrację i automatyzację systemów transportowych, co przyczyni się do zwiększenia efektywności, bezpieczeństwa i ekologiczności transportu publicznego (Wiśniewski, 2020a). Jednak kluczowym elementem przyszłości ITS i C-ITS są odpowiednie regulacje prawne i wsparcie ze strony rządu. W raporcie Ministerstwa Infrastruktury pt. *Strategia rozwoju inteligentnych systemów transportowych w Polsce* (2021) wskazano na konieczność tworzenia ram prawnych, które umożliwią rozwój i wdrażanie nowych technologii w transporcie publicznym. Dzięki temu Polska będzie mogła skuteczniej wykorzystywać potencjał ITS i C-ITS dla poprawy jakości życia mieszkańców i rozwoju gospodarczego (Ministerstwo Infrastruktury, 2019). Kolejnym nieodzownym kierunkiem jest współpraca międzynarodowa. Udział Polski w europejskich projektach badawczo-rozwojowych, takich jak Horizon 2020, pozwala na wymianę doświadczeń i wdrażanie najlepszych praktyk w dziedzinie ITS i C-ITS. W artykule pt. „Międzynarodowa współpraca w dziedzinie

C-ITS” podkreślono, że współpraca ta jest kluczowa dla harmonizacji standardów i technologii na poziomie europejskim, co przyczyni się do zwiększenia efektywności i bezpieczeństwa transportu na całym kontynencie.

Równie ważnym elementem przyszłości ITS i C-ITS w Polsce jest rozwój infrastruktury transportowej. Wdrażanie nowych technologii wymaga bowiem odpowiedniej infrastruktury, która umożliwi ich skuteczne działanie. W tym celu konieczne jest m.in. budowanie nowych dróg i linii kolejowych, modernizacja istniejących oraz budowanie nowoczesnych centrów zarządzania ruchem. Dzięki temu Polska będzie mogła skuteczniej wykorzystywać potencjał ITS i C-ITS dla poprawy jakości życia mieszkańców i rozwoju gospodarczego. Nie można zapomnieć o czynniku edukacyjnym. Przyszłością ITS i C-ITS w Polsce jest nie tylko wdrażanie nowych technologii, ale i edukacja społeczeństwa w tym zakresie. Wdrażanie nowych technologii wymaga bowiem odpowiedniego przygotowania i szkolenia personelu, jak również edukacji społeczeństwa w zakresie korzyści i zasad działania nowych rozwiązań. W tym celu konieczne jest m.in. prowadzenie szkoleń i kursów dla personelu oraz kampanii edukacyjnych i informacyjnych skierowanych do społeczeństwa.

Transport publiczny ewoluuje w kierunku inteligentnych systemów transportu (ITS) i współpracujących inteligentnych systemów transportu (C-ITS), co przynosi liczne korzyści, takie jak zwiększenie efektywności, poprawa bezpieczeństwa oraz zapewnienie przyjaznego dla środowiska charakteru transportu. W Polsce coraz większe zainteresowanie tymi technologiami można zaobserwować na poziomie lokalnym i krajowym. Jednakże kluczowym wyzwaniem pozostaje dalszy rozwój infrastruktury, odpowiednie regulacje prawne oraz współpraca międzynarodowa. Przykłady zastosowań ITS i C-ITS w polskich miastach pokazują, że wdrażanie tych technologii przynosi realne korzyści, a przyszłość transportu publicznego wiąże się z ich dalszym rozwojem.

5.5.3. Smart Logistics w transporcie

Inteligentne zarządzanie logistyką, znane jako Smart Logistics, staje się coraz bardziej istotne w świetle dynamicznych zmian w oczekiwaniach użytkowników oraz rozwoju technologicznego. Klasyczne podejście do transportu, oparte na stałych trasach i rozkładach jazdy, ustępuje miejsca bardziej elastycznym i dostosowanym do potrzeb użytkowników rozwiązaniom.

Klasyczne podejście do transportu publicznego opiera się na stałych trasach i harmonogramach jazdy, które są planowane z wyprzedzeniem i udostępniane pasażerom. Jak zaznacza J. Kowalski, takie podejście jest korzystne z punktu widzenia organizatorów transportu, jednak nie zawsze spełnia dynamiczne potrzeby pasażerów (Kowalski, 2015). Ograniczenia takiego podejścia obejmują brak elastyczności w dostosowywaniu się do zmian popytu, trudności

w optymalizacji tras oraz problemy związane z utrzymaniem punktualności. M. Lewandowska zauważyła, że stałe trasy i harmonogramy często prowadzą do nieefektywnego wykorzystania zasobów i niezadowolenia pasażerów (Lewandowska, 2019b).

W obliczu dynamicznie zmieniających się potrzeb pasażerów i rozwoju technologicznego potrzebne jest nowoczesne podejście do transportu publicznego. Smart Logistics umożliwia elastyczne dostosowywanie się do potrzeb pasażerów, optymalizację tras i utrzymanie punktualności. Wdrażanie nowoczesnych technologii, takich jak inteligentne systemy transportu (ITS) i współpracujące inteligentne systemy transportu (C-ITS), pozwala na poprawę efektywności, bezpieczeństwa i ekologiczności transportu publicznego. Inteligentne zarządzanie logistyką wykorzystuje zaawansowane technologie informacyjne do optymalizacji procesów transportowych. A. Nowak podkreśla, że Smart Logistics obejmuje zastosowanie systemów zarządzania transportem (TMS), Internetu rzeczy (IoT), Big Data oraz sztucznej inteligencji (AI) (Nowak, 2020a).

Elastyczne podejście do transportu w ramach Smart Logistics polega na dostosowywaniu tras i rozkładów jazdy do aktualnych potrzeb użytkowników. Jak wskazał P. Kowalczyk, systemy te umożliwiają dynamiczne planowanie tras na podstawie rzeczywistych danych o popycie, co prowadzi do bardziej efektywnego wykorzystania zasobów (Kowalczyk, 2021b). W transporcie publicznym przynosi to liczne korzyści, takie jak poprawa efektywności, bezpieczeństwa oraz ekologiczności systemów transportowych. W Polsce obserwujemy coraz większe zainteresowanie tymi technologiami, zarówno na poziomie lokalnym, jak i krajowym. Przywołane wyżej przykłady z polskich miast pokazują, że wdrażanie Smart Logistics przynosi wymierne korzyści, a przyszłość transportu publicznego wiąże się z dalszym rozwojem tych technologii. Jednak nie można zapomnieć, że wdrażanie Smart Logistics w transporcie publicznym niesie ze sobą pewne wyzwania. Konieczne jest dostosowanie infrastruktury, odpowiednie regulacje prawne, współpraca międzynarodowa oraz rozwój nowoczesnych technologii wspomagających system.

W pierwszej kolejności Internetu rzeczy – odgrywa on kluczową rolę w inteligentnym zarządzaniu logistyką, umożliwiając zbieranie i analizowanie danych w czasie rzeczywistym. Jak podkreślił M. Wiśniewski, IoT pozwala na monitorowanie ruchu pojazdów, stanu infrastruktury oraz zachowań pasażerów, co z kolei umożliwia bardziej precyzyjne planowanie i optymalizację tras (Wiśniewski, 2019).

Następnie wykorzystanie Big Data i sztucznej inteligencji – inteligentne zarządzanie logistyką umożliwia analiza dużych zbiorów danych oraz przewidywanie popytu. A. Kowalska w zwróciła uwagę na analizę dużych paczek danych z różnych źródeł, która pozwala na lepsze zrozumienie potrzeb pasażerów i dostosowanie usług transportowych do ich oczekiwań (Kowalska, 2020).

Smart Logistics to innowacyjne podejście do transportu, wykorzystujące zaawansowane technologie informacyjne do optymalizacji procesów transportowych. W Polsce obserwujemy coraz większe zainteresowanie tymi technologiami, zarówno na poziomie lokalnym, jak i krajowym.

Przykłady zastosowań inteligentnego zarządzania logistyką w Polsce:

- Coraz większe zainteresowanie systemami *ride-sharing* i *car-sharing*, które są przykładem elastycznego podejścia do transportu. Przykładowo, usługa *Traficar*, opisana przez T. Jankowskiego na łamach czasopisma *Mobilność*, pozwala na wynajem samochodów na krótki okres. Dzięki temu zwiększa się mobilność mieszkańców i redukowana jest potrzeba posiadania własnego pojazdu (Jankowski, 2019).
- Dynamiczne systemy zarządzania flotą są kolejnym przykładem zastosowania Smart Logistics. W Krakowie wdrożono system monitorujący ruch pojazdów transportu publicznego i dostosowujący trasy w czasie rzeczywistym na podstawie danych o popycie. M. Lewandowska w czasopiśmie *Inżynieria Transportu* zwróciła uwagę na powyższe, wskazując, jak system ten poprawił punktualność oraz efektywność operacyjną floty miejskiej (Lewandowska, 2020).

Elastyczne podejście do transportu umożliwia lepsze wykorzystanie zasobów poprzez dostosowanie tras i rozkładów jazdy do aktualnych potrzeb użytkowników. P. Kowalczyk zwrócił uwagę na fakt, że takie podejście zmniejsza liczbę pustych przejazdów i pozwala lepiej zarządzać flotą (Kowalczyk, 2021a). Dostosowanie usług transportowych do potrzeb użytkowników prowadzi do ich poprawy. Jak zauważyła A. Nowak, elastyczne systemy transportowe mogą zwiększyć satysfakcję pasażerów dzięki skróceniu czasu oczekiwania oraz zapewnieniu bardziej komfortowych warunków podróży (Nowak, 2019). Smart Logistics przyczynia się również do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń poprzez optymalizację tras i redukcję liczby przejazdów. M. Wiśniewski w prowadzonych badaniach wykazał, że lepsze zarządzanie transportem miejskim prowadzi do zmniejszenia zużycia paliwa oraz emisji CO₂ (Wiśniewski, 2020b).

Wdrażanie elastycznego podejścia do transportu niesie ze sobą wyzwania, takie jak konieczność dostosowania infrastruktury, odpowiednie regulacje prawne oraz współpraca międzynarodowa. W Polsce, aby skutecznie wdrożyć elastyczne podejście do transportu, konieczne jest dalszy rozwój infrastruktury, odpowiednie regulacje prawne oraz współpraca międzynarodowa.

Inteligentne zarządzanie logistyką (Smart Logistics) to nowoczesne podejście do transportu, które opiera się na elastycznym dostosowywaniu tras i rozkładów jazdy do aktualnych potrzeb użytkowników. Wykorzystanie zaawansowanych technologii, takich jak Internet rzeczy (IoT), Big Data i sztuczna inteligencja (AI), umożliwia optymalizację procesów transportowych, zwiększenie efektywności operacyjnej oraz poprawę jakości usług. Jednak nie można zapomnieć

o partycypacji i wsparciu tych przedsięwzięć przez władze szczebla lokalnego i centralnego. Przykłady z Polski pokazują, że elastyczne systemy transportowe przynoszą liczne korzyści, w tym zwiększenie mobilności mieszkańców, zmniejszenie emisji zanieczyszczeń oraz lepsze zarządzanie zasobami.

Zakończenie

Z całą pewnością transport publiczny jest jednym z najważniejszych elementów logistyki w Smart City. Charakter i jego zadania z pewnością skłonią władze do przeznaczania na tyle znaczących środków finansowych, żeby możliwe było implementowanie istotnych, nowoczesnych technologii, które będą w stanie m.in. rozwinać systemy ITC w C-ITS. Dużym wyzwaniem z pewnością jest również zachowanie bezpieczeństwa ruchu, który z całą pewnością będzie wzrastał na terenie miast. To od nowych, zaimplementowanych technologii będzie zależało, w jakim zakresie poszczególne miasta będą smart. Oznacza to również, że kondycja i stopień nowoczesności transportu publicznego będą decydować, na ile dane miasto jest konkurencyjne na tle innych, i to zarówno w obszarze przyciągania inwestycji, jak i mieszkańców.

Bibliografia

- Bąk, M. (2012). Dylematy wokół zapewniania środków na finansowanie infrastruktury transportowej. *II Europejski Kongres Finansowy*. Sopot. Pobrano z lokalizacji <https://www.docsity.com/pl/docs/dylematy-wokol-zapewniania-srodkow-na-finansowanie-infrastruktury-transportowej/5807698/>
- Dydkowski, G., & Urbanek, A. (2023). *Współpraca i integracja w systemach transportu miejskiego*. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach.
- Dz.U. 2022 poz. 1343 (2010, 12 16). Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym. <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20220001343/T/D20221343L.pdf>
- Dz.U. 2022 poz. 988 (2022, 06 20). Dz. U. z 2022 r. poz. 988, Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 prawo o ruchu drogowym, art. 2.
- Gierszewski, J. (2013). *Organizacja systemu bezpieczeństwa społecznego*. Difin.
- Goldman, T., & Gorham, R. (2006, 01–04). Sustainable urban transport: Four innovative directions. *Technology in Society*, 28(1), 261–273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.10.007>
- Jankowski, T. (2018). *Transport publiczny w Warszawie*. Warszawska Firma Wydawnicza.
- Jankowski, T. (2019). Car-sharing jako element SMART Logistics w Polsce. *Mobilność*, 80–83.
- Jarocka, M. (2020). Podnoszenie poziomu bezpieczeństwa transportu osób poprzez wdrażanie nowoczesnych rozwiązań technologicznych w zarządzaniu komunikacją miejską. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie* (4), 69–78. DOI: 10.5604/01.3001.0014.7965
- Kowalczyk, P. (2019). Cyfrowe rozwiązania w transporcie miejskim. *Technologie Transportowe*, 92–95.
- Kowalczyk, P. (2021a). Efektywność operacyjna w elastycznych systemach transportowych. *Czasopismo Transport i Komunikacja*. 50–53.
- Kowalczyk, P. (2021b). *Elastyczne systemy transportu miejskiego*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.
- Kowalczyk, P. (2021c). Ewolucja ITS w kierunku C-ITS. *Technologie Transportowe*, 40–43.
- Kowska, A. (2020). Zastosowanie Big Data w zarządzaniu transportem miejskim. *Transport Nowoczesny*, 72–75.
- Kowski, A. (2019). *Spoleczne korzyści z integracji transportu miejskiego*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Kowski, J. (2015). *Podstawy transportu miejskiego*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kowski, J. (2019). *Inteligentne systemy transportowe w zarządzaniu ruchem drogowym*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kowski, S. (2018). *Transport publiczny a rozwój społeczno-gospodarczy miast*. Wydawnictwo Naukowe PWN.

- Kozłowski, J. (2018). *Zarządzanie transportem miejskim*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kozłowski, R., Jabłoński, J., & Adamek, R. (2017). Evolution and selected implementation examples of ITS in the European Union. *Transport System Telematics* (3), 16–20.
- Kozłowski, R., Palczewska, A., & Adamek, R. (2016). Wybrane koszty kolizji drogowych dla firm transportu drogowego rzeczy. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe UE w Katowicach* (306), 70–80.
- Kulczycki, J. (2010). *Transport publiczny w miastach Polski*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Lewandowska, M. (2019a). Wyzwania transportu miejskiego w XXI wieku. *Transport Publiczny*, 45–48.
- Lewandowska, M. (2019b). Zarządzanie flotą transportu publicznego za pomocą ITS. *Inżynieria Transportu*, 55–59.
- Lewandowska, M. (2020). Zarządzanie flotą w ramach SMART Logisticcs. *Inżynieria Transportu*, 60–63.
- Lewandowska, M. (2021). Infrastruktura a integracja transportu. *Inżynieria Transportu*.
- Małek, P.K. (1968). *Wstępne pojęcia: Komunikacja autobusowa. Ekonomika i organizacja*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Ministerstwo Infrastruktury. (2019). Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 r. (SRT2030). <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/projekt-strategii-zrownowazonego-rozwoju-transportu-do-2030-roku2>
- Nowak, A. (2019). *Zarządzanie jakością w transporcie publicznym*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Nowak, A. (2020a). *SMART Logistics w zarządzaniu miastem*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Nowak, A. (2020b). Zarządzanie ruchem w miastach z wykorzystaniem ITS. *Transport Miejski*, 32–35.
- Nowak, J. (2021). Zarządzanie transportem publicznym z wykorzystaniem C-ITS. *Inżynieria Konstrukcyjna*, 75–78.
- Nowakowska, M. (2016). *Rola transportu publicznego w rozwoju miast*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.
- Parysek, J. (2001). *Podstawy gospodarki lokalnej*. Wydawnictwo Naukowe UAM.
- PBD. (2016). Europejski barometr odpowiedzialnej jazdy 2016. Jak Polacy zachowują się za kierownicą? <https://www.pbd.org.pl/europejski-barometr-odpowiedzialnej-jazdy-2016-jak-polacy-zachowuja-sie-za-kierownica/>
- Pietrzyk-Wiszowaty, K. (2018). Bezpieczeństwo w transporcie miejskim w Polsce – wybrane problemy. *Przegląd Polityjny*, 77–92. DOI:10.5604/01.3001.0013.6644
- Piotrowska, E. (2020a). *Preferencje podróżnych w zintegrowanym systemie transportowym*. Wydawnictwo SGH.

- Piotrowska, E. (2020b). Bezpieczeństwo drogowe a C-ITS. *Transport Bezpieczeństwa*, 67–70.
- Podolski, J. (1985). *Transport w miastach*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- Rudnicki, A.S. (2007). Transport miejski. W: B. Liberacki i L. Mindur, *Uwarunkowania rozwoju systemu transportowego Polski*. Instytut Technologii Eksploatacji.
- Starowicz, W. (2012). Próba oceny zgodności działań gminy z polityką transportową. *Transport Miejski i Regionalny*, 20–27.
- Szołtysek, J. (2005). *Logistyczne aspekty zarządzania przepływami osób i ładunków w miastach*. Wyd. AE w Katowicach.
- Tomanek, R. (2007). *Ceny transportu miejskiego w Europie*. Wyd. AE w Katowicach.
- UE. (2002). Rozporządzenie (WE) nr 91/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie statystyki transportu kolejowego. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R0091>
- Wikipedia. (2024). Kolej aglomeracyjna. https://pl.wikipedia.org/wiki/Kolej_aglomeracyjna
- Wikipedia. (2024). Transport indywidualny. https://pl.wikipedia.org/wiki/Transport_indywidualny
- Wiśniewski, M. (2019). *Technologie IoT w logistyce miejskiej*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Wiśniewski, M. (2020a). *Technologie przyszłości w transporcie*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Wiśniewski, M. (2020b). *Ekologiczne aspekty SMART Logistics*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Wyszomirski, O. (2008). *Transport miejski. Ekonomika i organizacja*. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego.
- Zych, F. (2011). *Transport w miastach – problemy modernizacji, osiągnięcia*. Związek Miast Polskich.

Rozdział 6

Transport samochodowy w Smart City

Katarzyna Kolasińska-Morawska

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
ORCID 0000-0002-4035-8272

Paweł Morawski

Politechnika Łódzka
ORCID 0000-0002-7682-620X

Janusz Bugajski

Toyota Motor Poland
ORCID 0009-0005-9981-8658

Wstęp

Układ transportowy w mieście, porównywany często do krwiobiegu (Farian, 2010), w ostatnich latach uległ dynamicznym przeobrażeniom. Istotny wpływ na ten proces miały zmiany oczekiwań klientów, działania producentów środków transportowych oraz przeobrażenia w otoczeniu społeczno-gospodarczym. Szczególnie silne oddziaływanie odczuwane było i jest nadal w obszarze technologii i środowiska. Cyfryzacja transportu, z reprezentacją w postaci autonomiczności i współdziałania, w połączeniu z dążeniem do ekologizacji środków transportowych zyskują na znaczeniu zgodnie z globalnymi trendami.

Celem niniejszego rozdziału jest przybliżenie obrazu współczesnego transportu samochodowego wobec wyzwań ekosystemu Smart City. Na potrzeby realizacji tak sformułowanego celu przyjęto pytania badawcze o następującej treści: Jaki jest

obecnie stan i rola transportu samochodowego w ekosystemie Smart City? Czy i w jakim zakresie cyfrowa transformacja naznaczyła metamorfizację transportu samochodowego? W jakim zakresie paradygmat zrównoważonego rozwoju skutkował wprowadzaniem innowacji w transporcie?

W celu realizacji założonego celu i uzyskania odpowiedzi na postawione pytania badawcze posłużono się podejściem interdyscyplinarnym, sięgając do dorobku nauk technicznych i społecznych. Przeprowadzenie procesu analizy i wnioskowania oparto na krytycznej analizie treści zawartych w monografiach, artykułach i raportach oraz refleksjach wynikających z doświadczeń własnych autorów.

Słowa kluczowe: mobilność, autonomizacja, ekonomia współdzielenia, *car-sharing*

6.1. Organizacyjne aspekty funkcjonowania transportu samochodowego w Smart City

W wyniku wieloletnich procesów urbanizacji i suburbanizacji większość ludności świata mieszka w miastach i na ich peryferiach. Wykonywane codzienne aktywności związane z pracą, edukacją, zakupami i rozrywką wiążą oni z pokonywaniem dużych odległości, zwłaszcza w dużych miastach.

Mobilność¹ (ang. *mobility*), tak charakterystyczna dla miejskich społeczeństw, oddaje istotę potrzeb i zachowań komunikacyjnych ludności związanych z niezbędnością ruchu i zmiany położenia dzięki różnorodnym formom, metodom i środkom. Mobilność mieszkańców miast odnosi się zarówno do potencjalności, jak i rzeczywistych możliwości przemieszczania się przestrzennego i wariantów realizacji form przemieszczeń ludności, uwzględniających wymiarowanie w zakresie odległościowym, czasu i liczby podróży (Szołtysek, 2011). W procesie tym istotną rolę, obok możliwości przemieszczania się pieszo, odgrywa szybki i bezpieczny transport, który pozwala realizować potrzeby podróży i dostaw na wiele sposobów. Dostępny transport kolejowy naziemny i podziemny, powietrzny, wodny i lądowy w wariantach indywidualnym i zbiorowym, prywatnym i publicznym zwiększa możliwości wyborów mieszkańców miast i przedmięć co do miejsc zamieszkania, pracy, zakupów, edukacji i spędzania czasu wolnego.

Mobilność, pełniąc służebną rolę względem innych potrzeb życiowych mieszkańców miast, zależna jest od szeregu czynników, w tym stanu infrastruktury transportowej, dostępności usług transportowych na danym terenie, stanu demograficznego, wzorców zachowań egzystencjalnych ludności, stopnia urbanizacji,

1 Zgodnie z łacińskim źródłosłowem *mobilis* oznacza „ruchomy, poruszający się, przenośny”. W języku polskim (Słownik PWN) „mobilny” odnosi się do „wprawienia w ruch, zmiany miejsca pobytu lub pracy oraz zdolności sprawczego i elastycznego działania dostosowującego się do zmian”.

poziomu rozwoju informacyjno-technologicznego oraz stanu klimatu. Wśród nich przyspieszenie życia mieszkańców miast i wzrost ich aktywności w różnych dziedzinach, przy rosnącym poziomie kompetencji cyfrowych i zmianach klimatu, stają się istotnymi czynnikami, kształtującymi współczesny system transportowy miast jako odpowiedź na potrzeby mobilności. Dostępny budżet czasu i potrzeba sprawności przemieszczenia sprawiają, że mieszkańcy miast poszukują sprawnych i pewnych sposobów przemieszczania się, zapewniających swobodę i realizację przyjętych celów bytowych, zawodowych, edukacyjnych i rozrywkowych, przy zachowaniu podejścia prośrodowiskowego.

Obecnie mieszkańcy miast, planując podróż lub przemieszczenie ładunków, mają szeroki wybór form mobilności, w zależności od sposobu transportu, dostępności i wpływu na środowisko. Mogą wybrać jeden rodzaj transportu i środka transportowego spośród transportu indywidualnego i zbiorowego, prywatnego i publicznego, bądź skorzystać z mobilności współdzielonej. Dążąc do optymalizacji podróży z uwzględnieniem kosztów, czasu i oddziaływania prośrodowiskowego, mieszkańcy i rezydenci miast mogą skorzystać z multimodalności, łącząc kilka środków transportowych, lub intermodalności, jeśli tylko pozwalają na to regulacje panujące w danym mieście (aglomeracji).

Spśród różnorodnych możliwości transportu, transport samochodowy stanowi od wielu lat integralną część życia mieszkańców miast, oferując swobodny, elastyczny i wygodny sposób przemieszczania osób i towarów. Zwłaszcza samochód osobowy stał się niemal standardem w większości gospodarstw domowych krajów rozwiniętych, odgrywając kluczową rolę w systemach miejskiej mobilności ludności. Jak wskazują wyniki badań w procesach podróży miejskiej jest stosunkowo często wybieranym środkiem transportu. Również transport ładunków na terenie miast realizowany jest najczęściej z wykorzystaniem samochodów dostawczych.

U zarania historii motoryzacji zamiast słowa samochód używano terminów *automobil*² lub *samojazd*³. Od drugiej połowy XVIII wieku, kiedy podejmowano próby budowy samochodów w oparciu o silniki parowe⁴, elektryczne⁵ i spalinowe⁶, nastąpiło wiele zdarzeń w zakresie rozwoju motoryzacji. Zarówno rosną-

2 Termin pochodzi z języka francuskiego (*automobile*) i składa się z dwóch elementów: cząstki *auto-* (gr. *autós* – „sam”) i cząstki *-mobile* (łac. *mobilis* oznacza „ruchomy”, „zmienny”).

3 Termin używany w Polsce na określenie samochodu, który formalnie po raz pierwszy pojawił się w *Słowniku Języka Polskiego* Jana Karłowicza, Adama Kryńskiego i Władysława Niedźwiedzkiego (Warszawa 1915, t. VI, s. 19).

4 W 1769 roku Nicolas Joseph Cugnot zamontował silnik parowy pomysłu Watta do trójkołowego podwozia, tworząc tym samym pierwszy samochód na świecie.

5 Andreas Flocken w 1888 roku zaprezentował po raz pierwszy czterokołowy samochód osobowy o napędzie elektrycznym.

6 Pierwsze auto spalinowe, które zostało opatentowane (29 stycznia 1886), to Patentwagen nr 1, którego twórcą był Carl Benz.

ca liczba producentów niemal na każdym kontynencie, zastosowane innowacje konstrukcyjne i napędowe, wielowariantowość oraz zmiany metod produkcji⁷ skutkowały wzrostem dostępności samochodów (Kluczkowski, 2024).

Na przestrzeni ponad 100 lat powstało wiele rodzajów samochodów, z przeznaczeniem dla transportu osobowego, jak i ładunków, indywidualnego i zbiorowego oraz ogólnego i specjalistycznego zastosowania.

Według firmy badawczej Hedges & Company liczba samochodów na świecie wynosi obecnie około 1,47 miliarda (stan na 2023 rok), wśród nich około 1 miliarda to samochody osobowe, a reszta to ciężarowe, autobusy i inne pojazdy. Uwzględniając rejony świata, najwięcej samochodów jest w Azji (543 miliony), Europie (413 milionów) i Ameryce Północnej (358 milionów). Kolejne miejsca to: Ameryka Południowa (84 miliony), Bliski Wschód (50 milionów), Afryka (26 milionów) oraz Antarktyda (zaledwie około 50). Uwzględniając liczbę samochodów przypadającą na mieszkańców świata łącznie i w przeliczeniu na mieszkańca, okazuje się, że z 8,1 mld globalnej populacji zaledwie 18% ma samochód, co jest zbyt dużym uogólnieniem ze względu na kontynentalne różnice. Na każde 1000 osób zamieszkających w Ameryce przypada 710 pojazdów, zaś w Europie już tylko 520. Z kolei w Ameryce Południowej jest 210 pojazdów na 1000 mieszkańców, na Bliskim Wschodzie – 190, w Azji – 140, w Afryce – 58 i w Antarktyce – 50.

Zgodnie ze światowymi trendami w Polsce na koniec 2023 roku liczba zarejestrowanych samochodów wynosiła ponad 27 milionów, w tym około 20 milionów to samochody osobowe, co stanowi o 672 tys. więcej (+2,5%) niż rok wcześniej zgodnie z danymi CEPIK. W 2023 roku liczba nowych pojazdów na 1000 mieszkańców w systemie rejestracji wynosiła 475, czyli o 13,2% więcej niż w 2022 roku.

Uwzględniając liczbę samochodów zarejestrowanych w największych miastach w Polsce, zgodnie z danymi CEPIK w 2024 roku najwięcej samochodów na 1000 mieszkańców było zarejestrowanych w Katowicach (991), Warszawie (943) i Rzeszowie (865). Z kolei najbardziej ekologicznymi miastami ze względu na liczbę zarejestrowanych samochodów na 1000 mieszkańców były: Lublin (631), Bydgoszcz (679) i Białystok (689).

Dominującym stylem komunikacyjnym w polskich miastach są wciąż podróże własnym samochodem, co potwierdzają wyniki badań wskazujące deklaracje, że blisko 50% badanych wybiera właśnie ten środek komunikacji (Młynarski, 2021) oraz dane rzeczywiste w postaci liczby zarejestrowanych aut. W przeliczeniu łącznej liczby samochodów na jednego mieszkańca Polska ma jeden z najwyższych wskaźników w Europie. W 2020 roku na 1000 mieszkańców przypadały

7 Ellie Olds, założyciel Oldsmobile'a, opracował pierwszą linię produkcyjną samochodów, co pozwoliło wytwarzać auta o wiele szybciej i w sposób powtarzalny. Pierwszym samochodem wyprodukowanym tą metodą był Oldsmobile Curved Dash z 1901 roku. Z kolei wprowadzenie linii produkcyjnej w fabrykach Forda w 1908 roku stworzyło możliwości masowej produkcji, która ruszyła 1912 roku.

664 pojazdy (średnia dla UE – 560). W 2022 roku liczba ta zwiększyła się do 703 samochodów na 1000 mieszkańców.⁸

Obecność tak dużej liczby samochodów wymaga dostępności **infrastruktury drogowej** dla transportu samochodowego, w tym dróg, pasów dla pojazdów elektrycznych, mostów, tuneli, świateł drogowych⁹, znaków drogowych, miejsc parkingowych¹⁰, stacji ładowania i systemów zarządzania ruchem, które powinny być dostępne na terenie całego kraju, w tym również w miastach. Obecnie od 35% do 50% powierzchni miast jest przeznaczona do obsługi ruchu drogowego (na sieć dróg i parkingi) (Rodrigue, 2024). Poza infrastrukturą drogową, która jest kręgosłupem transportu samochodowego, istotnymi elementami są rozwiązania pozwalające na śledzenie ruchu pojazdów i sterowanie przepływem w postaci: sieci kamer monitoringu, detektorów ruchu, czujników drgań, czujników temperatury, czujników monitorowania powietrza (np. CO₂ w tunelach) oraz niskoenergetyczna bezprzewodowa sieć sensorowa (ang. *wireless sensor network*, WSN) wspomagająca możliwości.

Elementem składowym systemu infrastruktury miejskiej, który zyskuje na znaczeniu, są również **punkty przesiadkowe**, pełniące rolę węzłów komunikacyjnych. W tych miejscach mieszkańcy mogą pozostawić indywidualne środki transportowe i przesiąść się na środek transportu zbiorowego (autobus, kolej) lub zamienić spalinowy środek transportu na bardziej ekologiczny (rower, hulajnoga).

Infrastruktura parkingowa jest krytycznym, ale często pomijanym elementem dostępności transportowej. Inteligentne miasta wdrażają cyfrowe rozwiązania parkingowe, aby rozwiązać problemy związane z tradycyjnymi systemami. Technologie inteligentnego parkowania, w tym aplikacje informujące w czasie rzeczywistym o dostępności miejsc parkingowych, zautomatyzowane systemy parkingowe i modele dynamicznej wyceny, zmniejszają czas poszukiwania miejsc parkingowych i promują zmiany w zachowaniach zgodne z celami zrównoważonego transportu.

Ze względu na rosnący udział pojazdów elektrycznych wymagana jest rozbudowa **sieci stacji ładowania**. Miasta takie jak Amsterdam i Oslo pioniersko realizują partnerstwa publiczno-prywatne w celu rozszerzenia infrastruktury ładowania EV, zapewniając równy dostęp w obszarach miejskich i podmiejskich. W inteligentnych miastach sieci ładowania są zintegrowane z odnawialnymi źródłami energii

8 Do tego należy dodać, że średni wiek samochodów, które jeżdżą po polskich drogach, przekracza 15 lat, przy średniej niemal 12 lat dla całej UE (Leśniak, 2022).

9 Efektem połączenia aktywności czujników mierzących przepływ samochodów może być zarządzanie sygnalizacją świetlną tak, że tworzony jest efekt zielonej fali, usprawniający płynność ruchu drogowego (optymalizacja) w mieście.

10 Reprezentacją są wielopoziomowe parkingi podziemne zjazdowe lub nadziemne autonomiczne typu *lift*, obsługiwane przez system suwnic i dźwignic oraz czujniki parkowania umieszczone w podłożu przestrzeni przeznaczonej pod parking, informujące o tym, czy dane miejsce jest wolne, czy zajęte, dzięki spięciu z aplikacją.

i zarządzane za pomocą platform cyfrowych, które optymalizują harmonogramy ładowania i wykorzystanie sieci.

W inteligentnych miastach infrastruktura niezbędna do realizacji podróży i przemieszczania ładunków jest coraz częściej integrowana z technologiami cyfrowymi, aby zwiększyć efektywność, zrównoważony rozwój i komfort użytkowników (Cohen, 2012b). Obecnie planowanie i zarządzanie infrastrukturą coraz bardziej opiera się na danych.

Informacja i technologie informacyjne znajdują się obecnie w centrum rozwoju, są jednym z najważniejszych, jeśli nie najważniejszym czynnikiem rozwoju cywilizacyjnego (Dąbrowska i in., 2009). Internet, przenikający niemal wszystkie sfery życia człowieka XXI wieku, skutkuje zmianami jakościowymi w codziennej rzeczywistości. Zatem inteligentne miasta wykorzystują infrastrukturę informatyczną oraz inteligentne systemy do zbierania danych, które następnie są podstawą zarządzania ruchem w mieście. Rozwiązania oparte na urządzeniach pracujących w konfiguracji Internetu rzeczy (IoT)¹¹ umożliwiają zbieranie danych, a następnie (po ich przetworzeniu) wysyłanie komunikatów o wykonalności działań przez inne urządzenia. Cały proces, dzięki zastosowaniu odpowiedniego oprogramowania, może być realizowany automatycznie. Ilość i szybkość przetwarzania możliwa jest dzięki zintegrowanemu systemowi urządzeń oraz oprogramowaniu, coraz częściej opartemu na algorytmach sztucznej inteligencji (AI). Analiza dużych zbiorów danych w czasie rzeczywistym pozwala optymalizować ruch w mieście i redukować korki.¹²

Liczba samochodów na świecie, w tym w Polsce, stale rośnie, co wpływa nie tylko na infrastrukturę drogową i zarządzanie nią w skali miasta, ale także na codzienne aktywności mieszkańców. Dominacja transportu w obszarach miejskich prowadzi do znacznych wyzwań, takich jak: korki, wypadki, hałas, zanieczyszczenia gleby i powietrza, nieodwracalne zajęcia terenu i nieefektywne wykorzystanie przestrzeni (Mężyk & Zamkowska, 2019). W miarę jak miasta przechodzą transformację w kierunku inteligentnych miast, integrując zaawansowane technologie i zasady zrównoważonego rozwoju, ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu samochodowego muszą się dostosować do tych priorytetów.

Miasta wymagają „transportu miejskiego wysokiej jakości”, którego nie można jednak uzyskać bez „polityki zrównoważonego rozwoju transportu”, zgodnie z szeregiem dokumentów przyjętych przez Komisję Unii Europejskiej, w tym m.in.:

11 Inaczej Internet wszechrzeczy (*Internet of Everything* – IoE) lub wszechobecna łączność (*hyperconnectivity*) oznacza wzajemne połączenie unikatowych, wbudowanych urządzeń komputerowych. Oznacza to, że połączyć można dowolne urządzenia – nie tylko komputery, ale także różne rodzaje czujników i monitorów. Wzajemne połączenie wspomnianych urządzeń może się odbywać w ramach istniejącej infrastruktury internetowej, mamy tu zatem do czynienia niejako z podpięciem do dzisiejszego Internetu (Miller, 2016).

12 Przykładem takiego rozwiązania mogą być adaptacyjne światła drogowe, które dostosowują się w czasie rzeczywistym na podstawie gęstości pojazdów (Singapur i Barcelona).

Zieloną Księgą z 1996 roku o tytule „Sieć obywatelska”, Kartą Lipską z 2007 roku, Białą Księgą z 2011 roku o tytule „Europejska polityka transportowa do 2010: czas na podjęcie decyzji”, Zieloną Księgą z 2007 roku o tytule „W kierunku nowej kultury mobilności w mieście”, Komunikatem Komisji Europejskiej z 2009 roku o tytule „Plan działania na rzecz mobilności w miastach”, Strategią „Europa 2020” z 2010 roku, Białą Księgą z 2011 roku o tytule „Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu”, Pakietem Mobilności z 2013 roku, Europejską strategią na rzecz mobilności niskoemisyjnej z 2016 roku, agendą miejską o tytule „Pact of Amsterdam” z 2016 roku oraz Kartą Lipską z 2019 roku (aktualizacja tej z 2007).

Priorytety unijnej polityki transportowej w tym zakresie są znane. Należą do nich między innymi:

- racjonalizacja użytkowania pojazdów indywidualnych,
- zwiększenie atrakcyjności transportu zbiorowego,
- zastosowanie nowych inteligentnych technologii w środkach transportu oraz infrastrukturze,
- wymiana „dobrych praktyk” w kwestii lepszego wykorzystania istniejącej infrastruktury miast (Jaroszyński & Chłąd, 2015).

Zrównoważony rozwój jest kluczowym elementem koncepcji inteligentnego miasta. Wpływ transportu samochodowego na środowisko, w tym emisję gazów cieplarnianych i efekty miejskiej wyspy ciepła, wymaga przejścia na pojazdy niskoemisyjne i zrównoważone praktyki w zakresie mobilności. W tym celu w inteligentnych miastach coraz częściej stosowane są polityki mające na celu zmniejszenie do nadmiernego korzystania z prywatnych pojazdów (opłaty za wjazd do stref i za parkowanie) oraz promujące usługi wspólnej mobilności (ekonomia współdzielenia). W celu pogodzenia imperatywu wolności przemieszczania się mieszkańców z kwestiami obniżenia poziomu kongestii, ekologizacji transportu i zwiększenia komfortu mieszkańców w realizacji podróży miejskiej, zarządzający miastami powinni prowadzić politykę zachęcającą do multimodalności, czyli łączenia różnych środków transportowych, w tym indywidualnych i zbiorowych. Dodatkowo w inteligentnych miastach, tam, gdzie jest to możliwe, powinny być włączane zasady Uniwersalnego Projektowania do efektywnego planowania transportu, zapewniając, że drogi, miejsca parkingowe i pojazdy są dostosowane do potrzeb wszystkich mieszkańców, w tym osób z niepełnosprawnościami.

W zgodzie z wytycznymi Unii Europejskiej przepisy polskiego prawa wskazują na szereg korekt i usprawnień w zakresie prowadzenia polityki transportowej w miastach oraz działań wykonawczych pod nazwą Krajowa Polityka Miejska (skrót KMP), której celem jest wzmocnienie zdolności miast i tworzenie miejsc pracy oraz poprawa jakości życia mieszkańców.

Reasumując, w przyszłości kluczowy wpływ na kształtowanie transportu w Smart City będą miały takie czynniki, jak: zwiększona potrzeba mobilności

mieszkańców, wzrost możliwości korzystania z rozwiązań multimodalności, powszechność trendu współdzielenia środków transportowych, cyfryzacja dostępu do informacji o możliwych sposobach przemieszczania się i transportu ładunków w czasie rzeczywistym oraz wzrost zapotrzebowania na wysokojakościową infrastrukturę transportową i niskoemisyjne środki transportu.

6.2. Smart Car, czyli cyfrowa transformacja samochodów

Technologia towarzyszy człowiekowi od zarania cywilizacji, przybierając różne formy reprezentacji, począwszy od pisma, poprzez maszyny wspierające ludzkie aktywności, a na komputerach i oprogramowaniu skończywszy. Artefakty cywilizacyjnej aktywności ostatnich dziesięcioleci wskazują na dominantę stosowania maszyn liczących, które stając się istotną składową ludzkiej aktywności, przyczyniają się do transformacji wielu obszarów.

Reprezentacją i przejawem takiego stanu rzeczy są rozwój i przeobrażenia w zakresie transportu. Stopień złożoności i zaawansowania technologicznego środków transportowych zmierzający w kierunku automatyzacji i ucyfrowienia sprawia, że świat maszyn może zyskać autonomię¹³, kojarzoną dotychczas jedynie z ludźmi. W tym obszarze rozważań pojawiają się terminy takie jak: automatyka, automatyzacja i autonomizacja, które choć brzmią podobnie i nawet mają wspólny morfem „auto” – z greckiego *autós* („sam”), wskazujący na „samodzielność” lub „działanie własne” i są połączone, to jednak ich znaczenie jest odmienne.

Mianowicie **automatyka** (ang. *automatic control*) jest dziedziną wiedzy, która zajmuje się możliwościami ograniczenia lub wyeliminowania udziału człowieka w czynnościach związanych ze sterowaniem różnorodnych obiektów fizycznych. Terminem *automatyka* określa się też potocznie zestaw (system) urządzeń technicznych (aparatów) przeznaczonych do samoczynnego sterowania np. procesem przemysłowym. W określeniu automatyki istotne jest podkreślenie samoczynności (braku lub ograniczenia udziału obsługi ludzkiej); „automatycznie” jest przeciwieństwem „ręcznie”, zwłaszcza [w stosunku] do pojęcia sterowania (Markowski i in., 1979). **System automatyczny** działa na podstawie wcześniej zdefiniowanych skryptów i algorytmów, a jego sposób działania jest przewidywalny dzięki temu, że dokonuje on wyboru różnego rodzaju opcji, które zostały wcześniej zdefiniowane i znany jest algorytm, zgodnie z którym taki wybór jest dokonywany. Jeżeli sposób postępowania nie będzie dostatecznie zdefiniowany, system automatyczny przestanie działać, oczekując na decyzję operatora (człowieka) (Pindelski, 2017).

13 Autonomia pochodzi od starogreckiego *autovomía* (αὐτονομία), oznaczającego możliwość stanowienia norm samemu sobie, samodzielność prawną. Współcześnie autonomia oznacza samodzielność i niezależność w decydowaniu o sobie w przypadku żywotnych jednostek indywidualnych. W odniesieniu do zbiorowości autonomia oznacza prawo do samostanowienia i samodzielnego rozstrzygania swoich spraw (Brańka, 2018).

Z kolei **automatyzacja** (ang. *automation*) jest procesem zarządzania odnoszącym się do ograniczania i zastępowania ludzkiej pracy działaniem samoczynnych maszyn, w tym coraz częściej na polu dotychczas zdominowanym przez człowieka, czyli w zakresie pracy umysłowej. Istotne jest to, że można wyróżnić poziomy automatyzacji – począwszy od jego braku, poprzez częściowe wsparcie pracy ludzkiej przez działania maszyn, aż po całkowite zastąpienie pracy człowieka (Lemański, 2020).

Natomiast **autonomizacja** jest niejako wbudowaniem „inteligencji” do maszyny, która powinna nie tylko wykonywać powtarzalne czynności za człowieka, ale również rozwiązywać problemy w oparciu o bazę wiedzy i algorytmy podejmowania decyzji. Autonomizację należy rozumieć jako automatyzację z dodanym ludzkim czynnikiem maszyny. System autonomiczny podejmie decyzję działania, nie czekając na ingerencję „z zewnątrz”. Granica między systemami jest jednak nieoczywista, tym bardziej że na etapie projektowania (programowania) można zdefiniować zestaw czynności, które powinien wykonać system automatyczny w opisanym wyżej przypadku (Pindelski, 2017).

Mimo bazy wskazań i przesłańek w literaturze przedmiotu nie istnieje jedna obowiązująca definicja pojazdu autonomicznego AV (ang. *autonomous vehicles*). Taki stan rzeczy jest pochodną obiektu dociekań ze względu na jego interdyscyplinarność. Inżynierowie mechanicy zajmujący się elementami konstrukcyjnymi, inżynierowie programiści odpowiadający za tworzenie algorytmów oraz badacze społeczni, w tym prawnicy, tworzą własne definicje. Wśród polskich badaczy zajmujących się tematyką autonomiczności definicja sformułowana przez Choromańskiego, Grabarkę, Kozłowskiego, Czerepickiego i Marczuka (2020) wskazuje, że „pojazd autonomiczny to taki, który posiada następujące cechy: kieruje samodzielnie, czasowo lub ciągle, tzn. eliminuje całkowicie lub częściowo udział kierowcy i pozwala na inteligentny wybór trasy (w zależności od celu podróży) oraz wykonanie manewrów (adekwatnych do aktualnej sytuacji na drodze)”. Z kolei przepisy prawa Dz.U.2024.1251 „Prawo o ruchu drogowym” art. 65k obowiązujące w Polsce wskazują, że „Ilekroć (...) jest mowa o pojeździe autonomicznym, należy przez to rozumieć pojazd samochodowy, wyposażony w systemy sprawujące kontrolę nad ruchem tego pojazdu i umożliwiające jego ruch bez ingerencji kierującego, który w każdej chwili może przejąć kontrolę nad tym pojazdem.” (Dz.U.2024.1251, 2024). Niezależnie jak na obiekt dociekań spojrzeć, zagadnienie jest obecnie jednym z głównych obszarów badawczych eksplorowanym przez badaczy¹⁴ i praktyków.

14 Dla przykładu w bazie Scopus, wpisując frazę „autonomous vehicles” otrzymaliśmy sumarycznie 105 290 publikacji (stan na 31.12.2024), najwięcej w obszarze inżynierii (76 tys. rekordów), informatyki (60 tys. rekordów) oraz matematyki (23,5 tys. rekordów). Największy przyrost publikacji naukowych z tego obszaru nastąpił w latach 2016–2024. W roku 2016 wydano 3479 publikacji na temat autonomicznych pojazdów, natomiast w 2024 było to już 13 849 publikacji.

Idea autonomizacji sięga czasów Leonarda da Vinci. Genialny artysta i konstruktor opracował model samobieżnego wózka¹⁵ już w XV wieku (około roku 1478). Ponad 500 lat później wizje o automatyzacji stały się rzeczywistością. Początkowo w latach 20. i 30. XX wieku eksperymentowano z pojazdami sterowanymi radiowo. W 1925 roku Francis Houdina zaprezentował „radiowo sterowany samochód” o nazwie „American Wonder” (Raviteja & Vedaraj, 2020). Rok później firma Chandler Motor Car dodała do tego rozwiązania antenę nadawczą na pojeździe, pozwalającą na odbieranie i wysyłanie sygnałów radiowych. W 1939 roku firma General Motors zaproponowała rozwiązania pola elektromagnetycznego w podłożu, po którym samochody mogłyby się poruszać.

20 lat później Radio Corporation of America skonstruowało prototyp samochodu sterowanego przewodami. W roku 1960 pracownicy Uniwersytetu Stanu Ohio badali potencjał samochodów sterowanych za pomocą urządzeń elektronicznych wbudowanych w jezdnię. Z kolei w latach 70. firma Bendix Corporation opracowywała model samochodu zasilanego i kontrolowanego przez kable doziemne z przydrożnymi transponderami komunikatów komputerowych. W latach 80., w ramach projektu ALV (*Autonomous Land Driven Vehicle*) realizowanego przez DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) udało się stworzyć pojazd łączący zastosowanie metody pomiarowej LIDAR (*Light Detection and Ranging*) wraz z techniką rozpoznawania obrazów (Pomerleau, 1989). W 1984 roku w Carnegie Mellon University stworzono pierwszy autonomiczny (ang. *autonomous vehicle* – AV) pojazd wyposażony w kamery i sterowany za pomocą algorytmów w ramach projektu Navlab. W latach 1987–1995 na Uniwersytecie Bundeswehry w Monachium Ernst Dickmanns wraz z pracownikami opracował pierwszy samochód autonomiczny z zaawansowanym systemem widzenia komputerowego. W 1998 roku pojawiło się po raz pierwsze rozwiązanie o nazwie ACC (*Adaptive Cruise Control*), odpowiedzialne za utrzymanie bezpiecznego odstępu pomiędzy poruszającymi się samochodami, zaproponowane przez Toyotę.

Od przełomu XX i XXI wieku nastąpiło przyspieszenie rozwoju pojazdów autonomicznych. Rozwijane przez lata cyfrowe technologie przetwarzania danych, lokalizacji i bezpieczeństwa zwiększyły swoje oddziaływanie dzięki integracji i połączeniu w środkach transportowych. Tym samym coraz częściej na drogach miast zaczęły pojawiać się testowe autonomiczne samochody, zarówno producentów samochodów, jak i przedsiębiorstw z branży nowych technologii, stając się elementem życia mieszkańców miast. W roku 2009 firma Google wystartowała z projektem autonomicznego samochodu. Z kolei w 2011 roku General Motors

15 Mechanizm wózka o wymiarach 1,7 m wysokości i 1,5 m szerokości oparty był na rozprężaniu zwiniętych sprężyn (w podobny sposób działają współczesne nakręcane zabawki), które wprowadzały pojazd w ruch (Newman, 2018).

zapropował swój pojazd o nazwie Electric Networked Vehicle (EN-V). Rok później Volkswagen stworzył półautonomicznego pilota samochodowego wspomagającego kierowcę i zapobiegającego wypadkom o nazwie TAP (*Temporary Auto Pilot*).

Za pionierami w zakresie ucyfrowienia podążyło wiele przedsiębiorstw produkujących tabor transportowy. Mimo że obecnie autonomizacja obejmuje niemal wszystkie rodzaje transportu, czyli kołowy, szynowy, wodny i lotniczy, to najwięcej różnorodnych wdrożeń autonomicznych technologii widocznych jest w obszarze transportu drogowego; obejmują zarówno samochody osobowe, jak i ciężarowe.

Zgodnie z wytycznymi SAE International (dawniej *Society of Automotive Engineers*)¹⁶ podanymi w standardzie J3016 (SAE, 2021) istnieje sześć poziomów zaawansowania automatyzacji. Zgodnie z nimi organizacje regulacyjne, takie jak amerykańska agencja rządowa odpowiedzialna za regulacje i nadzór nad bezpieczeństwem ruchu drogowego NHTSA (NHTSA, 2024), wskazują na sześć poziomów autonomicznej jazdy – od poziomu 0 (bez automatyzacji) do poziomu 5 (pełna autonomia)¹⁷.

Tabela 6.1. Poziomy automatyzacji według standardu SAE i klasyfikacja stopnia autonomicznej jazdy według NHTSA (oparte na standardach SAE)

SAE International			NHTSA		
Poziom	Nazwa	Opis	Poziom	Rola człowieka	Rola pojazdu
0	Brak automatyzacji (<i>No Automation</i>)	Kierowca robi wszystko.	0	Pełna kontrola	Brak wsparcia
1	Wspomaganie kierowcy (<i>Driver Assistance</i>)	Automatyzacja jednego zadania (np. tempomat).	1	Kontrola z pomocą jednego systemu	Automatyzacja pojedynczego zadania
2	Częściowa automatyzacja (<i>Partial Automation</i>)	Automatyzacja kilku zadań (np. utrzymanie pasa + kontrola prędkości).	2	Nadzór i kontrola w razie potrzeby	Wykonywanie wielu zadań jednocześnie
3	Warunkowa automatyzacja (<i>Conditional Automation</i>)	Pełna kontrola w określonych warunkach, ale wymaga nadzoru kierowcy („ <i>standby</i> ”).	3	Gotowość do interwencji	Pełna automatyzacja w określonych warunkach

16 SAE to międzynarodowa organizacja *non-profit* skupiająca inżynierów, która tworzy standardy techniczne dla przemysłu motoryzacyjnego, lotniczego i komercyjnego transportu. SAE opracowuje wytyczne, które pomagają w standaryzacji technologii i procesów, w tym dotyczące autonomizacji pojazdów.

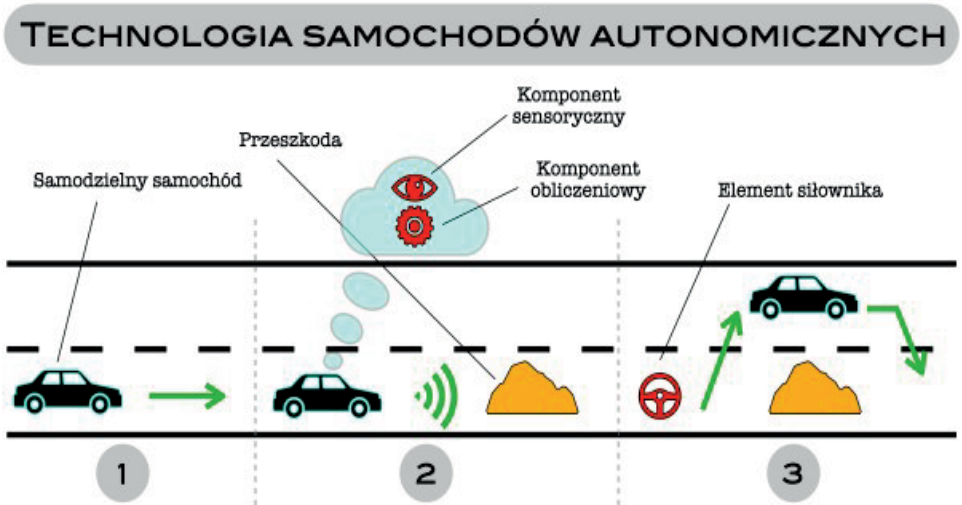
17 Podobnie niemiecki BAST (*Bundesanstalt für Straßenwesen* – Federalny Urząd Drogownictwa).

SAE International			NHTSA		
Poziom	Nazwa	Opis	Poziom	Rola człowieka	Rola pojazdu
4	Wysoka automatyzacja (<i>High Automation</i>)	Pełna kontrola w określonych warunkach bez potrzeby ingerencji człowieka.	4	Pasażer w wybranych warunkach	Samodzielna jazda w ograniczonym zakresie
5	Pełna automatyzacja (<i>Full Automation</i>)	Samodzielna jazda w każdych warunkach, człowiek jest wyłącznie pasażerem.	5	Pasażer w każdych warunkach	Pełna automatyzacja we wszystkich scenariuszach

Źródło: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (SAE, 2021).

Obecnie samochody są już nie tylko urządzeniami mechanicznymi. W branży motoryzacyjnej dokonuje się dynamiczna transformacja, integrująca mechanikę ze współczesnymi osiągnięciami cyfrowymi. Dzięki wzbogaceniu rozwiązaniami pozwalającymi na zbieranie i przetwarzanie informacji oraz podejmowanie decyzji, pojazdy stają się nośnikami nowych technologii. **Smart Car** – czyli inteligentne samochody, to takie, które zapewniają inteligentną komunikację, diagnostykę, jazdę i rozrywkę.

Rysunek 6.1. Atuty wykorzystania technologii pojazdów autonomicznych



Źródło: (Facts & Reasons, 2020).

Etykietowanie samochodu terminem **autonomiczny** wiąże się z tym, że taki pojazd musi być wyposażony w szereg zaawansowanych technologii, które umożliwiają mu realizację wskazanych funkcji, w tym samodzielne poruszanie się bez potrzeby interwencji człowieka, w tym zarówno infrastruktury mechanicznej, jak i oprogramowania. Wobec możliwych sześciu poziomów automatyzacji stosowane są dwa podejścia do sterowania przemieszczaniem, które może odbywać się poprzez wgranie oprogramowania pozwalającego na przemieszczanie się pojazdu niezależnie od warunków drogowych lub przemieszczanie się samochodu zależne od środowiska zewnętrznego (infrastruktury zewnętrznej dostarczającej dane).

Należy przy tym dodać, że oprogramowanie w pojazdach autonomicznych można modyfikować poprzez wgranie nowszych wersji, modułową¹⁸ wymianę czujników i elementów wykonawczych. W skład architektury systemowej w pojazdach autonomicznych wchodzi (Kamiński, 2021):

- warstwa 1 – pojazd z urządzeniami fizycznymi zapewniającymi połączenie z innymi warstwami architektury oraz system operacyjny z urządzeniami wykonawczymi zapewniającymi możliwość kierowania pojazdem;
- warstwa 2 – sieciowa wraz z urządzeniami fizycznymi (czujniki radarowe, mikrofalowe i ultradźwiękowe oraz kamery i lidary) oraz skojarzone z nimi mechanizmy logicznego przetwarzania informacji na poziomie sprzętowym;
- warstwa 3 – usług realizowanych przez aplikacje w celu gromadzenia, przetwarzania i przechowywania informacji związanych m.in. z pokonywanymi przez pojazd trasami przejazdu, natężeniem ruchu drogowego, infrastrukturą drogową i dostępnością miejsc parkingowych;
- oraz warstwa 4 – zawierająca treści niezbędne do funkcjonowania i doskonalenia (procesu uczenia) systemów autonomizujących pojazd, związane z obrazem i dźwiękiem oraz metadanymi, znacznikami treści i innymi niezbędnymi informacjami.

Współczesne pojazdy autonomiczne poza swoistą strukturą mechaniczną wymagają różnych systemów sensorycznych, obliczeniowych i komunikacyjnych¹⁹. Kluczowymi rozwiązaniami, które powinny być umieszczone w autonomicznych pojazdach, są:

- czujniki (sensory), takie jak: kamery, lidary, radary, ultradźwiękowe czujniki inercjalne oraz jednostki pomiarowe (IMU);
- maszyny przetwarzania danych wyposażone w systemy obliczeniowe, takie jak: komputery pokładowe (ECU – *Electronic Control Unit*), algorytmy

18. Podejście modułowe sprawia, że na rynku będzie mogło funkcjonować więcej firm specjalizujących się w produkcji komponentów oraz możliwe będzie tworzenie rozwiniętych platform wokół produktu (samochodów).

19. Samochody z poziomów 4 oraz 5 autonomizacji szczególnie zaawansowanych.

sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego (ML) oraz algorytmy przetwarzania obrazu;

- rozwiązania infrastrukturalne oraz oprogramowanie umożliwiające komunikację (IoT – *Internet of Things*) pojazdu z innymi użytkownikami drogi, w tym rozwiązania wsparcia w zakresie transferu danych (technologia 5G i w przyszłości 6G);
- oprogramowanie do nawigowania i sporządzania map w HD (*High-Definition Maps*);
- systemy zarządzania energią;
- systemy bezpieczeństwa w ruchu, w tym systemy hamulcowe i redundantne systemy krytyczne (podwójne układy sterowania, zasilania);
- systemy bezpieczeństwa cybernetycznego celem ochrony przed atakami hakerskimi;
- oraz systemy wspomagania kierowcy (ADAS).

Podstawowym elementem składowym pojazdów autonomicznych są czujniki (nazywane zamiennie sensorami), będące odpowiednikiem ludzkich zmysłów (trzymając się personifikacyjnego podejścia humanizującego samochód). **Czujnik w samochodzie** to urządzenie elektroniczne, które monitoruje parametry pojazdu lub jego otoczenia i dostarcza dane do systemów sterujących. Zasada pracy czujnika opiera się na trzech fazach. Pierwszą jest pomiar wybranego parametru (temperatura, prędkość, odległość, ciśnienie). Następną fazą jest przetwarzanie zebranych danych na sygnały elektryczne, które w fazie trzeciej są przesyłane do jednostki sterującej (ECU – *Engine Control Unit*). Jednostka ta, wykorzystując oprogramowanie, przeprowadza obliczenia i zgodnie z otrzymanymi wynikami oraz wskazaniem decyzji wykonawczych podejmuje odpowiednie działania, poprzez wskazanie reakcji do urządzeń mechanicznych (np. aktywacja hamulców). W samochodach montowane są czujniki w silnikach (czujnik temperatury płynu chłodzącego, czujnik położenia wału korbowego, czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym), czujniki bezpieczeństwa (ABS monitoring prędkości obrotowej kół, czujniki poduszek powietrznych – wykrywające nagłe przeciążenia, oraz czujniki martwego pola – wspierające widoczność kierowcy obszaru dla niego niewidocznego), czujniki komfortu i otoczenia (czujniki deszczu, światła i parkowania) oraz tak charakterystyczne dla autonomicznych samochodów czujniki otoczenia (ADAS) w postaci kamer, lidarów i radarów. Wymogi stawiane czujnikom obejmują: szybkość przekazywania informacji, zasięg czujnika wyznaczający obszar pracy związany z poborem danych, przepustowość podłączenia do komputera pokładowego oraz wiarygodność przekazywanej informacji.

Podróż realizowana przez pojazd autonomiczny powinna być bezpieczna. By ten warunek był spełniony, niezbędne są informacje z otoczenia, zbierane

dzięki czujnikom rozmieszczonym w pojeździe, z których każdy ma określony zakres zastosowania²⁰. **Kamery**, będące urządzeniami optoelektronicznymi w pojazdach autonomicznych, pełnią funkcję zbliżoną do ludzkiego oka, służąc do obserwacji i interpretacji obiektów na drodze. Praca kamery oznacza, że światło przechodzące przez obiektyw kamery jest każdorazowo rejestrowane w postaci obrazów składających się z światłoczułych pikseli, najczęściej w technologii CMOS (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*). Informacja o stanie pixeli jest odczytywana w przyjętych odstępach czasu i przekazywana do konwertera sygnału analogowo-cyfrowego ADC (*Analog to Digital Converter*), przy czym im większa jest częstotliwość odczytu obrazu, tym większa precyzja w zakresie określania pozycji pojazdu i obiektów wokół niego. Dostępny cyfrowy sygnał obrazowy jest przekazywany do procesora obrazu DSP (*Digital Signal Processing*), którego zadaniem jest odfiltrowanie zniekształceń, korekcja i wyostrzenie obrazu. Po przepracowaniu sygnał obrazowy jest przekazywany do komputera pokładowego.

Pełny zakres (360°) jest możliwy dzięki odpowiedniemu rozmieszczeniu urządzeń (Khvoynitskaya, 2020). Kamery stosowane w pojazdach autonomicznych dzielimy na bliskiego zasięgu (kilka metrów), wspomagające np. parkowanie, średniego zasięgu (do 100 m), pozwalające na wykrywanie pasów, oznaczeń na drodze i sylwetek pieszych, oraz dalekiego zasięgu (od 100 m), pozwalające na identyfikację znaków drogowych oraz elementów infrastruktury w przestrzeni, w której porusza się pojazd. Kamery są doskonałym narzędziem, jednak nie zawsze działają poprawnie przy zmiennych warunkach pogodowych (mgła, deszcz, śnieg). Algorytm rozpoznający obiekty może ponadto napotkać problem w momencie, gdy kolory obiektów w tle są zbliżone lub gdy zachowany jest mały kontrast (z tego powodu na pasach zagrożone są osoby ubrane w kolorach podobnych do tła, po którym się poruszają), dlatego wspomagająco w pojazdach autonomicznych pracują lidary i radary, które mają szerszą skalę działania niż kamery.

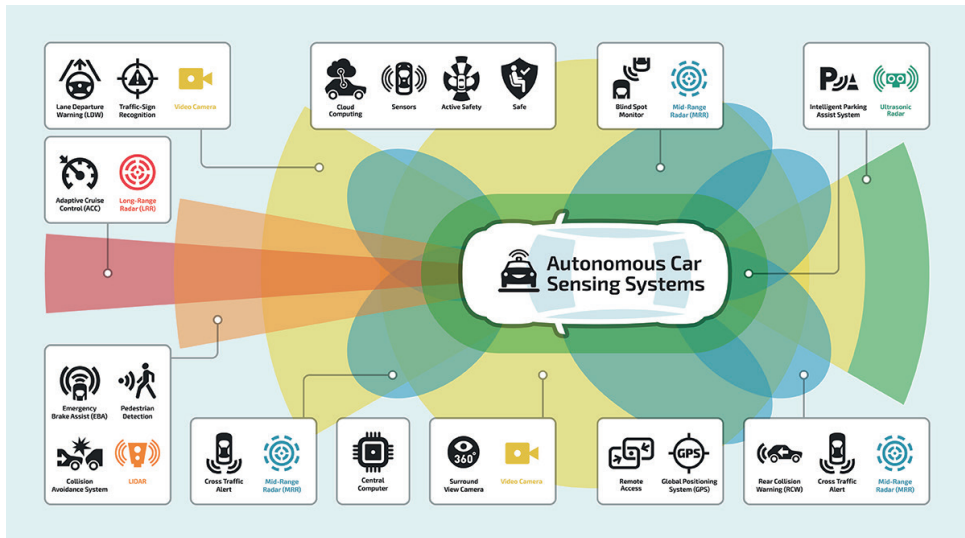
Lidar (ang. *Light Imaging Detection And Ranging*) należy do tzw. grupy technologii kosmicznych, czyli pierwotnie stworzonych na potrzeby misji kosmicznych przez NASA. Terminem tym określa się najczęściej urządzenia bazujące na detekcji obrazu, które pozwalają wykrywać obiekty oraz określić ich wielkość i dokładne rozmieszczenie. W zależności od metody pozyskiwania cyfrowego obrazu lidary dzieli się na: skanujące, które mają elementy ruchome, ale w jednej fazie mogą obserwować jeden obiekt, i obserwujące, które podświetlają jednocześnie wszystkie obiekty znajdujące się w polu widzenia.

20 Obecne pojazdy zautomatyzowane używają technologii opartej na jednej z metod (np. Canny'ego, Zhanga, Prewitta) wykrywania krawędzi (*Edge detection*), by znajdować oznakowanie drogowe pionowe i poziome (Zawodny, 2020).

Zasada działania lidarów opiera się na zdalnym pomiarze czasu odbicia wiązki impulsów świetlnych²¹ wysłanych z nadajnika laserowego i jego powrotu do odbiornika skanera. Na podstawie czasu powrotu i prędkości światła obliczana jest odległość od obiektu. Wysyłane i odbite wiązki tworzą chmury punktów, które służą do tworzenia szczegółowych cyfrowych reprezentacji powierzchni topograficznych w 3D (Abohassan & El-Basyouny, 2024). Na podstawie analizy intensywności odbitego światła oraz czasu jego rejestracji przez odbiornik DSP określana jest odległość od obiektu i jego położenie w przestrzeni.

Stosowanie technologii lidarów jest powszechne w geodezji, archeologii, budownictwie i meteorologii. Wykorzystanie lidarów jest również widoczne w branży transportowej. Dane pobrane przez lidar i przetworzone przez system umożliwiają konstruowanie pełnej mapy (360°) wokół modelu pojazdu, wraz z obrazem 3D ścieżki przed samochodem, wskazując potencjalne obiekty, takie jak drzewa, ludzie lub ściany. Wczesne ich wykrycie pozwala na szybszą reakcję i niedopuszczanie do kolizji. W samochodach autonomicznych (Sun i in., 2024) stosowanie lidarów wynika z atutów tych urządzeń – precyzyjnych pomiarów, możliwości pracy zarówno w dzień, jak i w nocy, oraz szybkości zbierania danych (Neumann, 2024). Z kolei z racji tego, że długość fali w urządzeniach pracuje w zakresie mikrometrów (obecnie 905 nm, ale mogą później przejść na 1500 nm), lidar nie może mierzyć dużych odległości. Ponadto specyfika pracy w oparciu o fale świetlne, które mogą podlegać załamaniu, wyklucza lidar jako urządzenie do wykrywania obiektów w deszczu. Krople deszczu, identyfikowane jako obiekty, dają błędny wynik. Dlatego w samochodach autonomicznych stosowane są również inne urządzenia (wśród nich urządzenie typu radar), których długość fali wynosi od 30 cm do 3 mm, i które mogą dokonywać pomiarów prędkości na krótkich (24 GHz) i długich (76 GHz) dystansach, pracując przy tym w deszczu.

21 W lidarze światło jest 1 000 000 razy szybsze niż dźwięk.

Rysunek 6.2. Ekosystem sensorów w pojazdach autonomicznych

Źródło: (Altium, 2019).

Radar jest urządzeniem, które za pomocą wysyłanych fal radiowych pozwala wykrywać obiekty, ich położenie oraz prędkość w czasie rzeczywistym. Zasada jego działania opiera się na odbiciu fali elektromagnetycznej wysłanej przez nadajnik dużej mocy od przedmiotów, które napotka na swojej drodze, i odebraniu sygnału przez odbiornik. Odległość, jaką pokonała fala świetlna, jest liczona na podstawie czasu, po jakim wyemitowana fala powróciła.

Podczas gdy aplikacje radarowe bliskiego zasięgu SRR (*Short Range Radar*) z kątem widzenia 160°, pracujące w zakresie kilku centymetrów (z zegarem 24 GHz), ułatwiają parkowanie, czujniki radarowe dalekiego zasięgu LRR (*Long Range Radar*) z kątem widzenia 30° pracują nawet do 250 m odległości (z zegarem 77 GHz), obejmując automatyczne sterowanie odległością i wspomaganie hamowania. Są jeszcze radary średniego zasięgu MRR (*Medium Range Radar*), które są w stanie wykryć obiekty w odległości do 100 m od pojazdu, z kątem widzenia 90°, wspomagające kierowcę przy zmianie pasa ruchu – wykrywając obiekty w „martwej strefie”. W przeciwieństwie do kamer, systemy radarowe zwykle nie mają problemów z identyfikacją obiektów we mgle lub w deszczu (Kocic i in., 2018).

Autonomiczny transport opiera się na czujnikach analizujących otoczenie. Jednakże same czujniki nie wystarczą. Dopiero strumień danych zebrane przez czujniki są istotnym zasobem dla jednostek obliczeniowych w postaci komputerów pokładowych ECU (*Electronic Control Unit*) umieszczonych w pojazdach.

Taka elektroniczna jednostka sterująca odpowiada za sterowanie różnymi funkcjami i systemami pojazdu.

Po pierwsze – łącząc dane pozyskane z lidarów, radarów, kamer, GPS, i ultradźwięki tworzy kompleksowy obraz otoczenia pojazdu dzięki tzw. fuzji sensorycznej.

Po drugie – zarządza układem napędowym w postaci przyspieszania, hamowania i sterowania kierunkiem jazdy.

Po trzecie – pozwala kontrolować systemy bezpieczeństwa, takie jak hamulce, trakcja, tempomat oraz systemy wspomagania pasa ruchu.

Po czwarte – obsługuje funkcje wykrywania błędów i działań zapobiegających zagrożeniom.

I wreszcie po piąte – służy jako centralny węzeł dla komunikacji w pojazdach autonomicznych (np. **V2V** – *Vehicle-to-Vehicle*, **V2I** – *Vehicle-to-Infrastructure*).

W pojazdach autonomicznych mogą występować różne rodzaje ECU, dedykowane do poszczególnych funkcji:

- ADCU (*Autonomous Driving Control Unit*) – jednostka sterująca autonomicznym prowadzeniem,
- TCU (*Telematics Control Unit*) – zarządza komunikacją i łącznością z siecią,
- BCM (*Body Control Module*) – steruje funkcjami nadwozia, takimi jak oświetlenie czy centralny zamek,
- PCM (*Powertrain Control Module*) – zarządza silnikiem i układem napędowym.

By sprawnie funkcjonować, elektroniczna jednostka sterująca ECU potrzebuje nie tylko dużych ilości danych dostarczanych w czasie rzeczywistym, ale również technologii wsparcia, w postaci generatywnych algorytmów (ang. *Artificial Intelligence* – AI)²² wspieranych technologiami uczenia maszynowego (ang. *Machine Learning* – ML)²³ oraz możliwościami tworzenia i zarządzania dużymi zbiorami danych (ang. *Big Data* – BD)²⁴ z wykorzystaniem chmury obliczeniowej (ang. *Cloud*

22 Algorytmy SI analizują dane z czujników i kamer w czasie rzeczywistym w celu rozpoznania i klasyfikacji obiektów. Dotyczy to identyfikacji pojazdów, pieszych, znaków drogowych i oznakowania drogowego, co umożliwia systemom odpowiednie reagowanie. Po przeprowadzonej analizie zgodnie ze strukturą algorytmu I w oparciu o dane historycznie wspierają lub podejmują decyzje. Decyzje te obejmują wydawanie ostrzeżeń, inicjowanie automatycznych interwencji lub dostosowywanie parametrów pojazdu w celu zapewnienia bezpieczeństwa i efektywności.

23 Aby samochód był w stanie poradzić sobie w 95% sytuacji, musi przejechać prawidłowo ok. 400 mln km. Wymagane jest przejechanie kilku milionów mil, aby pojazd był o 10–20% bezpieczniejszy od człowieka (Kaufman, 2020). Celem zwiększenia szybkości uczenia pojazdu autonomicznego możliwe jest częściowe zastąpienie jazdy realnej symulacjami. Przykładem mogą być rozwiązania: CNN (Convolutional Neural Networks), RNN (Recurrent Neural Networks).

24 Big Data jako duże dane do analizowania, których liczbę należy maksymalizować w celu wydobywania wartości informacyjnych. Big Data charakteryzują atrybuty: objętość (*volume*), różnorodność (*variety*), szybkość przetwarzania (*velocity*) oraz zmienność (*variability*) i złożoność (*complexity*) (Tabakow, Korczak i Franczyk, 2014).

Computing)²⁵. Zwiększone moce obliczeniowe, w połączeniu z czujnikami, jednostkami obliczeniowymi i jednostkami wykonawczymi umożliwiają bieżącą analizę stanu pojazdu i warunków na drodze oraz sprawne podejmowanie autonomicznych decyzji.

Pozyskanie danych i ich przetworzenie pozwala na realizację interakcji jednostki autonomicznej z innymi obiektami w jednym z poniższych wariantów:

- V2V (*Vehicle to Vehicle*) – możliwość wymiany informacji bezpośrednio między pojazdami poruszającymi się w niedużej odległości od siebie;
- V2I (*Vehicle to Infrastructure*) – wymiana informacji między pojazdem a infrastrukturą miejską i drogową. Infrastruktura ta może być tutaj rozpatrywana jako system pośredniczący w wymianie informacji między pojazdami. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, w których pojazdy nie widzą się bezpośrednio (NLOS – *Non-Line-of-Sight*);
- V2N (*Vehicle to Network*) – oznacza komunikację między pojazdem a siecią. W zasadzie ten tryb można rozpatrywać jako odmianę lub rozszerzenie trybu V2I, inaczej mówiąc, dane przesyłane do inteligentnej infrastruktury mogą być np. dalej przekazywane do sieci, gdzie gromadzone są w różnych celach;
- V2P (*Vehicle to Pedestrian*) – w tym przypadku zakłada się komunikację między pojazdem a pieszym;
- V2X (*Vehicle-to-Everything*) – systemy komunikacji pojazdów między sobą, z infrastrukturą i pieszymi, w czasie rzeczywistym.

W warstwie technologicznej w ostatnich latach można zaobserwować konkurencję dwóch standardów bezprzewodowej komunikacji w warstwie transmisji danych między pojazdami i infrastrukturą: ITS-G5, inaczej zwane DSRC, oraz C-V2X.

Rozwiązanie **ITS-G5** jest bezprzewodową technologią komunikacji krótkiego zasięgu, dostosowaną do komunikacji V2V (pojazd–pojazd), pozwalającą na bardzo szybkie przesyłanie małych ilości danych. Stanowi rozszerzenie ogólnego standardu Wi-Fi, który został zmodyfikowany i zoptymalizowany do pracy w dynamicznym środowisku motoryzacyjnym (Turley i in., 2018). Służy do bezpośredniej komunikacji między poruszającymi się pojazdami i nie zależy od utrzymania danych w chmurze²⁶ ani infrastruktury komórkowej (Elinoff, 2019).

25 Współczesne systemy technologii informacyjno-komunikacyjnych współdziałają z otoczeniem. Internet rzeczy i Smart City wymuszają zmianę architektury systemów. Duża liczba urządzeń połączonych z Internetem oraz duże ilości danych muszą być gromadzone, przechowywane, efektywnie analizowane w celu dalszego wykorzystania i podjęcia decyzji. Podstawowym środowiskiem wdrożenia rozwiązań Smart City są właśnie chmury obliczeniowe. Modele chmury obliczeniowej: oprogramowanie jako usługa SaaS (ang. *Software-as-a-service*), platforma jako usługa Paas (*Platform-as-a-service*) oraz infrastruktura jako usługa IaaS (*Infrastructure-as-a-service*). (Monarcha-Matlak, 2015).

26 Zwyczajowe określenie dla terminu *chmura obliczeniowa*.

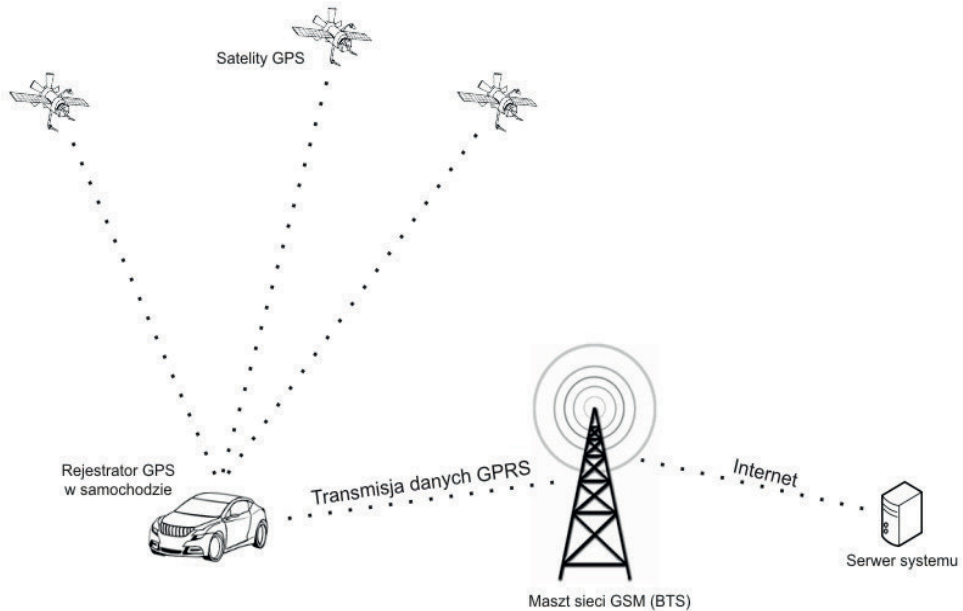
Z kolei technologia **C-V2X**, wpisująca się w obszar inteligentnego systemu transportowego (ITS – *Intelligent Transport Systems*), a w szerszym kontekście w obszar tzw. inteligentnych miast (oparta na sieci komórkowej 4G lub 5G), odnosi się do połączenia komórkowej komunikacji bliskiego i dalekiego zasięgu (Autotalks i in., 2018). Definiuje dwa tryby transmisji, które łącznie umożliwiają szeroki zakres zastosowań. Direct C-V2X obejmuje komunikację pojazd–pojazd (V2V), pojazd–infrastruktura (V2I) i pojazd–pieszy (V2P), zapewniając zwiększony zasięg komunikacji i niezawodność w specjalnym paśmie ITS 5,9 GHz, niezależnym od sieci komórkowej.

Obie technologie mają swoich zwolenników w największych firmach z branży motoryzacyjnej: Volkswagen i Renault promują ITS-G5, Daimler, Ford i PSA Group (Peugeot) aktywnie działają na rzecz C-V2X. W Chinach i Stanach Zjednoczonych rozwijana jest technologia C-V2X, natomiast w Europie preferuje się ITS-G5 (Ahmad, 2018). Niektóre środowiska branżowe, w tym 5GAA (*5G Automotive Alliance*), opowiadają się za współlistnieniem technologii łączności C-V2X i ITS-G5 w paśmie 5,9 GHz (5GAA, 2018). Systemy łączności pojazdów mogłyby być przyjmowane w poszczególnych krajach osobno, zamiast ustanawiać standardy międzynarodowe (Ahmad, 2018).

Ważną kwestią dla rozwoju łączności między komunikującymi się pojazdami będzie sieć komórkowa piątej generacji, tzn. 5G²⁷ – umożliwiająca znaczne zwiększenie wielkości i szybkości przesyłu (Korzeniewska i in., 2019).

27 Sieć 5G (piąta generacja sieci komórkowej) to najnowszy standard technologii komunikacji mobilnej, który oferuje znacznie wyższą prędkość transmisji danych, mniejsze opóźnienia i większą pojemność w porównaniu z wcześniejszymi technologiami, takimi jak 4G LTE. Atuty sieci piątej generacji to: wyższa prędkość (nawet do kilku gigabajtów na sekundę), mniejsze opóźnienia (poniżej 1 milisekundy), większa pojemność sieci oraz większa energooszczędność, pozwalająca na dłuższy czas pracy urządzeń.

Rysunek 6.3. Uproszczony schemat działania systemu lokalizacji pojazdów w oparciu o transmisję danych GPRS



Źródło: (Navisoft, 2024).

Przebieg komunikacji pomiędzy pojazdem autonomicznym a resztą obiektów uzależniony jest od ustalenia lokalizacji pojazdu i pozostałych obiektów. Do niezbędnych rozwiązań stosowanych w pojazdach w tym zakresie zaliczyć należy **oprogramowanie**, które dzięki estymacji (szacowaniu) położenia agenta (pojazdu) w nieznanym środowisku rozwiązuje jednocześnie dwa problemy decyzyjne: nawigowanie i lokalizację samochodu autonomicznego (w tym: budowę baz danych map otoczenia drogi, porównanie lokalizacji na drodze opisanej w dostępnej mapie z bazą danych z aktualnymi danymi oraz lokalizację samochodu na drodze, dla której brak mapy). Z uwagi na to, że pojazd się porusza, w budowie map najważniejszą kwestią do rozwiązania są błędy pomiarowe.

Ze względu na obszar, w którym porusza się pojazd, stosuje się różne metody nawigacji. W jednym przypadku mogą do tego służyć urządzenia nawigacji satelitarnej (GNSS)²⁸, a w innym liczniki przebiegu i systemy wizualne. W systemach nawigacji satelitarnej, w celu zwiększenia dokładności pomiaru, mogą być stosowane naziemne stacje bazowe, które poprawiają pomiar pozycji pojazdu,

28 Globalny System Nawigacji Satelitarnej (GNSS) pozwala na lokalizację obiektu – pojazdu (urządzenia) na Ziemi poprzez trójkątność sygnału z satelitów na różnych orbitach.

umożliwiając lokalizację z dokładnością do kilku centymetrów. Wadą tego rozwiązania jest wrażliwość na odbicia sygnału od gęstej infrastruktury miejskiej, drzew, a także utrata sygnału w tunelach, kanionach, górach itp. Częściowo problem ten rozwiązuje integracja systemu GNSS z modułem nawigacji inercyjnej. Moduł ten dokonuje pomiaru prędkości kątovej bryły pojazdu i przyspieszeń liniowych z wykorzystaniem akcelerometru i natężenia pola magnetycznego Ziemi (magnetometr) (Kamiński, 2021).

Kolejną techniką lokalizacji poprzez pomiar i jednocześnie mapowanie jest SLAM (ang. *Simultaneous Localization and Mapping*) (Choromański i in., 2020). W odróżnieniu od GNSS, gdzie częstotliwość aktualizacji może mieścić się w zakresie 1–20 Hz, a dokładność odległościowa może wynosić kilka metrów, częstotliwość aktualizacji w SLAM wynosi 2 kHz, co sprawia, że trajektoria ruchu pojazdu może być w miarę szybko korygowana po każdej ocenie jego położenia w ramach zamkniętej pętli (Ainsalu, 2018). W codziennej praktyce oba rozwiązania stosowane są zamiennie lub łącznie, w zależności od pojazdu.

W dążeniu do autonomizacji wśród wielu technologicznych rozwiązań stosowanych obecnie w pojazdach pojawia się również system ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems*), który wykorzystuje różnorodne technologie, takie jak czujniki, kamery, radary czy lidary, aby zwiększyć bezpieczeństwo i komfort jazdy. System ten wspiera kierowcę w czasie rzeczywistym głównie na poziomach SAE 1–2, ostrzega, ale nie zastępuje człowieka. Kierowca jest aktywnym uczestnikiem jazdy, odpowiedzialnym za podejmowanie decyzji.

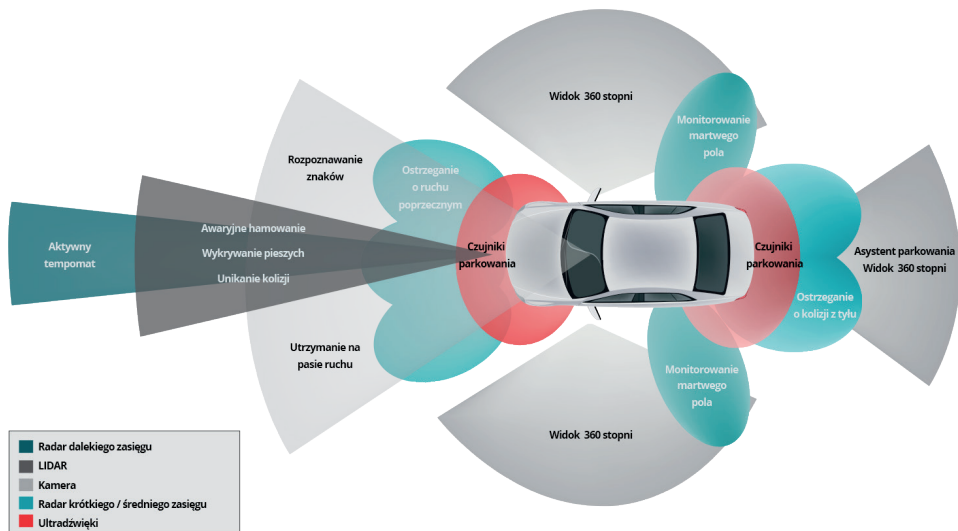
Działanie systemu osadza się na zbieraniu danych z otoczenia, ich analizie, porównaniu i interpretacji oraz generowaniu reakcji, która może przybrać formę ostrzeżenia dla kierowcy w postaci dźwięku/obrazu lub automatycznej ingerencji w sterowanie pojazdem. Dzięki rozwiązaniom takim jak:

- FCW (*Forward Collision Warning*) – ostrzeżenie przed kolizją z przeszkodą z przodu,
- LDW (*Lane Departure Warning*) – ostrzeżenie o niezamierzonym opuszczeniu pasa ruchu,
- BSD (*Blind Spot Detection*) – ostrzeżenie o pojazdach w martwym polu widzenia,
- AEB (*Automatic Emergency Braking*) – automatyczne hamowanie w celu uniknięcia kolizji,
- LKA (*Lane Keeping Assist*) – utrzymanie pojazdu na pasie ruchu poprzez korekty w kierowaniu,
- ACC (*Adaptive Cruise Control*) – automatyczne dostosowanie prędkości do warunków na drodze, utrzymujące bezpieczny dystans od pojazdu z przodu,
- TSR (*Traffic Sign Recognition*) – rozpoznawanie znaków drogowych,
- PA (*Parking Assist*) – automatyczne parkowanie pojazdu,

- DMS (*Driver Monitoring Systems*) – wykrywanie oznak zmęczenia lub rozproszenia kierowcy²⁹,

użytkownik pojazdu może czuć się bezpieczny. System ADAS ograniczony jest do pojedynczego pojazdu i ma jedynie funkcje dostosowane do wspomagania kierowcy w danym momencie (np. automatyczne hamowanie) oraz nie wymaga komunikacji z innymi pojazdami ani z infrastrukturą.

Rysunek 6.4. Oddziaływanie systemu ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems*)



Źródło: (ADAS, 2024).

Dzięki stosowaniu rozwiązań systemowych, takich jak ADAS, możliwe jest: zmniejszenie liczby wypadków drogowych³⁰, poprawa bezpieczeństwa kierowców, pasażerów i pieszych oraz redukcja stresu związanego z jazdą, szczególnie w trudnych warunkach. Niestety, są również ograniczenia, w tym: stosunkowo wysokie koszty instalacji i utrzymania systemu, ograniczona skuteczność w ekstremalnych

29 Zmęczenie kierowców jest jedną z głównych przyczyn wypadków drogowych na całym świecie (20–30% zgonów na autostradach). DMS wykorzystuje sensory i modele AI do monitorowania zachowania, uwagi oraz stanu fizycznego kierowcy podczas prowadzenia pojazdu. Najpopularniejsze funkcje to: wykrywanie braku rąk na kierownicy, oznaki senności i rozproszenia uwagi (np. rozmowa przez telefon) oraz brak zapiętych pasów bezpieczeństwa. Alerter dźwięku i świetlny umieszczony w kabinie wymusza zwiększoną koncentrację kierowcy i ostrzega w czasie rzeczywistym o potencjalnym zagrożeniu.

30 Coraz większa liczba pojazdów, nawet niższych klas, jest wyposażona w ten właśnie system. Według badań Euro NCAP (europejska instytucja prowadząca testy zderzeniowe pojazdów) umożliwia on uniknięcie 38% kolizji (Kamiński, 2021).

warunkach pogodowych (np. mgła, intensywne opady) oraz konieczność przeszkolenia kierowców w obsłudze zaawansowanych systemów.

W obszarze bezpieczeństwa samochodów autonomicznych istotne są nie tylko rozwiązania mechaniczne (układy hamulcowe) i prewencyjne monitorujące aktywność kierowcy, lecz również rozwiązania zabezpieczające przed kradzieżą aut i przeprowadzaniem zdalnych ataków terrorystycznych. Istotną kwestią w tym zakresie jest baczna analiza współpracy przedsiębiorstw już na etapie produkcji, w ramach struktur łańcuchów dostaw. Etapy projektowania i procesów produkcji komponentów/modułów powinny zabezpieczać potencjalne możliwości wystąpienia niebezpiecznych zdarzeń w trakcie eksploatacji końcowego produktu, jakim jest samochód. Związane jest to między innymi z powiązaniem pomiędzy technikami operacyjnymi OT (*Operational Technology*) a informatycznymi IT (*Information Technology*). Brak odpowiedniego poziomu zabezpieczeń systemów (OT) oraz odpowiednich narzędzi do monitorowania stanu ich pracy może mieć opłakane konsekwencje dla użytkowników samochodów. Jako główny powód takiej sytuacji postrzega się obecny model produkcji pojazdów przez OEM (*Original Equipment Manufacturer*) i producentów komponentów (tzw. TIER 1), w którym może dojść do przerywania ciągu zaufania. Związane jest to z modelem produkcji pojazdów opartym na podwykonawcach specjalizujących się w produkcji poszczególnych podzespołów. Za integrację i końcowy montaż w takim procesie odpowiedzialny jest końcowy producent – montownia. Ten model produkcji posiada słaby punkt: poszczególne podsystemy, obsługujące takie elementy jak: silnik, skrzynia biegów, wskaźniki, systemy układów hamulcowych, bezpieczeństwa, system multimedialny, radary i czujniki, są zarządzane przez różne systemy operacyjne. Wiąże się to z koniecznością zapewnienia właściwego poziomu wymiany informacji w całej infrastrukturze, co w rezultacie stawia poważne wyzwania w kwestii zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa w produkowanym pojeździe³¹.

By do takich sytuacji nie dochodziło, wymaga się od producentów zwiększonego zaangażowania w zakresie opracowywania bezpiecznych rozwiązań, odpornych na mogące zakłócić prawidłowe funkcjonowanie systemów czynniki zewnętrzne. Rozwiązaniem w tej sytuacji jest integracja wszystkich systemów, zwrócenie uwagi

31 Przykładem może być model współpracy produkcji OEM i podwykonawców – producentów komponentów (tzw. Tier) łańcucha dostaw pojedynczego reflektora produkowanego na potrzeby firmy Toyota. Na potrzeby tej firmy reflektory są produkowane przez dostawców Tier 1, a soczewki przez Tier 2. To, co obejmuje pozostałe elementy wnętrza, produkowane jest przez Tier 3 przy użyciu powłok produkowanych przez Tier4 i tak dalej... Podzespoły gumowe czy wsporniki muszą być produkowane i pozyskiwane od dostawców Tier 2. W wyniku rozwarstwienia produkcji poziomy łańcucha dostaw ulegają rozszerzeniu w miarę oddalania się od końcowego montażysty samochodów Toyota. W samym Tier 1 Toyota kupuje podzespoły i części od ponad 400 firm. W całym łańcuchu dostaw liczba podmiotów może sięgać 60 000. Dla zachowania właściwego poziomu jakości informacji, jakie Toyota przekazuje swoim podwykonawcom, oraz by nie doszło do nadużycia, bezpośrednie negocjacje mogą być prowadzone wyłącznie z dostawcami Tier 1, tak by nie stanowił nadużycia dominującej pozycji firmy Toyota (ToyotaTimes, 2024).

na oprogramowanie jako komponent o znaczeniu krytycznym, wymagający połączenia elementów łączności i bezpieczeństwa już na etapie projektowania i rozwoju samego produktu.

W kontekście transportu samochodowego w mieście i podróżach pomiędzy miastami istotne jest wykorzystanie oprogramowania nie tylko w pojedynczych pojazdach autonomicznych, które nie są w stanie w pojedynkę w pełni wykorzystać drżemącego w nich potencjału, jaki można uzyskać jedynie w przypadku połączenia i koordynacji wielu samochodów jednocześnie. Połączone autonomiczne pojazdy mogą koordynować swoje zachowanie podczas hamowania i przyspieszania, aby uniknąć tworzenia korków lub wypadków (Arieff, 2019). W tym celu proponowany jest zautomatyzowany system transportowy, zarządzany centralnie przez algorytm komputerowy, łączący pojazdy w ruchu drogowym, o nazwie **CAD** (*Connected Automated Driving*).

Działanie systemu opiera się na połączeniu czujników (takich jak: lidary, radar, kamery i czujniki ultradźwiękowe) systemów zbierania i przetwarzania danych, składowych technologii transferu danych 5G, systemów AI, systemów wspomagania kierowcy ADAS i technologii *cloud computing*. Dzięki wykorzystaniu synergii rozwiązań system ten łączy dwa kluczowe aspekty nowoczesnych technologii w pojazdach autonomicznych. Z jednej strony – jazdę połączoną (ang. *connected driving*), oznaczającą wymianę danych między pojazdami (V2V), infrastrukturą drogową (V2I), pieszymi (V2P) i innymi uczestnikami ruchu, oraz integrację pojazdu z otaczającym środowiskiem za pomocą zaawansowanych technologii komunikacyjnych, takich jak V2X (*Vehicle-to-Everything*), co pozwala na dostarczanie informacji o: sytuacjach drogowych, ruchu, pogodzie, korkach, zagrożeniach czy zmianach w infrastrukturze w czasie rzeczywistym. Z drugiej strony – jazdę zautomatyzowaną (ang. *automated driving*) w oparciu o systemy wspomagania kierowcy (ADAS) i zaawansowane algorytmy sztucznej inteligencji do podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym, tak by było możliwe automatyczne prowadzenie pojazdu, bez udziału kierowcy.

CAD to system pozwalający komunikować się samochodom osobowym z innymi samochodami osobowymi (Waymo lub Tesla Full Self-Driving), pojazdami ciężarowymi i dostawczymi, pojazdami transportu publicznego (takimi jak autobusy i minibusy), pojazdami współdzielonymi (takimi jak robotaksówki) i oferującymi usługi MaaS, pojazdami specjalistycznymi służb ratunkowych, pojazdami szynowymi, jednoślādami i małymi autonomicznymi pojazdami ostatniej mili oraz dronami. CAD dotyczy wyższych poziomów autonomii (według SAE 3–5), gdzie pojazd sam podejmuje większość decyzji lub prowadzi całkowicie autonomicznie dzięki kompleksowym danym. W rzeczywistym zastosowaniu występuje w ograniczonym zakresie na obszarach testowych, np. w Masdar City. Dzięki integracji jazdy połączonej i automatyzowanej możliwe jest wzmocnienie efektywności

ruchu drogowego (dzięki koordynacji przemieszczających się pojazdów i pracujących kamer), redukcja zużycia paliw i emisji spalin, poprawa komfortu jazdy użytkowników oraz bezpieczeństwa na drodze (dzięki możliwości przewidywania zagrożeń w czasie rzeczywistym i automatycznym systemom podejmowania decyzji, by uniknąć kolizji).

Choć pojazdy autonomiczne jeszcze nie występują na masową skalę w ruchu ulicznym, to samochody o częściowym stopniu automatyzacji poruszają się już po drogach publicznych i trwają testy ich coraz bardziej zautomatyzowanych wersji. Postępu w tym zakresie nie da się zatrzymać. Pojazdy autonomiczne, systemy pojazdów połączonych i platformy MaaS zmieniają już teraz transport samochodowy w inteligentnych miastach. Największymi pionierami w tym zakresie są Toyota i Bosch (współpracujący z Daimlerem). Inwestycje w obszarze autonomii rozpoczęły też największe koncerny motoryzacyjne. Daimler i BMW zadeklarowały 1,1 mld EUR na rozwój swoich usług w obszarze elektromobilności i autonomii, w sierpniu 2019 roku dołączyło do nich Audi (Automobilwoche, 2019). Podobne deklaracje złożyły wcześniej Ford i Volkswagen.

W lipcu 2022 w Europie został zalegalizowany poziom 3 autonomicznej jazdy, czyli możliwość prowadzenia samochodu bez użycia rąk, z wykorzystaniem funkcji wspierających kierowcę. Zaś testy technologii autonomicznych 4. i 5. poziomu odbywają się m.in. w USA (Phoenix w Arizonie), Chinach (Shenzhen), Singapurze czy Niemczech.

Właściciel Google oraz Alphabet, czwarta największa firma świata pod względem przychodów, finansują spółkę Waymo, która przeprowadziła już ponad 16 mln km jazd testowych, a także dodatkowe 16 mld km w trakcie symulacji komputerowych (T&E, 2019). W listopadzie 2019 przedsiębiorstwo Waymo uruchomiło pierwszą usługę w postaci autonomicznej taksówki z poziomu 5 (Nidermeyer, 2019). Pojazdy Waymo jeżdżą jednak tylko po ograniczonym obszarze w mieście Phoenix, gdzie od lat odbywały się odpowiednie testy, gdzie panują odpowiednie warunki pogodowe, a infrastruktura drogowa została odpowiednio zmapowana i przygotowana.

Całość dotychczasowych inwestycji w rozwój autonomicznego transportu drogowego szacowana jest na ok. 100 mld USD (Winton, 2019), a w prognozach ocenia się wartość globalnego rynku pojazdów autonomicznych w 2026 roku na 550–615 mld USD (AMR, 2023).

Polska w zakresie pojazdów autonomicznych wpisuje się w światowe trendy. Zarówno władze administracyjne, jak i przedsiębiorcy działający na terenie Polski wykazują duże zainteresowanie tematyką autonomizacji pojazdów transportowych. Prowadzone są działania badawczo-rozwojowe oraz legislacyjne na rzecz autonomizacji transportu samochodowego zarówno ludzi, jak i ładunków.

Prezydent Rzeszowa podpisał w lipcu 2019 list intencyjny z firmami odpowiedzialnymi za infrastrukturę sieciową, telekomunikację i cyberbezpieczeństwo

w sprawie partnerstwa, którego celem są prace badawcze i wdrożeniowe technologii 5G. Ma ona posłużyć do wprowadzenia w mieście autobusów autonomicznych. W Rzeszowie autobusy, zabierające około 16 pasażerów, będą początkowo kursować po linii łączącej dwa dworce kolejowe, a docelowo także na trasie z centrum miasta do lotniska Rzeszów-Jasionka (Terczyńska, 2019). We wrześniu 2019 roku demonstracja działania minibusów odbyła się w Gdańsku. Pojazd zabierający 10 pasażerów kursował przez miesiąc na trasie z Oliwy do miejskiego zoo. Trójmiejski pilotaż odbywał się w ramach projektu Sohjoa Baltic, objętego finansowaniem z unijnego programu „Interreg Region Morza Bałtyckiego”. Innymi działaniami w projekcie są badania, promocja oraz testy zautomatyzowanych, poruszających się bez kierowcy elektrycznych minibusów, jako połączeń pierwszej lub ostatniej mili w transporcie publicznym (Interreg, 2020). Przykładem może być również projekt badania zachowań pojazdów autonomicznych w warunkach rzeczywistych, realizowany przez naukowców z Instytutu Łukasiewicza (PIMOT) na terenie miasta Jaworzno, dotyczący zachowania samochodu autonomicznego na drodze publicznej. Inżynierowie weryfikowali algorytmy sterujące pojazdem, sprawdzając funkcje mapowania terenu (usługa Google Street View), planowania toru jazdy oraz rozpoznawania obiektów w różnych warunkach atmosferycznych i oświetleniowych (Sterniczuk i in., 2015). Kolejnym przykładem może być projekt DARTS-PL, realizowany przez Instytut Transportu Samochodowego (ITS) we współpracy z Politechniką Warszawską. Projekt ten ma na celu stworzenie bazy scenariuszy testowych dla pojazdów autonomicznych, uwzględniających specyfikę polskich warunków drogowych (Darts, 2024). Dzięki temu producenci i deweloperzy będą mogli testować swoje technologie w oparciu o lokalne dane. Firma Aptiv otrzymała też 33 mln PLN grantu od polskiego rządu i Unii Europejskiej na rozwój technologii z zakresu bezpieczeństwa aktywnego (projekt KRADAS) (Duszczyk, 2019).

W sukurs praktycznym zastosowaniom autonomizacji w transporcie drogowym przychodzą również rozwiązania w zakresie przepisów prawa. Działania grupy roboczej ds. Internetu rzeczy (IoT), koordynowane przez Ministerstwo Cyfryzacji, obejmują między innymi prace legislacyjne nad nowelizacją ustawy, która umożliwi testowanie pojazdów autonomicznych na polskich drogach publicznych. Obecne przepisy są restrykcyjne, zwłaszcza dla pojazdów o wyższych poziomach autonomii (L3 i L4), co utrudnia prowadzenie testów. Planowane zmiany mają na celu stworzenie bardziej sprzyjających warunków dla rozwoju tej technologii w Polsce (MZUG, 2024).

Pojazdy autonomiczne zyskują na popularności głównie ze względu na wskazywane korzyści wynikające z ich zastosowania, w tym:

- możliwość zmniejszenia liczby wypadków samochodowych (za które obecnie najczęściej odpowiedzialni są ludzie);

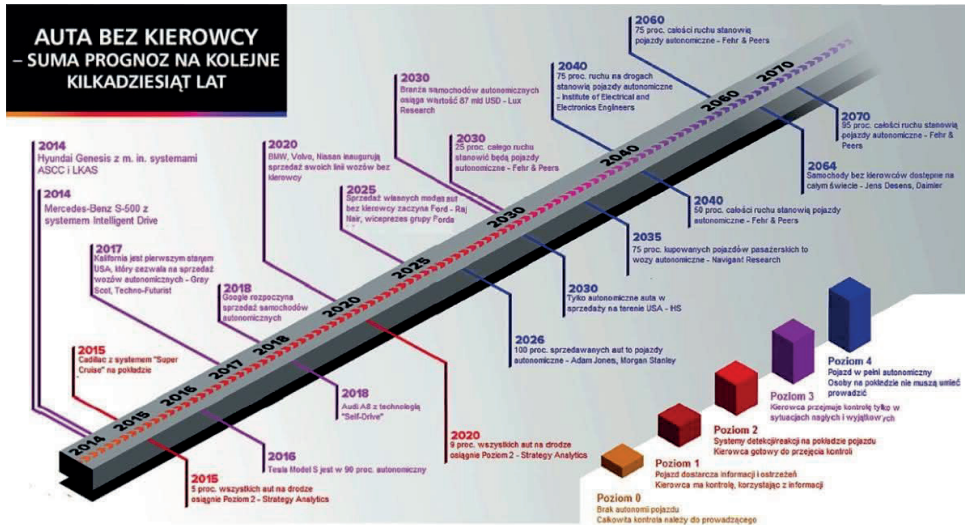
- mniej wypadków to niższy poziom składek ubezpieczeniowych;
- zwiększenie mobilności osób bez względu na wiek (dzieci i osoby starsze) oraz możliwe ograniczenia ruchowe (osoby z niepełnosprawnością);
- przepływ ruchu w miastach może być bardziej płynny, zmniejszając zatory drogowe;
- mniej zatorów drogowych to większa przepustowość i krótszy czas podróży;
- pasażerowie mogą realizować różne działania w trakcie podróży;
- można zwiększyć efektywność paliwową poprzez płynną jazdę;
- płynność jazdy bez konieczności postoju w przypadku zastosowania *car-sharingu*;
- łatwiejsze parkowanie;
- mniej stresu dla kierowcy;
- brak ograniczeń dotyczących kierowców, szczególnie zawodowych kierowców;
- mniejsze zapotrzebowanie na policjantów kontrolujących kierowców na drogach;
- generowanie nowych możliwości pracy poprzez zapotrzebowanie na pracowników w branżach *high-tech* (programistów, analityków danych i ekspertów ds. cyberbezpieczeństwa).

Poza atutami pojazdów autonomicznych dostrzegane są również mankamenty:

- utrata prywatności ze względu na niezbędność permanentnej kontroli;
- potencjalny brak niezawodności;
- ataki terrorystyczne i brak utraty bezpieczeństwa;
- opór kierowców, zwłaszcza tych utrzymujących się z takiej aktywności zawodowo;
- zmiany konstrukcyjne samochodów autonomicznych mogą skutkować zmniejszeniem popytu na niektóre zawody (mechanik samochodowy), co może zwiększyć poziom bezrobocia;
- wzrost powszechności transportu autonomicznego może pobudzić popyt, co spowoduje większą liczbę środków transportowych na drogach i zatory;
- obecny brak spójności przepisów prawa co do odpowiedzialności w przypadku kolizji z udziałem samochodów autonomicznych.

Przewiduje się, że w 2030 roku wolumen sprzedaży samochodów autonomicznych na świecie miałby sięgnąć 58 mln egzemplarzy (poziom 3 i wyżej), zaś już w 2025 udział samochodów zupełnie pozbawionych automatyzacji, w pełni kontrolowanych przez kierowcę, w liczbie wszystkich nowo zarejestrowanych wyniósłby tylko 6% (Statista, 2022). I choć te szacunki wydają się przesadnie optymistyczne, to nie ulega wątpliwości, że transport będzie zmierzać w kierunku zwiększenia liczby pojazdów autonomicznych (ang. *Autonomous Vehicles* – AV) w ruchu drogowym.

Rysunek 6.5. Auta bez kierowcy – suma prognoz na kolejne kilkadziesiąt lat



Źródło: (MłodyTechnik, 2017).

Przyszłość pojazdów autonomicznych wiąże się z licznymi wyzwaniami. Jednym z nich będzie dopasowanie infrastruktury do potrzeb pojazdów autonomicznych – w tym uzbrojenie jej w odpowiednie czujniki, a być może też przebudowa w szerszym zakresie. Wyposażenie w czujniki wszystkich istniejących dróg twardych o ulepszonej nawierzchni w Polsce kosztowałoby ok. 55 mld PLN, w tym 3,8 mld PLN przypadłoby na drogi krajowe i szybkiego ruchu (Chomiuk, 2024). Istotną kwestią będzie również nacisk na obronę przed cyberzagrożeniami oraz stworzenie odpowiednich przepisów, które uregulują kwestię odpowiedzialności za ewentualne szkody, a także zasad wspólnego korzystania z infrastruktury transportowej przez pojazdy różnego typu. Takie przepisy muszą odpowiadać na oczekiwania i obawy społeczne.

Podsumowując, postęp technologiczny jest już tak ogromny, że trudno go nawet oszacować, ponieważ dotyczy bardzo wielu dziedzin życia oraz szeroko rozumianej gospodarki (Rifkin, 2016). W ten nurt wpisują się również pojazdy autonomiczne. Mimo dość dużych postępów technologicznych w zakresie konstrukcji i technologii autonomizacji w zakresie przemieszczania się, pełne wdrożenie pojazdów autonomicznych na polskie drogi wymaga jednak czasu. Konieczne są dalsze prace nad infrastrukturą, dostosowaniem przepisów prawnych oraz zapewnieniem bezpieczeństwa użytkowników. Ekspertsi przewidują, że autonomiczne pojazdy mogą pojawić się na drogach później, niż pierwotnie zakładano, ze względu na konieczność rozwiązania licznych problemów technicznych i regulacyjnych.

6.3. Elektromobilność remedium na problemy środowiskowe miast

Miasta, aby wykorzystać swój potencjał społeczno-gospodarczy, narzucają swoistą strukturalizację przyrodzie. Powstawanie i funkcjonowanie miast wiąże się, niestety, z destrukcją przyrody, zarówno bezpośrednią, jak i pośrednią. Tam, gdzie były przestrzenie pól i lasów, budowane są domy i drogi. Funkcjonujące miasta oznaczają zanieczyszczenia w postaci nadmiaru dźwięków, światła, gazów i odpadów. W ostatnich latach widać gwałtowne przyspieszenie w zakresie destrukcyjnych zmian. Wzrost średniej temperatury Ziemi w latach 2023–2024 przekroczył „bezpieczny” poziom 1,5°C. To jednak nie koniec złych wiadomości. Mimo że wciąż emitujemy mniej więcej tyle samo CO₂ co do tej pory, to zarówno w 2023, jak i w 2024 roku stężenie dwutlenku węgla w atmosferze wzrosło znacznie bardziej, niż w poprzednich latach.

Taki stan rzeczy wymaga podejmowania decyzji, które pozwolą zahamować proces destrukcji klimatu. By ograniczyć negatywne skutki urbanizacji, wdrażane są już dziś różnorodne rozwiązania, zgodnie z ideą zielonych rozwiązań, mającą korzenie w koncepcjach zielonych, zrównoważonych i regeneratywnych miast. Wśród wielu działań szczególnie istotne są te związane z koncepcją zielonego transportu (ang. *green transport*), minimalizującej szkodliwy wpływ pojazdów na środowisko. Pozyskiwanie energii dzięki wykorzystaniu niskoemisyjnych i bezemisyjnych technologii oraz stosowaniu zielonych paliw pozwala zmniejszyć obciążenia środowiskowe i uciążliwość transportu. Wśród wielu obszarów przyczyniających się do wzrostu temperatur na świecie transport jest jednym z dominujących³². Zatem ze względu na przesunięcie struktur zasiedlenia w skali globu właśnie w kierunku miast, a co się z tym wiąże – potencjalnie większą liczbą osób, które wyrażają potrzeby przemieszczania się, istotne jest zmniejszenie uciążliwości miejskiego transportu³³, co wiąże się z ogólną polityką zmian na rzecz zrównoważonego transportu³⁴.

W inteligentnych miastach prywatna własność samochodów pozostaje powszechna, wspierana przez historyczną zależność od pojazdów z silnikami spalinowymi. Jednak ten paradygmat zmienia się wraz z pojawieniem się rozwiązań współdzielonej mobilności, zarówno organizowanej przez zarządzających

32 Na podstawie danych pochodzących z Parlamentu Europejskiego stwierdza się, że 30% całkowitej emisji w Unii Europejskiej pochodzi z sektora transportu i aż 72% z tego przekłada się na transport drogowy (Fasiecka & Marek, 2018).

33 Między innymi na COP29 międzynarodowa społeczność transportowa pracowała nad przyspieszeniem globalnego przejścia na zdekarbonizowany i odporny system transportu (COP29, 2024).

34 Rozwiązaniem tej sytuacji jest przyjęta w 2014 r. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, której celem jest wzrost neutralności klimatycznej transportu oraz ograniczenie szkodliwości sektora dla środowiska naturalnego.

miastami, przedsiębiorstwa, jak i samych obywateli. Koncepcja inteligentnego miasta, która kładzie nacisk na zrównoważony rozwój, odporność i rozwój miast skoncentrowany na obywatelach wymaga, by transport samochodowy wdrażał takie innowacje technologiczne, które zredukują niekorzystny wpływ na środowisko i poprawią możliwości dostępności dla wszystkich obywateli miast. Pierwszym istotnym krokiem jest taka reorganizacja transportu, by w pojeździe, który może zabrać więcej osób, podróż nie była realizowana przez tylko jedną osobę.

Kolejnym bardzo istotnym krokiem jest zmiana technologii zasilania środków transportowych z węglowodorowej na formy alternatywne, takie jak: BEV (ang. *Battery Electric Vehicle*), HEV (ang. *Hybrid Electric Vehicle*), PHEV (ang. *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*), REEV (ang. *Range-Extended Electric Vehicle*) i FCEV (ang. *Fuel Cell Electric Vehicle*).

BEV to w pełni elektryczny pojazd, który nie jest wyposażony w silnik spalinowy, a jedyną jednostką napędową jest akumulator, co sprawia, że w trakcie użytkowania nie są emitowane żadne szkodliwe substancje. Taki samochód można ładować z gniazdka. Mankamentem takiego pojazdu jest stosunkowo mały zasięg (100–200 km).

HEV to pojazd łączący dwa rodzaje napędu dzięki wyposażeniu w silnik spalinowy i napęd elektryczny³⁵. Wyróżnikiem takiego pojazdu jest brak zewnętrznego zasilania elektrycznego ze względu na brak baterii. Samochód wytwarza energię elektryczną „z odzysku”, np. w trakcie hamowania pojazdu. Główny zasób energetyczny pochodzi w takim samochodzie z konwencjonalnego paliwa dla silnika spalinowego. To rozwiązanie zmniejsza emisję szkodliwych substancji do środowiska, ale ich nie zeruje.

PHEV to hybrydowy pojazd, który ma częściowo napęd konwencjonalny i częściowo elektryczny. Różnica tego rozwiązania w stosunku do HEV jest taka, że taki pojazd ma możliwość ładowania elektrycznego z zewnętrznych źródeł. W czasie jazdy można przełączać tryby napędu z silnika spalinowego na napęd elektryczny lub włączyć automatyczny tryb hybrydowy, gdzie samochód autonomicznie dostosowuje korzystanie z danego silnika w zależności od trybu jazdy i warunków na drodze. Zaletą takiego rozwiązania jest znaczne zwiększenie zasięgu jazdy, nawet do 1000 km, tylko z zastosowaniem napędu elektrycznego ze względu na ograniczenia akumulatora. Niestety, w tym przypadku, podobnie jak i w HEV, niemożliwe jest całkowite zniwelowanie emisji szkodliwych substancji z tytułu użytkowania samochodu.

REEV to pojazdy elektryczne typu PHEV, które oprócz silnika elektrycznego, będącego podstawową jednostką napędową, posiadają silnik spalinowy, przy czym silnik spalinowy uruchamiany jest w sytuacjach, gdy niezbędne jest wytworzenie energii do naładowania akumulatora. Obszarowo długość trasy, którą można

35 Zwyczajowa nazwa takiego pojazdu to hybryda.

pokonać z wykorzystaniem takiego rozwiązania, to od 300 a 500 km, co mieści się w średnich granicach zasięgu. Ze względu na korzystanie z dwóch jednostek napędowych możliwe jest częściowe zmniejszenie emisji szkodliwych substancji.

FCEV to samochody napędzane wodorem. Takie auta, podobnie jak BEV, wykorzystują silnik elektryczny, ale energia uzyskiwana jest z wodoru. Zasięg auta FCEV to około 650–700 km.

Coraz częściej na drogach pojawiają się pojazdy elektryczne lub spalinowo-elektryczne, zarówno w samochodach osobowych, autobusach i samochodach dostawczych. To, jak szybko przebiega proces adopcji rozwiązań wśród użytkowników na poszczególnych rynkach, zależy od: analizy kosztów nabycia pojazdu, przewidywanych kosztów eksploatacji, dostępności stacji ładowania dla jednostek elektrycznych, parametrów przyspieszania i osiąągów oraz ograniczeń spalin i hałasu. Zgodnie z danymi PZPM³⁶ pod koniec grudnia 2024 w Polsce jeździło 141 455 samochodów osobowych z napędem elektrycznym, w tym w pełni elektrycznych aut (BEV) było 72 589, zaś hybryd typu *plug-in* (PHEV) 68 866. Z kolei liczba samochodów dostawczych i ciężarowych z napędem elektrycznym wynosiła 8143, zaś hybrydowych było 954 340. Widoczne jest również zainteresowanie autobusami zeroemisyjnymi, których na koniec grudnia 2024 było 1472, i wśród których 1385 to te z napędem elektrycznym. Według danych PSNM³⁷ najpopularniejszą marką samochodu wśród BEV jest Tesla z ponad 12 000 zarejestrowanych pojazdów. Na drugim miejscu jest Nissan z prawie 6000 egzemplarzy. Trzecie miejsce zajmuje marka BMW, z nieznacznie mniejszą niż Nissan liczbą zarejestrowanych aut.

Przemieszczanie się z wykorzystaniem samochodów elektrycznych EV wymaga stacji ładowania, zatem równoległe do rozwoju rynku pojazdów z napędem elektrycznym rozwija się infrastruktura ładowania. W ustawodawstwie dotyczącym elektromobilności określono nie tylko, czym jest stacja ładowania, ale także – w co powinna być zaopatrzona (Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych). Jeśli chodzi o usługę świadczoną klientom pojazdów elektrycznych, to podkreślono, że stacja ładowania musi być wyposażona w oprogramowanie, które umożliwi świadczenie usługi ładowania. Przy każdym punkcie, w którym można naładować pojazd elektryczny, musi znajdować się stanowisko postojowe, które umożliwi bezproblemowe podłączenie się do punktu i naładowanie akumulatorów, bez wprowadzania utrudnień dla innych użytkowników dróg, parkingów czy miejsc postojowych (Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych) (Mańk-Chrulska & Puchała, 2024).

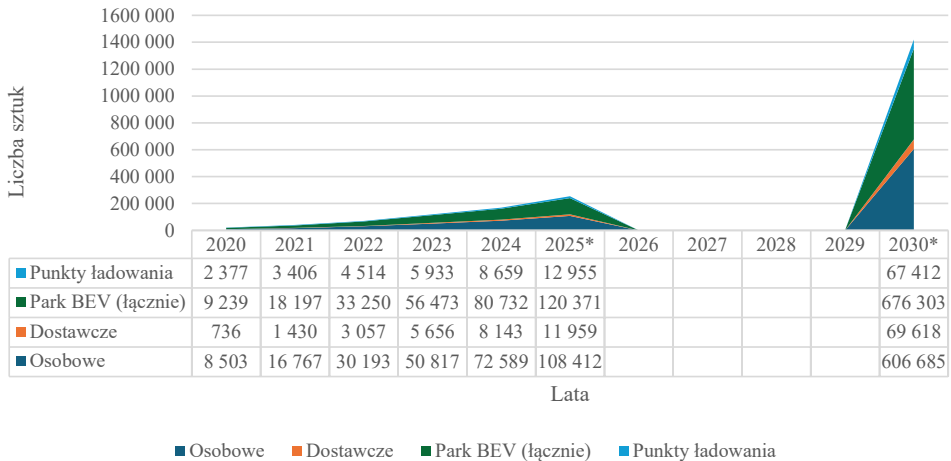
Pod koniec grudnia 2024 liczba ogólnodostępnych punktów ładowania na terenie Polski wynosiła 8659, w tym jedna trzecia (31%), czyli 2667, to szybkie punkty

36 Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego (<https://www.pzpm.org.pl/>).

37 Polskie Stowarzyszenie Nowej Mobilności (<https://psnm.org/>).

ładowania (DC – prąd stały) o mocy od 60 kW do 180 kW, a pozostałe 5992 (69%) to wolne punkty (AC – prąd zmienny) o mocy mniejszej lub równej 22 kW. Prawie jedna trzecia punktów ładowania DC znajduje się w województwie mazowieckim (31%).

Wykres 6.1. Park samochodów całkowicie elektrycznych oraz sieć ogólnodostępnych punktów ładowania w Polsce

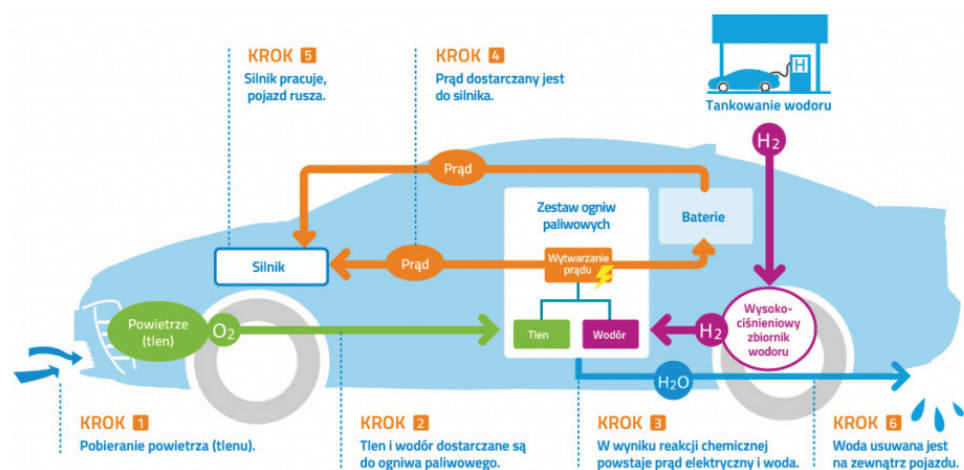


* Prognoza

Źródło: (PSNG, 2024).

Mimo że liczba stacji ładowania stale rośnie, to jednak nie wypełnia to rosnącego zapotrzebowania. Reprezentacją takiego stanu są dane wskazujące na liczbę pojazdów EV przypadających na jedną stację ładowania. Zgodnie z informacjami podanymi w raporcie PSNM za 2023 rok na jedną stację ładowania w 2023 roku przypadało 16,58 samochodu; w stosunku do 4,75 samochodu, które przypadały na jedną stację ładowania w 2019 roku. Znacznie szybciej rośnie liczba samochodów niż stacji ładowania.

Poza rozwojem klasycznych napędów elektrycznych powoli na polskim rynku zaczynają się pojawiać samochody z napędem wodorowym FCEV. Choć nie były one wprowadzane do produkcji, to historia technologii ich wynalezienia sięga 1838 roku. Napęd wodorowy można przyrównać do napędu auta elektrycznego EV, z tą różnicą, że w pojazdach wodorowych zamontowano pokładową elektrownię w postaci ogniów wodorowych. Działanie ogniów po zatankowaniu wodorem polega na przebiegu reakcji między wodorem i tlenem – w jej wyniku wytwarzana jest energia, którą można magazynować w akumulatorze, skąd może być pobierana do zasilania układu napędowego, gdy zaistnieje potrzeba. Zaletami zastosowania wodoru jako paliwa jest tania eksploatacja, szybkie tankowanie, zajmujące około 5 minut, oraz dostępność surowca.

Rysunek. 6.6. Zasada działania samochodu na wodór

Źródło: (BlogLepiej, 2024).

Wodór to pierwiastek dostępny absolutnie wszędzie, zatem paliwo wodorowe można wytwarzać w każdym miejscu na świecie, co stwarza lepsze możliwości dla bezpieczeństwa energetycznego krajów i regionów. Ze względu na to, że samochód wodorowy nie wydziela do atmosfery ani grama toksycznych zanieczyszczeń i CO₂, nie prowadzi tym samym do powstawania gazów cieplarnianych. Jego głównym efektem spalania jest... woda. W tym ujęciu wodór jako rodzaj paliwa uznawany jest za najbardziej ekologiczny i bezemisyjny.

Jednakże problem stanowi akumulacja paliwa, związana z koniecznością schładzania wodoru do temperatury prawie -250°C, pod wysokim ciśnieniem, tak by można go było utrzymywać w stanie ciekłym, w przeciwnym razie ulotni się, co jest wysokokosztowe. Kolejnym problemem jest niska efektywność energetyczna, jaką uzyskuje się po zamianie wodoru na prąd, wynosząca zaledwie kilkadziesiąt procent, co wynika z samego procesu przetwarzania wodoru. Ze względu na powyższe czynniki liczba pojazdów napędzanych wodorem, jak i stacji ładowania tym rodzajem paliwa jest na świecie, w tym i w Polsce, jest niewielka, stanowiąc póki co ogromne pole testowe dla badaczy i producentów. I choć ten obszar rynku jest jeszcze w fazie raczkującej, zajmujący się nim specjaliści uważają, że w ciągu 10–15 lat sytuacja się zmieni. Tyle bowiem potrzeba czasu na dopracowanie technologii.

Uwzględniając reakcje rynku, czyli potencjalnych nabywców i użytkowników, to zgodnie z wynikami badań „Barometr Nowej Mobilności 2024” coraz więcej Polaków jest gotowych na elektromobilność – wskazuje na to rosnący wskaźnik zainteresowania zakupem samochodów w pełni elektrycznych, który w 2023 roku wzrósł o 8 punktów procentowych rok do roku, osiągając wartość 23% (Kania i in., 2024). Motywatorami zakupu są głównie niskie koszty eksploatacji (56%),

świadomość ekologiczna (40%), walory techniczne (39%), możliwość uzyskania dopłaty do zakupu (36%), możliwość korzystania z przywilejów (30%), obawa o dostępność paliw w najbliższej przyszłości (29%) i kwestie wizerunkowe (21%).

Choć popularność samochodów elektrycznych i hybrydowych rośnie, trzeba uwzględnić bariery rozwoju, które hamują ten proces. Wśród nich na pierwszy plan wysuwa się brak wystarczająco rozbudowanej sieci ładowania³⁸ oraz możliwy czas ładowania pojedynczego pojazdu. W przypadku pojazdów spalinowych średni czas tankowania wynosi ok. 6 minut, podczas gdy ładowanie samochodu elektrycznego na stacji przy wykorzystaniu złącza prądu przemiennego (AC) o mocy 22 kW, w zależności od modelu pojazdu i stopnia rozładowania, może trwać od około godziny do nawet 2–3 godzin. Ponadto istotnym mankamentem jest odległość, jaką można pokonać. O ile średni zasięg osobowych samochodów spalinowych wynosi 500 km, to w przypadku samochodów elektrycznych jest to zaledwie 250 km. I do tego dochodzą koszty zakupu.

Reasumując, elektromobilność jest jednym z najważniejszych trendów w koncepcji Przemysłu 4.0, a jednocześnie wpisuje się w założenia zrównoważonego transportu. Krajobraz ekonomiczny transportu samochodowego w inteligentnych miastach jest wielowymiarowy. Po przejściu na EV i wspólną mobilność zmniejszeniu ulegają koszty bezpośrednie wynikające z eksploatacji, jak również koszty wynikające z uciążliwości transportu i szkody powstałe dla środowiska, co stwarza wyzwania dla tradycyjnych sektorów motoryzacyjnych. Decydenci muszą zrównoważyć korzyści ekonomiczne wynikające z innowacji z potencjalnym zastąpieniem miejsc pracy w tradycyjnych sektorach, które związane są z sektorem paliw kopalnych. Przyszłość jest jednak nieuchronna. Szacunki wskazują, że złoża ropy wyczerpią się za około 30 lat, a gazu za 40 lat. Zatem przyszłość należy do samochodów napędzanych alternatywnymi źródłami energii.

6.4. Innowacje technologiczne w eksploatacji samochodu

W dobie cyfryzacji i innowacyjnych rozwiązań związanych z układami napędowymi stosowanymi w branży *automotive*, w kontekście emisyjności nie wystarczy podejście uwzględniające jedynie emisyjność samych samochodów. Aby uwzględnić całościowo wpływ na środowisko, należy rozważyć nie tylko proces posprzedażowy (eksploatacyjny pojazdów), ale również cały proces produkcji. Najlepszym przykładem do tych rozważań będzie postawa marki Toyota, która w transparentny

38 PSNM (Polskie Stowarzyszenie Elektromobilności) zwraca uwagę, że konsekwencją barier rozbudowy infrastruktury dla samochodów EV jest bardzo niski poziom realizacji obowiązków unijnego rozporządzenia AFIR, które dotyczą rozbudowy stref ładowania wzdłuż sieci TEN-T oraz przy węzłach miejskich. Biorąc pod uwagę sieć bazową i strefy dla pojazdów lekkich, obowiązki wynikające z AFIR (na lata 2025 i 2027) są obecnie zrealizowane odpowiednio w ok. 9% i 3,5%. W przypadku sieci kompleksowej i stref dla samochodów ciężarowych poziom wypełnienia obowiązków jest jeszcze niższy – w praktyce wynosi 0% (PSNG, 2024).

sposób zwraca uwagę na istotny wpływ na środowisko obu tych obszarów. Dlatego w swoich planach rozwojowych uwzględnia transformacje na drodze do czystej/zerowej emisji, mającej na celu łagodzenie globalnego ocieplenia, przez projektowanie swojego modelu gospodarczego, którego podstawą są inicjatywy skupiające się na redukcji CO₂ i zmniejszeniu ilości odpadów w swojej działalności biznesowej, z jednoczesnym poszerzeniem oferty przyjaznych dla środowiska produktów. Dopiero te wszystkie działania, umieszczone w długoterminowych projektach, są zdaniem Toyoty właściwą drogą na rzecz utrzymania i poprawy środowiska w ujęciu globalnym.

W obrębie działań produkcyjnych Toyota zaprezentowała szereg usprawnień i innowacji, wdrożonych w wybranych fabrykach, jako potwierdzenie swojej długofalowej strategii czystej/zerowej emisji. Poniższa tabela przedstawia działania w perspektywie długoterminowej dotyczące planów zmniejszenia emisyjności i wpływu na środowisko naturalne.

Tabela 6.2. „Wizja i polityka firmy Toyota 2030” czysta/zerowa emisja

Polityka działań	Cele i działania	Cele na rok fiskalny 2026	Wyniki za rok podatkowy 2024
Ograniczanie emisji CO ₂ z działalności produkcyjnej.	Zmniejszenie emisji CO ₂ pochodzącej z produkcji.	-25%* (w porównaniu z poziomem z roku fiskalnego 2014)	-35%
Ograniczenie emisji CO ₂ z logistyki związanej z produkcją.	Wdrażanie odnawialnych źródeł energii.	15%	22%
Ograniczenie emisji CO ₂ z logistyki związanej z produkcją.	Zmniejszenie emisji CO ₂ pochodzącej z logistyki – objętość emisji na jednostkę produkcji (nieskonsolidowana).	-11% (w porównaniu z poziomem z roku fiskalnego 2014)	-9%
Redukcja emisji CO ₂ poprzez rozwój produktów i technologii.	Opracowywanie technologii, które przyczynią się do jeszcze większego poziomu efektywności energetycznej.	—	—
Efektywne wykorzystanie zasobów w działalności produkcyjnej.	Zmniejszenie objętości wytwarzanych odpadów – objętość emisji na jednostkę produkcji (nieskonsolidowana).	-12% (w porównaniu z poziomem z roku fiskalnego 2014)	-25%

* Celem, jaki ambitnie wyznacza sobie Toyota, jest osiągnięcie 50-procentowej redukcji do roku fiskalnego 2031 w porównaniu z poziomem z roku fiskalnego 2014.

Źródło: (Toyota, 2024).

Przykładowe rozwiązania, jakie proponuje Toyota, obejmują m.in. redukcję CO₂ poprzez zastosowanie technologii wykorzystującej procesy przetwarzania odpadów powstających w procesie produkcji przy wykorzystaniu pary wodnej. W zakładach Kariya, mieszczących się w prefekturze Aichi, odpowiadających za produkcję sprężarek do klimatyzacji samochodowej, zastosowano rozwiązania będące prekursorem w osiągnięciu neutralności węglowej w przypadku budynków fabrycznych generujących odpady płynne. Zastosowane rozwiązania skupione są na redukcji ilości odpadów płynnych odprowadzanych w procesie produkcji, zakład dotychczas posiadał urządzenia koncentrujące odpady z wykorzystaniem podgrzewania odpadów płynnych parą, aby odprowadzić nadmiar wody. W tym przypadku zakład ograniczył do niezbędnego minimum ilość chemikaliów stosowanych w procesie produkcji, co poskutkowało wyeliminowaniem procesu suszenia, a tym samym wyeliminowało użycie pary wodnej. W rezultacie zakład ograniczył roczną emisyjność CO₂ o około 633 tony.

Kolejnym przykładem zastosowania innowacyjnych technologii w obszarze produkcji, pozwalających na osiągnięcie zerowej ilości ścieków w procesach produkcji poprzez recykling ścieków, są rozwiązania zastosowane w TD Automotive Compressor Kunshan Co., Ltd (TRACK), będącym spółką zależną zajmującą się produkcją sprężarek w Chinach. Zakład ten wdrożył system oczyszczania ścieków stosujący oczyszczanie biologiczne lub destylację niskotemperaturową, w zależności od rodzaju ścieków odprowadzanych z różnych procesów produkcji. Dzięki takiemu rozwiązaniu osiągnął zero ścieków z procesów produkcji. Zakład stosuje również proces odwróconej osmozy (RO) do usuwania zanieczyszczeń z wody wodociągowej, dzięki czemu optymalizuje wykorzystanie jej w procesach stosowanych w zakładach. To innowacyjne rozwiązanie powinno przynieść ograniczenie rocznego zużycia wody o około 16 930 m³. Co najważniejsze, dzięki tym rozwiązaniom zostanie ograniczone ryzyko zanieczyszczenia lokalnego środowiska ściekami z procesów produkcji.

W działaniach obejmujących posprzedażową działalność firmy, podążając zgodnie z całą „Wizją 2030”, Toyota określiła swój wkład w tworzenie współczującego społeczeństwa poprzez oferowanie swoich produktów i usług, przewidując tym samym potrzeby klientów, a także zwracając uwagę na bezpieczeństwo, niezawodność i komfort w ich użytkowaniu. Ważnym elementem ma być również spełnienie odpowiedzialności firmy jako członka społeczeństwa w celu jego rozwoju. W tym ujęciu firma na wkład do całej „Wizji 2030” przyjęła tworzenie innowacyjnych wartości oraz inteligentnych rozwiązań w tworzeniu nowych produktów.

Tabela 6.3. Polityka działań Toyoty związanych z odpowiedzialnością biznesową w obrębie posprzedażowym

Polityka działań	Cele i działania	Cele na rok fiskalny 2031	Wyniki za rok podatkowy 2024	Cele na rok fiskalny 2025
Ulepszanie produktów i usług związanych z elektryfikacją, które są wysoce funkcjonalne, przyjazne dla środowiska i łatwe do dostosowania jako infrastruktura społeczna	Zwiększenie sprzedaży produktów związanych z elektryfikacją (wszystkie firmy). Wskaźnik sprzedaży netto produktów związanych z elektryfikacją – Oferujemy wysoce wydajne i energooszczędne sprężarki elektryczne, które są doskonałe pod względem cichej pracy i komfortu (biznes motoryzacyjny) – Oferujemy czyste i wysokiej jakości ogniwa paliwowe i akumulatory pokładowe (firmy z branży motoryzacyjnej i sprzętu do transportu materiałów) – Oferujemy produkty związane ze źródłami zasilania, na pokładzie lub poza nim, które mogą być również wykorzystywane jako infrastruktura społeczna podczas katastrof i innych okazji (biznes motoryzacyjny)	ponad 70%	46%	48%
Oferowanie wysokiej jakości i bezpiecznych produktów i usług oraz utrzymywanie i ulepszanie struktury w celu realizacji tego celu	Przeprowadzona zostanie ocena ryzyka produktu (produkty docelowe) Wskaźnik wdrożenia (nieskonsolidowany)	100%	100%	100%
Ciągle promowanie działań oddolnych w społecznościach lokalnych i wspólny rozwój jako członek społeczeństwa	Promowanie wysokiej jakości edukacji Wskaźnik uczestnictwa w szkoleniu (nieskonsolidowany)	100%	92%	100%
	Promowanie działań z zakresu wkładu społecznego Wydatki/liczba uczestników	brak danych	1 miliard jenów/26 005 osób	brak danych

Źródło: (Toyota, 2024).

Główne inicjatywy mające pozwolić na osiągnięcie założonego celu w „Wizji 2030” skupiają się na rozwoju pojazdów elektrycznych. Oznacza to rozwój technologii związanych z elektroniką mocy, tzn. urządzeń takich jak ładowarki pokładowe,

przetwornice DC-DC i ładowarki AC do pojazdów elektrycznych, oferowanych przez różnych producentów samochodów elektrycznych.

Dzięki gromadzeniu i rozwojowi posiadanych technologii elektroniki mocy zostały opracowane ładowarki dwukierunkowe do pojazdów PHEV, które integrują funkcje ładowarki pokładowej i falownika AC. Opracowane w ten sposób urządzenie jest o 20% mniejsze w porównaniu do oddzielnego montażu obu urządzeń. Zastosowano je w nowym Priusie PHEV firmy TMC. Falownik AC, jaki został wykorzystany do budowy tego urządzenia, może dostarczyć 1500 W energii elektrycznej, co jest zbliżone do poboru urządzeń domowych, umożliwiając korzystanie z prawie wszystkich urządzeń, jakie wykorzystujemy w domu o napięciu 100 V. Daje to możliwość zasilania urządzeń, jakie można wykorzystać podczas zajęć na świeżym powietrzu, oraz jako awaryjne zasilanie podczas różnego rodzaju katastrof.

Jednym z obszarów, gdzie zastosowano innowacyjne rozwiązania docenione na międzynarodowych konkursach, jest rozwój technologii stosowanych w produkcji sprężarek elektrycznych. Te urządzenia są jednym ze źródeł hałasu oraz zajmowanego miejsca i ciężaru, wpływającego finalnie na emisyjność pojazdów. Nowa technologia pozwala na zmniejszenie rozmiaru, przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności urządzenia i oszczędności energii elektrycznej.

6.5. Inteligentne systemy współdzielonej mobilności transportu samochodowego

Początki Smart City (1.0) wiązały się z priorytetowością technologii w funkcjonowaniu miast. Z czasem koncepcja Smart City ewoluowała, przechodząc przez etapy współpracy 2.0, partycypacji 3.0 i platformy innowacji 4.0, dochodząc do etapu Smart City 5.0, w której to człowiek i przyroda są w centrum. Humanocentryczność i przyrodocentryczność oznacza, że technologia jest zaledwie narzędziem, dostosowującym się do potrzeb i oczekiwań ludzi, zatem obecnie to nie technologia, a mieszkańcy i ekosystemy są azymutem strategii rozwoju miast. Z racji tego, że większość miast jest obecnie na etapie 3.0, panuje pogląd, że „jeśli miasto chce być naprawdę *smart*, musi uwzględniać potrzeby swoich klientów – mieszkańców, przedsiębiorców, środowisk akademickich, organizacji *non-profit* itp. Smart City 3.0 to takie miasto, które wsłuchuje się w głosy społeczeństwa, otwiera się na aktywną postawę mieszkańców, w którym rola władz lokalnych sprowadza się do tworzenia przestrzeni do wykorzystania potencjału obywateli” (Montgomery, 2015). Urzeczywistnienie Smart City 3.0 wymaga inicjatyw oddolnych, angażujących liczne grupy mieszkańców, których celem jest nie tylko poprawa funkcjonowania miasta, ale jego przeobrażenie (Kauf, 2018).

Obecnie mieszkańcy miast chcą mieszkać nie tylko w środowisku technologicznie użytecznym, ale również przyjaznym zdrowotnie. Dlatego trzeba pamiętać, że ekonomiczne aspekty transportu samochodowego w takich inteligentnych, prośrodowiskowych miastach wykraczają poza bezpośrednie koszty, takie jak posiadanie pojazdu i zużycie paliwa. Należą do nich koszty pośrednie, będące pochodną utraty czasu i zużytych zasobów w wyniku stania w korkach, degradacji środowiska wynikającej z hałasu³⁹ i emisji spalin oraz licznych wydatków na opiekę zdrowotną.

Wyniki realizowanych badań jednoznacznie wskazują na degresywny wpływ transportu na środowisko z tytułu stosowania paliw kopalnych jako podstawowego zasobu energetycznego środków transportowych. Proces spalania węglowodorów wiąże się z emisją zarówno CO₂, pyłów zawieszonych, jak i wielu innych trujących żywe organizmy substancji (Świat < Europa < Polska)⁴⁰. Ilość wydzielanych szkodliwych substancji ma przekładać się na powstawanie zjawiska smogu w miastach, który może wywoływać szereg chorób.

Świadomość degresywnego oddziaływania transportu samochodowego w miastach sprawia, że podejmowane są działania zarówno przez przedsiębiorców, zarządzających miastami, jak i samych mieszkańców mające na celu ograniczenie powstających negatywnych skutków. Propozycji rozwiązań jest kilka. Jedne odnoszą się do rozwiązań obejmujących jednostki napędowe, co związane jest z przechodzeniem od jednostek spalinowych na elektromobilność i wodoromobilność. Inne odnoszą się do sposobów wykorzystania środków transportowych w organizacji podróży miejskiej. W tym drugim przypadku rozwiązaniami mogą być zachęty do korzystania z transportu zbiorowego, multimodalności złączeniem różnych rodzajów środków transportu oraz praktyczne stosowanie ekonomii współdzielenia.

Ważnym obszarem działania władz miasta jest zarządzanie przestrzenią, w myśl zasad ekonomii społecznej odnoszących się do „współdzielenia”⁴¹ (Mężyk, 2019). **Ekonomia współdzielenia** (ang. *sharing economy*)⁴² to model gospodarczy oparty na wspólnym użytkowaniu zasobów, dóbr i usług (Burgieł, 2015). Głównym celem ekonomii współdzielenia jest przejście z własności na dostęp. Własność, która była cechą charakterystyczną systemu kapitalistycznego, zostaje zastąpiona dostępnością dóbr i usług (Banaszek, 2016). By realizacja

39 Średnio z poziomem hałasu powyżej 55 decybeli ma styczność 125 milionów osób – czyli około 25% Europejczyków.

40 W Polsce transport odpowiada za ok. 16% emisji CO₂, w Europie jest to ok. 22%. Największa odpowiedzialność przypada na auta osobowe z 43% emisją (EEA, 2024).

41 Po raz pierwszy do kwestii współdzielenia odnieśli się M. Felson i J. L. Spaeth w opracowaniu *Community Structure and Collaborative Consumption: A routine activity approach* (Felson i Spaeth, 1978).

42 Inne określenia pojawiające się w języku angielskim to: *mesh*, *peer-to-peer economy*, *collaborative economy*, *collaborative consumption*.

celu była możliwa, niezbędne jest korzystanie z cyfrowych rozwiązań, takich jak platformy i aplikacje, które wspierają komunikację oraz procesy wymiany danych i informacji pomiędzy podmiotami systemu.

Zastosowanie ekonomii współdzielenia oznacza, że następuje odejście od indywidualnego posiadania dóbr na własność na rzecz wynajmu, wypożyczenia lub w przypadku posiadania dobra dzielenia się nim z innymi osobami (Szołtysek, 2016). By koncepcja ekonomii współdzielenia mogła zaistnieć w praktyce, niezbędne są składowe społeczne, w postaci zaufania i chęci współpracy, oraz składowe techniczne, w postaci urządzeń pozwalających na realizację łączności. Makroinfrastruktura oraz urządzenia osobiste z dostępem do Internetu, takie jak komputery, smartfony i smartwatche, oraz odpowiednie oprogramowanie jako rozwiązania technologiczne pełnią rolę służebną w stosunku do społeczeństwa.

Technologie cyfrowe (Big Data) i platformy *on-line* zwiększają dostępność transakcji, ułatwiają sieciowanie interesariuszy, a tym samym stymulują współdzielenie. Pozwalają na budowanie i wykorzystanie relacji oraz sieci partnerstwa, powstających dzięki swobodnym interakcjom, przyciągającym na platformy kolejnych użytkowników. Ci zachęcają kolejnych, którzy werbują następnych itd. W rezultacie powstaje niekończący się efekt sieciowania, stanowiący warunek podstawowy tworzenia się społeczności i powiązań między użytkownikami, opartych na dobrowolnym dzieleniu się (*sharing economy*). Sieciowanie potęguje efekt współdzielenia, gdyż wraz ze wzrostem liczby użytkowników platform *on-line* wzrasta ich wartość dla pojedynczego użytkownika (Hałasik, 2017).

Sharing economy wpisuje się w tzw. trzecią generację Smart City, określaną jako „*sharing smart city*”. W miastach inteligentnych kluczową rolę odgrywają: innowacyjność, partycypacja, współpraca i koordynacja. Te miasta, które koncentrują się na technologii, a nie na ludziach, szybko stają się „głupie” – powodują nasilanie się nierówności społecznych i podważają istotę współdziałania mieszkańców, niezbędną do osiągnięcia przez miasto sukcesu. Miasta naprawdę inteligentne to takie, które wykorzystują technologie do budowania swojej miejskości, w oparciu o ekonomię współdzielenia. Komplementarność koncepcji Smart City i *sharing economy* jest zatem funkcją podejścia miast do innowacji i gotowości do ich wdrażania (Kauf, 2018). Jedną z istotnych reprezentacji zastosowania ekonomii współdzielenia w inteligentnych miastach jest realizacja potrzeb mobilności przez mieszkańców miast, ze szczególnym uwzględnieniem transportu samochodowego.

Organizacyjnie transport samochodowy, sam będąc złożonym systemem, jednocześnie stanowi składową pozostałych systemów. Dotychczas rządy państw, władze miast, organizacje transportowe, przedsiębiorstwa logistyczne

i producenci samochodów wykonywali swoje zadania odrębnie, realizując przyjęte cele. Efektem tego jest stan, że w miastach, które mają ograniczone przestrzenie, muszą wystąpić dodatkowe ich ograniczenia na rzecz parkingów i garaży dla samochodów. By odzyskać przestrzeń, nie tracąc jednocześnie możliwości realizacji potrzeb mobilności, sięgnięto po rozwiązania ekonomii współdzielenia.

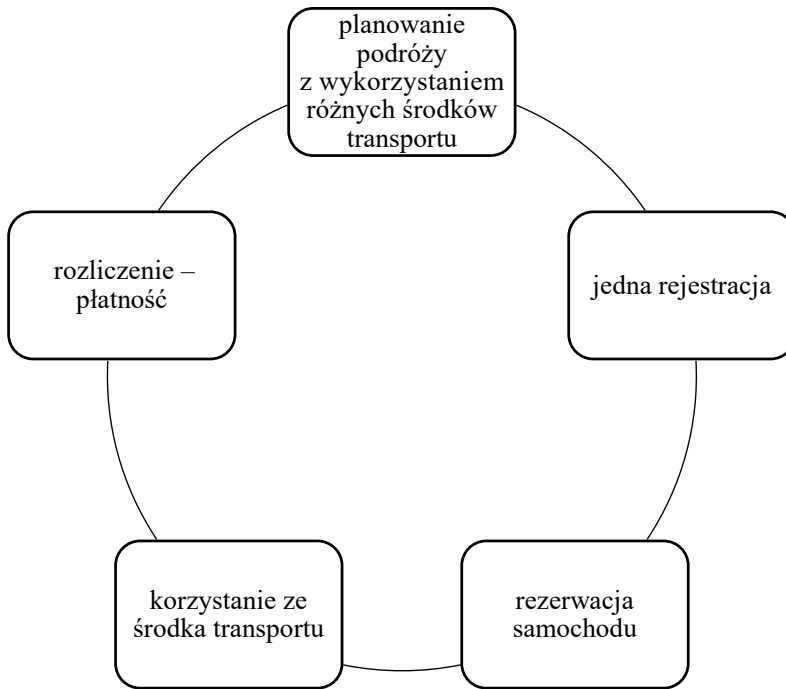
Współdzielona mobilność (ang. *shared mobility*) stała się „nową” kategorią miejskiej mobilności, przyjmując różne formuły i obejmując różne rodzaje i formy transportu (Kuźma i in., 2022). Zgodnie z założeniami tej koncepcji środki transportowe mogą być udostępniane indywidualnemu użytkownikowi lub pojedynczy środek transportu może być użytkowany przez kilka osób. Wśród różnych środków transportowych, które mogą być współdzielone, można wskazać samochody. Ich współużytkowanie może przybrać kilka form. Tradycyjną formą jest klasyczny wynajem pojazdu za odpłatnością, na określony, kilkugodzinny, czas. Korzystanie z usług wypożyczalni samochodów wiąże się za każdym razem z zawarciem umowy i wniesieniem opłaty, zależnej od czasu i odległości.

Car-sharing jest definiowany jako samoobsługowy system wspólnego użytkowania samochodów osobowych, udostępnianych użytkownikom przez operatorów za opłatą. *Car-sharing*, w odróżnieniu od tradycyjnych wypożyczalni samochodowych, jest jednak systemem opartym na członkostwie. Raz zawarta umowa umożliwia wielokrotną rezerwację i użytkowanie sieci wspólnych pojazdów, dostępnych 24 godziny na dobę i 7 dni w tygodniu.

Idea współdzielenia samochodów nie jest jednak nowa (Krzak, 2018). Historycznie idea podobna do *car-sharingu* pojawiła się po raz pierwszy w 1948 roku w Zurychu (Szwajcaria), w postaci projektu „Sefage” (Harms i Truffer, 1998). Kolejnymi projektami współdzielenia środków transportu były projekty realizowane w Europie: „Procotip” z 1971 roku we francuskim Montpellier i „Witkar”, wprowadzony w Amsterdamie (Muheim, 1996). Kolejnymi krajami, w których wdrażano *car-sharing* od połowy lat 80. XX wieku były: Stany Zjednoczone, Anglia, Francja, Dania, Włochy, Irlandia, Norwegia oraz Dania (Shaheen & Sperling, 1998).

W Polsce pierwszy system zbliżony do modelu *car-sharing* został uruchomiony w grudniu 2012 roku, w tradycyjnej wypożyczalni samochodowej EasyMotion, działającej w Poznaniu jako wariant prowadzonej działalności biznesowej. Odrębne przedsiębiorstwo prowadzące działalność tylko i wyłącznie w zakresie współdzielenia wypożyczeń samochodów uruchomiono dopiero w 2015 roku we Wrocławiu. Był to operator GoGet. W kolejnym, 2016 roku pojawiły się kolejne przedsiębiorstwa: 4Mobility w Warszawie oraz Traficar w Krakowie.

Rysunek 6.7. Składowe MaaS pozwalające na włączenie *car-sharingu* w podróż miejską



Źródło: opracowanie własne.

Rozwojowi modelu biznesowego wypożyczenia samochodu towarzyszył rozwój cyfrowej dostępności do usług w postaci elektronicznych platform dostępności oraz rozwiązania elektronicznych płatności, co było zgodne z głównym nurtem drugiej połowy XX wieku. Cyfryzacja i technologizacja wszystkiego przyspieszyła rozwój modelu biznesowego współdzielenia środków transportowych. Wraz z nastaniem komputeryzacji i technologizacji w procesach transportowych, pojawiły się podmioty oferujące nie tyle mobilność w postaci transportu związanego z przemieszczeniem, lecz mobilność jako usługę MaaS (ang. *Mobility as-a-SERVICE*) (Shaheen & Cohen, 2020). Platformy współdzielonej komunikacji (transportu) powstały w kontrze do tradycyjnych modeli przemieszczania, oferując zintegrowane rozwiązania, łączące transport samochodowy z transportem publicznym i różnorodnymi opcjami mikromobilności.

Obecnie *car-sharing* może występować w dwóch formach własności, dwóch formatach dostępności oraz trzech wariantach przebiegu procesów wypożyczeń i korzystania ze środków transportu. Po pierwsze, właścicielami wypożyczanych środków transportowych mogą być zarejestrowane firmy, które dysponują flotą

transportową oraz zapleczem organizacyjno-technicznym, udostępniając samochody organizacjom (ang. *business-to-business*) i/lub osobom prywatnym (ang. *business-to-consumer*) lub są to pojedyncze osoby fizyczne, które za opłatą mogą udostępniać swoje środki transportowe (ang. *peer-to-peer*). Po drugie, dostępność pojazdów może być ograniczona do określonych lokalizacji (stacji), w których możliwy jest odbiór i zwrot samochodu lub samochody mogą być dostępne w dowolnych miejscach publicznej sieci drogowej. Wówczas ich lokalizację umożliwiają aplikacje mobilne. Wreszcie po trzecie, proces użytkowania środków w modelu *car-sharingu* możliwy jest w wariancie klasycznym (ang. *roundtrip*), jednokierunkowym (ang. *one-way*) lub swobodnym (ang. *free-floating*). W pierwszym z nich osoba wypożyczająca środek transportowy musi się udać do konkretnej lokalizacji, by wypożyczyć i zwrócić pojazd. Z kolei w przypadku drugim można wypożyczyć samochód w jednym miejscu, pokonać odległość między określonymi punktami (bazami) i oddać samochód w innym, ściśle określonym punkcie. W trzecim wariancie odebranie i zwrócenie samochodu może odbywać się w dowolnym miejscu i czasie.

W przeciwieństwie do tradycyjnych form wynajmu z punktami pracowniczej obsługi, dostęp do usługi wynajmu w modelu *car-sharingu* jest zautomatyzowany. Dzięki aplikacjom dostęp do pojazdów jest całodobowy i samoobsługowy, co znacznie obniża koszty funkcjonowania przedsiębiorstwa i zmniejsza cenę wypożyczenia. Koszty, które ponosi wynajmujący, obejmują opłaty abonamentowe i koszt użytkowania zgodnie z zasadą *pay-as-you-drive*, obejmując zużycie paliwa, ubezpieczenie i konserwację (Wolański & Pieróg, 2017). Zazwyczaj do dyspozycji klientów jest flota różnych rodzajów samochodów, umożliwiającą dobór środka transportu stosownie do potrzeb i charakteru podróży. Ponadto flota samochodów operatorów działających w systemie *car-sharingu* coraz częściej sięga po rozwiązania z zakresu ekologicznych źródeł energii oraz autonomizacji⁴³. W ramach usług *car-sharingu* w Polsce w 2022 roku dostępnych było blisko 200 samochodów (dokładnie 194) całkowicie elektrycznych (BEV), co stanowiło 3,5% ogólnopolskiej floty pojazdów współdzielonych. To znacznie wyższy współczynnik w odniesieniu do udziału BEV niż ogólny udział w krajowym parku pojazdów (0,09%).

Prognozy firmy Deloitte (2019) zakładają, że o popularności pojazdów autonomicznych (w szczególności usług współdzielonych) będzie decydował ich niższy koszt w porównaniu do zwykłych pojazdów (średnio 25%).

43 Liczba pojazdów elektrycznych (osobowych i dostawczych) w Polsce w 2022 roku wynosiła łącznie ponad 57 tys., w tym dominujący udział był po stronie samochodów osobowych (Leśniak i in., 2022).

Tabela 6.4. Różnice pomiędzy użytkownikami i nie-użytkownikami *car-sharingu* w Polsce – grudzień 2023

Kryterium	Użytkownicy	Nie-użytkownicy
Wiek	31–50	51+
Płeć męska	57% (o 8% częściej)	49%
Zarobki miesięczne (na rękę)	4548 zł (o 36% więcej)	3333 zł
Wykształcenie wyższe	62% (o 15% częściej)	78%
Nie posiadają własnego auta	13%	23% (o 10% częściej)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Barometru Nowej Mobilności PSPA (Raporty: 2019, 2020, 2021, 2022).

Rozwój technologii cyfrowych w XXI wieku, nacisk na ekologię, kurczenie się przestrzeni do parkowania i rosnący poziom opłat miejskich oraz zmiany światopoglądowe w społeczeństwach, związane z pojawieniem się na rynku klientów z pokolenia Y i Z, znacznie przyspieszyły propagację systemu współdzielenia środków transportowych. Oczywiście nie tylko te pokolenia korzystają z *car-sharingu* jako formuły współdzielenia środków transportowych, ale spośród wszystkich pokoleń⁴⁴ to te – jako najbardziej natywne technologicznie i czule środowiskowo – odchodzą od konsumpcjonizmu z reprezentacją posiadania samochodu na rzecz bardziej zrównoważonych sposobów transportu.

Raport Centrum Badawczego Zrównoważonego Transportu Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley wskazał, że w październiku 2014 roku rozwiązanie *car-sharing* tylko w biznesowej formie własności dostępne było w 1500 miastach, w których dostępne było 100 tys. samochodów dla 5 mln użytkowników. Światowym liderem *car-sharingu* okazały się kraje europejskie, w których zarejestrowanych było 2,2 mln osób, stanowiących 46% światowych użytkowników systemów współdzielenia i którzy to mogli korzystać z blisko 58 tys. samochodów, stanowiących 56% światowej floty pojazdów. Gdyby do tych danych dodać możliwość wypożyczeń prywatnych, te liczby osiągnęłyby wyższe wartości (Shaheen & Cohen, 2016). W 2021 roku europejski rynek *car-sharingu* wzrósł o 21% pod względem liczebności floty (Raport, Berg Insight, 2023), a pierwsze trzy kwartały 2022 roku potwierdziły (Enablement, 2023) utrzymanie popytu na poziomie z 2021 roku.

44 Badanie pokazało, że użytkownicy *car-sharingu* są w porównaniu do nie-użytkowników młodszy, nieco częściej płci męskiej, więcej zarabiają, częściej mają wyższe wykształcenie i rzadziej posiadają samochód.

Tabela 6.5. Przedsiębiorstwa oferujące usługę *car-sharingu* w Polsce w latach 2015–2024

Lp.	Usługa	Segment	Liczba aut	Region	Start	Koniec
1.	GoGet.pl	miejski	5	Wrocław	04/2015	04/2018
2.	4Mobility	mieszany	300	5 stref/regionów	09/2016	–
3.	Traficar	mieszany	2595	8 stref/regionów	10/2016	–
4.	Omni	miejski	10	Warszawa	04/2017	05/2018
5.	Panek	mieszany	2610	15 stref/regionów	07/2017	–
6.	Vozilla	EV	200	Wrocław	11/2017	04/2020
7.	EasyShare	miejski	200	Poznań, Łódź	12/2017	02/2022
8.	Click2Go	miejski	100	Poznań	12/2017	08/2019
9.	CityBee	cargo	200	11 miast	10/2018	10/2020
10.	eCar od Taurona	EV	20	Katowice	12/2018	04/2020
11.	GreenGoo	EV	20	Katowice	12/2018	12/2019
12.	MiiMove	miejski	400	Trójmiasto	02/2019	12/2021
13.	PGE Mobility	EV	5	Siedlce	03/2019	10/2019
14.	innogy go!	EV	500	Warszawa	04/2019	03/2021
15.	WoziBus*	cargo	10	m.in. Częstochowa	11/2019	–
16.	PKP Mobility	EV	10	Gdańsk, Gdynia	08/2020	06/2022
17.	CityBus	cargo	20	m in. Częstochowa	02/2021	08/2022
18.	Etna	miejski	5	Tarnowskie Góry	01/2021	07/2022

* Usługa zakwalifikowana jako zakończona z uwagi na niedostępność aut

Źródło: opracowanie własne na podstawie Barometru Nowej Mobilności PSPA (Raporty: 2019, 2020, 2021, 2022).

W Polsce, według Barometru Nowej Mobilności PSPA, od momentu pojawienia się w 2016 roku pierwszej firmy oferującej usługi *car-sharingu*, deklarowany przez badanych popyt na te usługi wzrastał i przedstawiał się w ostatnich latach następująco: 25% w 2019, 18% w 2020, 31% w 2021 i 28% w 2022 roku (Raporty: 2019, 2020, 2021, 2022). Na rosnące zapotrzebowanie na usługi współdzielenia odpowiedział rynek. O popularności *car-sharingu* świadczą dane. W 2017 roku w systemie działało 4 operatorów. W systemach współdzielenia samochodów uczestniczyło ponad 14 000 użytkowników, 310 pojazdów rozlokowanych w 84 stacjach (w tym 27 stacji to były punkty mobilne). W 2018 roku na terenie Polski działało już 6 podmiotów, z szacunkową liczbą ponad 150 000 użytkowników, by zwiększyć się w 2020 do 12 aktywnych operatorów i ponad 250 000 użytkowników. Wzrost rynku został jednak zahamowany. Pandemia COVID-19 przeorganizowała rynek *car-sharingu* w Polsce. Zmniejszyła się liczba użytkowników ze względu na obostrzenia. Choć przedsiębiorstwa starały się dostosowywać do sytuacji, to w wielu przypadkach koszty przewyższały przychody. Efekt był taki, że od początku pandemii zamknięto 2/3 z wszystkich 15 zakończonych dotychczas w Polsce systemów *car-sharingu*. Przedsiębiorstwa wycofały się z rynku lub zmieniły profil działalności. Na koniec listopada 2022 działało w Polsce już tylko 3 operatorów *car-sharingu* (Traficar, Panek CarSharing i 4Mobility)⁴⁵, oferując usługę ogólnego dostępu samochodów w modelu b2c (*business-to-consumer*) mieszkańcom miast, dysponując łącznie flotą ok. 5,5 tys. samochodów. Ich zasięg terytorialny oscylował wokół 15 regionów (19 miast). Blisko 1 mln unikalnych użytkowników aplikacji umożliwiających dostęp do usługi współdzielenia przynajmniej raz korzystało z rozwiązania *car-sharingu*.

Z funkcjonowaniem systemów wynajmu pojazdów wiążą się liczne korzyści ekologiczne i ekonomiczne, zarówno po stronie użytkowników, jak i operatorów (Janczewski, 2015). Po pierwsze, by korzystać z samochodu, nie trzeba być jego właścicielem, co oznacza brak konieczności ponoszenia kosztów zakupu samochodu, co na wstępie oznacza oszczędności. Po drugie, użytkujący nie ma obowiązku dbania o samochód w zakresie: serwisowania, mycia, napraw, ubezpieczenia i odsprzedaży, które wiążą się z koniecznością ponoszenia kosztów posiadania (ang. *total cost of ownership*) i zaangażowania czasowego. Po trzecie, samochód można wypożyczyć 24 godziny na dobę, czyli wtedy, kiedy istnieje potrzeba, bez ograniczeń czasowych otwarcia biura i dostępności pracowników (pod warunkiem dostępności samochodu). Po czwarte, użytkownik ma możliwość jazdy różnymi samochodami różnych producentów. Po piąte, nie trzeba się martwić o miejsce i koszty parkowania w mieście. I wreszcie po szóste,

45 Zgodnie z informacjami umieszczonymi na portalu Autonaminuty.org.

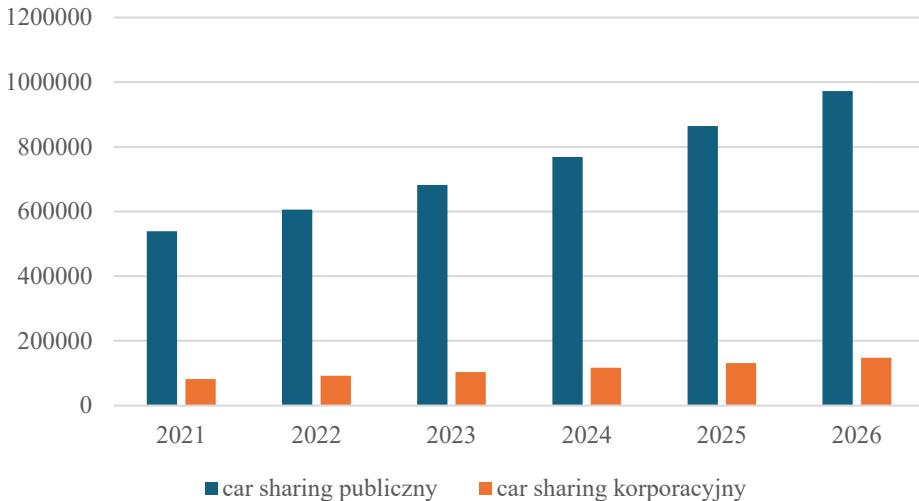
mieszkańców miasta ma istotny wpływ w środowisko, bowiem przejście z korzystania z indywidualnego transportu samochodowego na rzecz współdzielenia to mniej hałasu i mniej spalin. Istotnym atutem *car-sharingu* jest również łatwość korzystania z usługi. Wystarczy zarejestrować się w systemie współdzielenia i przy użyciu aplikacji – po wniesieniu opłaty – zarezerwować samochód, a następnie po sprawdzeniu samochodu uruchomić go i realizować podróż.

W szerszym kontekście za stosowaniem *car-sharingu* przemawia możliwość uwolnienia przestrzeni. Prywatne samochody są używane średnio przez 5% doby, a każdy z nich zajmuje najczęściej 10 m² przestrzeni (Shoup, 1997), zaś jeden współdzielony samochód może zastąpić posiadanie od 8 do nawet 19 aut w użytku prywatnym, a tym samym „uwolnić” każdorazowo 80–190 m² przestrzeni (Jochem i in., 2020). W ramach prac International Transport Forum (OECD) w 2015 roku przeprowadzono symulacje dotyczące wpływu *car-sharingu* na warunki transportu w miastach (na przykładzie Lizbony). Zakładając, że wszystkie prywatne samochody zostałyby zastąpione przez pojazdy współdzielone, takie jak pojazdy autonomiczne, pojazdy elektryczne, 6-miejscowe taksówki zbiorcze oraz 8- i 16-miejscowe „taxi-busy”, opracowano szczegółowy model komputerowy mobilności. Okazało się, że tylko 10% pojazdów wystarczyłoby, aby zawiązać mieszkańców tam, dokąd chcieli, wtedy, kiedy chcieli. Kongestia zniknęła, emisja CO₂ zmniejszyła się o 1/3, miejsca parkingowe przy ulicach nie były już potrzebne (Raport, 2016, Shared Mobility).

Mimo że rozwiązania z zakresu *car-sharingu* mają również kilka mankamentów, do których zaliczyć można obecnie dość wąską grupą docelową, nawyki starszej wiekowo grupy społeczeństw, silną konkurencję ze strony alternatywnych form transportu (np. taksówki), wysokie koszty ponoszone przez operatorów, zwłaszcza postoju w miastach, ze względu na brak wsparcia ze strony regulatorów centralnych i lokalnych oraz małą powszechność, która z kolei utrudnia dostępność, szczególnie w sytuacjach transportu pomiędzy miastami, obecnie coraz więcej miast czyni przygotowania do wprowadzania *car-sharingu*. Sprawdzane jest zapotrzebowanie i nastawienie mieszkańców, stan popytowy obecny i potencjalny na usługi współdzielenia oraz rozwiązania techniczne związane z możliwymi lokalizacjami miejsc postojowych dla środków transportowych.

Prognozy rozwoju *car-sharingu* wskazują na dynamikę rozwoju rynku na świecie zarówno pod względem floty, jak i użytkowników. Według CAGR w 2023 roku światowy rynek użytkowników *car-sharingu* liczył 126 mln osób. Na koniec 2024 roku powinien on wzrosnąć o 21%, by osiągnąć 153 mln osób korzystających ze współdzielonej mobilności. Kolejne wzrosty powinny być zanotowane w 2025 roku – do 185 mln i w 2026 roku – do 224 mln.

Wykres 6.2. Stan obecny i prognozy rozwoju globalnego rynku usług *car-sharingu* według CAGR do 2026 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie (Leśniak, 2022).

Podobnie do światowych tendencji również w Polsce, zgodnie z prognoza-
mi CAGR, powinny zostać zanotowane wzrosty. Na koniec 2023 roku było 6195
współdzielonych samochodów. Na koniec 2024 roku prognozowany jest wzrost
o 13% – do 6972 pojazdów. Kolejne lata mają też przynieść wzrost liczby samo-
chodów działających w systemie *car-sharingu*, odpowiednio w 2025 roku do 7847
i w 2026 roku do 8830.

Kolejnym sposobem przeciwdziałania kongestii w miastach poprzez współ-
dzielenie środków transportowych poza *car-sharingiem* jest wspólnota przejazdu-
wa ***car-pooling***⁴⁶, określane również jako *ride sharing*, *lift sharing*, *covoiturage*. *Car-*
pooling jest „systemem, który pozwala kojarzyć ze sobą osoby chcące podróżować
w tym samym kierunku, poprzez udostępnianie miejsca w pojeździe jednej z osób”
(Mitkow i in., 2018). Przypomina autostop, różni się jednak od tej metody podró-
żowania priorytetowością podmiotu podejmującego decyzję, kto z kim jedzie oraz
wykorzystaniem technologii cyfrowych. O ile w przypadku autostopu to kierują-
cy środkiem transportowym decydował, kto będzie współuczestniczył w jego po-
dróży, o tyle w przypadku *car-poolingu* to osoba pragnąca się przemieścić wybiera
kierowcę, z którym będzie chciała podróżować. Dodatkowo w przypadku autosto-
pu podróżny doświadcza dużej niepewności i losowości, często czeka na środek

46 Termin *car-pooling* ma swoją genezę w Stanach Zjednoczonych. W czasie II wojny światowej w celu oszczędności paliwa rząd amerykański zachęcał do wspólnego podróżowania.

transportowy w miejscu, gdzie może mieć styczność z potencjalnym środkiem transportowym. W przypadku *car-poolingu* jest odwrotnie – to podróżny wybiera kierowcę i środek transportowy w dowolnym miejscu, mając przy tym możliwość częściowej weryfikacji kierowcy na profilu platformy.

Wspólnota przejazdowa jest praktykowana w zasadzie od początków istnienia samochodu. Osoby jadące razem dzielą się kosztami podróży. Można wyróżnić 3 kategorie *car-poolingu* (Sołtys, 2009):

- grupowe dojazdy codzienne – głównie do miejsca pracy oraz na uczelnię;
- grupowe dojazdy cykliczne – powtarzające się ze stałą częstotliwością;
- grupowe dojazdy epizodyczne.

Car-pooling to system upodabniający i dostosowujący samochód osobowy do transportu zbiorowego. W Polsce istnieje on w formie dobrowolnych wspólnot w ruchu międzymiastowym na zasadzie „dogadania się”, pojawia się wszędzie tam, gdzie ze względu na małe natężenie ruchu uruchamianie linii zorganizowanego transportu zbiorowego jest nieopłacalne lub gdy istnieje zapotrzebowanie na uzupełniające i alternatywne usługi transportowe względem dostępnych rozwiązań. Reprezentacją *car-poolingu* jest BlaBlaCar, skupiający zarejestrowanych uczestników, łączących się we wspólnoty za pośrednictwem platformy internetowej. W miastach funkcjonuje także świadczenie usług przewozowych przez właścicieli samochodów działających na platformie operatora, jakim jest np. Uber.

W Polsce umowa *car-poolingu* może być zawierana na gruncie art. 353 KC o zasadzie swobody zawierania umów, zgodnie z którą „Strony zawierające umowę mogą ułożyć stosunek prawny według swego uznania, byleby jego treść lub cel nie sprzeciwiały się właściwości (naturze) stosunku, ustawie ani zasadom współżycia społecznego”. Tak zawarta umowa jest umową nienazwaną, dwustronnie zobowiązującą i nieodpłatną. Nieodpłatność rozumiana jest tu jako udział w pokryciu kosztów przewozu (koszt paliwa, opłat drogowych), a nie jako zysk kierującego pojazdem. Umowa *car-poolingu* jako umowa nienazwana nie wymaga zachowania szczególnej formy, co oznacza, że może zostać zawarta zarówno w formie pisemnej, jak i ustnie (Konopka, 2015).

Platformy *car-poolingowe peer-peer* (P2P), jako specyficzna forma wspólnej mobilności, łączą nieznanym, którzy oferują i proszą o przejażdżki, umożliwiając wielu osobom dzielenie się samochodem na pojedynczą podróż (Cellina i in., 2024). Do najpopularniejszych platform działających w Polsce należy BlaBlaCar, który ma przeszło 5 milionów użytkowników. Kolejnymi platformami są inOneCar, JedziemyRazem, ByTheWay, hopcap.pl oraz Carpul.pl. Na wspólne przejazdy mogą się umawiać również osoby mające konta na serwisach społecznościowych, np. na Facebooku.

System *car-poolingu* ma wiele korzyści ogólnospołecznych i środowiskowych. Można do nich zaliczyć przede wszystkim zmniejszenie kosztów podróżowania

(paliwo, ubezpieczenie, opłaty za parkingi), redukcję liczby samochodów, co przyczynia się do zmniejszenia problemów ze znalezieniem miejsca parkingowego, minimalizację stresu, a ponadto zmniejszenie agresji spowodowanej trudnościami dotarcia do miejsca przeznaczenia, np. zbytym zatłoczeniem komunikacyjnym, bądź tworzenie wspomnianych wcześniej więzi społecznych (Jaroszyński & Chłód, 2015). Rozwiązanie to nie jest jednak pozbawione wad, a najważniejsza z nich związana jest z ograniczonym bezpieczeństwem przejazdu, które wynika z nieznamomości współpasażerów oraz ich zachowań. Wprowadzie osoby chcące korzystać z serwisów świadczących usługi w zakresie *car-poolingu* są zobligowane do przejścia procesu weryfikacji użytkownika, a zrealizowane przejazdy podlegają opiniowaniu, jednak nie gwarantuje to całkowitego braku zagrożenia. Popularyzacja takiego rozwiązania sprzyjałaby ulepszeniu systemów ochrony (Mitkow i in., 2018).

Reasumując, trend ograniczenia w miastach ruchu aut prywatnych jest nieunikniony. Rozwiązanie z zakresu *car-sharingu* i *car-poolingu*, jako narzędzia równoważenia tzw. podziału modalnego (ang. *modal split*), pozwalają mieszkańcom miast podejmować bardziej świadome decyzje w zakresie transportu samochodowego. By rozwiązania z zakresu *car-sharingu* i *car-poolingu* mogły się rozwijać, potrzebne są systemowe rozwiązania⁴⁷ wsparcia dla zarządzających miastami oraz edukacja w celu zmiany nawyków w zakresie mobilności mieszkańców miast.

6.6. Transport samochodowy ładunków w Smart City

Smart City korzysta z technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) w celu efektywniejszej eksploatacji zasobów, co przekłada się na lepszą jakość życia i niskoemisyjną gospodarkę (Commission European, 2024). Współczesny transport 4.0 jest jednocześnie zarówno efektem, jak i współuczestnikiem przemian technologiczno-społeczno-gospodarczych mających miejsce w dobie gospodarki 4.0 i przemysłu 4.0. Złożoność wzajemnie powiązanych zjawisk i procesów związanych z ucyfrowieniem i wirtualizacją świata, automatyzacją, autonomizacją oraz automatyzacją środków infrastruktury i procesów, wymogami ekologizacji na skutek degradacyjnych zmian klimatu oraz dynamiką ich zmian to ogromne wyzwania dla wielu branż, w tym dla sektora transportu ładunków w ruchu drogowym, odbywającym się na terenie miast i pomiędzy nimi. Wśród nich wymienić można: wzrost wolumenu ładunków z presją na redukcję czasu i kosztów, przy równoczesnym wzroście oczekiwań jakościowych klientów; zaostrzenie wymogów prawnych związanych z ograniczeniami emisji spalin w stosunku do środków

47 W czerwcu 2022 r., w przyjętym przez Radę Ministrów projekcie Krajowej Polityki Miejskiej 2030, znalazł się m.in. zapis o potrzebie „kodyfikacji transportu współdzielonego”. We wrześniu 2022 powyższy postulat wybrzmiał także w premierze branżowej Strategii Rozwoju Nowej Mobilności w Polsce do 2030 roku.

transportowych; braki kierowców; ograniczenia w przepustowości dróg, które łącznie determinują utrzymanie zdolności do ciągłości dostaw.

W Polsce rozwój autonomicznych i elektrycznych rozwiązań w logistyce miejskiej nabiera tempa, choć wciąż znajduje się na etapie testów i pilotaży. Przykładem jest firma Żabka Polska, która w 2022 roku rozpoczęła testy autonomicznych robotów dostawczych w Warszawie. Te niewielkie elektryczne pojazdy poruszają się po chodnikach, dostarczając zakupy bezpośrednio do klientów, co ma na celu skrócenie czasu dostawy oraz redukcję emisji spalin w centrach miast (Białkozowicz & Ryciuk, 2022). Kolejnym przykładem jest Poczta Polska, która w 2021 roku wprowadziła do swojej floty elektryczne samochody dostawcze. W ramach programu pilotażowego testowano pojazdy elektryczne w wybranych miastach, takich jak Warszawa czy Kraków, z zamiarem rozszerzenia ich użycia na kolejne aglomeracje. Celem było zmniejszenie emisji CO₂ oraz hałasu w obszarach miejskich (Jurczak, 2019). Wrocław również angażuje się w rozwój zrównoważonej logistyki miejskiej. Miasto testowało autonomiczne pojazdy dostawcze w ramach projektów badawczych realizowanych we współpracy z Politechniką Wrocławską. Celem tych inicjatyw było zbadanie możliwości integracji autonomicznych systemów transportowych w miejskiej infrastrukturze oraz ocena ich wpływu na poprawę efektywności dostaw i redukcję emisji.

Z kolei InPost od kilku lat intensywnie rozwija flotę pojazdów elektrycznych w celu zmniejszenia emisji spalin i ograniczenia hałasu w miastach. Już w 2018 roku firma rozpoczęła dostawy do paczkomatów za pomocą elektrycznych samochodów dostawczych, początkowo w Krakowie. Do 2020 roku planowano, aby 30% floty stanowiły pojazdy elektryczne. W 2021 roku InPost ogłosił, że jego flota elektrycznych samochodów kurierskich przekroczyła 300 pojazdów. Dzięki temu miasta partnerskie programu Green City mogły korzystać z bardziej ekologicznych rozwiązań logistycznych. Do sierpnia 2024 InPost dysponował flotą blisko 1300 pojazdów elektrycznych, z czego około 70% stanowiły samochody Ford E-Transit. Firma planuje dalsze inwestycje w ekologiczne środki transportu, co przyczynia się do zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko. Współpraca między InPost a Lidlem rozpoczęła się w 2017 roku, kiedy to klienci Lidla mogli zamawiać produkty *non-food* z dostawą kurierską InPost. Od czerwca 2021 zakupy ze sklepu internetowego Lidl-Sklep.pl można odbierać także we wszystkich urządzeniach Paczkomat® InPost, co zwiększa wygodę klientów i wpisuje się w ekologiczne podejście do logistyki miejskiej. Obie firmy skupiają się na rozwijaniu floty pojazdów elektrycznych oraz optymalizacji procesów logistycznych w celu minimalizacji wpływu na środowisko.

Mimo że pełna implementacja autonomicznych pojazdów w dostawach miejskich w Polsce jest jeszcze w fazie rozwoju, powyższe inicjatywy pokazują rosnące zainteresowanie tymi technologiami. W miarę postępu technologicznego oraz

tworzenia odpowiednich regulacji prawnych można spodziewać się szerszego wdrożenia autonomicznych i elektrycznych rozwiązań w logistyce miejskiej, co przyczyni się do zwiększenia efektywności dostaw oraz poprawy jakości życia w miastach.

Przy takich uwarunkowaniach i zasadniczych czynnikach determinujących obecny transport 4.0 musi być w coraz większym stopniu autonomiczny, gdyż silnie oparty na automatyzacji i autonomizacji, oraz jednocześnie ukierunkowany na sukcesywnie zmniejszany negatywny wpływ na środowisko, zgodnie z założeniami strategii proekologizacji, proces przemieszczania wraz z wszelkimi czynnościami mu towarzyszącymi, odbywający się w środowisku usieciowionym – sieciowym i pełnym informacji (Brach, 2019).

Rewolucja w obszarze transportu drogowego może w pierwszej kolejności dotyczyć transportu towarów na długie dystanse. Truck Platooning to zintegrowany konwój ciężarówek, w którym pierwszy pojazd obsługiwany jest przez kierowcę, a podążające za nim maszyny są bezzałogowe.

Polskie firmy mają największy udział w rynku spedycyjnym UE, więc zmiany w tym obszarze będą miały spore przełożenie na naszą gospodarkę. Dużą bolączką polskiego sektora logistycznego są trudności w znalezieniu pracowników. Automatyzacja może być odpowiedzią na te problemy, jednak na drodze do takiej zmiany będzie stał rozdrobniony charakter branży. Małe firmy nie mogą sobie pozwolić na wprowadzanie kosztownych nowych rozwiązań i dlatego znajdują się w gorszej pozycji od ich większych konkurentów. Potencjalne oszczędności na pensjach dla branży związane z autonomizacją transportu ciężarowego mogą wynieść nawet 2 mld PLN.

Zakończenie

Od zarania dziejów istnienie ludzkości było związane z przemieszczaniem się. Dzisiaj ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu samochodowego w inteligentnych miastach odzwierciedlają złożoność integracji tradycyjnych systemów mobilności z najnowocześniejszymi technologiami i zasadami zrównoważonego rozwoju. Choć obecnie miasta nie są jeszcze gotowe na wprowadzenie pojazdów w pełni autonomicznych (systemy autonomiczne nie są w stanie prawidłowo funkcjonować w chaotycznym otoczeniu w centrum miast), to rozwój infrastruktury, wprowadzane innowacje technologiczne i środki polityczne są kluczowe w kształtowaniu przyszłości mobilności miejskiej. Dostosowując transport samochodowy do ram inteligentnego miasta, miasta mogą osiągnąć cele związane z poprawą efektywności, zrównoważonym rozwojem środowiskowym i równością społeczną.

Bibliografia

- Abohassan, M., & El-Basyouny, K. (2024). Leveraging LiDAR-Based Simulations to Quantify the Complexity of the Static Environment for Autonomous Vehicles in Rural Settings. *Sensors*, 24(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/s24020452>.
- ADAS. (2024). Czym jest adas? <https://systemy-adas.pl/podstawowe-informacje>.
- Ahmad, M. (2018), Cellular V2X vs. ITS-G5: who will dominate autonomous car connectivity?, <https://www.embedded-computing.com/automotive/cellular-v2x-vs-its-g5-who-will-dominate-autonomous-car-connectivity> [dostęp: 20.04.2024]
- Ainsalu, J.I. (2018). State of the Art of Automated Buses. *Sustainability*, 10(9). DOI: <https://doi.org/10.3390/su10093118>.
- Altium. (2019). Komponenty systemu Lidar dla pojazdów autonomicznych. <https://resources.altium.com/pl/p/lidar-system-components-for-autonomous-vehicles>.
- AMR. (2023). Raport: Autonomous Vehicle Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report, by Level of Automation, by Application, by Component: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2025–2035. <https://www.allied-marketresearch.com/autonomous-vehicle-market>.
- Arieff, A. (2019). Cars are Death Machines. Self-Driving Tech Won't Change That. *New York Times*. <https://www.nytimes.com/interactive/2019/10/04/opinion/self-driving-cars-safety.html>.
- Automobilwoche. (2019). Audi schließt sich offenbar Kooperation von BMW und Daimler an. <https://www.automobilwoche.de/article/20190824/NACHRICHTEN/190829927/autonomes-fahren-audi-schliesst-sich-offenbar-kooperation-von-bmw-und-daimler-an>.
- Autotalks, Kapsch, NXP, Siemens (2018), ITS-G5 technology – A Fact Sheet, https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/feedback/18167/attachment/090166e5c12a3443_en [dostęp: 20.04.2024].
- Banaszek, M. (2016). Ekonomia współdzielenia jako alternatywny kierunek rozwoju miast. *Ekonomia Społeczna* (1), 51–59. DOI: 10.15678/ES.2016.1.04.
- Białokozowicz, A., & Ryciuk, U. (2022). Wykorzystanie autonomicznych robotów dostawczych w usługach kurierskich ostatniej mili. *Akademia Zarządzania*, 6(3), 387–404. DOI: 10.24427/az-2022-0048.
- BlogLepiej. (2024). Czy samochody na wodór to przyszłość? <https://lepiej.tauron.pl/zielona-energia/czy-samochody-na-wodor-to-przyszlosc/>.
- Brach, J. (2019). Kształtowanie się Transportu 4.0 i systemu Transportu 4.0 w kontekście wpływu Rewolucji 4.0 na współczesny transport drogowy. *Ekonomia XXI Wieku*, 1(21), 87–101. DOI: 10.15611/e21.2019.1.06.
- Brańka, T. (2018). Treść i zakres pojęcia „autonomia”. Wyzwania definicyjne. *Acta Politica Polonica*, 3(45), 5–17. DOI: 10.18276/ap.2018.45-01.

- Burgieł, A. (2015). Wspólna konsumpcja jako alternatywny model spożycia i jej przejawy w zachowaniach konsumentów. W: E. Kieźel, *Zachowania konsumentów. Procesy unowocześniania konsumpcji*. (s. 153–192). Wolters Kluwer Business.
- Cellina, F., Derboni, M., Giuffrida, V., Tomic, U., & Hoerler, R. (2024). Trust me if you can: Practical challenges affecting the integration of carpooling in Mobility-as-a-Service platforms. *Elsevier – Travel Behaviour and Society* (37). <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2024.100832>.
- Chomiuk, M. (2024). Autonomiczne pojazdy mogą pojawić się na drogach później niż się spodziewano, mówi ekspert. https://pim.pl/autonomiczne-pojazdy-moga-pojawic-sie-na-drogach-pozniej-niz-sie-spodziewano-mowi-ekspert/?utm_source=chatgpt.com
- Choromański, W., Grabarek, I., Kozłowski, M., Czerepicki, A., & Marczuk, K.A. (2020). *Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Commission European (2024). *European Commission*. https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en
- COP29. (2024, 12 01). <https://www.itf-oecd.org/itf-cop29>
- Darts. (2024). Projekt Darts. <https://darts-database.com/pl/projekt/>
- Dąbrowska, A., Janoś-Kresło, M., & Wódkowski, A. (2009). *e-usługi, a społeczeństwo informacyjne*. Difin.
- Deloitte. (2019). *Urban Mobility and Autonomous Driving in 2035*. Deloitte. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/Datenland%20Deutschland%20Autonomes%20Fahren_EN_Safe.pdf
- Duszczyk, M. (2019, 5 20). Przyszłość autonomicznych aut wykuwa się w... Krakowie. *Rzeczpospolita*. <https://cyfrowa.rp.pl/biznes/34285-autonomiczne-auto-z-polski>
- Dz.U.2024.1251. Prawo o ruchu drogowym. <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/prawo-o-ruchu-drogowym-16798732/art-65-k>
- EEA. (2024). European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en>
- Enablement, F.M. (2023). <https://fluctuo.com/>. Pobrano z lokalizacji <https://fluctuo.com/>
- Facts & Reasons. (2020). Kto prowadzi samochód autonomiczny? <https://www.factsandreasons.com/pl/kto-prowadzi-samochod-autonomiczny/>
- Farian, A. (2010). Zintegrowane planowanie transportu jako odpowiedź na założenia rozwoju zrównoważonego miast. *Transport Miejski i Regionalny*, 21–28. <https://biblioteka-nauki.pl/articles/193404.pdf>
- Fasiecka, O., & Marek, M. (2018). Odnawialne źródła energii a rozwój elektromobilności. *Problemy Transportu i Logistyki*, 4(44), 7–14. <https://wnus.usz.edu.pl/ptil/pl/issue/947/article/15415/>
- Felson, M., & Spaeth, J. (1978). Community Structure and Collaborative Consumption: A routine activity approach. *American Behavioral Scientist*, 21(4), 614–624. DOI: <https://doi.org/10.1177/000276427802100411>

- Hałasik, M. (2017). Sharing economy wyzwaniem dla współczesnych przedsiębiorstw. *Acta Universitas Nicolai Copernici. Zarządzanie*, 44(2), 135–145. https://doi.org/10.12775/AUNC_ZARZ.2017.025
- Harms, S., & Truffer, B. (1998). *The Emergence of a Nationwide Carsharing Co-operative in Switzerland*. Switzerland: Raport dla EAWAG—Eidg. Anstalt für Wasserversorgung und Gewässerschutz.
- Interreg. (2020). *Projekt Sohjoa Baltic*. <https://www.sohjoabaltic.eu/pl/>
- Janczewski, J. (2015). Wynajem jako forma współużytkowania samochodów. Wybrane kwestie. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, 2(21), 87–101. DOI: <https://doi.org/10.25312/>
- Jaroszyński, J.W., & Chłód, M. (2015). Koncepcja logistyki miejskiej w aspekcie zrównoważonego rozwoju. *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe*, (249), 164–171.
- Jochem, P., Frankenhauser, D., Ewald, L., & Ensslen, A. (2020). Does free-floating carsharing reduce private vehicle ownership? The case of SHARE NOW in European cities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, (141), 373–395. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.09.016>.
- Jurczak, M. (2019). Koncepcje zrównoważonej logistyki miejskiej. *Ekonomika i Organizacja Logistyki*, 4(2), 13–27. <https://doi.org/10.22630/EIOL.2019.4.2.11>
- Kamiński, T. (2021). Pojazdy zautomatyzowane w aspekcie zrównoważonej mobilności miejskiej. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (1), 13–20. DOI: 10.33226/1231-2037.2021.1.2
- Kania, A., Wiśniewski, J., & Koseda, K. (2024). *Barometr Nowej Mobilności*. Polskie Stowarzyszenie Nowej Mobilności. https://psnm.org/wp-content/uploads/2024/06/PSNM_Barometr_Nowej_Mobilnosci_2024_Raport-1.pdf
- Kauf, S. (2018). Ekonomia współdzielenia (sharing economy) jako narzędzie kreowania smart city. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie*, (120), 141–151.
- Kaufman, W. (2020). Liability, Safety and Infrastructure Concerns Slow Development of Self-Driving Cars. *Insurance Journal*. <https://www.insurancejournal.com/news/national/2020/11/05/589778.htm>
- Kluczkowski, Z. (2024). *Historia motoryzacji*. Warszawa: SBM.
- Konopka, M. (2015). Carpooling – uwarunkowania prawne i perspektywy rozwoju. *Technika Transportu Szybowego*, 22(12), 805–809.
- Korzeniewska, E., Krawczyk, A., Łada-Tondyra, E., & Plewako, J. (2019). Technologia 5G jako etap rozwoju komunikacji bezprzewodowej. *Przegląd Elektrotechniczny*, 12, 144–147. DOI:10.15199/48.2019.12.31
- Krzak, M. (2018). Carsharing jako element koncepcji „zielonego miasta” na przykładzie Wrocławia i wybranych polskich miast. *Rynek Społeczeństwo Kultura*, 4(30), 48–52. <https://kwartalnikrsk.pl/Artykuły/RSK-4-2018/RSK-4-2018-Krzak-Carsharing-jako-element-koncepcji-zielonego-miasta.pdf>

- Kuźma, J., Połom, M., & Żukowska, S. (2022). Rozwój mobilności współdzielonej w Polsce na tle tendencji europejskich. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG* (25(1)), 7–22. DOI: 10.4467/2543859XPKG.22.003.15963
- Lemański, A. (2020). Automatyzacja pracy a zmiany na rynku pracy. Czy, a jeśli tak, to w jaki sposób mierzyć pracę umysłową i poziom jej automatyzacji. *Górnośląskie Studia Socjologiczne. Seria Nowa*, 11, 13–37. DOI: https://doi.org/10.31261/GSS_SN.2020.11.02
- Leśniak, L., Kania, A., & Jędrzejewski, A. (2022). *Raport: 6 lat car sharingu w Polsce*. Stowarzyszenie Mobilne Miasto. https://mobilne-miasto.org/wp-content/uploads/2022/12/RAPORT_CAR_SHARING_2022.pdf
- Mańk-Chrulska, S., & Puchała, M. (2024). Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, 1(38), 131–160. https://doi.org/10.25312/2391-5129.38/2024_09smmp
- Markowski, A., Kostro, J., & Lewandowski, A. (1979). *Automatyka w pytaniach i odpowiedziach*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- Mężyk, A. (2019). Problemy komunikacji w miastach – kierunki rozwiązań. *Przewoźnicy i Systemy Transportowe*, 20(12), 22–29. doi: 10.24136/atest.2019.219.
- Mężyk, A., & Zamkowska, S. (2019). *Problemy transportowe miast. Stan i kierunki rozwiązań*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Miller, M. (2016). *Internet Rzeczy. Jak inteligentne telewizory, samochody, domy i miasta zmieniają świat*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Mitkow, S., Borucka, A., & Załęski, Ł. (2018). Wykorzystanie car-poolingu w przeciwdziałaniu kongestii w transporcie miejskim. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (5), 447–458.
- Młody Technik. (2017). Autonomiczne samochody przyspieszają. *Młody Technik*. <https://mlodytechnik.pl/technika/28881-autonomiczne-samochody-przyspieszaja>
- Młynarski, G. (2021). Consumer perception of shared mobility services in the light of global climate challenges. *International Business and Global Economy*, (40), 65–74. DOI: <https://doi.org/10.26881/ibage.2021.40.0>
- Monarcha-Matlak, A. (2015). Chmura nad smart city. W: G. Szpor, *Internet rzeczy. Bezpieczeństwo w Smart city*. (s. 173–181). C.H. Beck.
- Montgomery, C. (2015). *Miasto szczęśliwe*. Wydawnictwo Wysoki Zamek.
- Muheim, P. (1996). *Car Sharing Studies: An Investigation. Raport dla Graham Lightfoot*. Ireland.
- MZUG. (2024). Pojazdy autonomiczne będą testowane w Polsce. Ministerstwo zajmie się ustawą. <https://www.money.pl/gospodarka/pojazdy-autonomiczne-beda-testowane-w-polsce-ministerstwo-zajmie-sie-ustawa-7000190913038848a.html>
- Navisoft. (2024). Sieć GSM i transmisja danych GPRS. <https://navisoft.pl/systemy-gps/transmisja-danych-gprs>

- Neumann, T. (2024). Analysis of Advanced Driver-Assistance Systems for Safe and Comfortable Driving of Motor Vehicles. *Sensors*, 24(19). <https://doi.org/10.3390/s24196223>
- Newman, L. (2018). *Self-Driving Cars*. Ann Arbor: Cherry Lake Publishing.
- NHTSA. (2024). Strona główna. <https://www.nhtsa.gov/>
- Pindelski, M. (2017). Społeczna odpowiedzialność nowych technologii i Big Data. W: P. Płoszajski, *Czy społeczna odpowiedzialność firmy wspomaga jej innowacyjność?* (s. 87–114). Oficyna Wydawnicza SGH.
- Pomerleau, D. (1989). *Alvinn: An autonomous land vehicle in neural*. Morgan Kaufmann Publishers.
- PSNG. (2024). <https://psnm.org/>
- Raport. (2016). *Shared Mobility. Innovation for liveable city*. OECD/ITF. <https://www.itf-oecd.org/itf-work-shared-mobility>
- Raport. (2023). *Berg Insight*. <https://www.berginsight.com/the-carsharing-telematics-market>
- Raporty. (2019, 2020, 2021, 2022). *Polskie Stowarzyszenie Nowej Mobilności*. https://psnm.org/raporty_pspa/
- Raviteja, T., & Vedaraj, R. (2020). An introduction of autonomous vehicles and a brief survey. *Journal of Critical Reviews*, 7(13). DOI: 10.31838/jcr.07.13.33
- Rifkin, J. (2016). *Społeczeństwo zerowych kosztów krańcowych*. Studio EMKA.
- Rodrigue, J. (2024). *The Geography of Transport Systems*. Nowy Jork: Routledge. DOI: 10.4324/9781003343196
- SAE. (2021). Surface vehicle recommended practice. https://wiki.unece.org/download/attachments/128418539/SAE%20J3016_202104.pdf
- Shaheen, S., & Cohen, A. (2016). *Innovative Mobility Carsharing Outlook*. Transportation Sustainability Research Center. Berkeley: University of California.
- Shaheen, S., & Cohen, A. (2020). Chapter 3 – Mobility on demand (MOD) and mobility as a service (MaaS): early understanding of shared mobility impacts and public transit partnerships. *Elsevier*, 37–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815018-4.00003-6>
- Shaheen, S.A., Sperling, D., & Wagner, C. (1998). Carsharing in Europe and North America: Past, Present, and Future Transportation. *Transportation Quarterly*, 52(3), 35–52.
- Shoup, D. (1997). *The High Cost of Free Parking*. Los Angeles: University of California. DOI: 10.1177/0739456X9701700102
- Sołtys, K. (2009). *Toward and understanding of carpool formation and use*. University of Toronto, Graduate Department of Geography and Planning.
- Statista. (2022). Projected sales of autonomous vehicles worldwide from 2019 to 2030. <https://www.statista.com/statistics/1230733/projected-sales-autonomous-vehicles-worldwide/>

- Sterniczuk, D., Zaklika, W., & Kozłowski, M. (2015). Identification Tests of Modern Vehicles' Electromagnetic Environment as Part of the Assessment of Their Functional Safety. *Sensors* 25(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/s25010007>
- Sun, C., Sun, P., Wang, J., Guo, Y., & Zhao, X. (2024, November). Real-time scene-aware LiDAR point cloud compression using semantic prior representation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 25(11), 16462-16472. DOI: 10.1109/TITS.2024.3409907
- Szołtysek, J. (2011). *Kreowanie możliwości mobilności mieszkańców miast*. Wolters Kluwer.
- Szołtysek, J. (2016). Ekonomia współdzielenia a logistyka miasta – rozważania o związkach. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 11, 2–9.
- T&E. (2019, 10/24). Less (cars) is more: how to go from new to sustainable mobility. <https://www.transportenvironment.org/articles/less-cars-more-how-go-new-sustainable-mobility>
- Tabakow, M., Korczak, J., & Franczyk, B. (2014). Big Data – definicje, wyzwania i technologie informatyczne. *Informatyka Ekonomiczna*, 1(31), 138–153. DOI: <http://dx.doi.org/10.15611/ie.2014.1.12>
- Terczyńska, B. (2019). Rzeszów przymierza się do autobusów bez kierowców. Wiceprezydent oglądał takie w Lyonie, „Nowiny24”. Rzeszów. <https://nowiny24.pl/rzeszow-przymierza-sie-do-autobusow-bez-kierowcow-wiceprezydent-ogladal-takie-w-lyonie/ar/c1-14280571>
- Toyota. (2024). CSR Materiality – Toyota Industries Corporation. <https://www.toyota-industries.com/sustainability/management/materiality/index.html#materiality>
- ToyotaTimes. (2024). Suppliers, Not Subcontractors- Toyota's Commitment to Co-prosperity with 60,000 Companies. https://toyotatimes.jp/en/toyota_news/together_with_our_suppliers/001.html#anchorTitles
- Winton, N. (2019). Computer Driven Cars, Trucks Are Coming But Pace Slows To A Dawdle. <https://www.forbes.com/sites/neilwinton/2019/06/05/computer-driven-cars-trucks-are-coming-but-pace-slows-to-a-dawdle>
- Wolański, M., & Pieróg, M. (2017). Ocena potencjału rozwoju car-sharingu w Polsce. W: J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), *E-mobilność – wizje i scenariusze rozwoju* (s. 201–218). Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego. <https://www.leonardo-energy.pl/wp-content/uploads/2018/07/E-mobilno%C5%9B%C4%87-wizje-i-scenariusze-rozwoju.pdf>
- Zawodny, M. (2020). Komunikacja pojazdów autonomicznych z infrastrukturą drogową. *Zeszyty Naukowo-Techniczne*, 1(120), 61–74.

Transport mikromobilny

Monika Ziółko

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

ORCID 0000-0003-3229-3509

Patryk Stawiarski

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

ORCID 0000-0003-3487-6222

Wstęp

Mikromobilność, obejmująca pojazdy takie jak hulajnogi czy rowery elektryczne, z każdym rokiem zyskuje na znaczeniu w nowoczesnych systemach transportowych, szczególnie w kontekście rozwoju inteligentnych miast (Smart City). Dostępne badania jednoznacznie wskazują na jej rosnącą rolę w kształtowaniu zrównoważonej mobilności miejskiej, co staje się kluczowe w obliczu narastających problemów związanych z zatłoczeniem miast, emisją zanieczyszczeń oraz potrzebą poprawy jakości życia mieszkańców. Temat jest nie tylko istotny z badawczego punktu widzenia, ale także innowacyjny, ponieważ mikromobilność oferuje nowe rozwiązania transportowe, które są elastyczne, ekologiczne i integrują różne formy transportu w inteligentnych miastach przyszłości. Badanie i analiza tego zagadnienia pozwalają na zgłębienie jego potencjału oraz znalezienie odpowiedzi na wyzwania związane z jego efektywnym wdrażaniem w środowiskach miejskich.

Celem przedstawionego w niniejszym rozdziale badania było poznanie opinii użytkowników na temat wybranych elementów usług współdzielonych elektrycznych hulajnóg związanych z paradygmatem Smart City. Autorzy postawili hipotezę, że istnieje zróżnicowanie w poziomie świadczenia usługi pomiędzy operatorami

e-hulajnog współdzielonych w Polsce. Badanie miało charakter ilościowy i zostało zrealizowane metodą ankietową.

Słowa kluczowe: mikromobilność współdzielona, hulajnogi elektryczne, UTO, aplikacje mobilne, Smart City, operator

7.1. Rozwój mikromobilności

Mikromobilność jest koncepcją użytkowania małych, lekkich i bezemisyjnych środków transportu w komunikacji na krótkich dystansach (Pourfalatoun & Miller, 2023; Karli & Çelikyay, 2021). Pojazdy takie bardzo często nazywane są urządzeniami transportu osobistego UTO (ang. *Personal Mobility Device* – PMD). Są one najczęściej wykorzystywane do pokonania pierwszego lub ostatniego odcinka podróży (pierwszej lub ostatniej mili) (Janczewski, 2019). Atrakcyjność mikromobilności wynika z jej zdolności oferowania elastycznej, zrównoważonej i ekonomicznej alternatywy dla tradycyjnych form transportu, szczególnie w kontekście obszarów miejskich (Shaheen i in., 2020; Cohen i in., 2020). Oferuje ona także sprawne przemieszczanie się w ramach systemu „od drzwi do drzwi” (Oeschger i in., 2020). Oznacza to, że dzięki mikropojazdom możliwe jest dotarcie w konkretne miejsce, również do punktów, które są niedostępne dla większych pojazdów. Rozwój mikromobilności postrzegany jest dodatkowo jako szansa na rozwiązanie lub ograniczenie problemów związanych z kongestią w dużych aglomeracjach miejskich (Dorocki, 2022).

Początki mikromobilności sięgają pierwszej połowy XIX wieku. Zaczęły wtedy powstawać pierwsze urządzenia powolnego transportu, napędzane siłą ludzkich mięśni. Z upływem czasu oraz postępowaniem technologicznym urządzenia te zaczęto poddawać modernizacjom. Ważnym krokiem w rozwoju pojazdów transportu osobistego było skonstruowanie jednostki napędowej. Wykorzystanie napędu mechanicznego czy elektrycznego zdecydowanie ułatwiło poruszanie się oraz skutkowało wzrostem popularności mikropojazdów. Mimo pojawiających się zmian i usprawnień w konstrukcji UTO na przestrzeni lat, dostrzec można pewne cechy charakterystyczne tych urządzeń, takie jak: zasięg, prędkość maksymalna, rodzaj napędu, dopuszczalna masa całkowita czy też masa samego pojazdu (Janczewski, 2020). Początkowo to rowery stanowiły główną grupę urządzeń mikromobilnych, z czasem dołączały do nich kolejne pojazdy.

Aktualnie rozwiązania w zakresie mikromobilności obejmują szereg lekkich urządzeń i minipojazdów, które poruszają się zwykle z prędkością nieprzekraczającą 45 km/h (Abduljabbar i in., 2021). Do urządzeń tych można zaliczyć: rowery, hulajnogi, deskorolki, segwaye (Ignacollo i in., 2022), deskorolki typu hoverboard (Abduljabbar i in., 2021) oraz skutery, motorowery czy lekkie samochody

(Janczewski, 2020; Janczewski & Janczewska, 2023). Niektóre źródła uwzględniają w kategorii pojazdów mikromobilnych również elektryczne monocykle oraz elektryczne wózki inwalidzkie (Fearnley, 2021).

7.2. Teoretyczne aspekty mikromobilności

Na przestrzeni lat wraz z rozwojem koncepcji mikromobilności zmieniała się także jej definicja. Sam termin *mikromobilność* nie został jednoznacznie zdefiniowany, dlatego w literaturze można spotkać różne podejścia i próby charakterystyki tej idei. W zależności od potrzeb pojęcie to może obejmować różne elementy, kłaść nacisk na konkretne aspekty, dlatego jego zakres jest zmienny, a sama definicja tworzona w czasie rzeczywistym. Przykładowe interpretacje pojęcia mikromobilności przedstawiono w tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Wybrane definicje mikromobilności

Źródło	Definicja
(Shin i in., 2018)	Mikromobilność odnosi się zarówno do środków osobistego transportu oraz do inteligentnej mobilności.
(Jędrzejewicz & Domaszewicz, 2019)	Mikromobilność jest to rodzaj przemieszczania się, używając pojazdów małych rozmiarów i wagi, zazwyczaj jednoosobowych, np. hulajnóg, rowerów, motorowerów, trzykołowców czy innych urządzeń transportu osobistego.
(Dediu, 2019)	Mikromobilność jest rozumiana jako osobista mobilność. Powinna zapewniać użytkownikowi możliwie największą swobodę poruszania, przy jednocześnie minimalnym zużyciu energii.
(Lo i in., 2020)	Klasa lekkich pojazdów użytkowych o małej mocy, przeznaczonych do krótkich podróży, zbiorczo określana jako „mikromobilność”
(Janczewski, 2020)	To koncepcja zakładająca wykorzystanie w rozwiązaniach transportowych niewielkich, lekkich i bezemisyjnych pojazdów silnikowych oraz urządzeń powolnego transportu umożliwiających pokonywanie krótkich dystansów – najczęściej pierwszego lub ostatniego odcinka zaplanowanej podróży.
(Sun i in., 2021)	Mikromobilność to małe, lekkie opcje mobilności, opierające się na głównie na systemach współdzielonych rowerów ze stacjami dokującymi. W ciągu ostatnich kilku lat zostały poszerzone o dodatkowe pojazdy, takie jak rowery bez stacji dokujących, rowery elektryczne, hulajnogi elektryczne i skutery elektryczne.

Źródło	Definicja
(Şengül & Mostofi, 2021)	Mikromobilność definiuje się jako małe i lekkie (mniej niż 500 kg) środki transportu o prędkości poniżej 25 km/h, z których większość jest używana indywidualnie. Pojazdy e-mikromobilności różnią się od pojazdów mikromobilnych ze względu na ich układy napędowe, które są elektryczne, jak np. w rowerach elektrycznych, hulajnogach elektrycznych i deskorolkach elektrycznych.
(McQueen i in., 2021)	Mikromobilność to małe, lekkie pojazdy napędzane siłą ludzkich mięśni lub pojazdy elektryczne obsługiwane przy niskich prędkościach, w tym hulajnogi elektryczne i systemy rowerów publicznych.
(Kalakoni i in., 2022)	Termin „mikromobilność” jest szeroko stosowany do opisania środków transportu indywidualnego, które charakteryzują się ograniczonym wykorzystaniem przestrzeni i stosunkowo niską masą.
(Felipe-Falgas i in., 2022)	Mikromobilność obejmuje prywatne lub współdzielone lekkie pojazdy, które działają przy niskich prędkościach i są używane na krótkich trasach.

Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury przedmiotu.

Badacze, oprócz definiowania pojęcia mikromobilności, podejmują także próby jego systematyzacji. Powstają zatem różne propozycje klasyfikacji, które obejmują jej główne cechy: rodzaj napędu, moc silnika, prędkość maksymalną, zasięg, masę pojazdu, zastosowanie, liczbę przewożonych osób, czy rodzaj układu jezdnego bądź kierowniczego (Janczewski, 2020). Przykładem takiej klasyfikacji z uwagi na rodzaj układu jezdnego może być praca J. Janczewskiego (2019), który wyróżnia w tym obszarze: urządzenia jednośladowe (monocykle, rowery, skutery, hulajnogi, rolki (Janczewski & Janczewska, 2019), dwuśladowe (segwaye, deskorolki, mikrosamochody elektryczne), trzyśladowe (trzykołowe rowery, hulajnogi, skutery, motocykle czy samochody) oraz czterośladowe (np. mikrosamochód Triggo). Powstają także próby typologizacji pojazdów mikromobilnych, takie jak praca H. Dediu (2019), który proponuje podział środków transportu mikromobilnego na pięć typów, które są wypadkową średniego dystansu, średniej prędkości oraz maksymalnej masy własnej. Wśród nich wyróżnił: skutery/rowery, e-rowery, motorowery, lekkie quady i ciężkie quady. Pojazdy wchodzące w skład mikromobilności często w literaturze przedmiotu klasyfikuje się także według konstrukcji układu jezdnego.

7.3. Współdzielona mikromobilność

Zjawiskiem, które zdecydowanie zrewolucjonizowało, przyspieszyło rozwój i zwiększyło popularność mikromobilnych środków transportu były systemy współdzielenia (Møller i in., 2020; Dozza i in., 2022). Pierwsze współdzielone

pojazdy mikromobilne na świecie pojawiły się w 1995 roku w Kopenhadze. Był to system rowerów miejskich o nazwie *Bycyklen* (znany też jako *Copenhagen City Bikes*). Użytkownicy mogli wypożyczać rowery za niewielką opłatą i zwracać je w dowolnej stacji po zakończeniu korzystania (Beim & Rusak, 2006). System ten zapoczątkował ideę współdzielonej mikromobilności, która później objęła również inne formy transportu, takie jak hulajnogi elektryczne czy e-skutery.

Z kolei pierwsze współdzielone e-hulajnogi wprowadziła firma Bird w 2017 roku w mieście Santa Monica w Kalifornii (Button i in., 2020; Orozco-Fontalvo i in., 2023). Rozwiązanie odniosło duży sukces, a pojazdy mikromobilne cieszyły się bardzo dużym zainteresowaniem. W 2019 roku w Santa Monica różni operatorzy oferowali już w systemie współdzielenia 2000 elektrycznych hulajnóg i 500 elektrycznych rowerów (Field & Jon, 2021).

Początek współdzielonej mikromobilności w Polsce miał miejsce w 2008 roku, kiedy to w Krakowie pojawiły się rowery miejskie. Ich wypożyczenie było możliwe ze stacji dokujących rozmieszczonych w ruchliwych częściach miasta (Janczewski & Janczewska, 2022). Kolejnym krokiem w rozwoju współdzielonej mikromobilności w Polsce była wypożyczalnia elektrycznych skuterów na minuty, uruchomiona przez przedsiębiorstwo *Blinkee.city* w Warszawie w 2017 roku (Kuźma i in., 2022). Z kolei pierwsze elektryczne hulajnogi w systemie współdzielenia pojawiły się w październiku 2018 roku za sprawą firmy Lime (Jarosiński, 2021). Od tego czasu branża ta z roku na rok zyskiwała na popularności, przez co hulajnogi elektryczne zostały wdrożone również w innych miastach, a po ośmiu miesiącach od wejścia na polski rynek ich liczba osiągnęła poziom 7250 (Mobilne Miasto, 2019). Przez ostatnie lata w Polsce funkcjonowało wielu operatorów współdzielonych hulajnóg elektrycznych, aktualnie rynek zdominowały takie przedsiębiorstwa jak: Bolt, dott, Tier i hopp (Mobilne Miasto, 2024).

7.4. Współdzielona mikromobilność w kontekście założeń Smart City

Współdzielona mikromobilność stanowi integralny element koncepcji Smart City. W inteligentnych miastach przyszłości, które dążą do zrównoważonego rozwoju, redukcji emisji oraz poprawy jakości życia, współdzielona mikromobilność oferuje efektywne, ekologiczne i ogólnodostępne środki transportu. Systemy te, łącząc się z technologiami Smart City, umożliwiają dynamiczne zarządzanie flotą, optymalizację tras oraz integrację z innymi formami transportu publicznego. Ułatwiają także mieszkańcom dostęp do szybkiego i wygodnego przemieszczania się na krótkich dystansach, zmniejszając tym samym zależność od samochodów prywatnych i redukując kongestję systemu transportowego.

Pierwszym z omawianych elementów funkcjonowania współdzielonych systemów mikromobilnych w miastach są nowoczesne rozwiązania technologiczne. Istotną ich częścią są aplikacje mobilne, które umożliwiają użytkownikom między innymi dokonanie rezerwacji pojazdu oraz jego wypożyczenie (Liyange i in., 2019). Technologia zdecydowanie wpłynęła na funkcjonowanie mikromobilności – nie tylko zwiększyła poziom bezpieczeństwa, ale również wydajność jazdy oraz dostępność mikromobilnych środków transportu w przestrzeni publicznej.

Jednym z obszarów wykorzystania technologii jest lokalizacja współdzielonych pojazdów. Pozwala ona kontrolować, gdzie znajdują się urządzenia danego przewoźnika i w jaki sposób są wykorzystywane (Chico & Diana, 2022). Pozwala to uzyskać informacje na temat właściwego użytkowania pojazdów zgodnie z lokalnymi przepisami i ograniczeniami. Umożliwia to również optymalne zarządzanie flotą współdzielonych urządzeń mikromobilnych. Odpowiednie algorytmy, poddające analizie dane w zakresie użytkowania i zapotrzebowania na urządzenia, pomagają we właściwy sposób rozmieścić pojazdy w przestrzeni miejskiej, stacje ich ładowania i parkingi, odpowiadając przy tym na potrzeby użytkowników (Brown i in., 2020).

Dzięki zamontowanym w pojazdach czujnikom możliwe jest także monitorowanie poziomu naładowania baterii oraz kontrola parametrów technicznych urządzeń, co pozwala na odpowiednie zaplanowanie przez operatora ładowania i ewentualnego serwisowania pojazdów (Triviño-Cabrera i in., 2023; Ma i in., 2021).

Śledzenie urządzeń w czasie rzeczywistym jest pomocne nie tylko dla operatorów, ale również dla samych użytkowników, którzy dzięki tej funkcjonalności mogą monitorować położenie urządzeń mikromobilnych oraz w łatwy i wygodny sposób dokonać ich rezerwacji w wybranej lokalizacji. Dodatkowo systemy GPS zamontowane w urządzeniach i integracja z mapami pozwalają użytkownikowi zaplanować najkrótszą i najbardziej optymalną trasę (Feng i in., 2021).

W kontekście zarządzania flotą mikropojazdów współdzielonych coraz większego znaczenia nabierają również Internet rzeczy, Big Data i sztuczna inteligencja (Wanganoo i in., 2022). Umożliwiają one zbieranie i analizę dużych zbiorów danych na temat użytkowania pojazdów, takich jak: trasy przejazdów, czas użytkowania, co wspomaga lepsze zarządzanie flotą, optymalizację tras i właściwe zarządzanie ruchem, dzięki przewidywaniu wzorców użytkowania pojazdów mikromobilnych.

Z punktu widzenia użytkownika ważną *smart* funkcją współdzielonych środków transportu mikromobilnego jest także personalizacja usług i ofert, jak również sugestie tras, na podstawie odbytych podróży, czy też programy lojalnościowe, zapewniające promocyjne ceny. Pomocna jest również integracja aplikacji mobilnej we współdzielonych urządzeniach mikromobilnych z elektronicznymi systemami płatności. Umożliwia to szybkie i bardzo wygodne dokonanie opłaty za

przejazd. Pewnego rodzaju innowacją w tym zakresie są różnego typu subskrypcje i cyfrowe bilety okresowe (miesięczne, roczne) na korzystanie z urządzeń danego operatora oraz integracja z innymi środkami transportu publicznego (Wanganoo i in., 2022), np. zintegrowane bilety na łączone przejazdy.

Równie istotna jest interakcja operatora z użytkownikiem. Aplikacje mobilne dają możliwość wystawienia przez użytkownika oceny usługi, sprawności i jakości pojazdu, jak również zgłoszenia ewentualnych problemów (Kaufman & Buttenwieser, 2018). Funkcjonalności te dają operatorom możliwość szybkiego reagowania na występujące nieprawidłowości oraz usprawnienia swoich usług, aby w jak najwyższym stopniu spełniały one oczekiwania użytkowników.

Kolejnym ważnym obszarem, w którym współdzielona mikromobilność wpisuje się w założenia koncepcji Smart City, jest integracja z transportem publicznym. Lokalizacja tzw. punktów mobilności, czyli wyznaczonych miejsc, w których można wynająć lub pozostawić wypożyczoną e-hulajnogę czy rower elektryczny, w dużej mierze pokrywa się z najpopularniejszymi przystankami komunikacji miejskiej. Pozwala to na łatwe przesiadanie się między mikromobilnością a transportem publicznym (Oeschger, 2020). Pomaga to w planowaniu podróży z wykorzystaniem wielu środków transportu, co znacznie skraca jej czas. Wsparciem tej funkcjonalności są również aplikacje mobilne, które integrują różne formy transportu i umożliwiają zaplanowanie trasy z wykorzystaniem kilku pojazdów, gromadząc aktualne dane w zakresie dostępności urządzeń mikromobilnych w wybranym punkcie oraz godzin odjazdów i czasów przejazdu różnymi rodzajami transportu w miastach.

Istotnym elementem wykorzystania inteligentnych rozwiązań technologicznych w urządzeniach mikromobilnych jest także poprawa bezpieczeństwa ich użytkowania (Caspi & Smart, 2022). Omówione już aplikacje wspierające funkcjonowanie współdzielonej mikromobilności na bieżąco monitorują właściwe użytkowanie pojazdów, niewłaściwe ich parkowanie, czy przekraczanie dozwolonej prędkości. Część operatorów wprowadziła także limity prędkości w swoich pojazdach – nie mają one możliwości osiągnięcia wyższych parametrów niż te zgodne z lokalnymi przepisami prawa (Janikian i in., 2024; Dozza i in., 2022; Garman i in., 2020). Niektórzy operatorzy współdzielonych urządzeń określają również strefy „zakazane”, w których użytkowanie pojazdów jest zabronione i niebezpieczne. Po wjeździe na taki obszar odcinane jest zasilanie urządzenia i jest ono blokowane (Romain, 2022), co uniemożliwia dalsze jego użytkowanie.

Aplikacje dają także możliwość zgłoszenia nieprawidłowości w funkcjonowaniu urządzeń oraz usterek technicznych zauważonych przez użytkowników. Bezpieczeństwo zwiększają również lokalizatory wbudowane w urządzenia mikromobilne. Pozwalają one, w razie potrzeby, namierzyć dany pojazd, ustalić jego trasę oraz dane użytkownika, który go wypożyczył (Wanganoo i in., 2022).

Istotna jest także kwestia wpływu koncepcji mikromobilności na wspomniany już zrównoważony rozwój. W tym kontekście przyczynia się ona do eliminowania nierówności społecznych w zakresie mobilności poprzez zapewnienie dostępu do niedrogiej formy transportu. Ogranicza ponadto stopień zależności użytkowników od prywatnych samochodów osobowych, co również pozytywnie wpływa na środowisko (McQueen i in., 2021). Dodatkowo usługi mikromobilne postrzegane są jako rozwiązanie mające wpływ na zmniejszenie emisji szkodliwych substancji pochodzących z transportu (Fong i in., 2019), występowanie zatorów komunikacyjnych, a także natężenie ruchu drogowego w miastach (Li i in., 2021).

Pojazdy wchodzące w skład mikromobilności współdzielonej z powodu wzrostu popularności w ostatnich latach wzbudzają również coraz większe zainteresowanie badaczy, przez co poddawane coraz większej liczbie różnorodnych badań i analiz. Wiele z nich dotyczy ich użyteczności, bezpieczeństwa (Ma i in., 2021; Kędzior-Laskowska, 2024; Janczewski & Janczewska, 2020), celu podróży (Christoorou i in., 2021; Esztergár-Kiss i in., 2022; Kim i in., 2023; Hardt & Bogenberger, 2019), czy też oceny konkretnego operatora świadczącego tego typu usługi (Hamerska i in., 2022a, 2022b; Copeland, 2019). Inne szczegółowo skupiają się na kwestiach bezpieczeństwa i aspektach prawnych funkcjonowania współdzielonych pojazdów w miastach. Pojawiają się również takie, w których ocenie poddawane są dodatkowe funkcjonalności tego typu usług, takie jak działanie aplikacji, możliwość rezerwacji urządzenia, czy też możliwość wystawienia opinii. Każde z badań ma inny zasięg terytorialny, różni się także strukturą próby badawczej czy obszarem, na który kładzie największy nacisk poznawczy. Każde z nich natomiast pozwala uzyskać coraz lepszy obraz modelu funkcjonowania współdzielonej mikromobilności, zarówno w Polsce, jak i na świecie, przyczyniając się do usprawniania i dostosowywania usług do coraz wyższych wymagań użytkowników oraz pozwalając na prowadzenie dalszych pogłębionych analiz na ten temat.

7.5. Studium badawcze – transport mikromobilny

7.5.1. Charakterystyka badania i metodyka badawcza

Celem opisanego w tym rozdziale badania są opinie dotyczące użytkowania popularnych pojazdów mikromobilnych – hulajnóg elektrycznych. Badanie to ma charakter ankietowy i jest realizowane od listopada 2020 roku za pośrednictwem kwestionariusza typu CAWI, rozpowszechnianego na forach i grupach internetowych tematycznie dotyczących mikromobilności i transportu w miastach. Do dnia analizy wyników, tj. 01.08.2024, w badaniu wzięło udział 1561 respondentów,

z czego 769 przynajmniej raz podróżowało współdzieloną hulajnogą elektryczną i stanowiło wyjściową próbę badawczą ($N = 769$).

Moduł kwestionariusza dotyczący obszaru Smart City zawierał 7 pytań zamkniętych jednokrotnego wyboru, dotyczących oceny poszczególnych elementów usługi wypożyczenia hulajnogi elektrycznej, pytanie półotwarte o nazwę operatora, którego usługa jest poddana ocenie, oraz pytania metryczkowe.

Z racji tego, że wszystkie zmienne mierzone były skalą nominalną porządkową (Likerta) oraz nominalną, do statystycznej analizy wyników posłużono się testem χ^2 . Analizę statystyczną przeprowadzono w programie STATISTICA firmy TIBCO, natomiast przygotowanie i wizualizację wyników zrealizowano w programie MS Excel.

7.5.2. Przygotowanie danych i procedura badawcza

Spośród próby 769 respondentów, którzy korzystali z usługi hulajnogi współdzielonej, z dalszej procedury badawczej wyeliminowano: 7 obserwacji, które charakteryzowały się błędnymi lub wątpliwymi odpowiedziami udzielonymi w sekcji metryczki, 38 obserwacji, w przypadku których nie zdefiniowano operatora oraz 31 obserwacji, których licznosci odpowiedzi w grupie nie pozwalały spełnić minimalnych założeń testu χ^2 (z racji dużej koncentracji uzyskanych odpowiedzi w kategoriach ocen pozytywnych, przyjęto liberalne założenie, że w co najmniej 75% pól tabeli kontyngencji licznosci muszą wynosić co najmniej 5, zamiast konserwatywnego założenia: we wszystkich polach licznosc musi wynosić co najmniej 5). Dało to finalną próbkę o licznosci $N = 693$, w której znalazło się 4 popularnych operatorów tzw. hulajnóg miejskich.

Aby zrealizować założone w badaniach cele, sformułowano i poddano analizie następujące pytania badawcze:

1. Czy hulajnogi, z których korzystali respondenci, były dostępne w przestrzeni publicznej?
2. Czy hulajnogi, z których korzystali respondenci, miały poziom naładowania baterii zgodny z aplikacją?
3. Czy hulajnogi, z których korzystali respondenci, były bezpieczne?
4. Czy interfejs aplikacji, z której korzystali respondenci, był intuicyjny?
5. Czy hulajnogi, z których korzystali respondenci, były parkowane w wyznaczonych strefach?
6. Czy hulajnogi, które wypożyczali respondenci, posiadały możliwość zamówienia/zarezerwowania w aplikacji?
7. Czy aplikacja, z której korzystali respondenci, posiadała możliwość wystawienia opinii o użytkowanej hulajnodze?

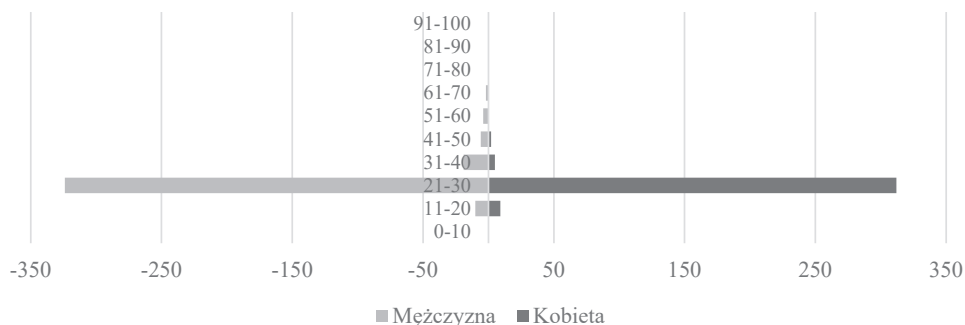
Dla wszystkich wyżej wymienionych pytań sformułowano standardowe dla statystyki χ^2 hipotezy statystyczne:

1. Dostępność w przestrzeni publicznej
 - Hipoteza zerowa (H_0): Nie ma statystycznie istotnej różnicy w dostępności hulajnog w przestrzeni publicznej w zależności od operatora.
 - Hipoteza alternatywna (H_1): Istnieje statystycznie istotna różnica w dostępności hulajnog w przestrzeni publicznej w zależności od operatora.
2. Poziom naładowania baterii zgodny z aplikacją
 - Hipoteza zerowa (H_0): Nie ma statystycznie istotnej różnicy w zgodności poziomu naładowania baterii z aplikacją w zależności od operatora.
 - Hipoteza alternatywna (H_1): Istnieje statystycznie istotna różnica w zgodności poziomu naładowania baterii z aplikacją w zależności od operatora.
3. Bezpieczeństwo środka transportu
 - Hipoteza zerowa (H_0): Nie ma statystycznie istotnej różnicy w postrzeganym bezpieczeństwie hulajnog w zależności od operatora.
 - Hipoteza alternatywna (H_1): Istnieje statystycznie istotna różnica w postrzeganym bezpieczeństwie hulajnog w zależności od operatora.
4. Intuicyjny interfejs aplikacji
 - Hipoteza zerowa (H_0): Nie ma statystycznie istotnej różnicy w postrzeganej intuicyjności interfejsu aplikacji w zależności od operatora.
 - Hipoteza alternatywna (H_1): Istnieje statystycznie istotna różnica w postrzeganej intuicyjności interfejsu aplikacji w zależności od operatora.
5. Parkowanie w wyznaczonych strefach
 - Hipoteza zerowa (H_0): Nie ma statystycznie istotnej różnicy w parkowaniu hulajnog w wyznaczonych strefach w zależności od operatora.
 - Hipoteza alternatywna (H_1): Istnieje statystycznie istotna różnica w parkowaniu hulajnog w wyznaczonych strefach w zależności od operatora.
6. Możliwość zarezerwowania pojazdu w aplikacji
 - Hipoteza zerowa (H_0): Nie ma statystycznie istotnej różnicy w dostępności funkcji zamówienia/zarezerwowania hulajnog w aplikacji w zależności od operatora.
 - Hipoteza alternatywna (H_1): Istnieje statystycznie istotna różnica w dostępności funkcji zamówienia/zarezerwowania hulajnog w aplikacji w zależności od operatora.
7. Możliwość wystawienia opinii o użytkowanej hulajnodze
 - Hipoteza zerowa (H_0): Nie ma statystycznie istotnej różnicy w dostępności funkcji wystawiania opinii o hulajnodze w zależności od operatora.
 - Hipoteza alternatywna (H_1): Istnieje statystycznie istotna różnica w dostępności funkcji wystawiania opinii o hulajnodze w zależności od operatora.

7.5.3. Charakterystyka próby badawczej

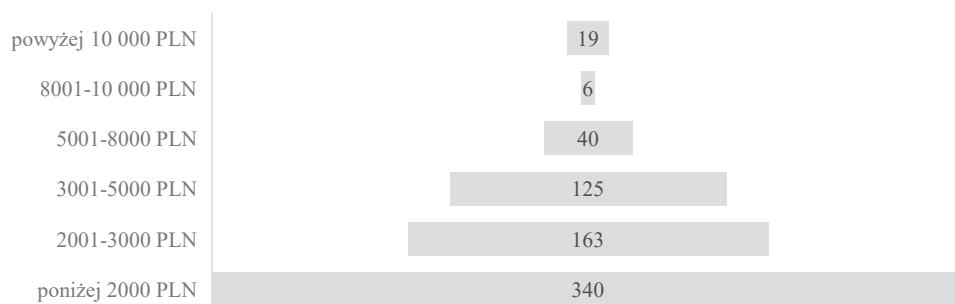
Z uwagi na to, że zjawisko mikromobilności w momencie rozpoczęcia badania stanowiło pewne *novum*, trudno było ustalić, jaką charakterystykę ma populacja kierujących tego typu pojazdami. Wobec tego autorzy zdecydowali się na nielosowy dobór próby badawczej – w postaci doboru przypadkowego. Dzięki takiemu podejściu udało się zgromadzić stosunkowo liczną próbę, jednak o trudnym do ustalenia poziomie reprezentatywności.

Wykres 7.1. Struktura demograficzna próby ($N = 693$)



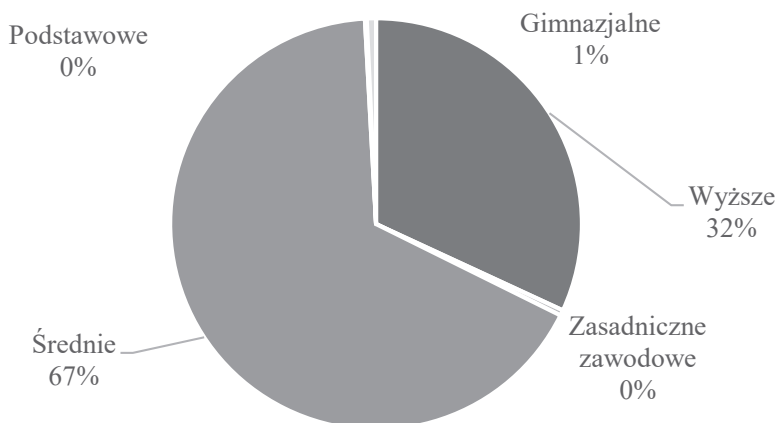
Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Wśród respondentów płeć jest reprezentowana w równych proporcjach, natomiast pod względem wieku przeważają osoby w przedziale 21–30 lat (patrz wykres 7.1). Zdaniem autorów sytuacja ta ma dwojakie źródło i wynika z natury samego badanego zjawiska oraz metody doboru próby badawczej. Po pierwsze, z uwagi na specyfikę prowadzenia hulajnogi elektrycznej, która wymaga pewnego poziomu sprawności motorycznej, a także generuje ryzyka związane z niską ochroną przed wypadkami. Na terenie polskich miast znacznie częściej można zaobserwować podróżujących nimi młodych ludzi, w porównaniu do osób w średnim, a zwłaszcza senioralnym wieku. Po drugie, dobór przypadkowy próby i realizacja badania za pośrednictwem Internetu mogły potęgować asymetrię rozkładu wieku w próbie poprzez większą obecność i aktywność młodych ludzi w Internecie.

Wykres 7.2. Dochody miesięczne respondentów ($N = 693$)

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Niespełna połowa badanych respondentów wykazywała miesięczny dochód na 1 osobę niższy niż 2000 PLN, a ponad 2/3 dochód niższy niż 3000 PLN. W 2023 roku (patrz wykres 7.2) według GUS przeciętny dochód rozporządzalny na osobę wynosił 2678,30 PLN (GUS, 2023), co pozwala sądzić, że dochody w próbie były nieznacznie niższe niż w ogólnopolskiej populacji. a sama prawostronna skośność tej cechy dobrze koresponduje z rozkładem cechy obecnym w ogólnopolskiej populacji.

Wykres 7.3. Wykształcenie respondentów ($N = 693$)

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Niemal wszyscy badani respondenci wskazali co najmniej średni poziom wykształcenia (98%) (patrz wykres 7.3). Z uwagi na ich charakterystykę wiekową rozkład cechy wydaje się dobrze korespondować z rozkładem w populacji, gdzie według Narodowego Spisu Powszechnego 60% Polaków w wieku 24–44 lata

posiada wykształcenie wyższe (GUS, 2022). Natomiast wysoki udział wykształcenia średniego można wytłumaczyć tym, że ok. $\frac{3}{4}$ respondentów deklaroowało, iż jest w trakcie zdobywania wykształcenia.

Wykres 7.4. Miejsce zamieszkania respondentów według liczby mieszkańców miejscowości ($N = 693$)

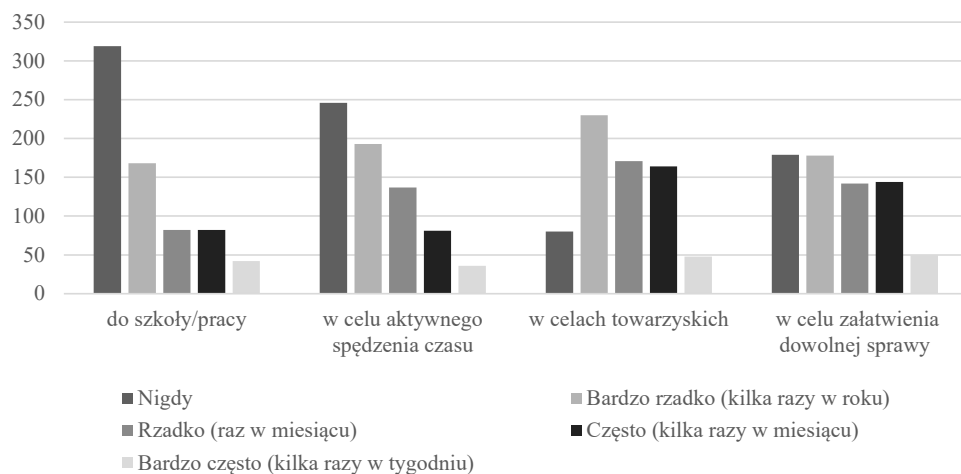


Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Ponad 82% respondentów deklaruje, że mieszka w mieście, z czego ponad połowa w miastach o liczbie mieszkańców przekraczającej 250 tys. (patrz wykres 7.4). Rozkład tej cechy znacznie odbiega od rozkładu w populacji ogólnokrajowej. Zdaniem autorów przyczyn tej rozbieżności należy upatrywać, po pierwsze, w dostępności współdzielonych hulajnóg, z których to usług można korzystać wyłącznie w miastach, a po drugie w tym, że większość respondentów była w trakcie zdobywania wykształcenia wyższego, co często wiąże się z tymczasowym zamieszkaniami w dużym ośrodku miejskim.

Celowość podróży środkami mikromobilnymi, jak już wspomniano, jest zagadnieniem bardzo często podejmowanym przez badaczy, dlatego warto przyjrzeć się temu, jakie cele podróży najczęściej realizowali respondenci przy wykorzystaniu hulajnogi współdzielonej (patrz wykres 7.5).

Wykres 7.5. Cele podróży respondentów korzystających z hulajnogi współdzielonej ($N = 693$)

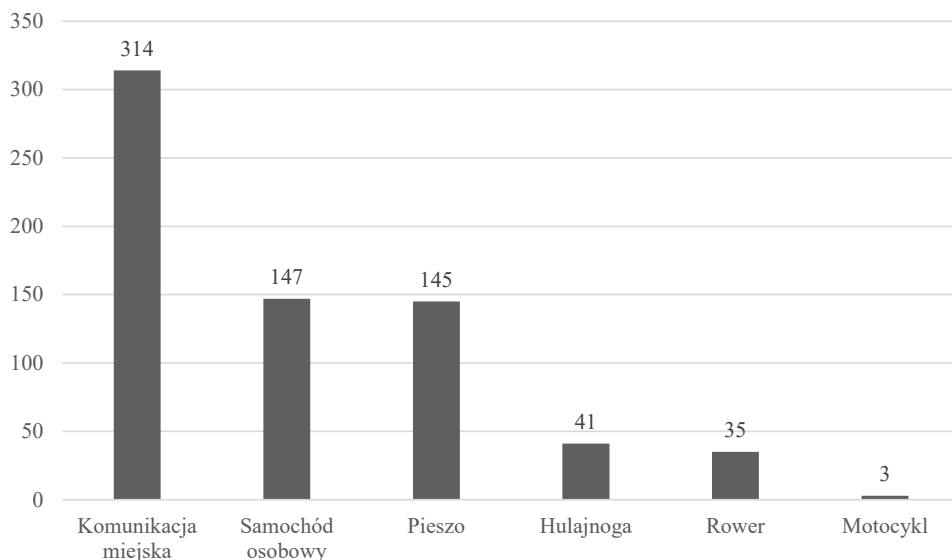


Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Użytkownicy hulajnóg współdzielonych najczęściej (kilka razy w miesiącu lub częściej) korzystają z usługi w celach towarzyskich i załatwiają dowolne sprawy. Z kolei najrzadziej wybierają tę formę lokomocji (nie częściej niż kilka razy w roku) w celu dojazdów do szkoły i pracy oraz w celu aktywnego spędzania czasu (patrz wykres 7.5).

Analizując zwyczaje transportowe osób, które korzystają z rozwiązań mikromobilnych, warto zwrócić uwagę, jak środki te pozycjonowane są względem innych popularnych sposobów poruszania się w przestrzeni miejskiej.

Wykres 7.6. Najczęstszy sposób poruszania się po mieście przez respondentów ($N = 693$)



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Podróże transportem publicznym, podróże samochodem osobowym oraz piesze stanowią aż 85% wskazań najczęściej wykorzystywanych środków transportu przez respondentów. Natomiast podróże mikromobilne, w których skład wchodzi rowery i hulajnogi, stanowią 14% wskazań (patrz wykres 7.6).

7.5.4. Wyniki przeprowadzonych badań

Analiza przeprowadzonych badań społecznych pozwoliła wyciągnąć ciekawe wnioski w zakresie funkcjonalności współdzielonych hulajnóg elektrycznych w kontekście założeń koncepcji Smart City. W tym celu 7 obszarów zostało poddanych ocenie w badaniach, które usprawniają działanie systemów współdzielenia e-hulajnóg w Polsce (patrz tabela 7.2). Respondenci mieli za zadanie określić swój poziom oczekiwań co do wymienionych w kwestionariuszu elementów usługi, mając do dyspozycji 5-stopniową skalę Likerta. W tej samej skali ocenili również poziom zadowolenia ze wskazanych obszarów i funkcjonalności oferowanych przez najczęściej wybieranego przez nich operatora usług. W tabeli 7.2 przedstawiono w formie średnich oceny respondentów w każdym z analizowanych obszarów oraz różnicę w poziomie ich oczekiwań i poziomie, na jakim usługa, ich zdaniem, została zrealizowana przez konkretnego operatora.

Tabela 7.2. Średnia ocena poziomu oczekiwań i zadowolenia respondentów z realizacji wybranych obszarów usługi współdzielonych hulajnóg

Zmienna	Poziom oczekiwań	Poziom realizacji usługi	Różnica
Dostępność w przestrzeni publicznej	4,58	4,38	0,19
Poziom naładowania baterii zgodny z aplikacją	4,76	3,94	0,82
Bezpieczny środek transportu	4,61	4,00	0,61
Intuicyjny interfejs aplikacji	4,56	4,14	0,42
Parkowanie w wyznaczonych strefach	3,70	3,31	0,39
Możliwość zarezerwowania pojazdu w aplikacji	4,02	3,55	0,48
Możliwość wystawienia opinii o użytkowanej hulajnodze	4,14	3,12	1,03

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Obszarem, względem którego respondenci mają najwięcej oczekiwań, jest poziom naładowania baterii zgodny z aplikacją. Jest pokazują wyniki badań, jest to jedna z ważniejszych funkcji aplikacji mobilnej, na którą użytkownicy zwracają uwagę, powinna zatem funkcjonować poprawnie i poziom naładowania baterii poszczególnych urządzeń powinien być na bieżąco aktualizowany i dostępny w aplikacji w czasie rzeczywistym. Najmniejsze oczekiwania badani mieli natomiast względem parkowania w wyznaczonych strefach. Odpowiedź ta nieco zaskoczyła autorów badania, ponieważ wśród badań dostępnych w literaturze przedmiotu wiele wskazuje na to, że pozostawianie hulajnóg w niedozwolonych miejscach i błędne ich parkowanie to jeden z kluczowych problemów współdzielonej mikromobilności w miastach.

Rozbieżności te mogą jednak wynikać z faktu, iż wskazane problemy identyfikowane są przez wszystkich mieszkańców, również tych, którzy nie korzystają z usług hulajnóg na minuty, natomiast poddawana analizie próba badawcza ogranicza się wyłącznie od użytkowników współdzielonych e-hulajnóg. Mogą oni zatem mieć inne potrzeby i konieczność pozostawiania wypożyczanego pojazdu wyłącznie w wyznaczonych strefach może być dla nich mniej wygodna i problematyczna.

Poddając analizie kolejne wyniki badań – odnoszące się do poziomu zadowolenia z poszczególnych obszarów oferowanych usług współdzielonych hulajnóg elektrycznych, można zauważyć, że najwyższej została oceniona przez respondentów dostępność urządzeń w przestrzeni publicznej (średnia 4,38), natomiast najniżej możliwość wystawienia opinii na temat użytkowanej hulajnogi w aplikacji (średnia 3,12). W przypadku najwyższej ocenianego obszaru wyniki nie dziwią autorów. Z uwagi na poziom rozwinięcia usług współdzielonych w miastach, mnogość operatorów oraz dobre rozmieszczenie i oznakowanie punktów mobilności, e-hulajnogi są łatwo dostępne i wszechobecne w wielu polskich metropoliach. Z kolei najniżej oceniany aspekt jest nieco zaskakujący i sugerujący, że nie każdy operator współdzielonych pojazdów umożliwia wystawienie opinii o wynajmowanym sprzęcie, lub funkcjonalność ta jest trudno dostępna w aplikacji. Jak pokazują wyniki przeprowadzonych badań opcja ta jest nisko oceniona przez badanych użytkowników, jednocześnie jest dla nich istotna (średni poziom oczekiwań 4,14), zatem powinien to być sygnał dla operatorów, aby taką możliwość udostępnić użytkownikom w aplikacji. Byłaby to dla nich również forma uzyskania informacji zwrotnej w zakresie oferowanych usług i tym samym możliwość ich ulepszenia oraz dostosowania do oczekiwań klientów. Konsekwentnie w tym obszarze również dostrzec można największą rozbieżność oczekiwań badanych użytkowników w stosunku do oceny otrzymanych przez nich usług (różnica na poziomie 1,03); podkreśla to potrzebę usprawnienia tego aspektu i dodania tej funkcji do aplikacji mobilnych poszczególnych operatorów.

Analiza wyników badań pozwoliła także na statystyczną weryfikację postawionych hipotez badawczych, sprawdzenia, czy są istotne różnice pomiędzy ocenami użytkowników różnych operatorów usług współdzielonych hulajnóg w odniesieniu do wybranych aspektów działania tych usług. W przypadku trzech z siedmiu hipotez statystycznych udało się obalić hipotezę zerową i przyjąć hipotezę alternatywną.

Wykazano zatem, że oceniana przez użytkowników hulajnóg współdzielonych usługa istotnie różni się pomiędzy operatorami w przypadku intuicyjności interfejsu aplikacji, parkowania w wyznaczonych strefach oraz możliwości rezerwacji pojazdu w aplikacji mobilnej. W przypadku pozostałych czterech hipotez nie udało się odrzucić hipotezy zerowej, a zatem nie wykazano, aby obszary takie jak: dostępność w przestrzeni publicznej, wiarygodność poziomu naładowania baterii pojazdu, bezpieczeństwo prowadzenia oraz możliwość wystawienia opinii w aplikacji były zależne, w opinii badanych użytkowników, od operatora. Szczegółowe informacje o wynikach testów znajdują się w tabeli 7.3.

Tabela 7.3. Podsumowanie wyników badań

Zmienna 1	Zmienna 2	Wartość testu (Chi ²)	df	Wartość p	Hipoteza zerowa (H ₀)	Wniosek
Operator	Dostępność w przestrzeni publicznej	6,79	12	0,87098	Brak zależności między Operatorem a dostępnością w przestrzeni publicznej	Nie można odrzucić H ₀
Operator	Poziom naładowania baterii zgodny z aplikacją	13,83	12	0,31138	Brak zależności między Operatorem a zgodnością poziomu naładowania baterii z aplikacją	Nie można odrzucić H ₀
Operator	Bezpieczny środek transportu	15,87	12	0,19747	Brak zależności między Operatorem a postrzeganiem bezpieczeństwa transportu	Nie można odrzucić H ₀
Operator	Intuicyjny interfejs aplikacji	22,40	12	0,03326	Brak zależności między Operatorem a intuicyjnością interfejsu aplikacji	Należy odrzucić H ₀ (istotna różnica)
Operator	Parkowanie w wyznaczonych strefach	45,02	12	0,00001	Brak zależności między Operatorem a parkowaniem w wyznaczonych strefach	Należy odrzucić H ₀ (istotna różnica)
Operator	Możliwość zarezerwowania pojazdu w aplikacji	78,54	12	<0,00001	Brak zależności między Operatorem a możliwością rezerwacji pojazdu	Należy odrzucić H ₀ (istotna różnica)
Operator	Możliwość wystawienia opinii o użytkowanej hulajnodze	15,10	12	0,23585	Brak zależności między Operatorem a możliwością wystawienia opinii	Nie można odrzucić H ₀

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

W tej części autorzy szerzej przybliżą wyniki dla trzech hipotez, w przypadku których przyjęto hipotezę alternatywną. Dla przejrzystości wyników autorzy posłużyli się odsetkiem wskazanych odpowiedzi w ramach poszczególnych operatorów hulajnóg miejskich. Aby umożliwić wnikliwemu czytelnikowi analizę wskazań

w wartościach bezwzględnych, autorzy podają liczbę obserwacji dla poszczególnych operatorów.

- Operator 1 – 394 obserwacje
- Operator 2 – 49 obserwacji
- Operator 3 – 221 obserwacji
- Operator 4 – 29 obserwacji

Tabela 7.4. Intuicyjność interfejsu aplikacji względem operatora transportu mikromobilności

	Zdecydowanie się zgadzam	Raczej się zgadzam	Nie mam zdania	Raczej się nie zgadzam	Zdecydowanie się nie zgadzam
Operator 1	50%	34%	9%	4%	3%
Operator 2	45%	41%	10%	4%	0%
Operator 3	36%	40%	13%	7%	4%
Operator 4	34%	41%	3%	10%	10%

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

W kontekście intuicyjności aplikacji mobilnej Operatora 1 oceniło ten aspekt pozytywnie 84% respondentów, a 50% udzieliło zdecydowanej odpowiedzi. Podobnie jest w przypadku Operatora 2, gdzie 86% respondentów oceniło ten element pozytywnie, jednak jednoznacznie zdecydowanych było nieco mniej niż w przypadku Operatora 1. W obu przypadkach respondenci stosunkowo rzadko oceniali ten aspekt negatywnie, kolejno 7% dla Operatora 1 oraz 4% dla Operatora 2, z tym że w jego przypadku nikt nie ocenił tej funkcjonalności zdecydowanie negatywnie. Z kolei w przypadku Operatora 3 i Operatora 4 3/4 respondentów oceniło ten aspekt pozytywnie, natomiast tylko w 1/3 przypadków była to jednoznaczna ocena. Niezadowolonych z interfejsu aplikacji Operatora 3 było 11%, zaś Operatora 4 aż 20% ankietowanych, z czego połowa oceniła ten aspekt zdecydowanie negatywnie (patrz tabela 7.4).

Tabela 7.5. Parkowanie w wyznaczonych strefach względem operatora

	Zdecydowanie się zgadzam	Raczej się zgadzam	Nie mam zdania	Raczej się nie zgadzam	Zdecydowanie się nie zgadzam
Operator 1	29%	28%	11%	20%	12%
Operator 2	37%	35%	4%	8%	16%
Operator 3	14%	31%	11%	21%	22%
Operator 4	52%	17%	10%	17%	3%

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Należy zauważyć, że choć istnieje statystycznie istotne zróżnicowanie między operatorami w tym aspekcie usługi, to nie jest ono diametralnie różne i we wszystkich przypadkach oceniane względnie pozytywnie.

W kontekście parkowania hulajnóg w wyznaczonych strefach najlepiej wypadli Operator 2 i Operator 4, uzyskując ok. 70% pozytywnych odpowiedzi, a w przypadku Operatora 4 ponad połowa ocen była jednoznacznie pozytywna. W obu przypadkach mniej niż ¼ respondentów oceniła ten aspekt negatywnie, z czego w przypadku Operatora 4 tylko 3% ankietowanych udzieliło odpowiedzi zdecydowanie negatywnej. Nieco gorzej wypadł Operator 1, uzyskując 57% pozytywnych ocen oraz blisko 1/3 ocen negatywnych. Najgorzej było w przypadku Operatora 3, którego w tym wymiarze pozytywnie oceniło 45% respondentów, z czego jednoznacznie pozytywnie tylko 14%, natomiast aż 40% oceniło go negatywnie, z czego ok. połowa zdecydowanie negatywnie (patrz tabela 7.5). Można zatem wysunąć tezę, że operatorzy prowadzą politykę zmierzającą do zachęcania użytkowników do parkowania pojazdów w wyznaczonych strefach, jednak efektywność, jaką uzyskują w tym obszarze, jest znacząco różna.

Tabela 7.6. Możliwość zarezerwowania pojazdu w aplikacji względem operatora

	Zdecydowanie się zgadzam	Raczej się zgadzam	Nie mam zdania	Raczej się nie zgadzam	Zdecydowanie się nie zgadzam
Operator 1	41%	21%	16%	8%	13%
Operator 2	59%	16%	14%	2%	8%
Operator 3	22%	13%	34%	17%	14%
Operator 4	31%	45%	14%	3%	7%

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

W kontekście możliwości rezerwacji pojazdu w aplikacji mobilnej najlepiej wypadli Operator 2 oraz Operator 4, którzy uzyskali 76% pozytywnych ocen i 10% ocen negatywnych. Należy jednak zauważyć, że w przypadku Operatora 2 blisko 60% ocen było jednoznacznie pozytywnych, a w przypadku Operatora 4 już tylko 31%. Operator 1 uzyskał 62% pozytywnych ocen w tym aspekcie, przy 41% jednoznacznie pozytywnych, natomiast 22% respondentów oceniło go negatywnie.

Najgorsza sytuacja występuje w przypadku Operatora 2, którego oceny pozytywne, negatywne oraz brak wyrobionej opinii rozłożyły się równomiernie – po ok. 1/3 wskazań respondentów (patrz tabela 7.6).

7.5.5. Wnioski z badań i rekomendacje

Mikromobilność stała się integralną częścią nowoczesnego systemu transportowego w miastach, oferując alternatywę wobec tradycyjnych form transportu. Wzrost popularności współdzielonych mikropojazdów, takich jak elektryczne hulajnogi i rowery, wskazuje na potrzebę dalszego rozwoju tego segmentu, zarówno w kontekście infrastrukturalnym, jak i regulacyjnym.

W kontekście koncepcji Smart City mikromobilność może przyczynić się do zrównoważonego rozwoju miejskiego, redukując emisję szkodliwych substancji do atmosfery, zmniejszając kongestię oraz poprawiając dostępność transportu dla wszystkich grup społecznych.

Istotnym aspektem są także technologie, takie jak Internet rzeczy, Big Data i sztuczna inteligencja, które są kluczowe dla efektywnego i dynamicznego zarządzania flotą mikromobilną. Równie ważna jest integracja systemów mikromobilności z transportem publicznym, co umożliwia stworzenie bardziej zrównoważonego, wydajnego i dostępnego systemu transportowego w inteligentnych miastach.

Zwiększenie popularności współdzielonej mikromobilności wiąże się z koniecznością zapewnienia odpowiednich regulacji i technologicznych rozwiązań, mających na celu poprawę bezpieczeństwa użytkowników w przestrzeni publicznej. Wprowadzane są w tym zakresie limity prędkości, strefy zakazane oraz funkcje umożliwiające śledzenie pojazdów w czasie rzeczywistym.

Wyniki przeprowadzonego badania wykazały, że dla użytkowników współdzielonych e-hulajnóg istotne są technologiczne aspekty funkcjonowania usługi, takie jak aplikacja umożliwiająca zarezerwowanie pojazdu, wystawienie opinii czy też monitorowanie stanu naładowania baterii w wypożyczanym urządzeniu oraz śledzenie ich dostępności w przestrzeni publicznej. Równie ważne dla respondentów okazały się aspekty związane z bezpieczeństwem użytkowania współdzielonych elektrycznych hulajnóg, na co wpływ mają także wprowadzane przez ustawodawców i operatorów limity prędkości, możliwość poruszania się i parkowania pojazdów w wyznaczonych strefach. Dodatkowo wspomniane już wsparcie

technologiczne zapewnia w tym aspekcie możliwość śledzenia lokalizacji pojazdu oraz właściwe jego użytkowanie.

Jak wskazują wyniki badania ocena analizowanych obszarów funkcjonowania współdzielonej mikromobilności zależy od operatora udostępnianej usługi. Badani użytkownicy niejednolicie oceniają usługi różnych operatorów współdzielonych hulajnóg elektrycznych. Istotne różnice zaobserwowano w zakresie intuicyjności interfejsu aplikacji, parkowania w wyznaczonych strefach oraz możliwości rezerwacji pojazdu w aplikacji mobilnej.

W pozostałych obszarach, takich jak dostępność w przestrzeni publicznej, zgodność poziomu naładowania baterii z aplikacją, bezpieczeństwo prowadzenia oraz możliwość wystawienia opinii, nie stwierdzono istotnych różnic między operatorami. Może to świadczyć o zróżnicowanej ofercie poszczególnych usługodawców w zakresie funkcji oferowanych przez aplikacje mobilne. Rozwiązaniem tego problemu byłoby ujednolicenie funkcjonalności aplikacji operatorów. Ciekawym pomysłem, zaimplementowanym już przez inne europejskie miasta, byłoby również włączenie pojazdów mikromobilnych do aplikacji stworzonych do planowania podróży różnymi środkami transportu, takich jak Jakdojade czy Google Maps. Pozwoliłoby to na łatwiejszą integrację różnych form transportu i bardziej efektywne poruszanie się w przestrzeni miejskiej.

Zakończenie

Mikromobilność w kontekście Smart City obejmuje szeroki zakres działań i inicjatyw, które mają na celu stworzenie bardziej zrównoważonych, bezpiecznych i efektywnych systemów transportowych. Główne elementy obejmują rozwój infrastruktury, integrację z innymi środkami transportu, wykorzystanie nowoczesnych technologii, promowanie ekologicznych rozwiązań, zapewnienie bezpieczeństwa, wspieranie innowacyjnych modeli biznesowych oraz dążenie do inkluzywności społecznej.

Przeprowadzone w ramach niniejszego rozdziału badania mogą dostarczyć cennych wniosków na temat potrzeb użytkowników, skuteczności wdrażanych innowacji oraz możliwości optymalizacji istniejących rozwiązań transportowych. Badania zachowań osób korzystających ze współdzielonej mikromobilności przyczyniają się do lepszego zrozumienia ich potrzeb oraz konieczności wprowadzania nowoczesnych rozwiązań technologicznych w tego typu usługach. Transport w miastach dzięki temu będzie stawał się bardziej zrównoważony i dostępny dla coraz większej liczby mieszkańców.

Bibliografia

- Abduljabbar, R. L., Liyanage, S., & Dia, H. (2021). The role of micro-mobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review. *Transportation research part D: transport and environment*, 92, 102734.
- Beim, M., & Rusak, Z. (2006). Miejskie rowery publiczne w obsłudze transportowej kampusu uniwersyteckiego „Morasko” w Poznaniu. *Transport Miejski i Regionalny*, 12, 30–37.
- Brown, A., Klein, N. J., Thigpen, C., & Williams, N. (2020). Impeding access: The frequency and characteristics of improper scooter, bike, and car parking. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4, 100099.
- Button, K., Frye, H., & Reaves, D. (2020). Economic regulation and E-scooter networks in the USA. *Research in Transportation Economics*, 84, 100973.
- Caspi, O., & Smart, M. J. (2022). Evaluation of e-scooter media coverage. *Findings*.
- Chicco, A., & Diana, M. (2022). Understanding micro-mobility usage patterns: A preliminary comparison between dockless bike sharing and e-scooters in the city of Turin (Italy). *Transportation Research Procedia*, 62, 459–466.
- Christoforou, Z., de Bortoli, A., Gioldasis, C., & Seidowsky, R. (2021). Who is using e-scooters and how? Evidence from Paris. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92, 102708.
- Copeland, D. (2019). Electric Scooters: A New Frontier in Transportation and Products Liability. *Richmond Journal of Law & Technology*, 26(1).
- Dediu, H. (2019). *The Five Categories of Micromobility*. <https://micromobility.io/blog/2019/3/20/the-five-categories-of-micromobility>
- Dediu, H. (2019, Luty 23). *The Micromobility Definition*. <https://micromobility.io/news/the-micromobility-definition>.
- Dorocki, S. (2022). Uwarunkowania użytkowania rowerów i hulajnóg elektrycznych w Krakowie. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 25(1), 23–40.
- Dozza, M., Violin, A., & Rasch, A. (2022). A data-driven framework for the safe integration of micro-mobility into the transport system: Comparing bicycles and e-scooters in field trials. *Journal of Safety Research*, 81, 67–77.
- Esztergár-Kiss, D., Tordai, D., & Lizarraga, J. C. (2022). Assessment of travel behavior related to e-scooters using a stated preference experiment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 166, 389–405.
- Fearnley, N. (2021). Micromobility and Urban Space. *Built Environment*, 47(4), 437–442.
- Felipe-Falgas, P., Madrid-Lopez, C., & Marquet, O. (2022). Assessing environmental performance of micromobility using lca and self-reported modal change: The case of shared e-bikes, e-scooters, and e-mopeds in Barcelona. *Sustainability*, 14(7), 4139.

- Feng, Y., Zhong, D., Sun, P., Zheng, W., Cao, Q., Luo, X., & Lu, Z. (2021). Micromobility in smart cities: A closer look at shared dockless e-scooters via big social data. *ICC 2021-IEEE International Conference on Communications* (s. 1–6). IEEE.
- Field, C., & Jon, I. (2021). E-scooters: A new smart mobility option? The case of Brisbane, Australia. *Planning Theory & Practice*, 22(3), 368–396.
- Fong, J., McDermott, P., & Lucchi, M. (2019). *Micro-mobility, e-scooters and implications for higher education*. UPCEA Center for Research and Strategy.
- Garman, C. M., Como, S. G., Campbell, I. C., Wishart, J., O'Brien, K., & McLean, S. (2020, SAE Technical Paper). *Micro-mobility vehicle dynamics and rider kinematics during electric scooter riding*. (No. 2020-01-0935). <https://doi.org/10.4271/2020-01-0935>.
- GUS. (2022). Ludność według cech społecznych – wyniki wstępne. https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/6494/2/1/1/ludnosc_wedlug_cech_spoecznych_-_wyniki_wstepne_nsp_2021.pdf.
- GUS. (2023). Sytuacja gospodarstw domowych w 2022 r. w świetle badania budżetów gospodarstw domowych. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/warunki-zycia/dochody-wydatki-i-warunki-zycia-ludnosci/sytuacja-gospodarstw-domowych-w-2022-r-w-swietle-badania-budzetow-gospodarstw-domowych,3,22.html>.
- Hamerska, M., Ziółko, M., & Stawiarski, P. (2022a). A sustainable transport system – The MMQUAL model of shared micromobility service quality assessment. *Sustainability*, 14(7), 4168.
- Hamerska, M., Ziółko, M., & Stawiarski, P. (2022b). Assessment of the quality of shared micromobility services on the example of the electric scooter market in Poland. *International Journal for Quality Research*, 16(1), 19.
- Hardt, C., & Bogenberger, K. (2019). Usage of e-scooters in urban environments. *Transportation Research Procedia*, 37, 155–162.
- Ignaccolo, M., Inturri, G., Cocuzza, E., Giuffrida, N., Le Pira, M., & Torrisi, V. (2022). Developing micromobility in urban areas: Network planning criteria for e-scooters and electric micromobility devices. *Transportation Research Procedia*, 60, 448–455.
- Janczewski, J. (2019). Mikromobilność – wybrane problemy. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, 1, 129–130.
- Janczewski, J. (2020). Mikromobilność w systemie transportowym miasta. *Przedsiębiorczość – Edukacja*, 16(1), 257–274.
- Janczewska, D., & Janczewski, J. (2019). Zrównoważony rozwój z perspektywy mikromobilności. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, 2.
- Janczewski, J., & Janczewska, D. (2020). Problemy bezpieczeństwa urządzeń transportu osobistego. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, 1(30), 149–163.
- Janczewski, J., & Janczewska, D. (2022). Modele biznesowe współdzielonej mikromobilności. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, 2(35), 157–172.

- Janczewski, J., & Janczewska, D. (2023). Zarządzanie mikromobilnością – wybrane kwestie. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, 1(36), 99–114.
- Janikian, G. S., Caird, J. K., Hagel, B., & Reay, G. (2024). A scoping review of E-scooter safety: delightful urban slalom or injury epidemic? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 101(1), 33–58.
- Jarosiński, K. (2021). Historia rozwoju ruchu hulajnogowego wraz z charakterystyką wypożyczalni hulajnóg elektrycznych w Krakowie. *Transport Miejski i Regionalny*, 11–12, 12–30.
- Jędrzejewski, A., & Domaszewicz, Z. (2019). *Współdzielona mobilność w Polsce w lipcu 2019*. Mobilne Miasto, Smartride.pl. https://fintek.pl/wp-content/uploads/2019/07/Raport_Shared_Mobility_2019_PL_maly.pdf.
- Kalakoni, A. M., Christoforou, Z., & Farhi, N. (2022). A novel methodology for micromobility system assessment using multi-criteria analysis. *Case Studies on Transport Policy*, 10(2), 976–992.
- Karlı, R. G. Ö., & Çelikyay, S. (2021, November). Current Trends in Smart Cities: Shared Micromobility. W: M. B. Ahmed, A. A. Boudhir, İ. R. Karaş, V. Jain, & S. Mellouli, *The Proceedings of the International Conference on Smart City Applications, Volume 5* (s. 187–198). Springer International Publishing.
- Kaufman, S. M., & Bütünwieser, L. (2018). *The state of scooter sharing in United States cities*. Rudin Center for Transportation New York University Robert F. Wagner School for Public Service.
- Kędzior-Laskowska, M. (2024). Kategoria bezpieczeństwa mikromobilności w zrównoważonych miastach. *Olsztyn Economic Journal*, 19(1), 45–57.
- Kim, M., Puczkowskyj, N., MacArthur, J., & Dill, J. (2023). Perspectives on e-scooters use: A multi-year cross-sectional approach to understanding e-scooter travel behavior in Portland, Oregon. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 178, 103.
- Kuźma, J., Połom, M., & Żukowska, S. (2022). Rozwój mobilności współdzielonej w Polsce na tle tendencji europejskich. *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 25(1), 7–22.
- Li, A., Zhao, P., Haitao, H., Mansourian, A., & Axhausen, K. W. (2021). How did micro-mobility change in response to COVID-19 pandemic? A case study based on spatial-temporal-semantic analytics. *Computers, Environment and Urban Systems*, 90, 1–17.
- Liyanage, S., Dia, H., Abduljabbar, R., & Bagloee, S. A. (2019). Flexible mobility on-demand: An environmental scan. *Sustainability*, 11(5), 1262.
- Lo, D., Mintrom, C., Robinson, K., & Thomas, R. (2020). Shared micromobility: The influence of regulation on travel mode choice. *New Zealand Geographer*, 76(2), 135–146.
- Ma, Q., Yang, H., Mayhue, A., Sun, Y., Huang, Z., & Ma, Y. (2021). E-Scooter safety: The riding risk analysis based on mobile sensing data. *Accident Analysis & Prevention*, 151, 105954.

- McQueen, M., Abou-Zeid, G., MacArthur, J., & Clifton, K. (2021). Transportation transformation: Is micromobility making a macro impact on sustainability? *Journal of Planning Literature*, 36(1), 46–61.
- Mobilne Miasto. (2019, lipiec 17). *Na progu przełomu. Mobilność współdzielona w Polsce*. <https://mobilne-miasto.org/na-progu-przelomu/>.
- MobilneMiasto. (2024). E-hulajnogi – sharing – Polska. Czwarty kwartał 2023 roku. *SmartRide.pl*. https://smartride.pl/Strefa_Danych/e-hulajnogi-sharing-polska-czwarty-kwartal-2023-roku/.
- Møller, T. H., Simlett, J., & Mugnier, E. (2020). *Micromobility: moving cities into a sustainable future*. London, UK: EY.
- Oeschger, G., Carroll, P., & Caulfield, B. (2020). Micromobility and public transport integration: The current state of knowledge. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 89, 1–21.
- Orozco-Fontalvo, M., Llerena, L., & Cantillo, V. (2023). Dockless electric scooters: A review of a growing micromobility model. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(4), 406–422.
- Pourfalatoun, S., & Miller, E. E. (2023). Effects of the COVID-19 pandemic on use and perception of shared e-scooters. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 22(1), 100925.
- Romain, M. (2022). Smart scooters: How technology enhances shared micro-mobility. *Intelligent Transport*. <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/131756/technology-shared-micro-mobility/>.
- Şengül, B., & Mostofi, H. (2021). Impacts of E-Micromobility on the Sustainability of Urban Transportation—a Systematic Review. *Applied Sciences*, 11(13), 5851.
- Shaheen, S., Cohen, A., Chan, N., & Bansal, A. (2020). Sharing strategies: carsharing, shared micromobility (bikesharing and scooter sharing), transportation network companies, microtransit, and other innovative mobility modes. W: *Transportation, land use, and environmental planning* (s. 237–262). Elsevier Inc.
- Shin, G. W., Lee, K. J., Park, D., Lee, J. H., & Yun, M. H. (2018). Personal mobility device and user experience: A state-of-the-art literature review. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 1, 1336–1337.
- Sun, B., Garikapati, V., Wilson, A., & Duvall, A. (2021). Estimating energy bounds for adoption of shared micromobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* (100), 103012.
- Triviño-Cabrera, A., Quiró, J. C., González-González, J. M., & Aguado, J. A. (2023). Optimized design of a wireless charger prototype for an E-scooter. *IEEE Access* (11), 33014–33026.
- Wanganoo, L., Shukla, V., & Mohan, V. (2022). Intelligent Micro-Mobility E-Scooter: Revolutionizing Urban Transport. W: P. Agrawal, V. Madaan, A. Sharma, D. K. Sharma, A. Agrawal, & S. Kautish, *Trust-Based Communication Systems for Internet of Things Applications* (s. 267–290). John Wiley & Sons.

Transport powietrzny w Smart City

Jadwiga Kaczmarska-Krawczak

Wojskowa Akademia Techniczna
ORCID 0000-0002-0471-0873

Robert Fintak

Polska Izba Systemów Bezzałogowych
ORCID 0009-0008-4778-120X

Wstęp

Transport powietrzny odgrywa ogromną rolę w rozwoju społecznym i gospodarczym. Jego rozwój jest uwarunkowany czynnikami makro- i mikroekonomicznymi. Jest jedną z najdynamiczniejszych gałęzi transportu w Polsce, o czym świadczy utrzymujący się wzrost popytu na usługi transportowe.

Celem autorów rozdziału jest charakterystyka transportu powietrznego oraz określenie perspektyw jego dalszego rozwoju w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Zrównoważony transport jest jedną ze strategii globalnych, w której podstawowym wyzwaniem jest ograniczanie szkodliwych emisji, oszczędność energii oraz efektywne wykorzystanie wszelkich zasobów, czy właściwe wykorzystanie przestrzeni i konsensus społeczny. W opracowaniu wskazano trendy i tendencje rozwojowe zrównoważonego transportu powietrznego.

Słowa kluczowe: transport powietrzny, bezzałogowe statki powietrzne, drony

8.1. Rozwój zrównoważonego transportu powietrznego

Współcześnie dostęp do usług transportowych jest nieograniczony, a globalizacja i rozwój technologiczny niewątpliwie przyczyniają się do rozwoju sektora transportowego, co wpływa na rozwój społeczno-gospodarczy poszczególnych krajów, regionów i miast. Znaczenie transportu jest trudne do przecenienia, z uwagi choćby na zaspokajanie potrzeb związanych z przewozem osób i towarów, co zwiększa rozwój inwestycji realizowanych z udziałem kapitału międzynarodowego oraz ze specjalizacją podmiotów rozmieszczonych po całym świecie, produkujących poszczególne podzespoły, a nawet całe technologie.

Zrównoważony transport dąży do równowagi, obecnie i w przyszłości, pomiędzy potrzebami i dążeniami społeczeństwa, ekonomiczną racjonalnością działalności transportowej oraz odpowiednią jakością środowiska przyrodniczego (Gadziński, 2011, s. 16). W opinii European Federation for Transport and Environment transport zrównoważony zachodzi wtedy, kiedy spełnione są warunki w zakresie optymalności ekonomicznej, świadomości środowiskowej, odpowiedzialności politycznej oraz uzasadnienia społecznego (Wojewódzka-Król & Załoga, 2016). Celem zrównoważonego transportu jest promowanie roli społeczeństwa obywatelskiego oraz podnoszenie poziomu życia i bezpieczeństwa oraz uwzględnienie potrzeb pieszych uczestników ruchu (Motowidlak, 2017, s. 147). Uwarunkowania zrównoważonego transportu są podejmowane zarówno na poziomie unijnym, krajowym, jak i lokalnym, stanowiąc jedne z ważniejszych w Unii Europejskiej. Warto tu wymienić tzw. Białą Księgę Nowej Mobilności, której założeniem jest utworzenie jednolitego europejskiego obszaru transportu, przy jednoczesnym zapewnieniu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, a w konsekwencji wspieranie skutecznej, ekologicznej i konkurencyjnej gospodarki. Przyczynia się to do zmniejszania różnic w poziomach rozwoju regionalnego Unii Europejskiej, aby zapewnić przyszłym pokoleniom możliwość korzystania z zasobów naturalnych, dostępnych na poziomie co najmniej równym obecnym możliwościom korzystania z ich walorów.

Definiowanie zrównoważonego transportu jest powiązane z czynnikami ekonomicznymi (gospodarczymi), społecznymi i środowiskowymi (ekologicznymi) (Witkowski & Pisarek, 2017). Czynniki ekonomiczne są utożsamiane z kosztami komunikacji publicznej, a także dotyczą warunków pracy w transporcie oraz konkurencyjności tego sektora. Wymiar społeczny jest ukierunkowany na zapewnienie płynności, mobilności oraz dostępności i odnosi się nie tylko do maksymalizacji bezpieczeństwa, związanego z coraz większą liczbą wypadków komunikacyjnych, ale także do godziwego wynagradzania pracowników, przestrzegania zasad równouprawnienia, prawa pracy i praw człowieka, bezpieczeństwa w miejscu pracy, współpracy z lokalnymi społecznościami. Wartości środowiskowe dotyczą przeciwdziałania negatywnym skutkom środowiskowym. W ramach

łańcuchów transportowych mierzyć można efektywność energetyczną, ilość wydzielanych gazów cieplarnianych czy możliwość ponownego przetworzenia materiałów. Transport w znacznym stopniu przyczynia się do zwiększenia emisji gazów cieplarnianych, stwarzając znaczne wyzwania środowiskowe (Lamb i in., 2021). Dlatego rozwój zrównoważonego transportu ma zasadnicze znaczenie dla ich łagodzenia (Pawłowska, 2018; Kachniewska, 2020; AlKheder, Byrne i in., 2021). W związku z tym działania podejmowane w sektorze transportu muszą opierać się na długoterminowej wizji zrównoważonej mobilności ludzi i towarów (Mahrous i in., 2020).

W efekcie występujących problemów transport i mobilność zmieniają się w kierunku bardziej zrównoważonej i ekologicznej przyszłości poprzez zapewnienie i rozwój niedrogich, ekonomicznie opłacalnych, zorientowanych na ludzi i przyjaznych dla środowiska systemów transportowych (Zhao & Jia, 2021; Neverauskiene i in., 2021), w celu zwiększenia dostępności transportowej i poszukiwania perspektywy rozwoju innowacyjnych rozwiązań w zakresie mobilności (Kuźmich i in., 2022; Kiryłuk i in., 2021). Przyczynia się to do odpowiedniego ukształtowania relacji pomiędzy wzrostem gospodarczym a dbałością o środowisko i poprawę jakości życia.

Rozwój zrównoważonego transportu powoduje wiele korzyści ekonomicznych, środowiskowych i zdrowotnych, w szczególności:

1. brak lub mniejszą emisję gazów cieplarnianych – transport zrównoważony skutkuje niewielką lub zerową emisją;
2. oszczędność pieniędzy – wspieranie ekologicznych środków transportu, takich jak rowery, hulajnogi elektryczne czy wspólne przejazdy samochodem pozwoli zaoszczędzić sporo pieniędzy;
3. rozwój zrównoważonej gospodarki – zmniejszy się wykorzystanie paliw kopalnych, co przełoży się na zmniejszenie emisji szkodliwych substancji do gospodarki;
4. lepsze zdrowie i jakość życia – działania w zrównoważonym transporcie nie emitują szkodliwych gazów, które mogłyby wpłynąć negatywnie na zdrowie człowieka, co poprawi zdrowie i jakość życia ludzi;
5. zmniejszenie korków ulicznych – wspieranie zrównoważonego transportu zmniejszy liczbę pojazdów na drogach;
6. zmniejszenie zależności od nieodnawialnych źródeł energii – korzystanie ze zrównoważonego transportu zmniejszy zapotrzebowanie na paliwo i benzynę.

Rozpoznanie przyszłych trendów przyczyni się do efektywniejszego programowania zmian w transporcie powietrznym. Wielkość zapotrzebowania na transport powietrzny jest determinowana procesami technologicznymi, inwestycyjnymi i gospodarczymi. Zwiększone zapotrzebowanie na transport powietrzny stwarza

dotkające potrzeby zwiększania jego przepustowości oraz oznacza wzrost natężenia ruchu na sieci transportowej, co przekłada się na skuteczniejsze wykorzystanie narzędzi polityki transportu powietrznego.

Transport lotniczy (inaczej transport powietrzny) zajmuje się realizacją usług transportowych przy pomocy specjalnych samolotów (pasażerskich i frachtowych do transportowania bardziej specjalistycznych ładunków). W jego zakresie jest terminowa dostawa ładunku drogą powietrzną do ściśle określonej lokalizacji, a jego funkcjonowanie jest uwarunkowane spełnieniem określonych przepisów i norm, co wymaga nie tylko odpowiednich przygotowań, ale również spełnienia wielu specjalistycznych wymogów, by zgodnie z prawem, bezpiecznie i legalnie przetransportować dany ładunek. Stanowi on jednocześnie najszybszą i najdroższą formę transportu. Ogromną zaletą transportu powietrznego jest bezpieczeństwo i szybki czas dostawy. Ze względu na krótki czas dostawy ładunku transport lotniczy stanowi najlepsze rozwiązanie, by terminowo, szybko i bezpiecznie dostarczyć określony ładunek. Dostawy ładunków transportowane są z danego portu lotniczego do konkretnego miejsca, w którym realizowany jest przeładunek. Samoloty specjalistyczne (frachtowe) służą wyłącznie do transportowania ładunków, a nie ludzi, co pozwala zwiększyć przestrzeń do wykorzystania ładunków podczas przelotu. W samolotach pasażerskich dużą barierą dotyczącą przewozu ładunków jest zbyt mała powierzchnia do transportu towarów, a zaletą wysoka częstotliwość i dobra siatka połączeń realizowanych pomiędzy krajami. W przypadku samolotów frachtowych możliwy jest transport większej ilości ładunków, ponieważ przestrzeń ładunkowa jest o wiele większa.

Środki transportu powietrznego podlegają zasadom i regulacjom Międzynarodowego Stowarzyszenia Transportu Lotniczego (IATA), które określiło główne trendy technologiczne, w dużym stopniu wpływające na rozwój transportu lotniczego, wskazując między innymi na: Internet rzeczy (IoT), robotykę, automatyzację czy pojazdy autonomiczne (Leśnikowski, 2023).

Do korzyści zastosowania transportu powietrznego zaliczyć można:

1. dokładny i szybki przeładunek towaru – przeładunek w transporcie lotniczym jest najbardziej doceniany ze względu na możliwość szybkiego dostarczenia ładunków do określonego miejsca;
2. szybki czas dostawy towarów – uważany przez wielu za jedną największych zalet;
3. bezpieczeństwo – proces zarządzania transportem powietrznym dba o bezpieczeństwo każdego ładunku.

Obok transportu lotniczego pasażerskiego bardzo szybko rozwija się stosunkowo młoda gałąź transportu lotniczego – cargo. Przez wiele lat segment ten był praktycznie niezauważalny, bez strategicznej wizji rozwoju, przy niewielkim wolumenie świadczonych usług. Dzięki wzrostowi gospodarczemu oraz

zwiększającemu się zapotrzebowaniu na przewozy ładunków cargo stanowi obecnie najszybciej rozwijającą się gałąź transportu w Polsce. Analizując rynek usług transportu lotniczego można wyróżnić wielu przewoźników lotniczych, na czele których stoją PLL LOT czy firmy kurierskie: DHL, DPD oraz UPS. Oprócz przewoźników lotniczych trzeba zwrócić uwagę na podmioty świadczące usługi naziemne (usługi handlingowe), obejmujące obsługę samolotów w zakresie wypychania i holowania, zaopatrzenie statków powietrznych w paliwa, obsługę pasażerów oraz ich bagażu czy obsługę towarów (Strategia, 2019, s. 35).

Branża lotnicza dysponuje znaczącym potencjałem przewozowym i usługowym, a stale rozwijająca się siatka połączeń lotniczych świadczy o dynamicznym rozwoju rynku transportu lotniczego w Polsce (Rucińska, 2016, s. 53). Kluczowymi parametrami uwzględnianymi w procesie prognozowania przyszłego popytu na transport lotniczy są wielkość i dynamika PKB. W związku z tym wyniki transportu lotniczego w dużym stopniu zależą od stanu danej gospodarki, szczególnie w cargo determinantami rozwoju są wymiana międzynarodowa oraz produkcja. Poza tym dynamika przewozów lotniczych wzrasta najszybciej, a prognozowany wolumen całkowitego zapotrzebowania na transport lotniczy ładunków wynosi nawet 7,1% rocznie (Strategia, 2019, s. 57). Do 2030 roku całkowita praca przewozowa w transporcie lotniczym zmieni się o 188%. Udział transportu lotniczego w odniesieniu do pozostałych form transportu wzrośnie z obecnych blisko 26% do około 32–33% w 2030 roku (Strategia, 2019, s. 57).

Ze względu na prognozy dotyczące znacznego wzrostu ruchu lotniczego oraz na długotrwały proces inwestycyjny budowy składników infrastruktury lotniczej, który wpływa na jej przepustowość, przyjęto projekt budowy Centralnego Portu Komunikacyjnego (Strategia, 2019, s. 63). Przedsięwzięcie to ma charakter strategiczny w kontekście przyszłości branży lotniczej oraz poprzez efekt synergii przyczynia się do rozwoju gospodarki. Budowa CPK umożliwi między innymi stworzenie infrastruktury lotniczej dostosowanej do ruchu cargo, wybudowanie i eksploatację innowacyjnego węzła transportowego, skomunikowanego z transportem drogowym oraz kolejowym. W zarządzaniu transportem powietrznym trzeba zwrócić uwagę na stworzenie warunków dla efektywnego rozwoju lotnictwa oraz inwestycje w infrastrukturę zwiększającą udział transportu lotniczego w transporcie pasażerskim i towarowym, a także powiązania z transportem publicznym portów lotniczych z miastami oraz ich obszarami funkcjonalnymi. Konieczne będzie także zapewnienie infrastruktury dla zarządzania ruchem bezzałogowych statków powietrznych (Strategia, 2019, s. 97). Realizacja tego projektu z pewnością przyczyni się do wprowadzenia zmian w zakresie zarządzania przestrzenią powietrzną oraz przeprowadzenia inwestycji w infrastrukturę niezbędną do bezpiecznego i efektywnego zapewnienia służb ruchu lotniczego.

Według Komisji Europejskiej rozwój transportu lotniczego ma kluczowe znaczenie dla europejskiego wzrostu gospodarczego, ponieważ lotnictwo przyczynia się do wzrostu wymiany handlowej oraz sprzyja mobilności w Unii Europejskiej (Europejska strategia w dziedzinie lotnictwa, 2015).

8.2. Bezzałogowe statki powietrzne

Technologie bezzałogowe i autonomiczne są coraz częściej uważane za ważny komponent przyszłego transportu. Podobnie jak w przypadku tradycyjnych środków transportu, bezzałogowe pojazdy i statki powietrzne będą wymagały odpowiedniej infrastruktury, która umożliwi bezpieczne ich użytkowanie i rozwój. Infrastruktura dla ruchu bezzałogowego, w obszarze automatycznego zarządzania przestrzenią powietrzną, dostępności dróg czy sterowania ruchem, będzie zintegrowana z infrastrukturą dla transportu tradycyjnego, ale możliwości nowych technologii przyczynią się do optymalizacji ruchu w kraju.

Bezzałogowe statki powietrzne mogą w przyszłości zmienić sektor transportu i wpłynąć na znaczny spadek zanieczyszczeń, wytwarzanych głównie przez transport drogowy. Aby zrewolucjonizować transport i uczynić go bardziej zrównoważonym od kilku lat obserwuje się zwiększone zainteresowanie wykorzystaniem dronów w zastosowaniach cywilnych oraz wojskowych. Drony, inaczej bezzałogowe statki powietrzne (*Unmanned Aerial Vehicle* – UAV) lub bezzałogowe systemy powietrzne (*Unmanned Aerial Systems* – UAS) to latające roboty, które pilotowane zdalnie lub zaprogramowane wykonują lot autonomicznie (Giones & Brem, 2017, s. 875–884). Użycie takiej maszyny do lotu nie wymaga załogi obecnej na pokładzie, a także nie daje możliwości zabrania pasażerów. Analizując budowę dronów, można zauważyć, że są one bardzo zróżnicowane ze względu na rodzaj kształtów, od najbardziej popularnych przyjmujących kształt pająkowaty, przez urządzenia przypominające miniatury balonów i sterowce, aż do kojarzących się z odrzutowcami. Dodatkowo rozróżniamy podział na *quadrocoptery* (cztery ramiona), *hexacoptery* (sześć ramion) czy *octocoptery* (osiem ramion) (Wyciślik i in., 2024, s. 182). W produkcji masowej wytwarzane są drony (małe urządzenia), które posiadają możliwość zainstalowania kamery/aparatu fotograficznego. Są sterowane przez człowieka zdalnie, za pomocą uproszczonego pilota.

Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych przyczynia się do rewolucyjnych zmian w rozwoju zrównoważonego transportu poprzez poprawę wydajności i bezpieczeństwa, czyni go tańszym zarówno dla pracowników, jak i klientów. Do korzyści zastosowania dronów w transporcie zaliczyć można: obniżenie kosztów, zwiększenie wydajności czy poprawę dostępności i śledzenie w czasie rzeczywistym. W porównaniu do transportu samochodowego drony zapewniają większą dostępność i prędkość oraz mniejsze koszty pracy i paliwa. Rozwiązania te stale ewoluują, a prognozy wskazują, że w przyszłości mogą odgrywać coraz ważniejszą

rolę w transporcie powietrznym. Wiele firm próbuje wykorzystać ten rodzaj innowacji technologicznych do optymalizacji swojej działalności. W celu komercyjnego używania dronów, mimo występowania wielu barier technologicznych, ważne jest pozyskanie niezbędnych zezwoleń regulacyjnych i certyfikatów, aby dalej rozwijać i poprawiać ich wydajność oraz funkcjonalność. Zakres zastosowania dronów będzie bowiem coraz mocniej regulowany przez uwarunkowania etyczne oraz prawne, dotyczące wykorzystywania robotów i inwestowania w rozwijanie sztucznej inteligencji (Wycisłok i in., 2024, s. 186). Dalszy rozwój innowacji technologicznych będzie zmierzał w kierunku zbudowania zupełnie autonomicznego drona, który nie wymagałby człowieka do żadnej czynności związanej ze swoim funkcjonowaniem (Wycisłok i in., 2024, s. 183–186).

Przykładów zastosowań dronów można obserwować wiele, zwłaszcza w transporcie i logistyce. Wpływ dronów na zrównoważony transport przedstawiono w tabeli 8.1.

Tabela 8.1. Kryteria oceny wpływu dronów na zrównoważony transport

Wymiary zrównoważonego rozwoju	Kryterium zrównoważonego rozwoju	Charakterystyka
Efektywność społeczna	Bezpieczeństwo	Zmiany w liczbie wypadków.
	Akceptacja	Poziom społeczno-ekonomiczny lokalnej społeczności i rynku.
	Zatrudnienie	Zmiany w poziomie zatrudnienia, w charakterze pracy.
	Zdrowie	Zmiany w chorobach będących skutkiem transportu i zanieczyszczeń z nim związanych.
Efektywność ekonomiczna	Czas dostawy	Doskonalenie dostaw, cykl dostawy.
	Wolumen transportu	Zmiany w całkowitej ilości transportu.
	Niezawodność	Poprawa jakości usług logistycznych.
	Elastyczność	Zmiany w planach zamówień, które mogą być zrealizowane bez opóźnień.
	Koszty logistyczne	Zmiany w oszczędnościach kosztów.
	Straty	Niwelowanie strat, zniszczeń i uszkodzeń towaru.

Wymiary zrównoważonego rozwoju	Kryterium zrównoważonego rozwoju	Charakterystyka
Efektywność środowiskowa	Energia	Zmiany zapotrzebowania energetycznego.
	Emisje	Zmiany w konsumpcji paliw, emisji CO ₂ i GHG.
	Zanieczyszczenia	Zmiany w zanieczyszczeniach powietrza, wody, poziomie hałasu.
	Efektywność zasobów	Konsumpcja zasobów nieodnawialnych.

Źródło: M. Cichosz (2020). Drony w logistyce ostatniej mili – innowacja wspierająca zrównoważoną logistykę. W: P. Zagrajek (red.), *Sektor lotniczy w erze transformacji społecznej i technologicznej* (s. 415). Szkoła Główna Handlowa.

W dobie dynamicznego rozwoju technologii, Internetu rzeczy, sztucznej inteligencji, wirtualnej rzeczywistości czy poszerzonej rzeczywistości koncepcja Smart City staje się coraz bardziej realna. Inteligentne miasto to urbanistyczne podejście, które wykorzystuje nowoczesne technologie, aby poprawić jakość życia mieszkańców, zwiększyć efektywność zarządzania zasobami i minimalizować wpływ na środowisko. W tym kontekście drony oraz inne systemy bezzałogowe odgrywają kluczową rolę w transformacji transportu i logistyki, ale również ogólnie życia ludzi.

8.3. Praktyczne zastosowanie dronów w transporcie i logistyce w ramach Smart City

Możliwości wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w zarządzaniu przestrzenią są bardzo szerokie. Dzięki swojej wszechstronności drony mogą znacząco zrewolucjonizować sposób, w jaki miasta zarządzają transportem towarów, kontrolą ruchu i innymi aspektami logistyki. Mają ogromny wpływ na wszelkie dziedziny gospodarki. Jednym z najważniejszych zastosowań dronów w inteligentnych miastach jest transport towarów. Drony mogą dostarczać paczki bezpośrednio do odbiorców, omijając korki i inne problemy związane z tradycyjnymi środkami transportu. Firmy takie jak Amazon i UPS od wielu lat testują drony dostawcze, które mogą przyspieszyć proces dostarczania towarów, zwłaszcza w obszarach miejskich.

Rysunek 8.1. Helikopter załogowy przekonwertowany na bezzałogowy, mogący unieść ładunek ok. 200 kg



Źródło: opracowanie własne.

Drony mogą również odegrać kluczową rolę w transporcie medycznym. Przykładem jest dostarczanie leków, szczepionek czy próbek medycznych do odległych lub trudno dostępnych miejsc. W krajach rozwijających się dronami dostarczana jest krew i inne materiały medyczne, co znacznie poprawia dostęp do opieki zdrowotnej.

Rysunek 8.2. Bezzałogowy system helikopterowy o udźwigu 200 kg produkcji firmy Unmanned Helikopters



Źródło: opracowanie własne.

W ramach inteligentnych miast drony mogą również znaleźć zastosowanie w logistyce magazynowej. Drony wyposażone w skanery i kamery mogą inwentaryzować towary w magazynach, co znacząco przyspiesza i ułatwia proces zarządzania zapasami. Dzięki automatyzacji tego procesu firmy mogą zaoszczędzić czas i zasoby, jednocześnie minimalizując ryzyko błędów ludzkich. Ponadto drony mogą być wykorzystywane do monitorowania stanu infrastruktury magazynowej. Dzięki regularnym inspekcjom z użyciem dronów można szybko wykrywać uszkodzenia i potencjalne problemy, co pozwala na szybką reakcję i minimalizację przestoju w działalności magazynowej.

Drony odgrywają również ważną rolę w monitorowaniu ruchu drogowego i zarządzaniu kryzysowym w inteligentnych miastach. Dzięki wyposażeniu w zaawansowane kamery i czujniki mogą dostarczać dane w czasie rzeczywistym na temat ruchu ulicznego, co pozwala na efektywne zarządzanie ruchem i minimalizację korków. Informacje te mogą być wykorzystywane przez systemy zarządzania ruchem do optymalizacji sygnalizacji świetlnej i planowania tras objazdowych

w przypadku wypadków. W sytuacjach kryzysowych, takich jak katastrofy naturalne czy wypadki przemysłowe, drony mogą dostarczać nieocenione informacje na temat stanu infrastruktury i potrzeb ratunkowych. Dzięki możliwości szybkiego przemieszczania się i dostarczania obrazu z powietrza, drony mogą znacząco wspierać działania ratunkowe i koordynację pomocy.

Inteligentne miasta korzystają z dronów także do inspekcji infrastruktury miejskiej, takiej jak mosty, linie energetyczne czy systemy kanalizacyjne. Tradycyjne metody inspekcji są często czasochłonne, kosztowne i mogą stanowić zagrożenie dla pracowników. Drony mogą szybko i bezpiecznie przeprowadzać inspekcje, dostarczając dokładnych danych na temat stanu technicznego obiektów. Wykorzystanie dronów w inspekcji infrastruktury pozwala na regularne monitorowanie i szybkie wykrywanie problemów, co z kolei umożliwia prewencyjne działania naprawcze. Dzięki temu miasta mogą unikać kosztownych awarii i zapewniać bezpieczeństwo swoim mieszkańcom.

Pomimo licznych zalet wykorzystanie dronów w transporcie i logistyce inteligentnych miast niesie również pewne wyzwania. Jednym z głównych problemów jest regulacja ruchu dronów w przestrzeni miejskiej. Wiele krajów wciąż pracuje nad stworzeniem odpowiednich przepisów, które zapewnią bezpieczne i efektywne użytkowanie dronów. Kolejnym wyzwaniem jest ochrona prywatności. Drony wyposażone w kamery mogą potencjalnie naruszać prywatność mieszkańców, co budzi obawy społeczne. Ważne jest, aby miasta i firmy korzystające z dronów wprowadzały odpowiednie środki ochrony danych i przestrzegały przepisów dotyczących prywatności. Techniczne aspekty, takie jak zasięg i czas lotu dronów, również stanowią wyzwanie. Wiele ma ograniczony czas lotu i zasięg, co może wpływać na ich efektywność w realizacji długodystansowych zadań. Rozwój technologii baterii i systemów zasilania jest kluczowy dla przezwyciężenia tych ograniczeń.

Perspektywy rozwoju dronów w ramach Smart City są obiecujące. Zwiększająca się automatyzacja, rozwój sztucznej inteligencji i zaawansowane systemy zarządzania ruchem dronów mogą znacząco poprawić efektywność i bezpieczeństwo ich użytkowania. W przyszłości możemy spodziewać się dalszej integracji dronów z systemami inteligentnych miast, co pozwoli na jeszcze bardziej kompleksowe i zintegrowane zarządzanie transportem i logistyką. Rozwój technologii 5G może również odegrać kluczową rolę w przyszłości dronów. Dzięki ultraszybkim i niezawodnym połączeniom drony będą mogły lepiej komunikować się z innymi systemami miejskimi i reagować na zmieniające się warunki w czasie rzeczywistym. To otworzy nowe możliwości w zakresie zarządzania ruchem, dostaw towarów i monitorowania infrastruktury.

Tabela 8.2. Przykłady zastosowania dronów w gospodarce z podziałem na branże

Branża	Zastosowanie dronów
Rolnictwo i agrokultura	• Monitorowanie upraw – drony mogą skanować pola za pomocą kamer multispektralnych, co pozwala na ocenę zdrowia roślin, identyfikację chorób i monitorowanie wzrostu. • Opryskiwanie pól – dzięki precyzyjnym systemom nawigacji drony mogą efektywnie opryskiwać pola pestycydami lub nawozami, minimalizując zużycie chemikaliów i zwiększając efektywność zabiegów. • Zarządzanie nawadnianiem – drony mogą dostarczać dane na temat wilgotności gleby, co pozwala na bardziej precyzyjne zarządzanie systemami nawadniania.
Budownictwo	• Monitorowanie postępu prac – drony mogą regularnie monitorować postęp prac budowlanych, dostarczając zdjęcia i filmy z placu budowy, co pozwala na bieżąco korygować wszelkie odstępstwa od planu. • Inspekcja konstrukcji – drony mogą przeprowadzać inspekcje trudno dostępnych miejsc, takich jak dachy, mosty czy wysokie budynki, minimalizując ryzyko dla pracowników.
Przemysł naftowy i gazowy	• Inspekcja rurociągów – drony mogą monitorować stan rurociągów na dużych obszarach, wykrywając wycieki lub uszkodzenia, co pozwala na szybką reakcję i minimalizację strat. • Monitorowanie platform wiertniczych – drony mogą dostarczać dane wizualne z platform wiertniczych, co jest szczególnie przydatne w przypadku inspekcji trudno dostępnych miejsc.
Energetyka	• Inspekcja linii energetycznych – drony mogą monitorować stan linii energetycznych, wykrywając uszkodzenia czy zagrożenia, takie jak przewrócone drzewa, co pozwala na szybką interwencję. • Inspekcja turbin wiatrowych – drony mogą wykonywać inspekcje turbin wiatrowych, sprawdzając stan łopat i innych komponentów, co minimalizuje ryzyko awarii i zwiększa efektywność energetyczną.
Transport i logistyka	• Dostawy paczek – firmy takie jak Amazon czy UPS testują drony do dostarczania paczek, co może znacznie przyspieszyć proces dostaw, zwłaszcza w miastach. • Monitorowanie ruchu – drony mogą dostarczać dane na temat ruchu drogowego, co pozwala na efektywne zarządzanie ruchem i minimalizację korków.

Branża	Zastosowanie dronów
Bezpieczeństwo publiczne	• Wsparcie akcji ratunkowych – drony mogą dostarczać obrazy z miejsc katastrof, co pozwala na szybkie i efektywne planowanie akcji ratunkowych. • Monitorowanie wydarzeń publicznych – Policja i inne służby mogą wykorzystywać drony do monitorowania dużych zgromadzeń, takich jak koncerty czy mecze, zwiększając bezpieczeństwo uczestników.
Medycyna	• Transport leków i krwi – drony mogą szybko dostarczać leki, krew czy inne materiały medyczne do odległych miejsc lub w sytuacjach awaryjnych, co może uratować życie. • Monitorowanie stanu zdrowia – w przyszłości drony mogą być wyposażone w sensory monitorujące stan zdrowia pacjentów na odległość.
Geodezja i kartografia	• Tworzenie map – drony mogą wykonywać zdjęcia z powietrza, które są następnie używane do tworzenia dokładnych map topograficznych. • Monitorowanie zmian środowiskowych – drony mogą monitorować zmiany w środowisku naturalnym, takie jak erozja, zmiany w korytach rzek czy wylesianie.
Filmowanie i fotografia	• Produkcja filmów – drony są powszechnie wykorzystywane w produkcji filmowej do wykonywania spektakularnych ujęć z powietrza. • Fotografia reklamowa – drony umożliwiają tworzenie unikalnych zdjęć reklamowych, które przyciągają uwagę odbiorców.
Zarządzanie kryzysowe	• Monitorowanie katastrof naturalnych – drony mogą dostarczać dane na temat obszarów dotkniętych katastrofami, takimi jak powodzie, pożary czy trzęsienia ziemi, co pozwala na lepsze planowanie akcji ratunkowych i odbudowy.
Ochrona środowiska	• Monitorowanie środowiska – drony mogą monitorować populację dzikich zwierząt, co jest szczególnie ważne w kontekście ochrony zagrożonych gatunków. • Zwalczanie kłusownictwa – drony mogą patrolować obszary chronione, wykrywając i odstraszać kłusowników.

Źródło: opracowanie własne.

W Polsce realizowanych jest wiele projektów wykorzystujących systemy bezzałogowe. Przykłady zastosowania umieszczono w tabeli poniżej.

Tabela 8.3. Polskie projekty wykorzystujące systemy bezzałogowe

Projekty	Działania
Drony w rolnictwie – projekt „SmartAgro”	W ramach tego projektu drony są wykorzystywane do monitorowania stanu upraw i gleby. Dzięki zaawansowanym kamerom multispektralnym rolnicy mogą otrzymywać dane na temat zdrowia roślin, wilgotności gleby i potrzeb nawozowych. Jest to szczególnie przydatne w precyzyjnym rolnictwie, gdzie każde pole jest traktowane indywidualnie.
Drony w ochronie środowiska – projekt „Dronem nad Wisłą”	Projekt realizowany przez Politechnikę Warszawską i Uniwersytet Warszawski polega na monitorowaniu stanu wód i brzegów Wisły za pomocą dronów. Drony wyposażone w kamery i czujniki zbierają dane na temat zanieczyszczeń, erozji brzegów i stanu roślinności wodnej.
Drony w logistyce – projekt „Dronem na zakupy”	Firma InPost, znana z rozwiniętej sieci paczkomatów, testuje dostarczanie paczek za pomocą dronów. Celem projektu jest przyspieszenie dostaw w miastach oraz do trudno dostępnych miejsc. W ramach pilotażu drony dostarczają paczki do określonych punktów odbioru, skąd są odbierane przez kurierów lub bezpośrednio przez klientów.
Drony w ratownictwie – projekt „Lifeguard”	W rejonach nadmorskich Polski drony są wykorzystywane przez ratowników wodnych do monitorowania bezpieczeństwa na plażach. Drony wyposażone w kamery termowizyjne i sprzęt ratunkowy mogą szybko zlokalizować osoby potrzebujące pomocy i dostarczyć im boje ratunkowe do czasu przybycia ratowników.
Drony w inspekcji infrastruktury – projekt „Dronem po Sieci”	PGE Dystrybucja prowadzi projekty wykorzystujące drony do inspekcji linii energetycznych. Drony mogą szybko i bezpiecznie sprawdzać stan linii przesyłowych, identyfikować uszkodzenia i potencjalne zagrożenia, co pozwala na szybką interwencję i minimalizację przerw w dostawie energii.
Drony w geodezji i kartografii – projekt „Mapowanie z powietrza”	Polska firma MGGP Aero wykorzystuje drony do tworzenia szczegółowych map topograficznych. Drony wykonują zdjęcia z powietrza, które są następnie przetwarzane w modele 3D terenu. Projekt jest wykorzystywany w planowaniu przestrzennym, budownictwie i zarządzaniu terenami zielonymi.
Drony w monitoringu zanieczyszczeń – projekt „AirDron”	Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ) wprowadził drony do monitorowania jakości powietrza w miastach. Drony wyposażone w czujniki mogą mierzyć stężenie pyłów zawieszonych, gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń, dostarczając dokładne dane do analizy i podejmowania działań prewencyjnych.

Projekty	Działania
Drony w badaniach naukowych – projekt „Dronem nad Biebrzą”	Instytut Biologii Ssaków Polskiej Akademii Nauk wykorzystuje drony do monitorowania populacji dzikich zwierząt w dolinie Biebrzy. Drony wyposażone w kamery termowizyjne pozwalają na zliczanie zwierząt i monitorowanie ich zachowań bez ingerencji w naturalne środowisko.
Drony w budownictwie – projekt „Dronem po budowie”	Budimex, jedna z największych firm budowlanych w Polsce, wykorzystuje drony do monitorowania postępu prac na placach budowy. Drony wykonują regularne przeloty nad placem budowy, dostarczając zdjęcia i filmy, które są wykorzystywane do analizy postępów prac i planowania kolejnych etapów budowy.
Drony w Policji – projekt „Drony na służbie”	Komenda Główna Policji prowadzi projekt, w którym drony są wykorzystywane do monitorowania ruchu drogowego, zabezpieczania dużych zgromadzeń i akcji poszukiwawczych. Drony pomagają w identyfikacji zagrożeń, monitorowaniu sytuacji z powietrza i szybkiej reakcji na incydenty.

Źródło: opracowanie własne.

8.4. Przykłady projektów realizowanych w Polsce i na świecie

FARADA to polska firma technologiczna specjalizująca się w innowacyjnych rozwiązaniach z zakresu transportu dronami. Firma dąży do zrewolucjonizowania branży logistycznej, łącząc nowoczesne technologie z praktycznymi rozwiązaniami, dostosowanymi do potrzeb współczesnych miast i obszarów wiejskich.

Projekt „FARADA” koncentruje się na stworzeniu zaawansowanego systemu logistyki, który wykorzystuje drony do szybkiego, efektywnego i ekologicznego transportu towarów. Po wielu miesiącach pracy LabAir sp. z o.o., wchodzący w skład grupy Farada Group sp. z o.o., otrzymał jako pierwszy w Polsce zgodę na wykonywanie komercyjnych lotów medycznych Bezzałogowymi Statkami Powietrznymi poza zasięgiem wzroku, w sposób automatyczny, pozwalający na zarządzanie lotem z Centrum Zarządzania Operacjami Lotniczymi. Pierwsze loty transportu medycznego rozpoczęły się 21.02.2022. Wymagało to przygotowania kilkudziesięciu dokumentów, instrukcji, procedur i procesów, a także przelotu kilku tysięcy kilometrów nowymi platformami, czy opracowania nowych, absolutnie unikatowych procedur lotów medycznych z wykorzystaniem BSP. LabAir sp. z o.o. wykonywał powtarzalne, codzienne loty, pozwalające zredukować zaangażowanie pracy kurierów i transportu samochodowego. Dzięki wykorzystaniu elektrycznego napędu można było obniżyć emisję CO₂ do środowiska. Obecnie z powodów zmian w europejskich przepisach od 01.01.2024 roku loty, niestety, zawieszono.

Rysunek 8.3. Bezzałogowy system latający typu pionowego startu VTOL produkcji firmy FARADA



Źródło: opracowanie własne.

Misją „FARADA” jest zrewolucjonizowanie transportu towarów za pomocą dronów, zwiększenie efektywności logistycznej i zmniejszenie emisji CO₂. Firma stawia sobie za cel stworzenie infrastruktury, która pozwoli na integrację dronów z istniejącymi systemami transportowymi, zarówno w miastach, jak i na terenach mniej zurbanizowanych.

Do kluczowych obszarów działalności należą:

1. **Dostawy paczek** – FARADA rozwija zaawansowane systemy dronów dostawczych, które mogą transportować paczki do klientów w miastach i na terenach wiejskich. Systemy te są zaprojektowane tak, aby działać w różnych warunkach atmosferycznych i dostarczać paczki bezpośrednio do odbiorców w jak najkrótszym czasie. Dzięki precyzyjnym systemom nawigacji GPS i zaawansowanym algorytmom omijania przeszkód, drony FARADA mogą bezpiecznie dostarczać przesyłki w trudno dostępne miejsca.
2. **Transport medyczny** – FARADA rozwija również specjalne drony do transportu materiałów medycznych, takich jak leki, próbki laboratoryjne czy krew. Drony te są wyposażone w specjalne kontenery, które zapewniają odpowiednie warunki do przewozu wrażliwych materiałów. Dzięki temu możliwe jest szybkie dostarczanie niezbędnych materiałów medycznych do szpitali, klinik i ośrodków zdrowia, co może uratować życie pacjentów w nagłych przypadkach.
3. **Inspekcja infrastruktury** – FARADA oferuje rozwiązania dla inspekcji infrastruktury, takie jak linie energetyczne, rurociągi, mosty i inne obiekty. Drony wyposażone w kamery wysokiej rozdzielczości i czujniki mogą przeprowadzać dokładne inspekcje, wykrywając potencjalne problemy

i uszkodzenia. Dzięki temu można szybko reagować na awarie i minimalizować ryzyko kosztownych napraw.

4. **Monitoring środowiskowy** – FARADA pracuje nad systemami dronów do monitoringu środowiskowego. Drony mogą zbierać dane na temat jakości powietrza, poziomu wód, zanieczyszczeń i innych kluczowych parametrów środowiskowych. Dane te są analizowane i wykorzystywane do podejmowania decyzji na temat ochrony środowiska i zarządzania zasobami naturalnymi.

O innowacyjności tego projektu świadczą:

1. **Zaawansowane systemy nawigacji** – drony FARADA są wyposażone w najnowocześniejsze systemy nawigacji, które umożliwiają precyzyjne planowanie trasy i omijanie przeszkód. Systemy te wykorzystują GPS, kamery, czujniki LIDAR oraz zaawansowane algorytmy sztucznej inteligencji, co pozwala na bezpieczne i efektywne poruszanie się w różnych warunkach.
2. **Bezpieczeństwo i niezawodność** – FARADA stawia na najwyższe standardy bezpieczeństwa. Drony są wyposażone w redundancję kluczowych systemów, takich jak zasilanie, nawigacja i komunikacja, co minimalizuje ryzyko awarii. Dodatkowo drony są testowane w różnych warunkach, aby zapewnić ich niezawodność w realnych sytuacjach operacyjnych.
3. **Ekologiczne rozwiązania** – firma dąży do minimalizacji wpływu swoich operacji na środowisko. Drony FARADA są zasilane energią elektryczną, co zmniejsza emisję CO₂ w porównaniu z tradycyjnymi środkami transportu. Ponadto FARADA pracuje nad rozwiązaniami pozwalającymi na wykorzystanie energii odnawialnej do ładowania dronów, co dodatkowo zmniejsza ich ślad węglowy.

Rysunek 8.4. Bezzałogowy system latający typu pionowego startu VTOL produkcji firmy FARADA, który odbywał loty pomiędzy centrum laboratoryjnym ALAB w Sochaczewie a Pułtuskim



Źródło: opracowanie własne.

FARADA współpracuje z różnymi partnerami, w tym z firmami logistycznymi, instytucjami medycznymi, jednostkami samorządowymi oraz uczelniami wyższymi. Partnerstwa te umożliwiają rozwijanie i testowanie nowych technologii w rzeczywistych warunkach, a także dostosowywanie rozwiązań do specyficznych potrzeb różnych branż. W szczególności obszary współpracy dotyczą:

1. **logistyki** – współpraca z firmami logistycznymi pozwala na integrację systemów dronów z istniejącymi łańcuchami dostaw, co przyspiesza i optymalizuje procesy logistyczne. Przykładem może być pilotażowy projekt dostarczania paczek w miastach, gdzie drony FARADA wspomagają tradycyjne metody dostaw;
2. **ochrony zdrowia** – partnerstwa z instytucjami medycznymi umożliwiają rozwijanie dronów dostosowanych do transportu materiałów medycznych. Dzięki temu możliwe jest szybkie dostarczanie leków i próbek laboratoryjnych do placówek medycznych w różnych częściach kraju;
3. **instytucji akademickich** – współpraca z uczelniami wyższymi, takimi jak Politechnika Warszawska czy Uniwersytet Jagielloński, pozwala na rozwijanie nowych technologii i przeprowadzanie badań nad zastosowaniem dronów w różnych dziedzinach. Dzięki temu FARADA może korzystać z najnowszych osiągnięć nauki i techniki.

FARADA planuje dalszy rozwój technologii dronów, w tym zwiększenie zasięgu i czasu lotu, rozwijanie autonomicznych systemów zarządzania ruchem dronów oraz integrację z systemami Smart City. Firma pracuje także nad wprowadzeniem

nowych usług, takich jak dostawy jedzenia, monitoring środowiskowy na dużą skalę oraz inspekcje przemysłowe. Plany rozwojowe dotyczą w szczególności:

1. **rozwoju technologii** – w przyszłości FARADA planuje wprowadzenie dronów o większym zasięgu i dłuższym czasie lotu, co pozwoli na realizację bardziej skomplikowanych zadań logistycznych. Firma pracuje także nad rozwijaniem technologii autonomicznych, które pozwolą na pełną automatyzację procesów dostawczych;
2. **integracji z systemami Smart City** – integracja dronów z systemami Smart City umożliwi lepsze zarządzanie ruchem w miastach, monitorowanie jakości powietrza oraz szybkie reagowanie na sytuacje kryzysowe. Drony mogą stać się kluczowym elementem inteligentnej infrastruktury miejskiej;
3. **ekspansji międzynarodowej** – FARADA ma również ambitne plany ekspansji międzynarodowej, chcąc wprowadzić swoje innowacyjne rozwiązania na rynki zagraniczne. Współpraca z międzynarodowymi partnerami pozwoli na adaptację technologii do specyficznych warunków i potrzeb różnych krajów.

Rysunek 8.5. Ośmiosilnikowy kopter HERMES V8M produkcji firmy Spartaqs



Źródło: opracowanie własne.

Firma Spartaqs, znana z innowacyjnych rozwiązań w zakresie technologii dronów, realizowała wyjątkowy projekt transportu medycznego z użyciem dronów. Kluczowym elementem tego projektu są loty w czasie pandemii COVID dronem ze Stadionu Narodowego w Warszawie, gdzie zlokalizowany był szpital tymczasowy, do Szpitala MSWiA. Celem był szybki i bezpieczny transport materiałów medycznych, takich jak próbki krwi, leki i inne niezbędne materiały, co ma na celu zrewolucjonizowanie systemu logistyki medycznej. To niezwykle i unikatowe w skali światowej przedsięwzięcie udowodniło, że mimo ogromnej ilości systemów

łączności, budynków rządowych, ambasad, budynków służb specjalnych, wojska i policji, możliwe jest zaplanowanie bezpiecznej i optymalnej trasy w tak dużym mieście jak Warszawa. Loty udowodniły, że dron transportowy jest w stanie szybko, bezpiecznie i skutecznie dostarczać przesyłki medyczne w porównaniu do tradycyjnych sposobów.

Celami projektu było:

1. skrócenie czasu transportu materiałów medycznych, co jest kluczowe w przypadkach nagłych, kiedy każda minuta jest na wagę złota;
2. zapewnienie bezpiecznego transportu materiałów medycznych, minimalizując ryzyko uszkodzenia czy zagubienia przesyłek;
3. wprowadzenie nowoczesnych technologii do codziennego funkcjonowania służby zdrowia, poprawiających efektywność i niezawodność dostaw;
4. zmniejszenie śladu węglowego poprzez wykorzystanie elektrycznych dronów zamiast tradycyjnych środków transportu.

Spartaqs wykorzystuje zaawansowane drony transportowe, które są zaprojektowane do przenoszenia ładunków medycznych. Drony te są wyposażone w specjalne pojemniki, które zapewniają odpowiednie warunki do transportu wrażliwych materiałów, takich jak próbki biologiczne czy leki wymagające kontrolowanej temperatury.

Rysunek 8.6. Przygotowanie do pierwszego lotu HERMES V8M ze Stadionu Narodowego do Szpitala MSWiA w Warszawie



Źródło: opracowanie własne.

Drony Spartaqs są wyposażone w zaawansowane systemy nawigacji GPS, które umożliwiają precyzyjne planowanie trasy i omijanie przeszkód. Dodatkowo systemy te są wspierane przez czujniki LIDAR i kamery, które zapewniają pełne monitorowanie trasy w czasie rzeczywistym. Systemy redundancji oraz technologia awaryjnego lądowania gwarantują bezpieczne dostarczenie ładunku w każdej sytuacji.

Rysunek 8.7. Oprogramowanie ARDUpilot, które zostało wykorzystane do kontroli lotu



Źródło: opracowanie własne.

Wszystkie loty dronów są monitorowane i zarządzane przez centrum kontroli lotów Spartaqs. Centrum to jest odpowiedzialne za planowanie tras, monitorowanie lotów w czasie rzeczywistym oraz zarządzanie sytuacjami awaryjnymi. Zapewnia to pełną kontrolę nad każdym lotem i możliwość szybkiej reakcji na wszelkie nieprzewidziane zdarzenia.

Monitorowanie lotu dronami Spartaqs obejmuje trasę składającą się z trzech etapów (tabela 8.4).

Tabela 8.4. Monitorowanie lotu

Trasa	Operacje
Start ze Stadionu Narodowego	Stadion Narodowy w Warszawie służy jako punkt startowy dla dronów Spartaqs. Lokalizacja ta jest wybrana strategicznie ze względu na dużą przestrzeń, która umożliwia bezpieczne starty i lądowania dronów.
Trasa lotu	Drony pokonywały ustaloną trasę ze Stadionu Narodowego do Szpitala MSWiA. Trasa jest zaplanowana tak, aby unikać zatłoczonych obszarów miejskich i zapewniać najkrótszy możliwy czas lotu. Trasa jest również dostosowana do unikania stref o ograniczonym dostępie, takich jak przestrzeń powietrzna nad budynkami rządowymi.
Lądowanie w Szpitalu MSWiA	Po dotarciu do Szpitala MSWiA, drony lądują na specjalnie przygotowanej platformie lądowiskowej, gdzie materiały medyczne są natychmiast odbierane przez personel medyczny. Platforma ta jest wyposażona w niezbędne urządzenia do bezpiecznego i szybkiego przejęcia ładunku.

Źródło: opracowanie własne.

Drony Spartaqs transportują różnorodne materiały medyczne, takie jak próbki krwi i inne materiały biologiczne do analizy laboratoryjnej, leki i sprzęt medyczny wymagający szybkiego dostarczenia oraz dokumenty medyczne i inne ważne przesyłki.

Projekt Spartaqs stanowi część większej inicjatywy, mającej na celu wzmocnienie infrastruktury medycznej w Warszawie i innych miastach. Drony mogą być wykorzystywane do szybkiego dostarczania materiałów medycznych nie tylko w sytuacjach rutynowych, ale także w sytuacjach kryzysowych, takich jak epidemie czy katastrofy naturalne. Zastosowanie dronów przynosi wiele korzyści zarówno dla pacjentów, jak i szpitali, z uwagi na szybszy czas dostawy oraz zmniejszenie czasu oczekiwania na wyniki badań i dostarczenie leków, co przekłada się na lepszą opiekę nad pacjentami. Poza tym przyczynia się do zmniejszenia obciążenia tradycyjnych systemów transportowych, co pozwala na bardziej efektywne wykorzystanie zasobów oraz do redukcji emisji CO₂, czego efektem jest korzystny wpływ na środowisko naturalne.

W projekcie występują wyzwania, które dotyczą obszarów:

1. **Technologii:**

- **bezpieczeństwa** – zapewnienie pełnego bezpieczeństwa lotów dronów w zatłoczonym miejskim środowisku;
- **integracji z przestrzenią powietrzną** – konieczność współpracy z władzami lotniczymi w celu zarządzania przestrzenią powietrzną w mieście.

2. **Regulacji i prawa:**

- **zgodności z przepisami** – zapewnienie zgodności z lokalnymi i międzynarodowymi przepisami dotyczącymi lotów dronów;
- **ochrony prywatności** – zapewnienie ochrony prywatności mieszkańców w trakcie lotów dronów nad terenami miejskimi.

3. **Przyszłości i rozwoju:**

- **ekspansji na inne miasta** – plany rozszerzenia projektu na inne miasta w Polsce, a także na inne kraje;
- **rozwaju technologii** – kontynuacja rozwoju technologii dronów, w tym zwiększenie ich zasięgu, czasu lotu i możliwości ładunkowych;
- **integracji z systemami Smart City** – współpraca z miastami w celu integracji dronów z systemami zarządzania miejskiego, co pozwoli na jeszcze efektywniejsze wykorzystanie dronów w różnych aspektach życia miejskiego.

W ramach projektów realizowanych na świecie obszary zastosowania dronów obejmują m.in. dostawy na żądanie, logistykę magazynową, pomoc humanitarną oraz sytuacje kryzysowe.

Tabela 8.5. Projekty realizowane na świecie

Obszary zastosowań	Przykłady zastosowań
Dostawy na żądanie	Amazon Prime Air. Amazon jest jednym z pionierów w wykorzystaniu dronów do dostaw na żądanie. Usługa Prime Air ma na celu dostarczanie paczek do klientów w ciągu 30 minut od złożenia zamówienia. Drony mogą latać na wysokości do 122 metrów, omijając przeszkody i korzystając z zaawansowanych technologii nawigacyjnych. Wing. Firma Wing, należąca do Alphabet (Google), testuje dostawy dronami w Australii i USA. System ten pozwala na dostarczanie lekkich przesyłek, takich jak jedzenie, leki czy produkty codziennego użytku.
Logistyka magazynowa	Inwentaryzacja. Drony mogą być wykorzystywane do automatycznej inwentaryzacji magazynów, skanując kody kreskowe i RFID. Pozwala to na szybkie i dokładne śledzenie stanów magazynowych bez potrzeby angażowania pracowników. Przykładem jest firma IKEA, która w swoich siedmiu największych magazynach w Europie wprowadziła drony do inwentaryzacji towarów. Doprowadziło to do wygenerowania oszczędności. Do tej pory powoływano zespół inwentaryzacyjny, podnośnik musiał podjechać po każdą z palet ustawionych na regałach, a pracownik ze skanerem kodów dokonywał sprawdzenia. Praca trwała około miesiąca tylko w jednym magazynie. Dziś cały proces zajmuje około jednej godziny. Drony w roju podlatują do palet i w czasie rzeczywistym przekazują informacje do komputera. Transport wewnątrzmagazynowy. Drony mogą przenosić małe przedmioty pomiędzy różnymi częściami magazynu, co przyspiesza procesy logistyczne i redukuje czas oczekiwania.
Pomoc humanitarna i sytuacje kryzysowe	Dostawy medyczne. Drony mogą dostarczać leki, krew czy próbki do analizy w trudno dostępne miejsca. Przykładem jest firma Zipline, która dostarcza produkty medyczne w Afryce, szczególnie w Rwandzie i Ghanie. Akcje ratunkowe. Drony mogą dostarczać żywność i wodę ofiarom klęsk żywiołowych, monitorować sytuację na miejscu i wspierać akcje ratunkowe, dostarczając niezbędne zaopatrzenie.

Źródło: opracowanie własne.

Do przykładów zastosowań w ramach zrównoważonego transportu służą autonomiczne pojazdy, czyli pojazdy bezzałogowe, które mogą poruszać się bez udziału człowieka, mające ogromny potencjał w sektorze transportu i logistyki. Poniżej wymieniono niektóre z obszarów, w których są wykorzystywane.

1. Transport drogowy

- **Ciężarówki autonomiczne.** Firmy takie jak Tesla, Waymo czy Uber pracują nad autonomicznymi ciężarówkami, które mogą przemierzać długie

dystanse bez udziału kierowcy. Pozwala to na redukcję kosztów pracy, zmniejszenie ryzyka wypadków i zwiększenie efektywności transportu.

- **Dostawy ostatniej mili.** Autonomiczne pojazdy mogą dostarczać przesyłki bezpośrednio do klientów. Przykładem jest firma Nuro, której małe, autonomiczne pojazdy dostawcze dostarczają produkty spożywcze i inne małe przesyłki.

2. Transport kolejowy

- **Autonomiczne pociągi.** W niektórych krajach, np. w Australii, autonomiczne pociągi są już wykorzystywane w przemyśle wydobywczym do transportu rudy żelaza. Pociągi te mogą przemieszczać się po wyznaczonych trasach, monitorując i dostosowując swoją prędkość oraz trasy w czasie rzeczywistym.

3. Transport morski

- **Autonomiczne statki.** Prace nad autonomicznymi statkami są prowadzone przez firmy takie jak Rolls-Royce czy Kongsberg. Autonomiczne statki mogą znacząco obniżyć koszty operacyjne, zmniejszyć zużycie paliwa i zredukować ryzyko błędów ludzkich. Przykładem jest projekt Yara Birkeland – autonomiczny statek kontenerowy, który ma zacząć operować w Norwegii.

Jednym z głównych wyzwań dla dronów i innych systemów bezzałogowych jest ograniczona żywotność baterii. Prace nad bardziej efektywnymi źródłami energii, takimi jak ogniwa paliwowe czy zaawansowane baterie litowo-jonowe, są kluczowe dla dalszego rozwoju tej technologii. Drony i autonomiczne pojazdy muszą być w stanie pokonywać duże odległości z odpowiednią prędkością, aby były konkurencyjne wobec tradycyjnych metod transportu. Wymaga to ciągłych innowacji i usprawnień technologicznych.

Zakończenie

Rozwój transportu powietrznego jest dynamiczny i wciąż wiele przed nim wyzwań. Wymaga przygotowania ram planowania strategicznego, stworzenia wizji wykraczającej poza tradycyjną koncepcję „przewidywania i zapewniania”. Działania podejmowane w ramach transportu powietrznego muszą identyfikować wytyczne, które wspierają wizję planu. Bez tych elementów można będzie jedynie przypuszczać, jakie działania są od nich wymagane. Wprowadzanie zrównoważonych rozwiązań w transporcie powietrznym jest z pewnością kosztowne, ale w dłuższej perspektywie przyczyni się do oszczędności, będących źródłem korzyści społecznych, środowiskowych i ekonomicznych. Na szczególną uwagę zasługuje marginalny udział lotnictwa cargo w Polsce, co nie jest logiczne w świetle wzrastającej roli transportu powietrznego oraz rosnącego zapotrzebowania na transport ludzi

i towarów w handlu międzynarodowym. Bardzo ważna jest budowa terminali lotniczych cargo i stworzenie rodzimej floty samolotów cargo.

Zastosowanie dronów w szeroko pojętym transporcie i logistyce, ale również w ramach Smart City, oferuje liczne korzyści, takie jak szybsze i bardziej efektywne dostarczanie towarów, lepsze zarządzanie ruchem i inspekcje infrastruktury. Jednak wprowadzenie nowych technologii wymaga uwzględnienia uwarunkowań ekonomicznych, środowiskowych i akceptacji społecznej. Społeczeństwo musi być przekonane o bezpieczeństwie i korzyściach płynących z systemów bezzałogowych, które mogą przyczynić się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych i ograniczenia zanieczyszczenia środowiska. Jednak ich produkcja i eksploatacja również mają wpływ na środowisko. Ważne jest, aby rozwijać technologie w sposób zrównoważony i przyjazny dla środowiska. Konieczne jest opracowanie standardów i procedur certyfikacji dla systemów bezzałogowych, aby zapewnić ich bezpieczeństwo i niezawodność. Wymaga to współpracy międzynarodowej i zaangażowania różnych podmiotów, w tym rządów, organizacji międzynarodowych i firm technologicznych.

Wprowadzenie systemów bezzałogowych na szeroką skalę wymaga odpowiednich regulacji prawnych. Obecnie wiele krajów pracuje nad przepisami dotyczącymi operacji dronów i autonomicznych pojazdów, ale proces ten jest skomplikowany i czasochłonny. Mimo wyzwań prawnych i technologicznych przyszłość dronów w transporcie powietrznym jest obiecująca. Integracja dronów z systemami Smart City może znacząco przyczynić się do poprawy jakości życia mieszkańców, zwiększenia efektywności zarządzania zasobami i minimalizacji wpływu na środowisko, co stanowi kluczowy element w budowaniu przyszłych, zrównoważonych miast.

Bibliografia

- Arcadis. (2017). *Sustainable Cities Mobility Index 2017. Bold moves*. Amsterdam: Arcadis.
- Byrne et al. (2021). Urban transport assessment of emissions and resource demand of climate protection scenarios. *Cleaner Environmental Systems*, 2, article 100019. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100019>.
- Cichosz, M. (2020). Drony w logistyce ostatniej mili – innowacja wspierająca zrównoważoną logistykę. W: P. Zagrajek (red.), *Sektor lotniczy w erze transformacji społecznej i technologicznej*. Szkoła Główna Handlowa.
- Europejska strategia w dziedzinie lotnictwa, 2015. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=LEGISSUM:3205_3
- Gadziński, J. (2011). Rozwój transportu drogowego jako zagrożenie dla środowiska przyrodniczego – przykład aglomeracji poznańskiej, *Journal of Ecology and Health*, 15(4), 166.
- Giones, F., Brem, A. (2017). From Toys to Tools: The Co-Evolution of Technological and Entrepreneurial Developments in the Drone Industry. *Business Horizons*, 60(6), 875–884.
- 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* (s. 57–83). Institute of Economics, Polish Academy of Sciences.
- Kiryłuk, H., Glińska, E., Ryciuk, U., Vierikko, K., & Rollnik-Sadowska, E. (2021). Stakeholders engagement for solving mobility problems in touristic remote areas from the Baltic Sea Region. *PLoS ONE*, 16(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253166>.
- Kuźmicz, K., Ryciuk, U., Glińska, E., Kiryłuk, H., & Rollnik-Sadowska, E. (2022). Perspectives of mobility development in remote areas attractive to tourists. *Ekonomia i Środowisko*, 1(80), 150–188.
- Lamb, W. et al. (2021). A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018. *Environmental Research Letters*, 16(7), 073005. DOI: 10.1088/1748-9326/abee4e.
- Leśnikowski, W. (2023). Dron jako sojusznik w operacjach lotniskowych – integracja operacji dronów na lotniskach. *Wiedza Obronna*, 284(3).
- Mahrous Abdel Wahed Ahmed, M., Abd El Monem, N. (2020). Sustainable and green transportation for better quality of life case study greater Cairo – Egypt. *HBRC Journal*, 16(1), 17–37. <https://doi.org/10.1080/16874048.2020.1719340>.
- Motowidlak, U. (2017). Rozwój transportu a paradygmat zrównoważonego rozwoju. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach. Studia Ekonomiczne*, 337, 147.
- Neverauskiene, L., Novikova, M., Kazlauskienė, E. (2021). Factors, determining the development of intelligent transport systems. *Business, Management and Economics Engineering*, 19(2), 229–243. DOI: 10.3846/bmee.2021.15368.

- Pawłowska, B. (2018). Intelligent transport a key component of implementation the sustainable development concept in smart cities. *Transport Economics and Logistics*, 79, 7–21. <https://doi.org/10.26881/etil.2018.79.01>.
- Rucińska, D., & Kotarbiński, J. (2016). Analiza komunikacji marketingowej wybranych linii lotniczych w transmedialnych kanałach przekazu. *Ekonomika Transportu i Rynek Usług Transportowych*, 61, 55–65.
- Sharaf, A. (2021). Promoting public transport as a strategy to reduce GHG emissions from private vehicles in Kuwait. *Environmental Challenges*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100075>.
- Sobol, A. (2017). Inteligentne miasta versus zrównoważone miasta. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach. Studia Ekonomiczne*, 320, 76–78.
- Strategia. (2019). *Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku*. Uchwała nr 105 Rady Ministrów z dnia 24 września 2019 r.
- Witkowski, J., Pisarek, A. (2017). Nature of green supply chains – proposal of the systematization of notions. *Economic Studies*, 315, 11–26.
- Wyciśłok, M., Kojda, M., & Czyżewska-Garncarz, M. (2024). Drony jako przyszłość transportu i logistyki. W: Z. Dacko-Pikiewicz, K. Szczepańska-Woszczyna, M. Lis, P. Mickiewicz, I. Krzyżewska (red.), *Young Scientists Innovate. A multidisciplinary perspective* (s. 181–188). Akademia WSB.
- Wojewódzka-Król, K., & Załoga, E. (2016). *Transport, Nowe wyzwania*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Zhao, L. & Jia, Y. (2021). Intelligent transportation system for sustainable environment in smart cities. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*. <https://www.conserve-energy-future.com/modes-and-benefits-of-green-transportation.php> [dostęp: 11.07.2024].
- <https://psnm.org/> [dostęp: 8.07.2024].

Transport przesyłowy w Smart City

Marta Brzozowska

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
ORCID 0000-0003-3072-0562

Marcin Roślaniec

Niezależny badacz
ORCID 0000-0003-2189-1386

Wstęp

Uwarunkowania ekonomiczne, prawne i polityczne w aspekcie organizacji transportu przesyłowego są mocno uzależnione od sytuacji międzynarodowej. Transport przesyłowy dotyczy w głównej mierze ładunków o nacechowaniu strategicznym w kontekście funkcjonowania gospodarki i społeczeństwa. Stąd też ogromny wpływ polityki międzynarodowej na kształtowanie tego rynku. Transport przesyłowy dotyczy w zasadzie trzech głównych elementów: rurociągów, z surowcami takimi jak ropa naftowa i gaz ziemny, wodociągów oraz sieci energetycznych. O ile sytuacja wodociągów jest stabilna i w głównej mierze zależy od uwarunkowań lokalnych, o tyle sytuacja rurociągów gazowych i naftowych oraz sieci energetycznych ma znacznie szerszy kontekst.

Biorąc pod uwagę badania, można zauważyć, że koncentrują się one wokół aspektów czysto technicznych (Xie i in., 2020; Okoro i in., 2024; Machhammer i in., 2021), związanych z budową infrastruktury inżynierskiej, bądź kwestii współpracy międzynarodowej i stosunków politycznych wpływających na pozyskiwanie surowców (Fetisov i in., 2021; Zhou i in., 2023). W przypadku Polski system dostaw wrażliwych

surowców, takich jak ropa naftowa czy gaz ziemny, niestety, ma od dawna bardzo mocny kontekst polityczny. Wynika to z faktu, że większość tych surowców jest importowana, co oczywiście wiąże się z utrzymywaniem odpowiednich stosunków gospodarczych z państwami dostarczającymi te surowce. Ze względów ekonomicznych i uwarunkowań historycznych od wielu lat kluczowym dostawcą była Federacja Rosyjska. Po 2022 roku, kiedy rozpoczęła się wojna Rosji z Ukrainą (Aitiken & Ersoy, 2023; Di Bella i in., 2024), import surowców z Rosji został ograniczony zarówno przez firmy, ale również w związku z sankcjami nałożonymi przez organizacje międzynarodowe, m.in. Unię Europejską. Obecna sytuacja geopolityczna sprawia, że istotne staje się stosowanie silnej dywersyfikacji dostaw różnorodnych surowców.

W przypadku sieci energetycznych transport w Polsce odbywa się za pomocą sieci napowietrznych i podziemnych. Jedne i drugie mają zwolenników, natomiast istotą jest wydajność tych sieci w kontekście prosumenckiego produkowania energii z odnawialnych źródeł, m.in. energii pochodzącej z promieniowania słonecznego. Eksperti rynkowi wskazują na konieczność unowocześnienia infrastruktury energetycznej, która nie jest przygotowana na tak dużą ilość energii, która do tej pory pochodziła głównie z elektrowni.

Kontekst transportu przesyłowego należy też rozpatrywać w dwóch płaszczyznach: bezpieczeństwa i innowacyjności. Bezpieczeństwo powinno skupiać się głównie na dostępności surowców i energii przesyłanych rurociągami i sieciami, a także na zabezpieczeniu przed atakami na infrastrukturę krytyczną kraju. Aspekt innowacyjności może dotyczyć zarówno samej infrastruktury pod względem inżynierijno-technicznym, ale także może odnosić się do nowych, innowacyjnych surowców przesyłanych tą infrastrukturą. Ze względu na przyjęte cele zrównoważonego rozwoju należy również zmniejszać zużycie surowców kopalnych, które także wykorzystywane są do produkcji energii. W efekcie można zauważyć, że zarówno dostawy surowców płynnych, takich jak ropa naftowa i gaz ziemny, jak również wykorzystanie ich do produkcji energii muszą przejść metamorfozę na bardziej ekologiczne.

Celem rozdziału jest określenie modelu łączącego nowe rozwiązania i wskazanie kierunków badań nad innowacyjnymi aspektami transportu przesyłowego w obszarach zurbanizowanych w kontekście rurociągów i sieci energetycznych, uwzględniając założenia zrównoważonego rozwoju. Do przeprowadzenia badań wykorzystano metodę analizy *desktop research* w przeglądzie literatury, jak również studium przypadku. W rozdziale skupiono się głównie na transporcie surowców płynnych, takich jak ropa naftowa, gaz ziemny oraz wodór, oraz na przesyłach energii elektrycznej w miastach i aglomeracjach miejskich, gdzie zapotrzebowanie na te surowce jest zróżnicowane.

Słowa kluczowe: transport przesyłowy, rurociągi, infrastruktura techniczna przesyłowa, czynniki energetyczne

9.1. Uwarunkowania funkcjonowania transportu przesyłowego – perspektywa miast

Kontekst budowy infrastruktury transportowej jest w każdej gałęzi transportu kluczowy, bowiem odgrywa ona rolę strategiczną nie tylko dla samych przedsiębiorstw transportowych, ale również dla społeczeństwa. Dlatego też postrzeganie transportu przesyłowego i rozważania na jego temat nie mogą być odcięte od usług publicznych. W aspekcie obszarów zurbanizowanych obecnie toczy się dyskusja, w jaki sposób dostarczać różnorodne czynniki energetyczne, przy zachowaniu zasad zrównoważonego rozwoju, ale również pamiętając o coraz większym zapotrzebowaniu na energię. Zmieniające się uwarunkowania funkcjonowania miast, wskazujące na zwiększającą się świadomość mieszkańców odnośnie do zdrowego trybu życia (Stanowicka i in., 2023), odpowiedzialności za środowisko naturalne oraz negatywnego wpływu rozwoju gospodarczego właśnie na otaczające społeczeństwo środowisko (Nahar i in., 2023; Smoliński i in., 2024) wymagają również zmiany w aspekcie dostarczania różnorodnych czynników energetycznych do miast.

Rozważania nad transportem przesyłowym w miastach dotyczą wielu kwestii, głównie związanych z dostępnością usług publicznych, za które odpowiadają władze danego miasta czy regionu. Wymagania prawne, które należy spełnić w kontekście dostępności pewnych czynników, są ściśle określone w obowiązkach władz poprzez obowiązujące regulacje. Transport przesyłowy w aspekcie teoretycznym dotyczy trzech elementów:

- wodociągów – władze lokalne mają obowiązek zapewnić dostęp do wodociągu i zaopatrzyć w wodę społeczeństwo; jest to jedno z zadań własnych samorządów gminnych (Ustawa z 8 marca 1990, z późn. zm.);
- rurociągów – które transportują w głównej mierze dwa rodzaje surowców: gaz ziemny i ropę naftową; własność tej infrastruktury jest zależna od jej funkcjonalności; w Polsce istnieją gazociągi tranzytowe i pozostają one kwestią sporną pomiędzy dostawcami surowca, czyli głównie Gazpromem, spółką rosyjską, i polskimi odbiorcą, czyli Orlen S.A. (wcześniej za tę część odpowiadało PGNiG S.A. – połączenie z Orlen S.A. nastąpiło w 2022 roku, po wcześniejszym połączeniu Orlen S.A. z Lotos S.A.); sytuacja ropociągów jest podobna, większość systemu przesyłowego ropy naftowej na terenie Polski wynika z tranzytu tego surowca przez terytorium kraju (rysunek 9.1); poza tym oczywiście istnieją rurociągi dostarczające surowce do produkcji paliw i ropopochodne, czy też innych surowców płynnych, głównie do odbiorców przemysłowych;

Rysunek 9.1. Ropociągi obsługiwane przez Przedsiębiorstwo Eksploatacji Rurociągów Naftowych „Przyjaźń” (PERN) S.A.



Źródło: opracowanie na podstawie: <https://www.pern.pl/uslugi/ropa/transport-ropy-naftowej/>.

- sieci energetycznych – w Polsce użytkowanych jest 875 861 km linii elektroenergetycznych o różnym napięciu (Dołęga, 2023); w ich skład wchodzi sieć przesyłowa i dystrybucyjna, a także stacje elektroenergetyczne oraz urządzenia i aparaty elektroenergetyczne; są również częścią Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, który ma za zadanie równoważyć popyt z podażą energii.

Istotą transportu przesyłowego w obecnym formacie w logistyce miejskiej jest dostarczenie surowców energetycznych i wody, a także zapewnienie bezpieczeństwa. Popyt na różnorodne czynniki energetyczne i wodę zmienia się w zależności od sezonu, ale również ze względu na rosnącą liczbę odbiorców w miastach i coraz większą liczbę odbiorników potrzebujących zasilania w energię. Dlatego system

elektroenergetyczny musi zmienić swoje funkcjonowanie. Podobnie jest w kwestii innych surowców, takich jak ropa naftowa i pochodne, czy gaz ziemny. Coraz więcej odbiorców zmienia swoje upodobania, a postęp technologiczny pozwala na korzystanie z innowacyjnych urządzeń, maszyn czy pojazdów wykorzystujących alternatywne rozwiązania.

W chwili obecnej wodociągi pozostające w gestii władz lokalnych powinny być dostosowane do liczby odbiorców, zapewniać odpowiednią jakość wody, a co za tym idzie –również gwarantować bezpieczeństwo społeczeństwu (Adamczak-Bugno, 2023). Istnieją rejony kraju, które nadal są urbanizowane; dotyczy to głównie obszarów podmiejskich, gdzie dotychczas funkcjonowała zabudowa rolnicza i większość terenów była zagospodarowana w sposób rolniczy. Obecnie są to atrakcyjne tereny pod zabudowę jednorodzinną bądź nawet bloki mieszkalne (Cudna, 2023). Coraz częściej krajobraz podmiejski zmienia się właśnie na bardziej zurbanizowany. Jednak ze względu na szybki wzrost zapotrzebowania nie wszystkie gminy są w stanie doprowadzić do tych obszarów wodociągi. Osoby zainteresowane zamieszkaniem w takich miejscach, muszą samodzielnie zadbać o dostęp do wody, np. poprzez wybudowanie studni. Tym bardziej w takich miejscach ważną kwestią pozostaje jednak odbiór nieczystości. Brak wodociągów często jest wynikiem braku jakiegokolwiek infrastruktury sieciowej, w tym również kanalizacji. Dlatego warunkiem budowy jakichkolwiek budynków mieszkalnych na takich terenach jest zabezpieczenie odbioru ścieków. W wielu miejscach systemy kanalizacji, które również można zaliczyć do transportu przesyłowego, nie istnieją, więc w ich miejsce punktowo muszą powstać zbiorniki na nieczystości, za których opróżnianie są odpowiedzialni właściciele nieruchomości. W kontekście dostępności energii natomiast jest dużo łatwiej, ponieważ często przy zabudowaniach rolniczych lub przez te obszary przebiegają linie energetyczne. Zatem zapewnienie dostępności energii elektrycznej jest dużo łatwiejsze.

W kontekście miast ważną kwestią, jeśli chodzi o dostęp do wody, energii czy odbiór ścieków, jest umiejscowienie tej infrastruktury tak, aby ewentualne naprawy i konserwacje nie wpływały na ruch uliczny (Kacprzak & Gryszpanowicz, 2023). Ponadto ważne jest też zabezpieczenie samego dostępu do wszelkich urządzeń, aby płynąca nimi woda była czysta i nie zagrażała mieszkańcom.

W przypadku dostępności rurociągów w miastach chodzi głównie o dostarczenie gazu ziemnego do budynków mieszkalnych i przemysłowych. Ważną kwestią jest szczelność tych instalacji, aby nie zagrażały otoczeniu. Poza tym rozmieszczenie ich w miastach jest często powiązane ze stopniem zurbanizowania danego obszaru. Nie wszystkie miasta posiadają dostęp do głównych kolektorów gazowych, co powoduje, że mieszkańcy muszą używać alternatywnych w stosunku do gazu ziemnego źródeł.

Rurociągi to także dostarczanie surowców ropopochodnych do odbiorców przemysłowych. W przypadku Polski odbiorcami są głównie spółki skarbu państwa zajmujące się przetwórstwem ropy naftowej i przesyłem gotowych produktów pochodzących z tej produkcji. Na terenie miast raczej rzadko spotyka się infrastrukturę dostarczającą tego typu surowce. Raczej są one rozmieszczone poza strefami zamieszkania.

Pochodną wykorzystania gazu ziemnego może być energia cieplna wytwarzana w elektrociepłowniach, dostarczana głównie do gospodarstw domowych. Oczywiście w wielu przypadkach pochodzi ona z przerobu surowców stałych, takich jak węgiel kamienny. Jednakże zdarzają się instalacje, które produkują energię cieplną z gazu ziemnego (Gabryś, 2023). Energia cieplna jest dostarczana w postaci gorącej wody w rurociągach. Tego typu infrastruktura jest bardzo często spotykana w polskich miastach, gdyż duża część zurbanizowanych obszarów jest zasilana właśnie w ten sposób. W miejscach, gdzie brakuje odpowiedniej infrastruktury ciepłowniczej, mieszkańcy muszą we własnym zakresie zadbać o wytworzenie energii cieplnej – niestety, w mniej ekologiczny sposób, bo na przykład w kotłach na węgiel. Jednakże coraz częściej również w tym zakresie planuje się zmiany, które mają ułatwić gospodarstwom domowym przejście na bardziej ekologiczne źródła ciepła.

Ostatnim rodzajem infrastruktury miejskiej związanej z transportem przesyłowym są sieci energetyczne. Są one oczywiście powiązane z elektrociepłowniami w miastach. Duża część wytwarzanej energii wykorzystywanej do zasilania odbiorców w miastach pochodzi właśnie z takich miejskich elektrociepłowni. Poza tą infrastrukturą istnieją także sieci dystrybuujące energię elektryczną z dużych elektrowni, zlokalizowanych na terenie całego kraju. Są to obiekty wykorzystujące do wytwarzania energii elektrycznej surowce kopalne, m.in. węgiel kamienny czy brunatny, ale także elektrownie wodne (Olkuski, 2024) czy coraz częściej wiatrowe (Handzel & Gajer, 2023).

Infrastruktura energetyczna w miastach to głównie sieci dystrybucyjne dwójakiego rodzaju – podziemne, ale też napowietrzne. Oba rodzaje mają swoje zalety i wady, wynikające z konieczności utrzymywania tej infrastruktury w należytym stanie, ale również związane z zagrożeniami występującymi w otoczeniu. W przypadku sieci podziemnych naprawy i przeglądy są na pewno utrudnieniem, ponieważ wymagają ingerencji w istniejącą infrastrukturę drogową. Jednak, z drugiej strony, są one mniej narażone na zagrożenia wynikające na przykład z warunków atmosferycznych, które coraz częściej występują na terenie Polski. Są to m.in. silne nawałnice, śnieżyce czy nawet trąby powietrzne (Dołęga, 2023). Ponadto w miastach sieci napowietrzne stwarzają też zagrożenie dla mieszkańców, szczególnie przy uszkodzeniach i zerwaniach linii; lecz naprawy sieci napowietrznych i ich przeglądy nie ingerują zbytnio w funkcjonowanie pozostałych elementów krajobrazu miejskiego.

W kontekście sieci energetycznych coraz częściej zwraca się uwagę na konieczność ich rozbudowy i modernizacji, ze względu na rosnące znaczenie energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii. OZE charakteryzują się dużą nieprzewidywalnością potencjału produkcyjnego, ponieważ jest on zależny od warunków atmosferycznych – nasilenia wiatru czy nasłonecznienia. Połączenie energii pochodzącej z elektrowni konwencjonalnych z zieloną energią z OZE cechuje duża niepewność co do wielkości podaży (Surówka, 2023). Dlatego istotne staje się monitorowanie produkcji z OZE.

Funkcjonowanie sieci elektroenergetycznych w nowych, zmienionych warunkach klimatycznych wymaga dostosowania zarówno infrastruktury, jak i podejścia do produkcji energii elektrycznej. Uwarunkowania produkcji i przesyłu energii są związane z rynkiem międzynarodowym, na którym dokonuje się transakcji dotyczących importu i eksportu energii elektrycznej. Wynika to chociażby ze wspomnianej nieprzewidywalności popytu i podaży. Dlatego kraje europejskie połączyły sieci energetyczne, aby móc dokonywać takiego przesyłu. Ciekawe jest również ustalanie cen energii elektrycznej w tych transakcjach, ponieważ mogą one mieć charakter długoterminowych kontraktów i stałej ceny, ale są również rozwiązania działające na zasadach giełdy, gdzie ceny ustalane są w danym momencie (Grudziński i in., 2023). Ważną kwestią pozostaje jednak potencjał produkcyjny i popyt na energię, ponieważ właśnie te dwa czynniki kształtują wysokość cen energii elektrycznej na giełdach.

Pozostaje również kwestia ochrony środowiska, która staje się pilnym problemem do rozwiązania, ze względu na cele przyjęte przez Unię Europejską. Obowiązującym wyznacznikiem jest przyjęta strategia Europejskiego Zielonego Ładu, który zakłada osiągnięcie przez UE neutralności klimatycznej do 2050 roku. Plany wynikające z tej strategii zapisano w postaci konkretnych przepisów, składających się na tzw. pakiet „Gotowi na 55”, co oznacza w skrócie redukcję emisji o co najmniej 55% do 2030 roku (Michalik & Zieliński, 2024). Istotą przyjętych zapisów jest wymuszenie na państwach członkowskich większej odpowiedzialności za transformację energetyczną i jej przyspieszenie. W tym kontekście dotyczy to szczególnie państw, które przystąpiły stosunkowo niedawno do UE, w tym także Polski. Ważne jest tutaj wykorzystanie surowców kopalnych do produkcji energii elektrycznej i zwiększenie udziału OZE w produkcji energii. W Polsce również mówi się o pierwszej elektrowni jądrowej, co w kontekście dywersyfikacji źródeł energetycznych ma swoje uzasadnienie. Sąsiadujące z Polską państwa posiadające elektrownie jądrowe to przede wszystkim Czechy, Słowacja, Litwa, Ukraina, a także do niedawna Niemcy. Co ciekawe, w obliczu niedoboru surowców energetycznych, zwłaszcza gazu ziemnego po inwazji Rosji na Ukrainę, Niemcy zdecydowały się wygasić ostatnie elektrownie jądrowe w 2023 roku (Dawid i in., 2024). Zmieniło to udział poszczególnych źródeł

energii w produkcji: lądowe turbiny wiatrowe wytwarzały 19%, instalacje fotowoltaiczne 14%, a biomasa 9,5%, gaz ziemny 14%, elektrownie węglowe zapewniają pokrycie aż 34% zapotrzebowania na prąd, natomiast inne źródła 9,5% (stan na kwiecień 2023) (Ciszak, 2023). Takie posunięcia są zaskakujące w obliczu zakładanych strategii odejścia od surowców kopalnych przy produkcji energii elektrycznej, a tym samym redukcji emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Istotą tej strategii jest inwestycja w OZE, szczególnie w elektrownie wiatrowe na morzu, a także duże inwestycje w energię z wodoru.

Biorąc pod uwagę powyższe, można zauważyć, że transport przesyłowy powinien być rozpatrywany w kontekście strategicznym bezpieczeństwa państwa, ale również bardziej lokalnie – w aspekcie funkcjonowania obszarów zurbanizowanych. Bezpieczeństwo w transporcie przesyłowym będzie ważne dla osiągnięcia celów strategicznych, ale ważne jest również zarządzanie antykrzysowe w miastach. Innowacyjność stosowanych rozwiązań może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa, ale również dostępności wody, energii czy paliw.

9.2. Bezpieczeństwo i innowacyjność transportu przesyłowego

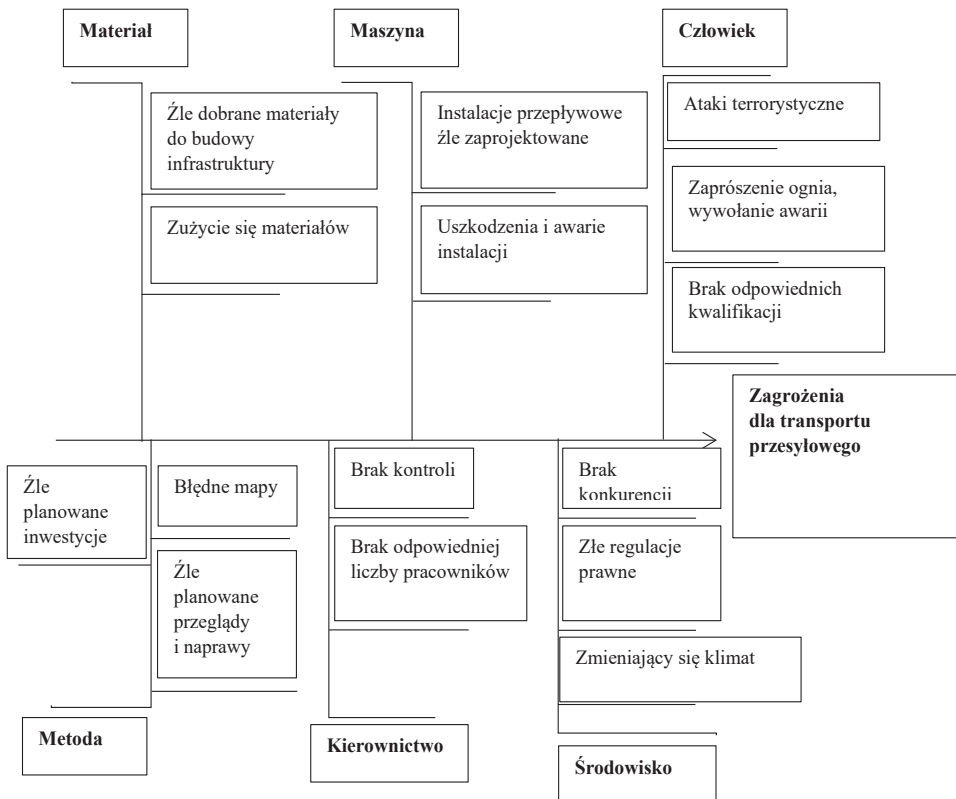
Transport przesyłowy w miastach musi zapewnić dostępność konkretnych surowców lub efektów ich przerobu mieszkańcom. Bezpieczeństwo tego transportu to przede wszystkim zabezpieczenie samej infrastruktury przed niepożądanymi działaniami czynników zewnętrznych, takich jak warunki atmosferyczne, ale też wpływ osób postronnych. W kontekście zabezpieczenia należy odnieść się do dostępności tego, co jest przesyłane infrastrukturą przesyłową, ale też zabezpieczenia tych przepływów przed zanieczyszczeniem, które mogłoby wpłynąć negatywnie na zdrowie i życie mieszkańców (szczególnie jeśli chodzi o transport wody i jej czystość). Zarządzanie antykrzysowe w tym zakresie może dać pewne rozwiązania. Istotne jest jednak przeprowadzenie analiz w zakresie potencjalnych zagrożeń.

Natomiast jeśli chodzi o innowacyjność w transporcie przesyłowym, to można przede wszystkim odnieść się do samej infrastruktury, która może być innowacyjna w kontekście technologicznym. Ale innowacyjność to także kwestia przesyłanych dóbr tą infrastrukturą, czyli czynników energetycznych, surowców, które dotychczas pozostawały w sferze badań. Biorąc pod uwagę produkcję energii elektrycznej i wykorzystanie paliw kopalnych do tej produkcji, ale też do zasilania pojazdów, oraz większy nacisk na zmiany w tym zakresie ze względu na cele środowiskowe, należy rozważyć nowe surowce, np. wodór czy energię z OZE. Jako innowację można również potraktować zmiany w infrastrukturze, które pozwolą na integrację systemu energetycznego poprzez zamknięcie obiegu i zwiększenie efektywności energetycznej (Mataczyńska, 2022).

9.2.1. Bezpieczeństwo transportu przesyłowego

Zagrożenia dla transportu przesyłowego wpływają na potencjał inwestycyjny, koszty budowy infrastruktury, jak również dotyczą aspektów prawnych, kapitału ludzkiego oraz środowiska naturalnego. Analizę zagrożeń można przeprowadzić za pomocą prostego narzędzia, jakim jest wykres Ishikawy, pokazując najważniejsze kwestie związane z zagrożeniami dla transportu przesyłowego (rysunek 9.2).

Rysunek 9.2. Analiza zagrożeń dla transportu przesyłowego z wykorzystaniem wykresu Ishikawy



Źródło: opracowanie własne.

Troska o bezpieczeństwo transportu przesyłowego wynika z istniejących zagrożeń makroekonomicznych, omówionych już wcześniej. Jednakże szeroko pojęte środowisko to zarówno otoczenie polityczne, prawne i ekonomiczne, ale także czynniki środowiska naturalnego. Zagrożenia związane z czynnikami politycznymi są obecnie głównym aspektem dyskutowanym na arenie

międzynarodowej w związku z wojną pomiędzy Rosją i Ukrainą. Istotą tego zagrożenia jest fakt, że Rosja jest jednym z głównych dostawców surowców energetycznych dla Europy. Dla państw Unii Europejskiej, szczególnie Niemiec, Polski czy Francji, opowiadzenie się przeciwko Rosji doprowadziło do konieczności zmian w polityce dostaw gazu ziemnego i ropy naftowej. Pomimo sankcji nałożonych na Rosję państwa europejskie, w tym również Polska, nadal importują chociażby gaz ziemny. Wynika to z faktu, iż całkowite odcięcie dostaw z Rosji spowodowałoby ogromne problemy w przemyśle. Ponadto kraje europejskie są nadal związane ze spółkami rosyjskimi długoletnimi kontraktami. Jak wynika z danych Polskiej Organizacji Gazu Płynnego, w 2023 roku wzrósł w Polsce import LPG i nadal głównym dostawcą jest Rosja (Kołakowska i in., 2023). Jednakże jej udział w dostawach zmalał – na rzecz Szwecji, Wielkiej Brytanii, Niderlandów i USA. Nieco inaczej wygląda sytuacja na rynku dostaw ropy naftowej, ponieważ Rosja straciła pierwsze miejsce na rzecz Arabii Saudyjskiej i, jak podała Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego, ponad 45% importu tego surowca pochodzi właśnie z tego kraju (money.pl, 2024).

Pozostaje także zagrożenie związane ze środowiskiem naturalnym, a właściwie zmieniającym się klimatem, objawiające się zmieniającymi się warunkami atmosferycznymi (np. wyższe temperatury) lub gwałtownymi zjawiskami pogodowymi (np. powodzie błyskawiczne). Co ciekawe, zmiany klimatyczne wynikają właśnie z działalności transportowej, ponieważ transport ogólnie, ale również wykorzystanie paliw kopalnych, duże zanieczyszczenie powietrza, emisja spalin powodują właśnie te negatywne zmiany w środowisku naturalnym. Czynniki atmosferyczne mogą mieć krytyczny wpływ na istniejącą infrastrukturę transportu przesyłowego, niszcząc na przykład sieci energetyczne (Dołęga, 2021). Ale zagrożenie to jest także związane z problemami lokalnymi, wynikającymi z istniejącej infrastruktury, z kwestiami zarządzania tym transportem, bądź z czynnikami zewnętrznymi, które mogą doprowadzić do katastrof (np. czynniki atmosferyczne lub ataki terrorystyczne).

Aby odpowiednio zadbać o bezpieczeństwo transportu przesyłowego, należy zastanowić się nad oceną zagrożeń i ich realnym wpływem na warunki przepływu surowców, materiałów czy czynników energetycznych. Materiały dobierane do budowy infrastruktury powinny spełniać określone normy, również w kontekście możliwych zagrożeń zewnętrznych, np. czynników atmosferycznych. Powinny oczywiście odpowiadać materiałom, które będą przesyłane w danej infrastrukturze. W literaturze można znaleźć analizy, które wskazują, że istniejąca już infrastruktura nie do końca może być wykorzystywana do przesyłu innych czynników, np. w przypadku gazu ziemnego i wodoru (Froeling i in., 2021). Ponadto infrastruktura powinna być cały czas poddawana przeglądowi i naprawom, aby być w pełni sprawna, w myśl zasad *Predictive Maintenance* (Babajeyu

i in., 2024). Dotyczy to nie tylko infrastruktury liniowej, w postaci rurociągów czy sieci, ale także urządzeń w punktach stykowych infrastruktury, np. generatorów czy pomp (Fu i in., 2021).

Ważną kwestią dla bezpieczeństwa jest odpowiednie projektowanie instalacji. Ze względu na mocno rozwijający się rynek prosumencki (Tomaszewski & Sekściński, 2020) jest to dosyć trudne, szczególnie w przypadku sieci energetycznych. Również wszelkie uszkodzenia i awarie powodują, że zagrożona jest dostępność czynników dystrybuowanych poprzez infrastrukturę transportu przesyłowego. Wymaga to oczywiście wspomnianej już prewencji związanej z przeglądami i naprawami oraz projektowania redundancyjnych systemów przesyłowych, umożliwiających dostarczanie energii do odbiorców końcowych w przypadku awarii części infrastruktury przesyłowej.

Jednakże projektowanie i planowanie budowy nowej infrastruktury, a także plany związane z przeglądami wymagają odpowiedniego przygotowania dokumentacji i chociażby dostępności do planów i map rozmieszczenia istniejącej infrastruktury. Dlatego ważna jest digitalizacja zasobów. Należy także przygotować całą infrastrukturę do przesyłu w aspekcie międzynarodowym, gdyż coraz częściej poszczególne kraje są od siebie uzależnione, zwłaszcza w sytuacjach kryzysowych (Yueksel-Erguen i in., 2023).

Kolejnym istotnym czynnikiem są ludzie, na różnych szczeblach, zajmujący się transportem przesyłowym. Ta gałąź transportu jest mocno powiązana z usługami publicznymi, dlatego też kierowanie spółkami funkcjonującymi w obrębie transportu przesyłowego związane jest z działalnością polityczną (Gola, 2021). Kierunki zarządzania strategicznego często wyznaczone są przez aktualnie rządzących. Istotne jest, aby w perspektywie długoletniej plany były ze sobą zbieżne i zapewniały dostępność odpowiednich czynników społeczeństwu.

Istotne dla bezpieczeństwa jest to, że bardzo często do awarii i kryzysów dochodzi w wyniku błędu ludzkiego (Ostrowski, 2023). Niestety, to pracownicy często są odpowiedzialni za wypadki, które mogą prowadzić do sytuacji kryzysowych. Coraz częściej jednak są to działania zamierzone, które mają doprowadzić do sytuacji kryzysowych, a nawet katastrofalnych (Sadowski, 2019). Można spodziewać się celowego niszczenia infrastruktury, a nawet ataków terrorystycznych. Przykładem może być uszkodzenie rurociągów Nord Stream czy Nord Stream 2 (Nowak, 2023).

Opisane zagrożenia mogą stanowić o bezpieczeństwie społeczeństwa, ale również znacząco wpływają na dostępność różnorodnych czynników energetycznych i wody w miastach. Należy przyjrzeć się kwestiom, które umożliwiłyby działania prewencyjne w stosunku do tych zagrożeń. Bardzo często odpowiedzią mogą być innowacje stosowane zarówno w infrastrukturze, jak również dotyczące samego podejścia do kluczowych czynników energetycznych.

9.2.2. Innowacyjność w transporcie przesyłowym

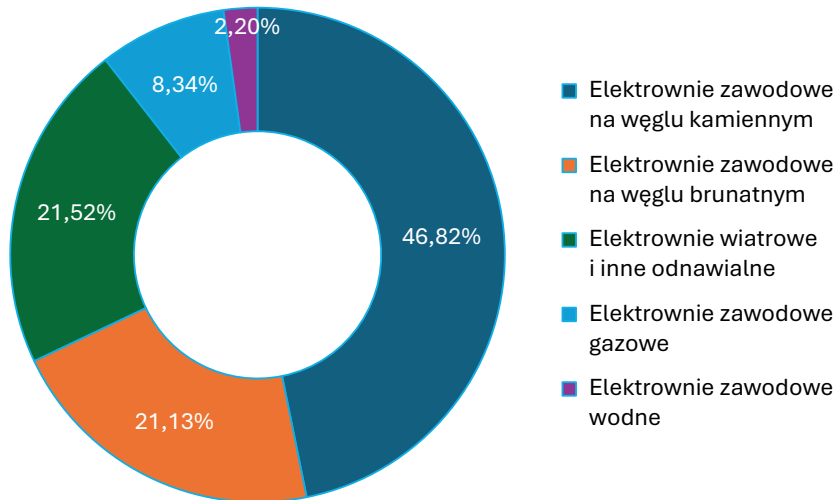
Innowacje organizacyjne i technologiczne pozwalają na podniesienie poziomu bezpieczeństwa, ale również efektywności działań, zarówno w świecie biznesu, jak i sferze społecznej oraz publicznej (Pel i in., 2020; Coccia & Watts, 2020; Aslam i in., 2020).

W przypadku transportu przesyłowego innowacje mogą dotyczyć wielu obszarów, w zależności od przesyłanych czynników i infrastruktury wykorzystywanej w tym procesie. W odniesieniu do przesyłu energii elektrycznej należy rozważyć kilka obszarów innowacyjności, m.in. integrację systemów energetycznych w skali międzynarodowej (Berjawi i in., 2021), zmiany w produkcji energii, np. poprzez zastosowanie technologii *Power-to-Gas* (Kowalski, 2021), zastosowanie wodoru (Chmielniak i in., 2022), czy też kwestie organizacyjno-prawne, jak np. zastosowanie programu *Demand Side Response* (forbes.pl, 2024), który pozwala na wypłacanie wynagrodzeń przedsiębiorstwom, które odpowiedzą na konieczność zmniejszenia zużycia energii w danym momencie krytycznym. Istotą innowacji w sektorze elektroenergetycznym staje się kwestia dostępności i stabilności produkcji.

Jednakże producenci i dystrybutorzy energii elektrycznej zdają sobie sprawę, że przede wszystkim należy zacząć od modernizacji istniejącej infrastruktury przesyłowej. Stąd też plany inwestycyjne na ogromną skalę zapowiada firma Polskie Sieci Elektroenergetyczne, która przewiduje nakłady 64 mld zł do 2034 roku na infrastrukturę największych napięć (Oksińska, 2024). W planach jest m.in. wybudowanie autostrady energetycznej z północy na południe Polski, która ma połączyć budowane obiekty – elektrownie wiatrowe na Bałtyku i na Wybrzeżu oraz elektrownię jądrową z ośrodkami przemysłowymi na Śląsku. Ponadto pozostali operatorzy, w tym PGE, Tauron, Energa i E.ON, również planują modernizację i budowę nowych sieci w głębi kraju, aby w pełni umożliwić przyłącza OZE. Wszystkie te inwestycje pozwolą na pewno na przyspieszenie transformacji energetycznej i większy udział energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii.

Mówiąc o innowacjach w systemach elektroenergetycznych, należy rozpocząć rozważania od wykorzystania odnawialnych źródeł energii, szczególnie jeśli chodzi o zastosowanie ich na skalę krajową (rysunek 9.3).

Rysunek 9.3. Procentowy udział w krajowej produkcji energii elektrycznej poszczególnych grup elektrowni według rodzajów paliw w 2023 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2023#r6_2.

Odnawialne źródła energii wg Ustawy o OZE z dn. 20.02.2015 r. (Ustawa o OZE z póź. zm., 2015) to: odnawialne, niekopalne źródła energii obejmujące energię wiatru, energię promieniowania słonecznego, energię aerotermalną, energię geotermalną, energię hydrotermalną, hydroenergię, energię fal, prądów i pływów morskich, energię otrzymywaną z biomasy, biogazu, biogazu rolniczego oraz z biopłynów. Biorąc pod uwagę tę definicję możliwości produkcji energii elektrycznej i ciepłej jest bardzo wiele, wystarczy jedynie odpowiednia infrastruktura i przemyślane plany inwestycyjne, które pozwolą na wykorzystanie potencjału danego obszaru w kontekście tej produkcji. Według raportów Agencji Rynku Energii w 2023 roku najwięcej energii z OZE dostarczyły lądowe elektrownie wiatrowe (14% w całkowitej produkcji energii), 6,8% to energia pochodząca z paneli fotowoltaicznych, a 2,9% z biomasy (www.gramwzielone.pl, 2024).

Zastosowanie OZE w kontekście lokalnego zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepłą umożliwia podjęcie tematu tworzenia lokalnych obszarów bilansowania (LOB) poprzez magazynowanie wyprodukowanej na danym terenie energii, co pozwala na wykorzystanie potencjału odnawialnych źródeł energii i magazynów energii, które mogą stać się odpowiedzią na zapewnienie bezpieczeństwa sieci (Wrocławski, 2021). Potencjał tego rozwiązania wiąże się z możliwością bilansowania potrzeb energetycznych danego regionu z produkcją energii na tym obszarze pochodzącej z różnorodnych źródeł, w tym również OZE. Pozwoli to na

większą niezależność od krajowego systemu produkcji i dystrybucji energii, ale również zwiększy udział energii z OZE, co oczywiście jest korzystne pod względem ekologicznym i pozytywnie wpłynie na życie lokalnych społeczności.

W modelu LOB istotną rolę odgrywają magazyny energii, które znajdują coraz szersze zastosowanie, również na skalę przemysłową. Jeden z takich magazynów energii ma powstać w Osieku Jasielskim (woj. podkarpackie) (www.zielonagospodarka.pl, 2024), a już istniejące są w Rzepedzi (woj. podkarpackie) i w Pucku (Rafał & Grabowski, 2021). Istotną rolę w budowaniu magazynów energii odgrywają regulacje prawne, które wymagają zgody Urzędu Regulacji Energetyki na podłączenie magazynu energii (www.elektro.info.pl, 2024). Ciekawostką może też być transportowanie ciepła nie przesyłowo, lecz za pomocą transportu drogowego (Zdun, 2019). Takie rozwiązanie nadal pozostaje w fazie testów i badań, natomiast może być traktowane jako awaryjny sposób dostarczenia energii cieplnej w sytuacjach kryzysowych.

Istotne staje się także zastosowanie innowacyjnych rozwiązań regulujących przepływy w sieciach elektroenergetycznych, które dystrybuują energię pochodzącą z różnych źródeł (Wrocławski, 2021). Niestabilność warunków pogodowych wpływa na możliwości produkcji energii elektrycznej z wiatru lub promieniowania słonecznego, dlatego ważne jest zastosowanie inteligentnych sieci (tzw. Smart Grid), które dzięki odpowiednim systemom informatycznym i modelowaniu przepływów będą odpowiadały na aktualne poziomy popytu i podaży.

Podobne innowacyjne rozwiązania można zastosować w sieciach wodociągowych w kontekście badania składu wody i dostosowania jej parametrów do obowiązujących norm użytkowania. Projekt w tym zakresie przeprowadziła Politechnika Krakowska we współpracy ze spółką Sądeckie Wodociągi, w ramach którego zainstalowano analizatory jakości wody z przesyłaniem danych online do stacji operatorskiej sieci (Wysowska, 2024). Efektem tego projektu jest dostępność danych na temat jakości wody trafiającej do odbiorców, co przekłada się na bezpieczeństwo, a tym samym zdrowie i życie mieszkańców danego obszaru.

Innowacyjność w transporcie surowców to również odejście od paliw kopalnych. Ze względu na rosnące wymagania dyrektyw unijnych, ale również presję społeczną, coraz częściej mówi się o nowych paliwach, które będą przede wszystkim mniej szkodliwe dla środowiska naturalnego, a tym samym dla społeczeństwa. Do najczęściej wymienianych, które są już w użytkowaniu, należą technologie oparte na wodorze. Przyjęta Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku zakłada przede wszystkim instalacje do produkcji wodoru z OZE, a także zastosowanie wodoru w przemyśle i transporcie jako paliwa (Michalik & Zieliński, 2024). Należy jednak zwrócić uwagę, że wodór może być traktowany jako paliwo ekologiczne wówczas, gdy jest produkowany z OZE, ponieważ można go również produkować z gazu ziemnego (czyli paliw kopalnych). Jednym

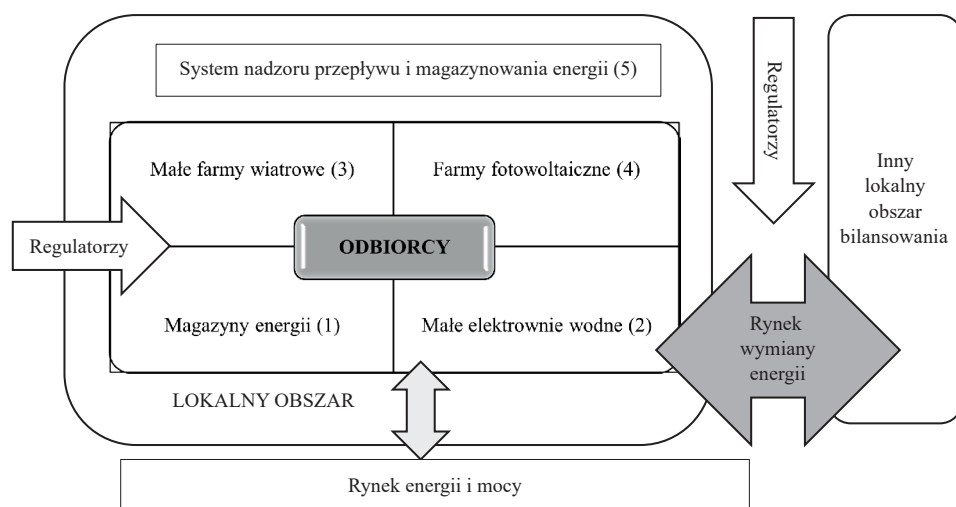
z pomysłów, który pojawiał się w kontekście wykorzystania wodoru i odejścia od gazu ziemnego, a jednocześnie wykorzystania potencjału istniejącej infrastruktury, była koncepcja przesyłania wodoru poprzez rurociąg Nord Stream 2 (Czyżewski, 2021). Pozostało to jedynie w sferach koncepcji, głównie za sprawą pogorszenia stosunków między Rosją a Europą.

Analizując różnorodne innowacje, należy zastanowić się nad możliwościami ich zastosowania, głównie z uwagi na to, że najczęściej wymuszają one zmiany w infrastrukturze i wymagają nowego podejścia do transportu przesyłowego. Zmiany są również wynikiem przyjętych regulacji prawnych, strategii rozwoju oraz prac badawczych, a te wynikają przede wszystkim z konieczności budowania systemów transportu przesyłowego, które będą bezpieczne dla społeczeństwa, ekologiczne, a jednocześnie będą zapewniały dużą dostępność transportowanych środków.

9.3. Przyszłość transportu surowców i energii – studium przypadku

Transport przesyłowy w obecnym wymiarze skupia się głównie na przesyłaniu czynników energetycznych, czyli bądź surowców, bądź już gotowego produktu w postaci energii elektrycznej lub ciepłej. Omówione powyżej rozwiązania innowacyjne mają na celu zapewnienie bezpieczeństwa samego transportu, ale też odbiorców transportowanych środków. Bezpieczeństwo, jak już wcześniej wspomniano, może być różnorodnie interpretowane, jednak w głównej mierze regulatorzy, producenci i dystrybutorzy skupiają się na eliminacji zagrożeń w przesyłaniu energii, a także na tym, aby pochodziła ona z bezpiecznych, ekologicznych źródeł. Dlatego poniżej zaproponowano model, który skupia wymienione innowacje i odnosi się do odbiorców przemysłowych, ponieważ to właśnie obszary uprzemysłowione są najbardziej energochłonne. Zaproponowany model przedstawiono na rysunku 9.4.

Istotną rolę w rozwoju transportu energii będzie odgrywało samobilansowanie się obszarów zurbanizowanych, na których dominuje zmienny popyt. Wiele obszarów wykazuje potencjał do wykorzystania, szczególnie wynikający z lokalizacji. W niniejszym rozdziale przedstawiono przypadek terenu przemysłowego zlokalizowanego w centralnej Polsce, wykazujący duży potencjał i możliwości stworzenia lokalnego obszaru samobilansującego.

Rysunek 9.4. Model lokalnego obszaru bilansowania

Źródło: opracowanie własne.

Omawiany teren ma charakter przemysłowy, z dużymi możliwościami inwestycyjnymi przedsiębiorstw w odnawialne źródła energii. Właśnie te przedsiębiorstwa są głównymi odbiorcami energii na tym terenie. Są to przede wszystkim przedsiębiorstwa produkcyjne, więc ich energochłonność jest duża. Z racji położenia terenu w niedalekiej odległości od zbiornika retencyjnego, utworzonego poprzez spiętrzenie przepływającej przez niego rzeki, istnieje możliwość utworzenia magazynu energii (1) poprzez zastosowanie elektrowni szczytowo-pompowych, które w okresie większego zapotrzebowania oddają energię do sieci, zaopatrując w nią odbiorców, natomiast w okresach mniejszego zapotrzebowania na energię przez odbiorców, a nadprodukcji energii z OZE, są w stanie zmagazynować nadwyżkę poprzez zmagazynowanie wody w zbiorniku retencyjnym. Ciek przechodzący przez teren, stanowiący wodny kanał technologiczny, z potencjałem do utworzenia małej elektrowni wodnej – MEW (2), mogącej służyć do pokrycia zapotrzebowania na energię w czasie, gdy jednostki wytwórcze OZE nie zapewniałyby pokrycia zapotrzebowania na moc i energię odbiorców. W pobliżu znajdują się nieużytki rolne, które można wykorzystać w celach inwestycji w małą farmę wiatrową (3). Ponadto przedsiębiorstwa zlokalizowane na tym terenie mają duże możliwości realizacji inwestycji w farmy PV – fotowoltaiczne (4). Większość przedsiębiorstw posiada instalacje fotowoltaiczne, ale nadwyżki energii generowane przez farmy trafiają do sieci energetycznej. Całość lokalnego obszaru bilansowania powinna być nadzorowana np. przez system klasy SCADA (5), czyli system informatyczny służący do nadzoru przebiegu procesów technologicznych lub produkcyjnych.

W omawianym modelu znaczącą rolę odgrywaliby regulatorzy, czyli instytucje nadzorujące rynek energii; są to zwłaszcza Urząd Regulacji Energetyki i Agencja Rynku Energii. Dodatkowo należy pamiętać, że bilansowanie jest także możliwe poprzez dostawy i wymianę energii z innych źródeł, czyli od istniejących producentów i dystrybutorów energii (rynek energii i mocy). W modelu zakłada się także możliwość wymiany energii pomiędzy podobnymi lokalnymi obszarami bilansowania, co pozwoli w jeszcze większym stopniu regulować popyt i podaż.

Omawiany model na chwilę obecną napotyka wiele przeciwności. Przede wszystkim nie ma możliwości transferów nadwyżek energii pomiędzy odbiorcami generującymi nadwyżki energii a tymi, którzy potrzebują energii w danym momencie. Ponadto, niestety, istniejące regulacje prawne nie umożliwiają przesyłania energii pomiędzy wytwórcami.

Z racji wynikających problemów ze zintegrowaniem jednostek wytwórczych generujących czystą energię z OZE z istniejącą infrastrukturą przesyłową, w większości niedostosowaną do nowych technologii wytwórczych:

1. nieopłacalne staje się przesyłanie energii na znaczne odległości, raczej należy zużywać ją w miejscu wytworzenia;
2. dużą rolę pełnią nowe technologie, pozwalające na magazynowanie energii blisko odbiorców;
3. istotne wydaje się utworzenie lokalnych obszarów bilansowania, które stają się samowystarczalne energetycznie;
4. ważne jest określenie zasad współpracy pomiędzy lokalnymi obszarami bilansowania w sytuacjach awaryjnych;
5. musi nastąpić określenie zasad współpracy z krajowym systemem energetycznym, które zapewniłyby stabilność energetyczną obszarów;
6. konieczne są inwestycje lokalne na poziomie samorządów, zmierzające do wspierania rozwoju takich inicjatyw.

Zaprezentowany model umożliwia osiągnięcie bezpieczeństwa energetycznego, a także daje możliwości transformacji energetycznej. Można również dodać do niego inne elementy związane z transportem przesyłowym, chociażby produkcją energii cieplnej czy wodociągami. Należy pamiętać, że inwestycja w tego rodzaju rozwiązania, nawet mniej kompleksowe, pozwoli na ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko, a także na dywersyfikację i uniezależnienie się od krajowych systemów przesyłowych.

Zakończenie

Transport przesyłowy to bardzo złożone zagadnienie, zarówno w kontekście podmiotowym, jak i przedmiotowym. Należy je rozpatrywać w aspekcie przepływów lokalnych, ale również sytuacji międzynarodowej. Innowacyjne rozwiązania, zaprezentowane w rozdziale, wskazują przede wszystkim na konieczność zwrotu

w kierunku ekologicznych innowacji, szczególnie jeśli chodzi o technologie wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej, a także zapewnienie bezpieczeństwa przepływu i samych odbiorców przesyłanych środków.

Zaproponowany model lokalnego obszaru bilansowania pozwala na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii przez tereny zurbanizowane, ale jednocześnie nadwyżki produkowanej energii elektrycznej i ciepłej mogą być zużyte przez lokalne społeczeństwo. Takie rozwiązania pozwalają na uniezależnienie się od surowców kopalnych światowych dostawców, a także konieczności stałej integracji z krajowym systemem elektroenergetycznym.

Dalsze kierunki badań powinny dotyczyć wskazania koniecznych regulacji prawnych w zakresie tworzenia tego typu obszarów, a także współpracy poszczególnych terenów w kontekście wymiany i dostaw energii. Innowacyjność tego rozwiązania wynika również z możliwości zaangażowania samorządów oraz lokalnej społeczności, która także będzie beneficjentem tego pomysłu.

Bibliografia

- Adamczak-Bugno, A. (2023). Szanse i zagrożenia dla rozwoju sektora wodociągowo-kanalizacyjnego w Polsce. *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, 3(108), 48–61.
- Aitken, C. & Ersoy, E. (2023). War in Ukraine: The options for Europe's energy supply. *The World Economy*, 46(4), 887–896.
- Aslam, F., Aimin, W., Li, M., & Ur Rehman, K. (2020). Innovation in the Era of IoT and Industry 5.0: Absolute Innovation Management (AIM) Framework. *Information*, 11(2), 124.
- Babayeju, O., Adefemi, A., Ekemezie, I., & Sofoluwe, O. (2024). Advancements in predictive maintenance for aging oil and gas infrastructure. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22(3), 252–266.
- Berjawi, A., Walker, S., Patsios, C., & Hosseini, S. (2021). An evaluation framework for future integrated energy systems: A whole energy systems approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111–163.
- Chmielniak, T., Skorek-Osikowska, A., & Bartela, Ł. (2022). Potencjał zastosowania wodoru w polskim systemie energetycznym. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk*, 1(110), 7–22.
- Ciszak, P. (2023). *money.pl*. <https://www.money.pl/gospodarka/niemcy-wylaczyli-atom-i-maja-problem-poczuli-to-niemal-od-razu-6888753899788800a.html>.
- Coccia, M., & Watts, J. (2020). A theory of the evolution of technology: Technological parasitism and the implications for innovation management. *Journal of Engineering and Technology Management*, 55, 101552.
- Cudna, W. (2023). Gospodarowanie wodą na terenach rolniczych i wiejskich. *Aura*, 4, 25–26.
- Czyżewski, D. (2021). *www.energetyka24.com*. <https://energetyka24.com/gaz/nord-stream-2-na-wodor-czy-to-w-ogole-mozliwe-komentarz>.
- Dawid, L., Stręk, Ż., Mika, M., & Ala-Karvia, U. (2024). Polityka energetyczna Niemiec i Francji w kontekście energii, ochrony środowiska i niezależności od dostaw surowców. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 3, 20–27.
- Di Bella, G., Flanagan, M., Foda, K., Maslova, S., Pienkowski, A., Stuermer, M., & Toscani, F. (2024). Natural gas in Europe: The potential impact of disruptions to supply. *Energy Economics*, 138, 107777.
- Dołęga, W. (2021). Awarie krajowych linii napowietrznych – wybrane aspekty. *Przegląd Elektrotechniczny*, 97(8), 9–14.
- Dołęga, W. (2023). Krajowa sieć elektroenergetyczna – analiza stanu i zagrożeń funkcjonowania. *Rynek Energii*, 3(166), 3–10.
- Fetisov, V., Tcvetkov, P., & Müller, J. (2021). Tariff approach to regulation of the European gas transportation system: Case of Nord Stream. *Energy Reports*, 7(6), 413–425.

- forbes.pl. (2024). Pobrano z lokalizacji forbes.pl. https://www.forbes.pl/technologie/dsr-na-czym-polega-program-demand-side-response-i-jakie-korzysci-przynosi/p6dgpwr?utm_term=clk:1db58403-88c6-4229-bcae-ef9d0911d4c8
- Froeling, H., Dröge, M., Nane, G., & Van Wijk, A. (2021). Quantitative risk analysis of a hazardous jet fire event for hydrogen transport in natural gas transmission pipelines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(17), 10411–10422.
- Fu, J., Núñez, A., & Schutter, B. (2021). A Short-Term Preventive Maintenance Scheduling Method for Distribution Networks With Distributed Generators and Batteries. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(3), 2516–2531.
- Gabrys, H. L. (2023). Elektroenergetyka w Polsce 2023... z wyników i wyzwań 2022 roku. *Energetyka*, 824(2), 48–53.
- Gola, J. (2021). *Gospodarność i efektywność w działaniach organów administracji gospodarczej wobec przedsiębiorców publicznych*. Uniwersytet Wrocławski.
- Grudziński, Z., Stala-Szlugaj, K., & Ozga-Blaschke, U. (2023). Ceny energii elektrycznej na rynku krajowym. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*, 111, 81–94.
- Handzel, Z. & Gajer, M. (2023). Energetyka wiatrowa jako główna konkurencja dla fotowoltaiki i wynikające stąd problemy związane z koniecznością zbilansowania mocy w systemie elektroenergetycznym. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomii i Informatyki w Krakowie*, 19, 135–161.
- Kacprzak, M. J., & Gryszpanowicz, P. (2023). Awarie sieci podziemnych i ich wpływ na stan nawierzchni ulic na przykładzie infrastruktury miejskiej w Płocku. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 11, 12–16.
- Kołąkowska, A., Kwiatkowski, B., & Olechowski, A. (2023). *Raport Roczny*. Polska Organizacja Gazu Płynnego.
- Kowalski, S. (2021). Power-to-Gas świętym graalem racjonalnej transformacji energetycznej w Polsce. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 11, 16–26.
- Machhammer, O., Siebels, C., & Huber, G. (2021). Energietransport über weite Strecken. *Chemie Ingenieur Technik*, 93(4), 673–685.
- Mataczyńska, E. (2022). Integracja sektora energetycznego drogą do przyspieszenia dekarbonizacji. W: G. Wojtkowska-Łodej, *Transformacja rynków energii. Gospodarka, klimat, technologie, regulacje. Seminaryjne naukowe – Szkoła Energii* (s. 60–73). Szkoła Główna Handlowa.
- Michalik, S., & Zieliński, D. (2024). *Transformacja energetyczna w Polsce w świetle strategicznych dokumentów rządowych*. Sieć Badawcza Łukasiewicz – ITECH Instytut Innowacji i Technologii.
- money.pl. (2024). Pobrano z lokalizacji money.pl. <https://www.money.pl/gospodarka/stad-polska-bierze-teraz-rope-ogromna-zmiana-po-odcieciu-sie-od-rosji-7015742005234496a.html>

- Nahar, N., Hossain, Z., & Mahiuddin, S. (2023). Assessment of the environmental perceptions, attitudes, and awareness of city dwellers regarding sustainable urban environmental management: a case study of Dhaka, Bangladesh. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 7503–7531.
- Nowak, T. (2023). Zagrożenia infrastruktury krytycznej państw NATO na akwenach morskich. *Kwartalnik Bellona*, 714(3), 63–78.
- Okoro, E. E., Aimikhe, V. J., Sanni, S. E., & Ogali, O. I. (2024). Compressed natural gas storage and transmission. W: M. R. Rahimpour, M. A. Makarem, & M. Meshksar, *Advances in Natural Gas: Formation, Processing, and Applications*. Volume 6: *Natural Gas Transportation and Storage* (s. 81–106). Elsevier.
- Oksińska, B. (2024). *businessinsider.com.pl*. <https://businessinsider.com.pl/biznes/takich-inwestycji-w-energetyce-jeszcze-nie-bylo-na-rozwoj-sieci-poplyna-setki/rmr2z5r>
- Olkuski, T. (2024). Woda jako źródło energii elektrycznej w Polsce. *Inżynieria Mineralna*, 2(1), 219–226.
- Ostrowski, P. (2023). Identyfikacja czynników zagrożeń bezpieczeństwa w województwie zachodniopomorskim w procesie planowania zarządzania kryzysowego. W: M. Curypryjak, M. Jasztal, & P. Ostrowski, *Prawne, merytoryczne, organizacyjne i informacyjne mechanizmy zarządzania sytuacjami kryzysowymi w zinstytucjonalizowanym systemie bezpieczeństwa państwa* (s. 35–50). Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego.
- Pel, B., Haxeltine, A., Avelino, F., Dumitru, A., Kemp, R., Bauler, T., & Søgaard Jørgensen, M. (2020). Towards a theory of transformative social innovation: A relational framework and 12 propositions. *Research Policy*, 49(8), 104080.
- Rafał, K., & Grabowski, P. (2021). Magazynowanie energii. *Academia. Magazyn Polskiej Akademii Nauk*, 1(65), Energetyka, 34–40.
- Sadowski, J. (2019). Zagrożenia systemów infrastruktury krytycznej atakami terrorystycznymi. *Studia nad Bezpieczeństwem*, 4, 5–15.
- Smoliński, P., Biegańska, J., & Środa-Murawska, S. (2024). Differences in the environmental awareness of the polish population. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*, 23(2), 303–320.
- Stanowicka, A., Kobylińska, M., & Wichowska, A. (2023). Awareness of the Cittaslow Brand among Polish Urban Dwellers and Its Impact on the Sustainable Development of Cities. *Sustainability*, 15(10), 7799.
- Surówka, A. (2023). Problemy i wyzwania prognozowania produkcji energii elektrycznej z OZE w Polsce w kontekście współczesnych kryzysów. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 73, 134–151.
- Tomaszewski, K., & Sekściński, A. (2020). Odnawialne źródła energii w Polsce – perspektywa lokalna i regionalna. *Rynek Energii*, 4(149), 10–19.
- Ustawa o OZE z póź. zm. (20.02.2015).

- Ustawa z dn. 8 marca 1990 r. z późn. zm. (brak daty). Rozdz. 2, art. 7. Dz.U.2024.609.
- Wrocławski, M. (2021). Działania rozwojowe oraz innowacyjne w sektorze dystrybucji energii w Polsce. *Nowa Energia*, 1(77), 32–37.
- www.elektro.info.pl*. (2024, 7 12). Pobrano z lokalizacji *www.elektro.info.pl*: <https://www.elektro.info.pl/artikul/aktualnosci/204050,pierwszy-raport-ure-o-magazynowaniu-energii-elektrycznej-w-polsce>
- www.gramwzielone.pl*. (2024). Pobrano z lokalizacji *www.gramwzielone.pl*. <https://www.gramwzielone.pl/trendy/20195039/udzial-oze-w-miksie-energetycznym-rosnie-konieczne-inwestycje-w-sieci-przesylowe>
- www.zielonagospodarka.pl*. (2024). Pobrano z lokalizacji *www.zielonagospodarka.pl*. <https://zielonagospodarka.pl/ox2-rozwija-pierwszy-w-polsce-magazyn-energii-w-ramach-ryнку-mocy-17151>
- Wysowska, E. (2024). Jakość wody pod kontrolą „dzisiaj” – bezpieczeństwo zdrowotne odbiorców „jutro”. *Kierunek Wod-Kan*, 853(2), 30–34.
- Xie, S., Hu, Z., Wang, J., & Chen, Y. (2020). The optimal planning of smart multi-energy systems incorporating transportation, natural gas and active distribution networks. *Applied Energy*, 269, 115006.
- Yueksel-Erguen, I., Most, D., Wyrwoll, L., & Schmitt, C. (2023). Modeling the transition of the multimodal panEuropean energy system including an integrated analysis of electricity and gas transport. *Energy Systems*.
- Zdun, K. (2019). Magazynowanie i transport energii cieplnej z wykorzystaniem materiałów zmiennofazowych. *Nowa Energia*, 2, 34–36.
- Zhou, C., Zhu, B., Davis, S. J., Liu, Z., Half, A., Arous, S. B., & Ciais, P. (2023). Natural gas supply from Russia derived from daily pipeline flow data and potential solutions for filling a shortage of Russian supply in the European Union (EU). *Earth System Science Data*, 15(2), 949–961.

Transport wodny

Karolina Orzeł

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
ORCID 0000-0002-4039-1451

Sebastian Brańka

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
ORCID 0000-0002-7738-0166

Wstęp

Jakkolwiek trudno jest wskazać jedną, powszechnie obowiązującą definicję pojęcia *Smart City*, to powszechnie przyjmuje się zaproponowane jeszcze w 2007 roku (Giffinger i in., 2007) wymiary Smart City w postaci: *smart economy*, *smart mobility*, *smart environment*, *smart people*, *smart living*, *smart governance*, a więc odpowiednio: gospodarki i konkurencyjności, transportu i infrastruktury ICT, zasobów naturalnych, kapitału społecznego i ludzkiego, jakości życia, jak również sprawowania władztwa, administrowania i świadczenia usług publicznych. Celem Smart City jest optymalizacja zasobów, monitorowanie bezpieczeństwa i maksymalizacja poziomu usług dla ludności. Koncepcja inteligentnych miast (*smart cities concept*) obejmuje zrównoważony i zintegrowany rozwój obszarów miejskich połączony z transformacją cyfrową w celu promowania rozwiązań przyjaznych dla zasobów i opartych na potrzebach. Do pomyslnego rozwoju koncepcji Smart City wymagana jest integracja różnych systemów i technologii. Jedną z części koncepcji inteligentnego miasta, którą należy szczególnie rozważyć, jest transport wodny, a w jego ramach inteligentne porty i inne rozwiązania transportu śródlądowego. W niniejszej części pracy autorzy pragną ukazać, w jaki sposób transport wodny wiąże się z wymienionymi wyżej elementami Smart City i że powiązanie to wykracza poza sam transport oraz infrastrukturę ICT.

Transport wodny, jako jedna z gałęzi transportu, stanowi element systemu transportowego miast. Warto w tym miejscu podkreślić, że transport wodny odgrywał istotną rolę w rozwoju gospodarczym od zarania cywilizacji. Ilustracją tego faktu może być waga transportu wodnego po Nilu w starożytnym Egipcie, rozwój kultury minojskiej czy w ogóle starożytnej cywilizacji greckiej możliwy dzięki wodnemu transportowi morskemu. Jak ważnym dla miasta czynnikiem rozwoju jest posiadanie portu morskiego można prześledzić na przykładzie starożytnego Efezu, który rozkwitał gospodarczo kiedy był portem, natomiast stracił zupełnie na znaczeniu, kiedy port uległ zamuleniu, a linia brzegowa odsunęła się znacznie od miasta. Dziś miasto to, niegdyś jedno z największych w basenie Morza Śródziemnego, ma formę niezamieszkanego ruin, niedaleko współczesnego tureckiego miasteczka Selçuk.

Transport wodny to jednak nie tylko transport morski, ale również śródlądowy. Historia Europy zna spektakularne przykłady wykorzystania rzek do transportu. W Polsce możemy mówić nawet o „złotym okresie” spławiania towarów w dół Wisły, kiedy Wisła była najważniejszą pod względem znaczenia gospodarczego rzeką świata (Mielczarski, 1982). W dzisiejszej Europie główną międzynarodową śródlądową siecią wodną jest sieć Renu i Dunaju, która przy długości 14 360 km stanowi niemal połowę śródlądowych dróg wodnych o znaczeniu międzynarodowym (Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2015).

Wśród metod służących opracowaniu niniejszego rozdziału można wskazać krytyczną analizę literatury naukowej oraz raportów branżowych. Warto dodać, że pozycje te dotyczyły przede wszystkim logistyki w transporcie wodnym, zarządzania portami oraz problematyki Smart City i zarządzania przestrzenią miasta na styku miasto–port (teren nadbrzeżny). Spośród tekstów źródłowych wykorzystano w zdecydowanej większości teksty anglojęzyczne, co nie powinno dziwić, z uwagi na zarówno przodownictwo świata zachodniego we wdrażaniu paradygmatu Smart City w transporcie wodnym, jak i wieloletnie niedoinwestowanie transportu wodnego w Polsce. W niniejszym rozdziale zamieszczone zostały dwa duże tematyczne studia przypadków:

- przegląd i charakterystyka narzędzi i rozwiązań typu *smart* wdrożonych w siedmiu wybranych portach europejskich;
- przegląd i charakterystyka różnorodnych rozwiązań z zakresu *smart* wdrożonych w Paryżu, które są związane z żeglugą śródlądową lub z funkcjonowaniem śródlądowych dróg wodnych.

Równocześnie w nieco mniejszym zakresie przedstawione zostały przykłady wodnego transportu pasażerskiego w logistyce miejskiej, Falkirk Wheel jako inwestycji z zakresu żeglugi śródlądowej, która stała się osią strategicznej zmiany wizerunku miasta i rozbudowy jego funkcji turystycznej.

W części pierwszej niniejszego rozdziału została przedstawiona typologia transportu wodnego i tym samym wskazano dwa zasadnicze obszary tematyczne rozdziału: porty morskie, służące transportowi morskiemu, oraz miasta-porty, służące żegludze śródlądowej. W kolejnej części ukazano wykorzystanie technologii informatycznych oraz innych rozwiązań technicznych, a także rozwiązań organizacyjnych, których celem jest tworzenie inteligentnych portów. Uwzględniono studium przypadku w postaci charakterystyki narzędzi i rozwiązań typu *smart* wdrożonych w wybranych portach europejskich, w postaci miast: Rotterdam, Antwerpia i Brugia, Hamburg, Amsterdam, Barcelona, Walencja. Niniejsza część została podsumowana zestawieniem kluczowych elementów inteligentnego miasta portowego, wraz z ich opisem oraz wskazaniem korzyści płynących z tychże elementów. Następnie krótko scharakteryzowano współczesny sposób wykorzystania śródlądowego transportu wodnego, wskazując, że potencjalne obszary jego rozwoju w miastach są wprost związane z podstawowymi elementami koncepcji Smart City. Kolejna część to studium przypadku Paryża, jako miasta będącego egzemplifikacją wielu różnego typu rozwiązań w zakresie transportu wodnego, które wpisują się w paradygmat Smart City.

W dalszej kolejności przedstawiono krótko specyfikę pasażerskiego transportu wodnego w miastach, konkludując, że jakkolwiek może on być jedynie uzupełnieniem transportu drogowego i kolejowego w mieście, to istnieją przykłady popularnych linii pasażerskich, a transport wodny spełnia też rolę atrakcji turystycznej i może być ważny w marketingu czy brandingu miasta. Nawiązaniem do działań z zakresu marketingu miasta jest część, która została poświęcona szkockiej inwestycji z obszaru żeglugi śródlądowej o nazwie Falkirk Wheel. Inwestycja ta stanowi windowe połączenie dwóch kanałów śródlądowych, ale została zaprojektowana w sposób mający uczynić z niej atrakcję turystyczną również dla ogółu obywateli (tzn. niebędących żeglarzami czy motorowodniakami). Liczba odwiedzających ten obiekt potwierdza sukces podjętych działań w kształtowaniu wizerunku miasta, tworzenia jego marki i przyciągania turystów.

W ostatniej części rozdziału została omówiona problematyka związana ze specyfiką inwestycji w rekultywację czy rozwój dróg wodnych położonych w miastach. Należy podkreślić, że cele tego rodzaju inwestycji wpisują się wprost w koncepcję Smart City i mogą służyć jej wdrażaniu w mieście. Równocześnie inwestycje te mogą być potencjalnym źródłem konfliktu między interesariuszami w mieście. Wymagają więc tym samym odpowiedniego namysłu strategicznego, koordynacji i zarządzania.

Słowa kluczowe: transport śródlądowy, Smart Port-City, porty w Europie, nowoczesne technologie

10.1. Transport wodny w mieście – typologia

W świetle powyższych rozważań należy wskazać dwa główne typy transportu wodnego, które mogą występować we współczesnym mieście.

- Transport morski – związany z realizowaną przez niektóre miasta funkcją portu morskiego. Warto zaznaczyć, że porty morskie mogą znajdować się zarówno w miejscowościach nadmorskich, jak i w miejscowościach położonych w pewnym oddaleniu od morza (jak np. Szczecin czy Elbląg). Transport morski ma znaczenie zarówno dla samego miasta – portu morskiego, umożliwiając wprost jego rozwój gospodarczy, jak i znaczenie dla gospodarki w skali makro, w efekcie tego, że miasto portowe (tranzytowe) pośredniczy w przepływie towarów i osób.
- Śródlądowy transport wodny – stanowi jeden z trzech głównych rodzajów transportu lądowego (obok transportu drogowego i kolejowego) (Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2015). Towary przewożone są statkami, które przemieszczają się śródlądowymi drogami wodnymi (rzeki/jeziora/kanały) pomiędzy portami śródlądowymi a morskimi. Transport wodny jest postrzegany jako jeden ze stosunkowo bardziej przyjaznych dla środowiska, np. przez UE (Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2015).

W odniesieniu do transportu wodnego jako całości należy podkreślić, że „połowa ludności Europy mieszka w pobliżu wybrzeży lub śródlądowych dróg wodnych, a do większości europejskich ośrodków przemysłowych można dotrzeć, korzystając z żeglugi śródlądowej” (Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2015). Równocześnie należy dodać, że wykorzystanie transportu wodnego prowadzi do odciążenia sieci drogowej, a zmiana taka „może przynieść korzyści w zakresie oszczędności kosztów, ograniczenia zanieczyszczenia środowiska i większego bezpieczeństwa transportu” (Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2015). Niewątpliwie są to efekty wpisujące się w paradygmat Smart City. Z perspektywy strategii Unii Europejskiej najważniejszym warunkiem rozwoju tej gałęzi transportu jest usunięcie wąskich gardeł instytucjonalnych. Niestety, stosowny raport z roku 2015 konkluduje: „nie udało się osiągnąć celu polityki polegającego na poprawie żeglowności i ograniczeniu ruchu drogowego na rzecz śródlądowego transportu wodnego. W okresie od 2001 r., kiedy wyznaczono ten cel, do 2012 r., za który dostępne są najnowsze dane statystyczne, udział śródlądowego transportu wodnego w przewozach nie wzrósł znacząco, oscylując na poziomie około 6%” (Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2015). Wśród inicjatyw podejmowanych w UE na rzecz rozwoju żeglugi śródlądowej był m.in. projekt INWAPO (Wiśnicki, 2016), zorientowany na 3 główne systemy żeglugi śródlądowej: północny Adriatyk, porty Dunaju, czeskie i polskie systemy. Cytowany autor zwraca uwagę, że znaczne ograniczenie funkcji transportowej Wisły wynika z wielu lat zaniedbań w utrzymywaniu infrastruktury i odpowiednich parametrów dróg wodnych.

W roku 2021 średnio udział śródlądowego transportu wodnego nieznacznie wzrósł i wyniósł w Europie 7%. Jest to wartość dziesięciokrotnie większa niż w przypadku Polski (0,7%), co odzwierciedla kryzys tej gałęzi transportu w naszym kraju (Kaczyńska, 2021).

Natomiast w kontekście transportu morskiego należy zauważyć, że ok. 80% globalnego handlu jest przewożone drogą morską (Basulo-Ribeiro i in., 2024), nie ulega więc wątpliwości, że porty morskie mają nie tylko znaczenie lokalne (dla samych miast portowych), ale również znaczenie makroekonomiczne (dla całego kraju i wymiany międzynarodowej).

10.2. Inteligentne porty

Model koncepcyjny tworzenia sieci transportu miejskiego w ramach paradygmatu Smart Port-City to podejście strategiczne, którego celem jest harmonizacja mobilności miejskiej, technologii, zrównoważonego rozwoju i wzrostu gospodarczego. Model ten przewiduje ekosystem transportowy, który płynnie integruje się z szerszym środowiskiem miejskim, biorąc pod uwagę specyficzną dynamikę miast portowych (Sergiy i in., 2024). W tej części opracowania skupiono się na potencjalnych narzędziach i środkach wspierających cyfryzację i automatyzację infrastruktury portowej, procesów i operacji zgodnie z celami inteligentnych portów przyszłości, z uwzględnieniem wymagań, korzyści i luk ze strony użytkownika, z perspektywy operatora infrastruktury i decydentów.

Inteligentne porty nie mają jednej definicji przyjętej na szczeblu międzynarodowym, ale z przeglądu literatury (Camero & Alba, 2019; Eremia, Toma, & Sanduleac, 2017) i inicjatyw sektorowych wynika, że to port cyfrowy, który w sposób ciągły wykorzystuje informacje w czasie rzeczywistym, generowane przez inteligentne rozwiązania technologiczne w celu zwiększenia swojej wydajności, efektywności i bezpieczeństwa poprzez:

- zwiększoną efektywność operacyjną,
- energooszczędność,
- zrównoważone ekologicznie działanie,
- efektywność ekonomiczną.

Jest również zdolny do obsługi zwiększonej ilości ładunków i pasażerów, przy jednoczesnym ograniczeniu/zmniejszeniu zatorów komunikacyjnych i poprawie bezpieczeństwa, a także wnosi wartość dodaną dla społeczności portowej i całego łańcucha dostaw.

Jednocześnie inteligentny port wyposaża pracowników w odpowiednie umiejętności i technologię, aby sprostać unikalnym wyzwaniom wewnętrznym i zewnętrznym organizacji, a także ułatwić efektywny przepływ towarów, świadczenie usług i płynny przepływ informacji.

Unia Europejska w 2014 roku zdefiniowała znaczenie inteligentnego miasta i inteligentnej społeczności. Ponieważ porty uznawane są za szczególnie przypadki inteligentnej społeczności, muszą spełniać podobne wymagania, które zostały dostosowane do sytuacji portowej. W związku z tym europejskie inteligentne porty powinny wziąć pod uwagę następujące rozporządzenie w sprawie transportu, energii oraz technologii informacyjno-komunikacyjnych – ICT (wybrano najbardziej odpowiednie, lista nie jest wyczerpująca) – patrz tabela 10.1.

Tabela 10.1. Przegląd (wybranych) przepisów unijnych, które powinny być uwzględniane przez inteligentne porty

Transport	Energia	Technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT)
Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system (COM/2011/0144 final)]	Directive 2013/33 Sulphur Emission Control Area Directive 2014/94 Clean Power for Transport	Directive 2005/44/EC & Regulation 414/2007 On harmonized River Information Services Directive 2010/40 Intelligent Transport Systems Directive 2010/65 Electronic Single Windows Directive 2016/1148 On security of network and information systems Regulation 2016/679 & Regulation 45/2001 GDPR
Directive 2013/1315 Trans European Network (Core Network, Core Network Corridors, Comprehensive Network)		

Źródło: (Karpatyova i in., 2022, s. 18).

Elastyczność, sprawność i odporność łańcuchów transportowych otwierają portom możliwość sprostania wyzwaniom związanym ze zrównoważonym rozwojem, globalizacją i urbanizacją. Dlatego obecnie jednym z istotnych kierunków rozwoju portów (dotyczącym zarówno portów śródlądowych, jak i morskich) jest cyfryzacja i wdrażanie systemów informatycznych.

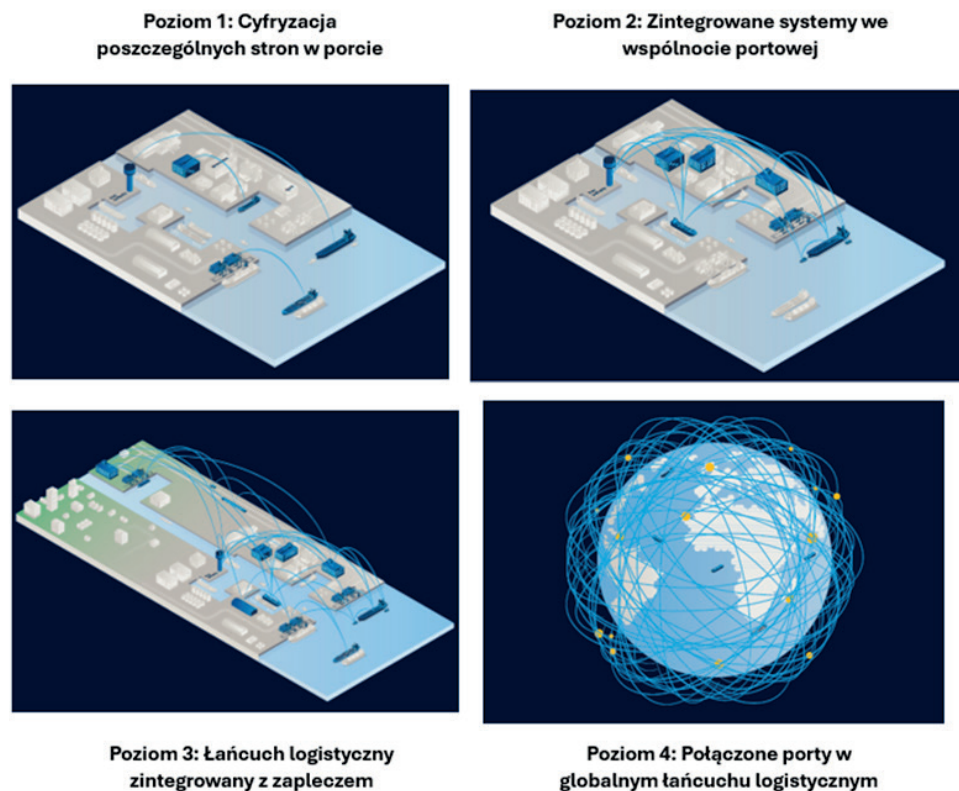
Cyfryzacja portów to jedna z czterech kluczowych kategorii innowacji portowych. Innowacje te obejmują:

- robotykę – obejmuje integrację systemów zautomatyzowanych,
- automatyzację procesów – to procesy minimalizujące zaangażowanie człowieka, na przykład ciężarówki bez kierowcy, drony i statki bez załogi;
- automatyzację podejmowania decyzji – to optymalizacja planowania, np. automatyzacja harmonogramowania pojazdów i sprzętu;
- cyfryzację – to wykorzystanie technologii we wszystkich operacjach. Technologie obejmują: IoT, Big Data, *blockchain*, połączenia 5G, sztuczną

inteligencję, urządzenia do noszenia, systemy bezałogowych statków powietrznych i inne metody oparte na inteligentnych technologiach w celu poprawy wydajności i konkurencyjności ekonomicznej.

Jednym z pierwszych kroków na drodze cyfryzacji portów jest określenie poziomu ich cyfryzacji i cyfryzacji bieżących działań/procesów portu – patrz rysunek 10.1. W oparciu o istniejące dobre praktyki cyfryzacja portów przebiega w ramach podejścia pięcioetapowego.

Rysunek 10.1. Poziomy dojrzałości cyfrowej i automatyzacji portów



Źródło: opracowanie własne na podstawie (Karpatyova i in., 2022, s. 54; Blik, J., Ballantyne, R., 2019).

Poziom zerowy nie uwzględnia digitalizacji, wszystkie informacje są dostępne i przetwarzane w formacie analogowym. Punktem wyjścia jest poziom cyfryzacji 1 (który uwzględnia, że informacje są dostępne w formacie cyfrowym) i jest reprezentowany przez władze portu jako system zamknięty, następnie społeczność portowa poziomu 2 (umożliwiona jest interakcja cyfrowa pomiędzy wszystkimi zainteresowanymi stronami w porcie), a następnie przejdź krok wyżej, włączając

zaplecze w proces cyfrowej interakcji (poziom 3). Ostatnim krokiem (poziom 4) jest połączenie ze sobą inteligentnych portów na całym świecie (tworząc jedną ogólnosiwiatową społeczność portów).

Innowacyjna koncepcja Smart Port została zapoczątkowana w porcie w Hamburgu w 2012 roku. Obecnie znaczące porty, m.in. Antwerpia-Brugia, Barcelona, Hamburg, Los Angeles, Montreal, Busan, Rotterdam czy Singapur (Beškovnik & Bajec, 2021) klasyfikowane są jako inteligentne porty. Jednak koncepcja ta jest aktywnie stosowana nawet w portach o znacznie mniejszej skali.

10.2.1. Inteligentne porty w Europie

Porty morskie są prekursorami trendu transformacji/adopcji cyfryzacji. W Europie kilka portów morskich, takich jak Rotterdam, Amsterdam, Hamburg, Antwerpia, Barcelona, Walencja itp., zdobyło już imponujące doświadczenie w zakresie stosowania nowych technologii, w większości przypadków w odniesieniu do swoich terminali kontenerowych, mieszczących się poniżej poziomu dojrzałości 3 (patrz tabela 10.2).

Tabela 10.2. Przykłady inteligentnych portów

Port	Opis	Przykład narzędzia
Port Forward w Rotterdamie	Zawiera narzędzia programowe, które umożliwiają władzom portowym skuteczniejsze i bezpieczniejsze zarządzanie operacjami portowymi oraz redukcję kosztów majątku. Rozwiązanie sprzyja współpracy i koordynacji pomiędzy wszystkimi użytkownikami portu, pozwalając na szybszą obsługę statków, pociągów i statków śródlądowych, co prowadzi do wzmocnienia pozycji konkurencyjnej portu. Oferuje dodatkowo rozwiązania cyfrowe dla spedytorów i handlowców, którzy chcą zwiększyć swój wgląd i kontrolę w swoich łańcuchach logistycznych.	- Platforma Port Forward oferuje cyfrowe rozwiązania dla spedytorów i handlowców, którzy chcą lepiej zrozumieć całą złożoność łańcuchów logistycznych i kontrolować je. - Inteligentny planer tras wyświetla wszystkie opcje możliwego transportu ładunku z wybrzeża do wnętrza obszaru przeładunkowego. - Portmaster – narzędzie do bezpiecznego i wydajnego działania portu zapewnia informacje w czasie rzeczywistym z wielu źródeł informacji i użytkowników portu w celu optymalnego planowania, monitorowania i administrowania obiektem w jednym systemie. Opiera się na najnowocześniejszych technologiach wykorzystujących Big Data i sztuczną inteligencję.

Port	Opis	Przykład narzędzia
Port Antwerpia-Brugia	Celem wykorzystania rozwiązania cyfrowego NxtPort jest umożliwienie portowi gromadzenie, analizowanie i przechowywanie danych od wielu podmiotów logistycznych. W przyszłości organy celne, agencje rządowe, kontrola jakości żywności i twórcy aplikacji IT będą również mogli uzyskać dostęp do danych na platformie. Port bada również wykorzystanie technologii <i>blockchain</i> do odbioru kontenerów, co umożliwi przeniesienie „praw cyfrowych” z jednej strony na drugą – co oznacza, że tylko jedna strona może odebrać kontener, a nie ktokolwiek posiadający numer PIN. Ograniczy to oszustwa poprzez za- twierdzanie transferów kontenerów.	• System wymiany informacji BC–NxtPort Bulkchain • Digital Twin zapewnia cyfrową mapę 3D portu morskiego, zawierającą informacje w czasie rzeczywistym na temat położenia statków, bilansowania łańcucha dostaw energii i sytuacji w dokach, promując w ten sposób wydajne i bezpieczne warunki pracy. DT wspierany jest przez sieć inteligentnych ścian nabrzeża oraz komputerowy system wizyjny. Dane pochodzą z kamer cyfrowych (ponad 600) i czujników (iNoses do identyfikacji szkodliwych gazów), które umożliwiają dokładne cumowanie statku, skrócenie czasu oczekiwania i zoptymalizowaną konserwację zapobiegawczą dzięki rozpoznawaniu obrazu. • Zarządzanie DT odbywa się za pośrednictwem aplikacji (Advanced Port Information & Control Assistant (APICA), skonfigurowanej z interfejsem 3D. Istnieje również system VR, który szacuje poziom wody i prędkość prądów w nabrzeżach. Podejmowane są także wysiłki, by wdrożyć autonomiczne łodzie, drony i sieć 5G.

Port	Opis	Przykład narzędzia
Port w Hamburgu	Przeprowadził testy z 5G, siecią komunikacyjną nowej generacji w różnorodnych zastosowaniach. Zainstalowano czujniki na statkach usług portowych, aby przysyłać w czasie rzeczywistym dane o ruchu i środowisku na dużych obszarach portu. W innym teście port połączył sygnalizację świetlną z siecią komórkową, aby zdalnie kontrolować ruch w porcie, a także poprawić procesy bezpieczeństwa i wydajności. Trzecia próba umożliwiła portowi dostęp do wszystkich gromadzonych danych poza istniejącymi sieciami, przesyłając dane 3D do aplikacji wykorzystującej rzeczywistość rozszerzoną. Sukces prób doprowadził do bezpieczniejszych połączeń między portami a firmami logistycznymi i zapewnił podstawy dla bardziej inteligentnego łańcucha dostaw Internetu rzeczy.	• System wspólnot portowych (PCS) jest obsługiwany przez DAKOSY i jest używany przez ponad 2000 firm do realizacji swoich przepływów transportowych. Ten PCS jest jednym z najbardziej zaawansowanych portowych systemów informatycznych na świecie. • Systemy VTS (<i>Vessel traffic services</i>) umożliwiają specjalistom portowym kontrolowanie ruchu statków w pobliżu portu lub w strefach portowych. • Systemy TOS (<i>Terminal operating systems</i>) powstały w celu zarządzania przepływem towarów i materiałów pomiędzy linią brzegową a wnętrzem portu.
Port w Amsterdamie	Po raz pierwszy wprowadził swój program dotyczący portów cyfrowych w 2017 r. Dzięki udostępnieniu danych za pomocą usług cyfrowych port stał się bardziej przejrzysty dla użytkowników oraz mógł szybciej i inteligentniej obsługiwać statki. Port jako pierwszy utworzył strefę testową dla dronów wodnych, a niedawno przetestował nowy system monitorowania w celu zbadania wykorzystania dronów w swojej przestrzeni powietrznej.	• Aplikacja I Am Port oferuje w czasie rzeczywistym informacje o lokalizacjach statków i trasach podróży w porcie. Ponadto można znaleźć informacje na temat przypiłyńców i odpływów, wielkości, zanurzeniu i zaciąganiu każdego statku w porcie. • Aplikacja Port Data pokazuje historyczne udziały w rynku dotyczące przepustowości ładunków jedenastu portów na trasie Le Havre-Hamburg, aby promować ideę udostępniania danych. • Kolejna aplikacja umożliwia zwiedzanie portu w środowisku VR i ma na celu zwiększenie lokalnego wsparcia dla portu morskiego.

Port	Opis	Przykład narzędzia
Port w Barcelonie	Bazuje na inteligentnej platformie telematycznej, która zapewnia skoordynowane zarządzanie wszystkimi usługami świadczonymi na wodach portu (piloci, holowniki, cumowanie, zaopatrzenie itp.) oraz system prognozowania burz opracowany wspólnie z władzami krajowymi. Port jest także w trakcie realizacji projektu zbierania sygnałów radarowych i AIS ze statków przepływających przez port w celu przewidywania ewentualnych zdarzeń. Ma to zwiększyć bezpieczeństwo portu.	• Platforma telematyczna PortIC • Ecocalculator77 umożliwia klientom ilościowe określenie śladu środowiskowego ich ładunku i osiągnięcie celów środowiskowych. Aplikacja do śledzenia kontenerów w Barcelonie umożliwia właścicielom portów i kontenerów śledzenie fizycznego procesu transportu kontenera od momentu przybycia statku, kiedy kontener dotknie ziemi, zostanie przeprowadzona odprawa celna, po opuszczeniu terminalu i innych punktów. • AIS (System Automatycznej Identyfikacji)
Port w Walencji	Floty ciężarówek portu zostały wyposażone w dedykowane urządzenia IoT, umożliwiające śledzenie ruchu pojazdów w czasie zbliżonym do rzeczywistego, aby pomóc władzom portu przewidywać i zarządzać potencjalnymi zatorami, a także przewidywać przybycie ciężarówek do bramek. Zainstalowano czarne skrzynki na 200 dźwigach, ciężarówkach i wózkach widłowych, które gromadzą różnorodne dane, takie jak ich lokalizacja lub zużycie energii, co może pomóc personelowi terminalu w znalezieniu sposobów na skrócenie czasu przestojów. Informacje są analizowane w czasie rzeczywistym i udostępniane pracownikom terminalu w celu identyfikacji wąskich gardeł operacyjnych i zainicjowania odpowiednich działań.	• Rozwiązania cyfrowe w celu rozwiązywania problemów, zwiększania wydajności i tworzenia usług o wartości dodanej • Internet rzeczy (IoT) • Inteligentny system oświetlenia, który włącza się tylko wtedy, gdy w pobliżu portu pojawiają się pojazdy, co obniżyło zużycie energii o 80%.

Źródło: opracowanie własne na podstawie źródeł rozproszonych (Deloitte, 2017; Ilin i in., 2019; Henríquez i in., 2022; Kapkaeva i in., 2021; Clemente i in., 2023).

Port cyfrowy, w którym operacje są przewidywalne i bezpieczne dzięki wykorzystaniu danych w czasie rzeczywistym, generowanych przez różne technologie

cyfrowe, uzupełnionych wykwalifikowaną siłą roboczą, korzysta z „szytych na miarę” rozwiązań dostosowanych do potrzeb i problemów (takich jak zatory komunikacyjne, emisje itp.) swoich użytkowników, przyczyniając się do podnoszenia własnej efektywności operacyjnej i tworzenia usług o wartości dodanej, co przekłada się na wyższą satysfakcję klientów i w efekcie wyższe zyski.

Wykorzystanie technologii cyfrowych, zintegrowanych z dedykowanymi rozwiązaniami cyfrowymi, prowadzi do realnych rozwiązań dla szerokiego zakresu działalności portowej w dziedzinie energii, bezpieczeństwa i ochrony środowiska itp., i celnie wpasowuje się w inicjatywę Smart City.

10.2.2. Kluczowe elementy Smart Port City

Realizacja koncepcji Smart City z punktu widzenia transportu wodnego (w tym miast portowych) zakłada integrację szeroko dostępnych danych z dwóch odpowiednich źródeł pochodzenia – miasta i portu. Miasto portowe postrzegane jest jako zjednoczona całość, inicjująca i realizująca skuteczne działania, równoważąca interesy władz miejskich i administracji portowej. Działania te mają na celu doskonalenie systemów zarządzania, wykorzystanie technologii energooszczędnych, ochronę środowiska, poprawę jakości życia i zdrowia ludzi, a także promowanie zrównoważonej mobilności. Podsumowaniem treści przedstawionej w tej części pracy może być wizualizacja oraz uporządkowanie kluczowych elementów i relacji charakteryzujących inteligentne miasto portowe (tabela 10.3).

Tabela 10.3. Kluczowe elementy inteligentnego miasta portowego

	Opis	Korzyści
Inteligentna infrastruktura mobilna	Obejmuje inteligentne systemy zarządzania ruchem, gromadzenie danych w czasie rzeczywistym za pomocą czujników i pojazdy połączone z siecią.	Elementy te przyczyniają się do efektywnego przepływu ruchu, zmniejszenia zatorów i zwiększenia bezpieczeństwa.
Łączność intermodalna	Nacisk na integrację różnych rodzajów transportu. Obejmuje to płynne przejścia między transportem publicznym, żeglugą morską, koleją, ścieżkami rowerowymi i chodnikami dla pieszych.	Taka łączność intermodalna optymalizuje przepływ osób i towarów, zmniejszając wąskie gardła i poprawiając dostępność.

	Opis	Korzyści
Podejmowanie decyzji w oparciu o dane	Wykorzystanie analizy danych i modelowania predykcyjnego w celu optymalizacji sieci transportowych. Dane zebrane z różnych źródeł, takie jak wzorce ruchu, warunki pogodowe i zachowania użytkowników, umożliwiają podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym.	Usprawnia to alokację zasobów, planowanie tras i reagowanie w sytuacjach awaryjnych.
Zrównoważony rozwój i rozwiązywanie przyjazne dla środowiska	Sieci transportowe projektuje się z myślą o zmniejszeniu śladu węglowego. Integracja pojazdów elektrycznych, odnawialnych źródeł energii i zielonej infrastruktury.	Przyczynia się do minimalizacji wpływu na środowisko i promowania przyjazności dla środowiska.
Efektywność logistyczna	Uznając znaczenie portów w gospodarce miejskiej, model integruje sieci transportowe z działalnością portową.	Efektywna obsługa ładunków, usprawnione procedury celne i zintegrowana logistyka sprzyjają wzrostowi gospodarczemu i konkurencyjności.
Zaangażowanie społeczne i dostępność	Sieci transportowe zaprojektowano tak, aby zaspokajały różnorodne potrzeby ludności miejskiej. Przyjazne dla użytkownika interfejsy, funkcje dostępności i inicjatywy angażujące społeczność.	Włączenie i dostępność zapewniają, że ekosystem transportowy przynosi korzyści wszystkim obywatelom.
Odporność i zdolność adaptacji	Stale ewoluujący charakter dynamiki i wyzwań miejskich. W projekt wpisana jest odporność na zakłócenia, takie jak klęski żywiołowe lub awarie technologiczne. Obejmuje to alternatywne trasy, infrastrukturę adaptacyjną i plany awaryjne.	Szybsza adaptacja do zmieniających się warunków otoczenia i możliwość szybkich reakcji w kontekście zdarzeń krytycznych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Sergiy i in., 2024).

Istniejące systemy transportu miejskiego często mają trudności z dotrzymaniem kroku zmieniającym się wymaganiom inteligentnych miast. Wspierając współpracę między różnymi zainteresowanymi stronami, w tym urbanistami, władzami odpowiedzialnymi za transport, innowatorami technologicznymi i społeczeństwem, należy dążyć do stworzenia paradygmatu inteligentnego miasta (portowego), w którym transport bezproblemowo będzie wspierał wzrost gospodarczy, umożliwiał skuteczną działalność portową, zmniejszał negatywny wpływ na środowisko i poprawiał ogólną jakość życia mieszkańców miast.

10.3. Współczesny sposób wykorzystania śródlądowego transportu wodnego

Jeżeli chodzi o śródlądowy transport wodny, to obecnie przewozi się za jego pomocą przede wszystkim (Kriedel i in., 2022):

1. ładunki
 - suche ładunki masowe,
 - płynne ładunki,
 - transport kontenerowy;
2. pasażerów
 - transport promowy i pozostałe sposoby śródlądowego transportu publicznego,
 - rejsy wycieczkowe jednodniowe,
 - rejsy rzeczne.

W nawiązaniu do wypunktowania suche ładunki masowe stanowiły ok. 60% objętości ładunków przewiezionych śródlądowymi drogami wodnymi w 27 krajach UE w 2020 r. Na tę wielkość złożyło się 5 kategorii towarów:

1. **Płody rolne** (mające ok. 9% udział w transporcie ładunków na Renie i 16% udział w transporcie na Dunaju). Skala ich przewozów zależy od wielkości zbiorów. Śródlądowy transport wodny pełni rolę preferowanego na długim dystansie.
2. **Pasze i produkty spożywcze.** Możliwy jest spadek skali transportu paszy w Europie Zachodniej (z uwagi na zmniejszanie produkcji mięsa, przy jednoczesnym przenoszeniu produkcji do Europy Wschodniej lub poza UE). Równocześnie transport produktów spożywczych dla odbiorców detalicznych w miastach wydaje się obszarem dla potencjalnych wzrostów.
3. **Ruda żelaza, stal i inne metale** (mające ok. 25% udział w transporcie ładunków na Renie i ok. 50% udział w transporcie na Dunaju). Wydaje się, że presja na ograniczanie emisji może prowadzić do mniejszej skali transportu metali czy koksu w Europie Zachodniej, podczas gdy w Europie Wschodniej taka presja może mieć mniejsze znaczenie.
4. **Piasek, kamienie, żwir i materiały budowlane.** W Europie można zaobserwować tendencje wzrostowe w transporcie tego rodzaju ładunków. Wydaje się, że nowym obszarem rynkowym w tej kategorii ładunków jest transport materiałów budowlanych na (lub w pobliżu) placu budowy w miastach.
5. **Węgiel.** Chodzi tu o węgiel kamienny, gdyż węgiel brunatny nie jest transportowany śródlądowym transportem wodnym. Tendencje w Europie Zachodniej są tu wyraźnie spadkowe w związku z postępującą transformacją energetyczną.

Płynne ładunki, o których mowa była wyżej, stanowiły ok. 28% objętości śródlądowego transportu wodnego w 27 krajach UE w 2020 roku. Na płynne ładunki składają się dwie główne kategorie: chemikalia oraz rafinowane produkty naftowe. Na Renie produkty ropopochodne stanowią ok. 17% łącznego transportu. Produkty te stanowią ważną część śródlądowego transportu wodnego w Belgii oraz Holandii. Przewiduje się, że z powodu polityk energetycznych skala wykozystania, a więc również potrzeb transportowych, takich ładunków będzie malała. W odniesieniu do produktów i surowców dla przemysłu chemicznego przewiduje się, że ich produkcja, a więc i transport będą rosły.

- Transport kontenerowy

Transport kontenerowy stanowi ok. 12% wolumenu transportu śródlądowego w 27 krajach UE. Wydaje się, że śródlądowy transport wodny kontenerów może się nadal rozwijać – pod warunkiem, że będzie bardziej zintegrowany z regionalnymi i miejskimi łańcuchami logistycznymi i że będzie możliwe stworzenie transportu kontenerowego na krótkim dystansie. Wykorzystanie kontenerów sprzyja modalności, jest to więc cecha sprzyjająca rozwiązaniom typu *smart*.

- Transport pasażerski

Jak wynika z powyższego wypunktowania transport pasażerski dzieli się na publiczny oraz turystyczny. Należy tutaj podkreślić, że w mieście dzięki stosunkowo małym odległościom możliwe jest stosowanie napędu elektrycznego w jednostkach pływających, co bez wątpienia oznacza większą przyjazność środowisku. Równocześnie transport rzeczny w mieście oznacza mniejsze korki na drogach, a więc mniej korków czy potencjalnie wypadków.

Warto zwrócić uwagę (za: Dizian i in., 2014), że na poziomie ogólnokrajowym we Francji transport drogami wodnymi odgrywa współcześnie znacznie mniejszą rolę niż transport drogowy czy kołowy. W 1984 roku wodna gałąź transportu była równie ważna jak kolej czy drogi. Od tego czasu przewozy drogowe i kolejowe zwielokrotniły się, natomiast przewozy szlakami wodnymi pozostają na zbliżonym od 30 lat poziomie. Warto dodać, że pomiędzy rokiem 1997 a 2010 ruch na szlakach wodnych we Francji zwiększył się o 30%. Wzrost dotyczył zarówno ładunków „tradycyjnych” (jak zboże czy chemikalia), ale również ładunków „nowoczesnych”, jak kontenery. Przepustowość przeładunkowa portów rzecznych we Francji nadal dysponuje mocami przerobowymi, co widać na przykładzie portu w Lyonie (zdolności przeładunkowe 300 000 TEU rocznie, przy wykorzystaniu na poziomie 80 000 TEU). Z kolei w Japonii na obszarach miejskich transport wodny ładunków był dominujący aż do popularyzacji kolei, a później transportu drogowego. Współcześnie ma on znacznie mniejszą skalę i dotyczy głównie oleju, żwiru i odpadów.

Wiegmans i in. (2015) zwracają uwagę, że zaskakująco mało jest w dyskursie naukowym publikacji na temat charakterystyki czy rozwoju portów żeglugi śródlądowej, jak również związku tych zmiennych z przeładunkiem ładunków na poziomie miasta. Cytowanym autorom wydaje się to szczególnie interesujące w kontekście wielu problemów przestrzennych wynikających z konfliktu między funkcjami portowymi a pozostałymi funkcjami miasta. Dlatego tak ważna jest integracja portu i miasta, o której była mowa w części poprzedniej niniejszego rozdziału.

Jak wskazują na przykładzie Amsterdamu Wiegmans i Louw (2011), w przeszłości port i miasto stanowiły odrębne byty, podczas gdy obecnie miasto rozwija się w znacznie szybszym tempie niż sam port, co skutkuje pytaniami na temat dalszego współistnienia tych podmiotów. Wnioski holenderskich badaczy wskazują, że jeśli podstawowy poziom przeładunków już jest wysoki, porty żeglugi śródlądowej będą prawdopodobnie rozwijać się stosunkowo wolniej niż mniejsze porty żeglugi śródlądowej (o niższym poziomie podstawowym przepustowości ładunków). Widoczna jest tu konwergencja, czyli tzw. efekt doganiania. Równocześnie cytowani badacze doszli do wniosku, że obecność terminala do przeładunku kontenerów jest ważnym warunkiem funkcjonowania portów żeglugi śródlądowej, zarówno pod względem osiągnięcia podstawowego poziomu przeładunku, jak i utrzymania jego dalszego wzrostu.

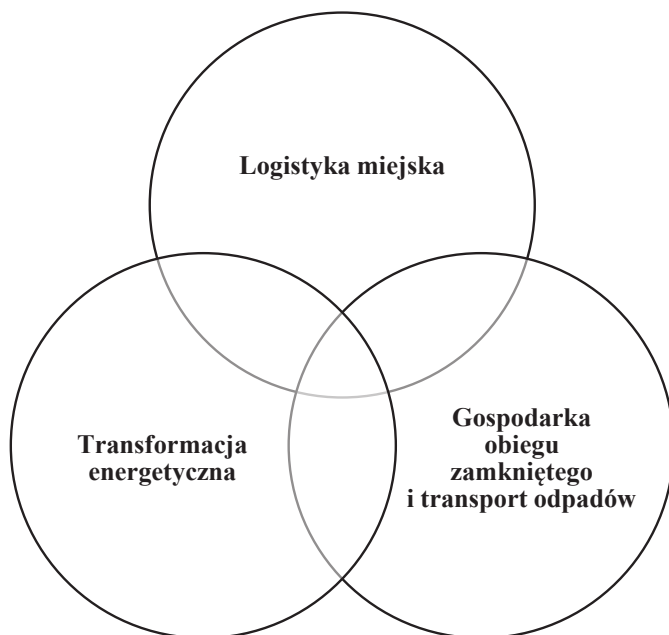
Holenderscy badacze wskazują ponadto, że ważną cechą wpływającą na poziom przeładunków portów żeglugi śródlądowej jest różnorodność typów towarów. Tym samym dysponowanie w porcie możliwością przeładunku różnego typu ładunków może służyć zarówno uzyskaniu podstawowego poziomu przeładunków, jak i sprzyjać dalszemu wzrostowi skali przeładunków. Jednym z wniosków z badań ilościowych prowadzonych na danych dotyczących śródlądowych portów w Danii jest brak statystycznie istotnego potwierdzenia związków między inwestycjami w rozwój portu a wzrostem zatrudnienia w mieście.

Autorzy pochodzącego z 2022 roku raportu, powstałego pod auspicjami Centralnej Komisji Żeglugi na Renie (CCNR) oraz Komisji Europejskiej, zidentyfikowali następujące nowe rynki dla śródlądowego transportu wodnego (Kriedel i in., 2022):

1. miejski transport pasażerski statkami śródlądowymi w formie publicznego transportu lokalnego (przykłady można znaleźć w Antwerpii, Brukseli i Rotterdamie);
2. miejski transport towarowy statkami śródlądowymi (materiały budowlane, produkty spożywcze, paczki itp.) w dużych miastach, takich jak Amsterdam, Londyn, Paryż, Lyon;
3. nowe przepływy ładunków, stymulowane strategiami gospodarki o obiegu zamkniętym (np. transport odpadów);
4. transport paliw ze źródeł odnawialnych lub komponentów do ich wytwarzania (biomasa, biopaliwo, wodór, elementy turbin wiatrowych).

W nawiązaniu do powyższej listy można wskazać trzy filary (por. rysunek 10.2), które wskazują na potencjał rozwojowy śródlądowego transportu wodnego. Nie ulega wątpliwości, że filary wskazane na rysunku wpisują się wprost w specyfikę koncepcji Smart City. Można zatem stwierdzić, że rozwój wodnego transportu śródlądowego, szczególnie w aspekcie wykorzystania na potrzeby logistyki miasta (a nie tranzytu), powinien stać się nieodłącznym elementem rozwoju Smart City położonych nad żeglownymi rzekami.

Rysunek 10.2. Trzy filary rozwoju śródlądowego transportu wodnego



Źródło: (Kriedel i in., 2022).

10.4. Wykorzystanie śródlądowego transportu wodnego na przykładzie Paryża

Jak wskazano na wstępie części dotyczącej współczesnego sposobu wykorzystania śródlądowego transportu wodnego, większość ładunków transportowanych w ten sposób to towary masowe, transportowane na większe odległości, a nie wewnętrzny transport na potrzeby miasta.

W niniejszym podrozdziale wykorzystano studium przypadku Paryża, aby wskazać praktyczne sposoby wykorzystania wodnego transportu śródlądowego na potrzeby miasta w ramach logistyki krótkiego zasięgu na drogach wodnych.

Na wstępie należy podkreślić, że 90% ładunków (wg tonażu) w Paryżu jest przewożonych za pomocą transportu drogowego (Diziain i in., 2014), a więc transport wodny jest znacznie mniej popularny niż drogowy. Przykład Paryża został wybrany celowo z uwagi na fakt, że jest on bardzo dużym miastem, stolicą jednego z największych państw UE, a podejmowane działania wielotorowo wpisują się w realizację idei Smart City.

W Paryżu można wyróżnić sześć ważnych obszarów związanych z wykorzystaniem transportu wodnego na potrzeby współczesnego Smart City:

1. pływające barki – magazyny dla dostaw przesyłek do 10 kg,
2. zaopatrzenie sklepów spożywczych i meblowych,
3. całkowicie elektryczny transport multimodalny,
4. transport materiałów budowlanych i wywóz ziemi oraz innych odpadów budowlanych,
5. wywóz odpadów,
6. zwiększenie atrakcyjności miasta poprzez wykorzystanie terenów nadrzecznych.

10.4.1. Pływająca barka-magazyn – dla dostaw przesyłek do 10 kg

W Paryżu wykorzystywana jest usługa transportu za pomocą barki-magazynu (o nazwie Vokoli), pływającej wzdłuż Sekwany i zatrzymującej się na 10 przystankach w Paryżu (Diziain i in., 2014). Dostarczane są z jej pomocą przesyłki małe i średnie (o masie do 10 kg), a cykl pracy wygląda następująco:

- Na barkę ładowane są ładunki przywożone ciężarówkami (część ładunków trafia od razu na trójkołowce, będące wyposażeniem barki).
- Na poszczególnych przystankach z barki zjeżdżają małe trzykołowe pojazdy (przypominające skutery ciężarowe), które są na stałym wyposażeniu barki.
- Trzykołowe skutery rozwożą ładunki w ramach logistyki ostatniej mili. Łącznie dostarczanych jest dziennie ok. 4000 przesyłek, a głównymi klientami wykorzystującymi tę usługę są:
 - Raja (zaopatrzenie biur),
 - Wala (kosmetyki),
 - Sanofi Aventis (art. farmaceutyczne),
 - Okaidi (marka odzieży dziecięcej).

10.4.2. Zaopatrzenie sklepów spożywczych i meblowych

Począwszy od roku 2012 (Kriedel i in., 2022) firma Franprix (zajmująca się dystrybucją detaliczną artykułów spożywczych) dostarcza towary do swoich 80 sklepów w Paryżu (obecnie jest to już 300 sklepów) za pomocą transportu rzeczno-egzochorycznego. Przy czym logistyka ostatniej mili świadczona jest za pomocą ciężarówek z silnikiem Diesla. W ramach aglomeracji Paryża, pomiędzy portami Bonneuil-sur-Marne

a La Bourdonnais (w pobliżu wieży Eiffla) – na odcinku 20 km – transportuje się dziennie za pomocą barki 26 kontenerów i 450 palet (Diziain i in., 2014). Szacuje się, że pełne wykorzystanie usługi (48 kontenerów dziennie) oznaczać będzie alternatywę dla pokonania 450 000 km za pomocą transportu drogowego, co będzie oznaczało redukcję emisji CO₂ o 37%. Według danych z 2022 roku (*The Seine...*, 2022) Franprix realizowała codzienne dostawy produktów (makaron, słodczyce napoje) w 42 kontenerach do swoich 300 paryskich sklepów barką na tej trasie, skąd później 10 ciężarówek rozwoziło je po mieście. W porównaniu do czystego transportu drogowego zaowocowało to oszczędzeniem 82 600 litrów paliwa, na trasie 420 000 km, co oznaczało 3600 mniej przejazdów ciężarówek na drogach i zmniejszeniem emisji CO₂ o 20%. Dostawy drogą wodną są realizowane obecnie z dwóch magazynów, położonych 20 km od Paryża (Kriedel i in., 2022).

Firma IKEA (*Inland waterway...*, 2024) począwszy od grudnia 2022 przewozi swoje produkty barką po Sekwanie między paryskimi portami Gennevilliers i Bercy, gdzie po wyładowaniu na brzeg są rozwożone przez 12 elektrycznych ciężarówek. Tym sposobem dziennie można dostarczyć ładunki do 455 klientów, unikając rocznego przebiegu samochodów ciężarowych na dystansie 320 000 km (*The Seine...*, 2022).

10.4.3. Całkowicie elektryczny transport multimodalny

Firma Fludis oferuje w Paryżu usługi multimodalnego transportu miejskiego od roku 2016 (Kriedel i in., 2022). Korzysta tylko z elektrycznych środków lokomocji, zatrudniając przy tym 11 pracowników, w tym 8 rowerzystów. Transportowane towary są dostarczane do firmy Fludis z użyciem ciężarówki z naczepą, a następnie przeładowywane na jednostkę pływającą. Po etapie transportu wodnego towary są dostarczane do ostatecznego klienta z użyciem rowerów. Jednostka pływająca, płynąc do centrum Paryża, dostarcza towary dla firmy Lyreco do kilku dzielnic Paryża. Natomiast w drodze powrotnej (z centrum Paryża) odbiera elektrośmieci z firmy Paprec.

W zależności od adresów dostaw każdego dnia dostarczanych jest ok. 700 kg towarów, z wykorzystaniem kilku przystanków na rzece. Czas rejsu jest wykorzystywany na przygotowanie towarów do przewozu kołowego (rowerami) w dalszym etapie. Tym samym na pokładzie następuje depaletyzacja oraz kompletacja ostatecznych przesyłek. Jest to możliwe dzięki dwóm poziomom operacyjnym jednostki pływającej: jeden poziom pełni funkcję magazynu, a drugi obszaru załadunku/wyładunku (*Zero-emission...*, 2022). Uwagę zwraca fakt, że firma musi ponosić stosunkowo wysokie opłaty za korzystanie z doków, podczas gdy ciężarówki spalinyowe mogą krążyć po mieście, nie ponosząc żadnych dodatkowych kosztów. Wydaje się, że jest to obszar, w którym polityki publiczne mogłyby w lepszy sposób promować transport zrównoważony (tutaj multimodalny zeroemisyjny – oparty na wodnym) w porównaniu z mniej zrównoważonym (tutaj spalinowe ciężarówki).

10.4.4. Transport materiałów budowlanych oraz wywóz ziemi i innych odpadów budowlanych

Bardzo ważnymi towarami przewożonymi drogą wodną do Paryża są: piasek, kruszywa i materiały budowlane. Wzrost przewozów tych materiałów wyniósł 36% pomiędzy 2014 a 2019 rokiem. Tym samym w roku 2019 udział przewozu tych towarów wyniósł 78% w instytucji Port Paryża (Raimbault, 2019). Należy uzupełnić, że nie wszystkie z tych dostaw to transport miejski, gdyż część dostaw stanowi długodystansowy transport między krajami Beneluksu a Paryżem. Niemniej w ostatnich latach rozwój wodnego transportu miejskiego jest w Paryżu widoczny (Kriedel i in., 2022). Jednym z powodów tego wzrostu jest projekt „Grand Paris Express”, zakładający budowę nowych linii metra w Paryżu oraz w otaczającym go regionie Île-de-France. W wyniku podpisanych porozumień z instytucjami samorządowymi, w tym portowymi, transport wodny ma priorytet przed innymi gałęziami transportu na dostawy piasku i materiałów budowlanych na potrzeby prac budowlanych oraz wywóz gruzu budowlanego z terenów budowy. Przewiduje się, że w ramach tego projektu w ciągu 15 lat przewiezionych zostanie około 45 milionów ton piasku, materiałów budowlanych oraz ziemi z wykopów. W 2019 roku statkami śródlądowymi wywieziono 1 milion ton ziemi z wykopów, co odpowiada 50 000 załadowanych ciężarówek. W celu realizacji projektu tworzone są cztery platformy przeładunkowe. W otwartej w 2021 roku platformie Gennevilliers przewidziano możliwość recyklingu odpadów budowlanych, aby wykorzystywać je w toku budowy lub sprzedawać. Aspekt ten jeszcze bardziej łączy niniejszy projekt z ideą gospodarki o obiegu zamkniętym. Ewentualne niemożliwe do przetworzenia i ponownego wykorzystania w procesie budowy odpady również będą wywożone drogą wodną.

Analogicznie jak w poprzednim przykładzie, w związku z organizacją Letnich Igrzysk Olimpijskich w Paryżu w 2024 roku i budową wioski olimpijskiej w Saint-Denis przewidziano transport wodny do wywozu 250 000 ton ziemi i urobku z terenów budowy (Kriedel i in., 2022).

10.4.5. Wywóz odpadów

Pierwszym przykładem wywozu odpadów (innych niż budowlane) z terenu Paryża jest wymieniona już wcześniej firma Fludis, której jednostki pływające w trakcie powrotu poza Paryż z centrum miasta zabierają na pokład odpady elektroniczne.

Przykładem usługi dedykowanej wyłącznie odpadom (innym niż budowlane) jest usługa transportu masowego na pokładzie barki odpadów i surowców wtórnych na odcinku 20 km w zachodniej części aglomeracji Paryża (departament Hauts de-Seine) (Diziain i in., 2014). Usługa jest oferowana w 16 jednostkach

gminnych i polega na darmowym odbiorze odpadów (drewno, elektroodpady, plastik, metal). W pierwszym roku pracy barka przetransportowała 300 000 ton różnych materiałów, co zaowocowało emisją do środowiska niższą o 30% w stosunku do transportu drogowego.

Kolejnym przykładem z tego obszaru jest firma SYCTOM, która prowadzi usługę odbioru i zagospodarowania odpadów z 85 jednostek gminnych w regionie paryskim. Według raportu z 2020 roku SYCTOM przewiózł 189 700 ton odpadów z pomocą żeglugi śródlądowej, a 93% z tej objętości zostało przetworzone powtórnie lub wykorzystane do produkcji energii. Warto uzupełnić, że do spalania odpadów stosuje się filtry redukujące emisję, które są przewożone również z pomocą żeglugi śródlądowej. Przykładowo w 2021 roku przewieziono Sekwaną, na trasie Rouen–Ivry Paris XIII, 24 filtry, o masie 24 tony każdy. Na 2023 rok planowane było uruchomienie nowej spalarni odpadów, mogącej przetworzyć 350 000 ton odpadów komunalnych na energię. Jest to wielkość porównywalna z odpadami wytwarzanymi przez 1,4 mln gospodarstw domowych z aglomeracji Paryża (Kriedel i in., 2022).

10.4.6. Zwiększenie atrakcyjności miasta poprzez wykorzystanie terenów nadrzecznych

Jak wskazano już wielokrotnie wcześniej, jednym z konstytutywnych elementów Smart City jest dążenie do ochrony zasobów naturalnych, wsparcie tworzenia kapitału społecznego i ludzkiego oraz zapewnienie wysokiej jakości życia. Aspekty te wiążą się również z rozwojem żeglugi śródlądowej, a przede wszystkim z zagospodarowaniem terenów nadrzecznych. Paryż jest również przykładem tak ukie-
runkowanych działań.

W trakcie ostatniej dekady władze Paryża zdecydowały o zamknięciu znacznych odcinków nadbrzeżnych dróg dla ruchu samochodowego, co spowodowało, że w miejscach, gdzie wcześniej dziennie przejeżdżało 40 000 samochodów, dzisiaj mieszkańcy oraz turyści mogą cieszyć się atrakcyjną przestrzenią publiczną na obu brzegach Sekwany (*The Seine...*, 2017). Celem usunięcia ruchu samochodowego i utworzenia w jego miejsce nadrzecznego parku i promenady było ograniczenie hałasu oraz zanieczyszczenia powietrza, częściowe odciążenie centrum miasta z ruchu samochodowego oraz utworzenie nowych terenów zielonych (CCGA, 2017). Władze wskazały wprost, że długofalowym celem jest poprawienie jakości życia w mieście oraz wsparcie zrównoważonego rozwoju miasta. Równocześnie rozpoczęto pilotażowo publiczno-prywatny projekt sieci elektrycznych taksówek wodnych, która mogłaby umożliwić przekształcenie Sekwany w bardziej uczęszczaną arterię transportową dla pasażerów.

10.5. Przykłady przewozów pasażerskich w miastach z wykorzystaniem żeglugi śródlądowej

Kolejnym, po przewozie towarów, ważnym aspektem wykorzystania transportu wodnego w miastach jest transport pasażerów. Miastem, w którym zarządzana przez miasto komunikacja promowa funkcjonuje od 1853 roku, jest Sztambuł, w którym ok. 300 000 osób dziennie podróżuje tym środkiem transportu do pracy (*Istambul...*, 2015). Liczba ta robi nieco mniejsze wrażenie w połączeniu z faktem, że w dawnej stolicy Bizancjum i Turcji osmańskiej mieszka ponad 16 milionów ludzi. Krytycy pasażerskich promów argumentują, że są one powolne, kosztowne i docierając do jedynie wybranych części miasta, nie są alternatywą dla publicznego transportu szynowego czy drogowego. Z pewnością zaletą systemu promów pasażerskich w Sztambule jest ich integracja z innymi środkami lokomocji, jak metro, autobusy czy podmorski tunel kolejowy (Canitez i in., 2020). Flota zarejestrowana w mieście składa się z ponad 2500 jednostek pływających, w tym miejskich promów, autobusów morskich (tj. szybkich katamaranów), a także prywatnych jednostek komercyjnych, w tym rybackich (Baba, 2020). Prawie 200 lat rozwoju tego środka transportu spowodowało, że znaczna część linii brzegowej jest własnością publiczną, co zdecydowanie ułatwia inwestycje. Do czasu wybudowania pierwszego mostu łączącego Europę z Azją (dzisiaj są to już trzy mosty, podmorski tunel samochodowy Euroazja oraz podmorski tunel kolejowy Marmaray) ruch pomiędzy europejskim a azjatyckim brzegiem Sztambułu odbywał się wyłącznie jednostkami pływającymi. Z perspektywy Smart City interesujące wydają się rozważania autorów (Kayikci & Kabadurmus, 2022), którzy skupili się na potencjalnych barierach wdrażania koncepcji „mobilności jako usługi” (ang. *mobility as a service* – MaaS) jako nowej koncepcji zrównoważonego transportu pasażerskiego, w tym wykorzystującego promy. Podkreślić należy, że władze gminy metropolitalnej Sztambułu (*Istanbul Büyükşehir Belediyesi*) wśród sześciu strategicznych priorytetów na lata 2015–2019 postawiły sobie „zwiększenie wykorzystania transportu wodnego (np. promów, autobusów morskich)” (Canitez i in., 2020).

Dla kontrastu warto przytoczyć przykład nowo powstałego (2013 rok) wodnego autobusu funkcjonującego w Brukseli (Kriedel i in., 2022). Operuje on na linii o długości ok. 10 km, na kanale Zenne. Usługa ta umożliwia dotarcie z przedmieść do centrum Brukseli w czasie krótszym niż godzina, ze średnią prędkością 12–14 km/h. Poszczególne przystanki są przy tym połączone z innymi środkami miejskiego transportu oraz z miejscami do parkowania samochodów. Rocznie autobus wodny przewozi 40 000 pasażerów i jest efektywny ekonomicznie. Jest ponadto postrzegany jako element rozwiązywania takich problemów miejskich jak emisja, zatłoczenie dróg.

Michael Tanko i inni (2019) wskazują, że jednym ze swoistych dogmatów planowania transportu publicznego jest przyjęcie minimalizacji czasu dojazdu jako kryterium wyboru środka transportu przez pasażerów. Cytowani autorzy w swoich analizach opartych na danych ilościowych (z kart pasażera) wnioskuje, że istnieją nieliczni pasażerowie, którzy biorą pod uwagę również inne kryteria i są skłonni wybrać dłuższy czas podróży, jeżeli otrzymują inną korzyść w ramach wolniejszego środka transportu. Autorzy sugerują, że korzyści te mogą być związane z odprężającą atmosferą podróży statkiem wodnym w bliskości natury (z lepszymi widokami i przestrzenią dla pasażera – w porównaniu ze zwykłym autobusem). Drugim uzasadnieniem wyboru podróży jednostką pływającą sugerowanym przez badaczy jest większa możliwość skupienia się na pracy lub na relaksie – w porównaniu z autobusem.

Równocześnie na podstawie badań prowadzonych w Szwecji (Tanko i in., 2019) stwierdzono, że wielu pasażerów używało połączeń wodnych często (tj. przynajmniej 4 razy w tygodniu), co może oznaczać, że osoby korzystające z takich połączeń są zadowolone, a więc zachęcenie większej liczby osób do przetestowania tego środka transportu mogłoby doprowadzić do pozyskania nowych regularnych pasażerów. Cytowani autorzy za podstawowe wyzwanie rozwoju pasażerskiego transportu wodnego w mieście uznali wyższy koszt w porównaniu z innymi środkami transportu oraz stosunkowo krótki grafik połączeń (kończących się wczesnym wieczorem).

W stosunkowo najnowszej pracy na ten temat autorzy (Fabre i in., 2023) wskazują, że liczba codziennych użytkowników promów pasażerskich w Brisbane jest niska. Niejednokrotnie promy pływają puste, a przytłaczającą większość użytkowników transportu miejskiego wybiera szybsze i bardziej bezpośrednie autobusy. Cytowani autorzy wskazują równocześnie, że sieć promów jest atrakcją turystyczną.

Należy uzupełnić, że powodami tworzenia liniowych usług promowych (pasażerskich) są nie tylko względy transportowe, ale również cele związane z rozwojem gospodarczym, rozwojem turystyki czy brandingiem miasta (Tanko & Burke, 2017).

Podsumowując niniejszy fragment, należy zauważyć, że śródlądowy transport wodny pasażerów może być jedynie uzupełnieniem innych środków transportu miejskiego. Jednakże tam, gdzie sprzyjają temu warunki terenowe, może on być codziennym rozwiązaniem transportowym dla wielu mieszkańców miasta. Nie ulega ponadto wątpliwości, że może mieć duże znaczenie dla tworzenia marki miasta, jego promocji, a w związku z tym dla rozwoju turystyki.

10.6. Falkirk Wheel jako przykład wykorzystania transportu wodnego w promocji i brandingu miejsca

Falkirk Wheel to utworzone w 2002 roku innowacyjne połączenie dwóch kanałów śródlądowych, położonych na różnych wysokościach nad poziomem morza. Są to: Union Canal oraz Forth & Clyde Canal. Różnica w położeniu kanałów w pionie wynosi 100 stóp (tj. ok. 35 m), a jej pokonanie przed wybudowaniem Falkirk Wheel wymagało całego dnia ciężkiej pracy, spędzonej na otwieraniu 44 śluz. Dzisiaj statek pokonuje tę odległość w kilka minut. Innowacyjność Falkirk Wheel wynika z faktu, że jest ono jedyną na świecie obrotową windą dla jednostek pływających. Inwestorzy chwalą się przy tym, że podróż w górę wymaga ekwiwalentu prądu potrzebnego do zagotowania jedynie ośmiu czajników wody (1,5 kWh na jeden obrót).

Obok swojej funkcji logistycznej Falkirk Wheel, dzięki obrotowemu charakterowi oraz efektownemu wyglądowi, stało się obecnie jedną z najczęściej odwiedzanych atrakcji turystycznych Szkocji, o czym świadczy liczba 500 000 odwiedzających rocznie. Tym samym ponadtrzydziestotysięczne miasto Falkirk stało się ważnym celem turystyki w skali Szkocji. Inwestorzy podkreślają, że są w stanie wytworzyć do 9% potrzebnej energii elektrycznej za pomocą paneli fotowoltaicznych.

Na zakończenie należy dodać, że wybudowanie Falkirk Wheel było elementem szerszego projektu, na który składało się również wybudowanie rzeźb celtyckich mitologicznych koni (*The Kelpies*) oraz utworzenie parku (*The Helix Park*) (Lennon, 2016).

10.7. Inwestycje w miejskie drogi wodne a specyfika Smart City

Pomimo indywidualnych uwarunkowań miast posiadających dostęp do dróg wodnych, celem łączącym te miasta współcześnie jest wykorzystanie tego zasobu w sposób przynoszący możliwie najwięcej korzyści mieszkańcom (CCGA, 2017). We wnioskach z Pierwszego Forum Burmistrzów nt. dróg wodnych w 2017 roku stwierdzono, że miejskie inwestycje związane z drogami wodnymi powinny prowadzić do uzyskania korzyści w następujących obszarach:

1. wsparcia rozwoju gospodarczego,
2. ochrony środowiska,
3. promocji równości i integracji społecznej,
4. poprawy zdrowia publicznego i rekreacji.

Pierwszy z wymienionych obszarów powinien przynieść miastu korzyści zarówno w postaci prywatnych inwestycji, wpływów z podatku od nieruchomości, wyższych wydatków konsumenckich, powstawania nowych miejsc pracy, a także

zwiększonej rozpoznawalności oraz konkurencyjności miasta. W ramach ochrony środowiska autorzy raportu upatrują korzyści wynikających m.in. z przebudowy istniejącej infrastruktury, przywracania ekosystemów, rekultywacji publicznych i prywatnych zasobów, poprawienia odporności oraz obniżenia śladu węglowego miasta. W ramach promocji równości i integracji społecznej, w rozwoju dróg wodnych upatruje się możliwości przeciwstawienia się gentryfikacji, rosnącym kosztom życia i segregacji społecznej. Osiągnięciu tych celów służyć ma przede wszystkim zapewnienie równego dostępu, różnorodności oferty, poprzez tworzenie obszarów ukierunkowanych na społeczną interakcję i spójność. W ostatnim z wymienionych wyżej obszarów nowe inwestycje w miejskie drogi wodne mają przynosić korzyści poprzez tworzenie otwartych przestrzeni, poprawę zdrowia publicznego, a także promowanie rekreacji.

Podjęcie inwestycji w przestrzeni miasta cechuje się koniecznością pogodzenia interesów różnych interesariuszy, na co wielokrotnie zwraca uwagę z perspektywy marketingu terytorialnego A. Szromnik (2012), a z perspektywy współzarządzania zasobami S. Brańka (w druku). Nie inaczej jest w przypadku projektów dotyczących miejskich dróg wodnych. Aby przeciwdziałać potencjalnym problemom, konieczna wydaje się dogłębna analiza sytuacji, korzystanie z dobrych praktyk branżowych, jak również opracowanie polityki, która wpisывałaby się w potrzeby Smart City. W celu dostosowania się do lokalnych uwarunkowań warto podjąć działania w następujących obszarach (CCGA, 2017):

1. Zrozumienie relacji własnościowych dróg wodnych oraz przylegających do nich gruntów. W tym przypadku miasta mogą pełnić rolę brokerów (pośredników), umożliwiających w innowacyjny sposób współpracę różnych interesariuszy ze sobą.
2. Opracowanie modeli długoterminowego zarządzania projektami i finansowania. Ich potrzeba wynika z faktu, że długoterminowość celów utrudnia zarządzanie i finansowanie. W związku z tym władze miasta powinny zapewnić, aby projekt był zarządzany, nadzorowany i wspierany przez szerokie grono interesariuszy.
3. Ustanowienie wyraźnego paradygmatu celu publicznego. Z uwagi na fakt, że miejskie programy inwestycyjne często wzbudzają kontrowersje, władze miasta powinny dążyć do zrozumienia przez mieszkańców prymatu celu publicznego w danej inwestycji.
4. Angażowanie lokalnej społeczności w procesy planowania i wdrażania. Wynika to z założenia, że próby wczesnego zaangażowania mogą doprowadzić do powstania bardziej inkluzywnego projektu, który w efekcie będzie skutkował mniejszymi kontrowersjami i konfliktami społecznymi.

Należy zwrócić uwagę, że w przypadku dużych projektów, których wpływ jest długoterminowy i łączy się z innymi aspektami funkcjonowania miasta,

na początkowym etapie może być trudno o właściwe komunikowanie potencjalnej korzyści z projektu i jego przyszłego wpływu na funkcjonowanie miasta. Takie problemy w komunikowaniu mogą dotyczyć różnorodnych adresatów, takich jak m.in. lokalna społeczność, prywatni przedsiębiorcy oraz władze innych szczebli administracji. W celu uświadomienia wartości strategicznych inwestycji rozwojowych oraz w celu stworzenia sprzyjającego środowiska makroekonomicznego miasta powinny rozważyć następujące działania (CCGA, 2017):

- wprowadzenie narzędzi pomiarowych i współpraca z prywatnym sektorem, ukierunkowane na zrozumienie zysków w sensie ekonomicznym;
- nawiązanie nowych relacji z różnymi podmiotami inwestycyjnymi, oczekującymi stabilnych zwrotów z inwestycji w długim okresie czasu;
- wspieranie roli pełnionej przez burmistrzów, którzy muszą angażować się we współpracę z różnymi interesariuszami, tak prywatnymi, jak i publicznymi;
- współpraca miast w skali globalnej, umożliwiającą burmistrzom dzielenie się i upowszechnianie najlepszych praktyk w zakresie wartościowania nowych strategicznych projektów inwestycyjnych.

W raporcie (CCGA, 2017) wskazano, że jakkolwiek miejskie drogi wodne (na które składają się rzeki, jeziora, morza i oceany) są naturalnymi środkami ciężkości miast, a ich rola była w przeszłości kluczowa dla rozwoju funkcji handlowej, to dzisiaj często są zaniedbane, nie pełniąc już tak ważnych jak dawniej funkcji dla handlu i przemysłu. Sytuacja ta stwarza okazję do podejmowania inwestycji na takich obszarach. Wśród potencjalnych celów i sposobów zagospodarowania wymienić można m.in.:

- przyciąganie turystów, sklepów, restauracji i nowych inwestycji mieszkaniowych, ukierunkowane na rozwój gospodarczy;
- ugruntowywanie publicznego dostępu i utrzymanie charakteru otwartego parku, ukierunkowane na poprawę jakości życia i zdrowia dla społeczności, a także stworzenie dla nich przestrzeni do interakcji społecznych;
- wykorzystywanie dróg wodnych jako narzędzia osiągnięcia celów środowiskowych, w tym m.in. przeciwdziałania powodziom czy redukcji emisji dwutlenku węgla dzięki ograniczeniu wykorzystania samochodów.

Należy podkreślić, że powyższe sposoby postępowania nie wykluczają się wzajemnie, wiążąc się równocześnie z najbardziej palącymi współcześnie problemami, przed którymi stają miasta. Można w tym kontekście wymienić stagnację gospodarczą, wykluczenie społeczne i atomizację społeczeństwa, a także degradację środowiska i problemy w obszarze zdrowia publicznego.

Immanentną cechą obszarów nadwodnych, które są dobrze zagospodarowane i wykorzystywane do celów transportu, jest wzrost wartości terenów

położonych w pobliżu takich zrównoważonych miejskich dróg wodnych (np. Tanko & Burke, 2015; Tsai i in., 2017). Można wręcz odnaleźć prace badawcze, w których autorzy w efekcie analiz statystycznych ilości przepisywanych leków antydepresyjnych wnioskują, że tzw. *blue spaces*, czyli tereny położone nad wodą, wywierają pozytywny wpływ na zdrowie psychiczne i jest to nawet większy wpływ niż w przypadku terenów zielonych (McDougall i in., 2021). Równocześnie analizy statystyczne danych o rzeczywistych transakcjach na rynku nieruchomości pozwoliły wnioskować, że programy mające na celu renowację i integrację dróg wodnych z tkanką miasta miały znaczący wpływ na wzrost wartości nieruchomości położonych w ich pobliżu (Polyakov i in., 2022).

Inwestycje w obszary nadwodne stanowią równocześnie kolejne pole konfliktu między interesariuszami w mieście. W tym kontekście interesujący punkt widzenia prezentują Kriedel i inni (2022), stwierdzając, że jedną z istotnych przeszkód w rozwoju logistyki szlakami wodnymi może być rywalizacja o przestrzeń miejską pomiędzy sektorem logistycznym z jednej oraz potrzebami mieszkalnictwa i turystyki z drugiej strony. Również Diziain i inni (2014) zwracają uwagę, że w miastach postępuje proces zmniejszania powierzchni przeznaczonych dla logistyki intermodalnej (w tym stacji kolejowych i portów rzecznych), co w przyszłości uniemożliwi wykorzystanie transportu wodnego i przeładunków w miastach. Inni francuscy autorzy wskazują natomiast szczegółowo, że jedną z głównych przeszkód w rozwoju miejskiego transportu rzeczno- jest niska dostępność magazynów położonych w pobliżu rzek. Rozwiązaniem ograniczonej dostępności terenu nadrzecznego mogą być przykładowo magazyny wielopiętrowe. Ponadto jedną ze strategii wspierających rozwój miasta może być tworzenie centrów konsolidacyjnych dla różnych rodzajów ładunków w miastach posiadających naturalne drogi wodne. Przykładowo w Brukseli, ze względu na wzrost liczby ludności i wymagania, jakie to niesie w kontekście potrzeb tworzenia nowej infrastruktury mieszkaniowej, stworzenie centrum konsolidacyjnego wydaje się rozwiązaniem poprawiającym potrzeby transportowe miasta (Calderón-Rivera i in., 2024).

Zakończenie

Tematyka niniejszego rozdziału łączy się z wieloma z przytoczonych na wstępie sześciu wymiarów Smart City. Wydaje się, że wśród najważniejszych można w tym kontekście wskazać:

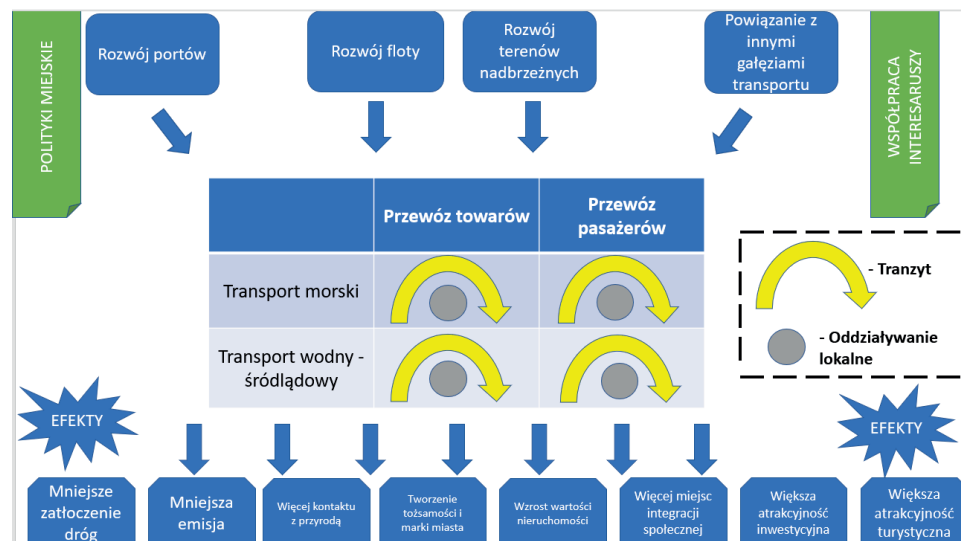
- transport, w tym lokalną dostępność w ramach miasta, jak również zrównoważony innowacyjny i bezpieczny system transportowy (wchodzące w skład komponentu „*smart mobility*”);
- atrakcyjność turystyczną oraz spójność społeczną (wchodzące w skład komponentu „*smart living*”);

- świadczenie usług publicznych i społecznych (wchodzące w skład komponentu „*smart governance*”);
- atrakcyjność warunków naturalnych (wchodzące w skład komponentu „*smart environment*”).

Rekapitułując dotychczasowe rozważania, można dokonać zestawienia ukazującego transport wodny i jego wpływ na kształtowanie się współczesnego Smart City (por. rysunek 10.3). Transport wodny może mieć znaczenie zarówno lokalne (jeżeli służy miastu w ramach logistyki miejskiej lub zaopatruje miasto poprzez port oceaniczny), jak i znaczenie makroekonomiczne dla całego regionu czy kraju położenia portu. Nie ulega wątpliwości, że współczesne technologie cyfrowe (o których wspomniano w podrozdziale 10.2) mogą znacznie ułatwić zarządzanie współczesnym portem morskim, czyniąc go bardziej efektywnym, zyskownym, ale też ekologicznym – w znaczeniu mniej uciążliwym dla przyrody i życia mieszkańców miasta. Szczególnie ważne wydają się tutaj polityki miejskie oraz współpraca interesariuszy. Dotyczy to zarówno współpracy wewnątrz miasta, gdzie może dochodzić do konfliktów na linii port vs miasto, czy funkcja logistyczna vs inne funkcje miasta, jak i współpracy na zasadzie kooperacji czy benchmarkingu, o czym mówi m.in. rysunek 10.1.

Pomimo różnorodności przedstawionych kontekstów rozwoju transportu wodnego w mieście, wyraźnie widać, że następuje on w efekcie rozwoju infrastruktury portowej, floty oraz terenów nadbrzeżnych, przy jednocześnie dużym znaczeniu powiązania transportu wodnego z innymi gałęziami transportu. Przedstawione w dolnej części rysunku 10.3 efekty rozwoju miejskiego transportu wodnego zgodnie z koncepcją Smart City wpisują się w kilka różnorodnych obszarów koncepcji Smart City, wykraczając poza samą logistykę. Korzyści wynikające z rozwoju nowoczesnego transportu wodnego w mieście obejmują bowiem nie tylko obszar związany z mobilnością, prowadzeniem biznesu logistycznego czy mniejszą emisją ze środków transportu czy zatłoczeniem dróg, ale również z atrakcyjnością przestrzeni miasta dla mieszkańców oraz turystów, większą liczbą miejsc integracji społecznej czy też podstawą do budowy tożsamości miasta i jego marki.

Rysunek 10.3. Transport wodny i wpływ jego rozwoju na kształtowanie się Smart City



Źródło: opracowanie własne.

Nie ulega wątpliwości, że koncepcja Smart Port nie jest ostatnim kierunkiem rozwoju portów morskich. Europejskie porty znajdują się pod dużą presją polityczną w związku z wdrażaniem inicjatyw, takich jak Europejski Zielony Ład czy cele IMO na rok 2030 (*Fit for 55*). Ciągłe wprowadzanie i wdrażanie koncepcji inteligentnych do tkanki miejskiej to nieodwracalny trend, wyznaczający kierunek rozwoju nowoczesnych portów morskich. Jednak przejście na inteligentny port wymaga od władz portowych i władz miasta nadania priorytetu innowacyjnym technologiom (typu IoT, Big Data, *blockchain*, AI i inne) i praktykom zarządzania, które należy przyjąć zgodnie z ich konkretnymi wyzwaniami i ograniczonymi zasobami, aby stawić czoła obecnym i przyszłym wyzwaniom.

Bibliografia

- Baba, E. C. (2020). The risks of mega urban projects creating a dystopia: Canal Istanbul. *City and Environment Interactions*, 6, 100039. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100039>
- Basulo-Ribeiro, J., Pimentel, C., & Teixeira, L. (2024). What is known about smart ports around the Manufacturing world? A benchmarking study What is known about smart ports around the world? A benchmarking study. *Procedia Computer Science*, 1748–1758. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.173>
- Beškovnik, B., & Bajec, P. (2021). Strategies and approach for Smart City – port ecosystems development supported by the internet of things. *Transport*, 36(5), 433–443. <https://doi.org/10.3846/transport.2021.16194>
- Bliek, J., & Ballantyne, R. (2019). Move Firward: Step by step towards a digital port. *British Ports Association White Papers*.
- Brańka, S. (w druku), Idea co-managementu i rola interesariuszy z perspektywy koncepcji public governance. W: A. Paliwoda-Matiolańska (red.), *Co-management jako czynnik rozwoju interesariuszy w relacjach kooperacyjnych*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Calderón-Rivera, N., Bartusevičienė, I., & Ballini, F. (2024). Barriers and solutions for sustainable development of inland waterway transport: A literature review. *Transport Economics and Management*, 2, 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.team.2024.01.001>
- Camero, A., & Alba, E. (2019). Smart City and information technology: A review. *Cities*, 93, 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.014>
- Canitez, F., Alpkokin, P., & Kiremitci, S. T. (2020). Sustainable urban mobility in Istanbul: Challenges and prospects. *Case Studies on Transport Policy*, 8(4), 1148–1157. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.07.005>
- CCGA. (2017). *Urban Waterways in Global Cities*. Forum Report, June 2017.
- Clemente, D., Cabral, T., Rosa-Santos, P., & Taveira-Pinto, F. (2023). Blue seaports: The smart, sustainable and electrified ports of the future. *Smart Cities*, 6(3), 1560–1588. <https://doi.org/10.3390/smartcities6030074>.
- DAKOSY (2024). Pobrano z: <https://www.dakosy.de/en/solutions/cargo-communications/portcommunity-system/> [dostęp: 15.05.2024].
- Deloitte. (2017). *Smart Ports Point of View*. Report by Deloitte Port Services.
- Diziain, D., Taniguchi, E., & Dablanc, L. (2014). Urban Logistics by Rail and Waterways in France and Japan. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 125, 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1464>.
- Eremia, M., Toma, L., & Sanduleac, M. (2017). The Smart City concept in the 21st century. *Procedia Engineering*, 181, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.357>

- Europejski Trybunał Obrachunkowy. (2015). Śródlądowy transport wodny w Europie: od 2001 r. nie odnotowano znaczącego wzrostu udziału w przewozach ani istotnej poprawy żeglowności. Sprawozdanie specjalne nr 01/2015, Urząd Publikacji. Pobrano z: <https://data.europa.eu/doi/10.2865/640633> [dostęp: 25.05.2024].
- Fabre, A., Howes, M., & Deweerdt, T. (2023). Best practice in urban transport decarbonisation: a case study of three initiatives in Brisbane. *Australian Planner*, 59(1), 64–85. <https://doi.org/10.1080/07293682.2023.2190143>
- Giffinger, R., Fertner, C., & Meijers, E. (2007). City – ranking of European medium-sized cities. *Cent. Reg. Sci. Vienna UT*, 9(1), 1–12.
- Hamburg Port Authority (2024). Pobrano z: <https://www.hamburg-port-authority.de/en/hpa-360/smartport/> [dostęp: 15.06.2024].
- Henríquez, R., de Osés, F. X. M., & Marín, J. E. M. (2022). Technological drivers of seaports' business model innovation: An exploratory case study on the port of Barcelona. *Research in Transportation Business & Management*, 43, 100803. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100803>
- Ilin, I., Jahn, C., Weigell, J., & Kalyazina, S. (2019). *Digital technology implementation for Smart City and smart port cooperation*. International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure (ICDTLI 2019) (s. 493–496). Atlantis Press.
- Inland waterway transport aids deliveries in Paris for Ikea and Franprix* (2024). Pobrano z: <https://green-inland-ports.eu/inland-waterway-transport-aids-deliveries-in-paris-for-ikea-and-franprix/> [dostęp: 10.05.2024].
- Istanbul shows ferries have a future* (2015). Pobrano z: <https://www.theguardian.com/cities/2015/may/28/istanbul-ferries-future-transport-new-york-london> [dostęp: 10.05.2024].
- Kaczyńska, D. (2021). Transport rzeczny był niegdyś w Polsce potęgą. Dziś jego znaczenie ciągle maleje, *Business Insider*. Pobrano z: <https://businessinsider.com.pl/finanse/handel/transport-rzeczny-byl-niegdys-w-polsce-potega-dzis-jego-znaczenie-ciagle-maleje/b3698fe> [dostęp: 25.03.2024].
- Kapkaeva, N., Gurzhii, A., Maydanova, S., & Levina, A. (2021). Digital platform for maritime port ecosystem: Port of Hamburg case. *Transportation Research Procedia*, 54, 909–917. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.146>
- Karpatyova, L., Florescu, R. M., Niels Kreukniet, N., Karaarslan, S., De Lisi, M., Kempmann, K., Barcanescu, M. (2022). *Report on requirements towards digital and automated inland navigation tools from the infrastructure operator and user perspective D4.3*. Platina3 IWT policy platform.
- Kayikci, Y., & Kabadurmus, O. (2022). Barriers to the adoption of the mobility-as-a-service concept: The case of Istanbul, a large emerging metropolis. *Transport Policy*, 129, 219–236. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.10.015>

- Kriedel, N., Roux, L., Zarkou, A., Meissner, S., & Marco, F. (2022). *An assessment of new market opportunities for inland waterway transport*. Thematic report (Issue February). CCNR and the European Commission.
- Lennon, J. J. (2016). Transforming Waterways: The Tourism- Based Regeneration of Canals in Scotland. In *Heritage and Tourism in Britain and Ireland*. <https://doi.org/10.1057/978-1-137-52083-8>
- Mielczarski, S. (1982). Dolina Dolnej Wisły w przeszłości. W: *Dolina Dolnej Wisły*. Ossolineum.
- Polyakov, M., Iftekhar, M. S., Fogarty, J., & Buurman, J. (2022). Renewal of waterways in a dense city creates value for residents. *Ecological Economics*, 199, 107468. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107468>
- Port of Rotterdam (2024). Pobrano z: <https://www.portofrotterdam.com/en> [dostęp: 15.04.2024].
- Raimbault, N. (2019). From regional planning to port regionalization and urban logistics. The inland port and the governance of logistics development in the Paris region. *Journal of Transport Geography*, 78, 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.06.005>
- Sergiy, B., Inna, L., Alla, B., Alexander, L., & Khusainova, M. (2024). Creating Urban Transportation Networks Grounded In the Principles of the Smart Port-City Paradigm. *Procedia Computer Science*, 231, 323–328. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.211>
- Szromnik, A. (2012). *Marketing terytorialny. Miasto i region na rynku* (wydanie IV). Wolters Kluwer Polska.
- Tanko, M., & Burke, M. (2015). *Innovation and transport planning: Introducing urban linear ferries in Brisbane*. State of Australian Cities Conference 2015: Refereed Proceedings.
- Tanko, M., & Burke, M. I. (2017). Transport innovations and their effect on cities: The emergence of urban linear ferries worldwide. *Transportation Research Procedia*, 25, 3957–3970. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.483>
- Tanko, M., Burke, M. I., & Yen, B. (2019). Water transit and excess travel: discrete choice modelling of bus and ferry trips in Brisbane, Australia. *Transportation Planning and Technology*, 42(3), 244–256. <https://doi.org/10.1080/03081060.2019.1576382>
- Tanko, M., Cheemakurthy, H., Kihl, S. H., & Garne, K. (2019). Water transit passenger perceptions and planning factors: A Swedish perspective. *Travel Behaviour and Society*, 16, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.02.002>
- The Falkirk Wheel (2024). Pobrano z: <https://www.scottishcanals.co.uk/visit/canals/visit-the-forth-clyde-canal/attractions/the-falkirk-wheel> [dostęp: 25.03.2024].
- The Seine river banks in Paris now car free* (2017). Pobrano z: <https://www.dw.com/en/the-seine-river-banks-in-paris-now-car-free/a-38300589> [dostęp: 25.03.2024].
- The Seine: river freight and carbon-free urban delivery* (2022). Pobrano z: <https://www.businessfrance.fr/discover-france-news-the-seine-river-freight-and-carbon-free-urban-delivery> [dostęp: 15.06.2024].

- Tsai, C. H. P., Mulley, C., Burke, M., & Yen, B. (2017). Exploring property value effects of ferry terminals: Evidence from Brisbane, Australia. *Journal of Transport and Land Use*, 10(1), 119–137. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2015.562>
- Wiegmans, B., & Louw, E. (2011). Changing port–city relations at Amsterdam: A new phase at the interface? *Journal of Transport Geography*, 19(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.06.007>
- Wiegmans, B., Witte, P., & Spit, T. (2015). Characteristics of European inland ports: A statistical analysis of inland waterway port development in Dutch municipalities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, 566–577. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.07.004>
- Wiśnicki, B. (2016). Determinants of river ports development into logistics trimodal nodes, illustrated by the ports of the Lower Vistula River. *Transportation Research Procedia*, 16, 576–586. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.054>
- Zero-emission electric riverboat in Paris makes 800 deliveries per day* (2022). Pobrano z: <https://www.connexionfrance.com/news/zero-emission-electric-riverboat-in-paris-makes-800-deliveries-per-day/125163> [dostęp: 10.05.2024].

Transport w logistyce zwrotnej – zwroty w e-handlu

Arkadiusz Kawa

Wyższa Szkoła Logistyki w Poznaniu
ORCID 0000-0003-0697-8838

Mirosław Grał

Last Mile Experts

Wstęp

Łańcuchy dostaw obejmują przepływ rzeczy i informacji o nich przez sieci przedsiębiorstw będących dostawcami i odbiorcami. Mogą one obejmować wszystkie przepływy od początku tworzenia wartości do finalnego użytkownika, ale także mniejszy zakres przepływu, np. od jednego podmiotu do drugiego (Kawa, 2011). Najczęściej analizowane są przepływy jednokierunkowe, np. od producenta do dystrybutora. W przypadku zwrotów mamy do czynienia z przeciwnym kierunkiem przepływu. Takie produkty nie zawsze wracają dokładnie przez te same podmioty, przez które wcześniej przeszły, aby dotrzeć do klienta. Planowanie i prognozowanie takich zwrotów w łańcuchu dostaw stanowi dodatkową trudność (Mollenkopf i in., 2007; Srivastava & Srivastava, 2006). Zwroty w tradycyjnym handlu obejmują nie tylko zrównoważone zarządzanie odpadami, lecz także zarządzanie zwrotami towarów wynikającymi z uszkodzeń, zużycia, wad lub nadwyżek. Niektóre zwrócone produkty są utylizowane, a inne naprawiane, ponownie wykorzystywane lub ponownie sprzedawane (Kawa, 2019). W handlu elektronicznym (e-handlu, ang. *e-commerce*) istnieje jeszcze jeden rodzaj zwrotu, który nie zawsze występuje

w tradycyjnym handlu – tzw. zwrot konsumencki (XiaoYan i in., 2012). W przypadku zakupów online klient ma prawo odstąpić od umowy bez podania przyczyny i zwrócić zamówiony produkt. Ten rodzaj zwrotu w handlu elektronicznym odbywa się najczęściej i jest przedmiotem badania tego rozdziału.

Celem rozdziału jest scharakteryzowanie zwrotów w handlu elektronicznym, ze szczególnym uwzględnieniem przyczyn ich występowania oraz sposobów zapobiegania, a także procesów z nimi związanych i wyzwań.

Słowa kluczowe: e-handel, *e-commerce*, logistyka, zwroty

11.1. Liczba zwrotów i ich wartość

W celu obliczenia wskaźnika zwrotów, należy znać liczbę zwróconych rzeczy oraz liczbę sprzedanych rzeczy. Formuła do obliczenia wskaźnika zwrotów:

$$\text{Wskaźnik zwrotów} = \left(\frac{\text{Liczba zwrotów}}{\text{Liczba sprzedaży}} \right) \times 100$$

Przykładowo, jeśli otrzymano 100 zwrotów i dokonano 10,000 razy sprzedaży, wskaźnik zwrotów wynosi 1%:

$$\text{Wskaźnik zwrotów} = \left(\frac{100}{10,000} \right) \times 100 = 1\%$$

Jak widać, obliczenie średniej liczby zwrotów w firmie jest proste. O wiele trudniejsze jest w całym *e-commerce*. Powodem tego jest brak dokładnych danych, dlatego liczba ta jest szacowana z wykorzystaniem różnych metod estymacji. Przykładowo, ReadyCloud (2022) oraz Richpanel (2024) szacują, że średni wskaźnik zwrotu w handlu elektronicznym na świecie wynosi 20–30%. GXO Logistics (2021) podaje, że ten wskaźnik może wynieść nawet 35%. Dla porównania, w sprzedaży stacjonarnej wynosi on ok. 9% (Invespro, 2024).

W Polsce liczba zwrotów jest dużo mniejsza niż średnia światowa. Badania Merce (2024) pokazują, że w 44% sklepów internetowych zwroty stanowią tylko do 3% zamówień. Więcej zwrotów mają mniejsze sklepy niż większe. W 17% sklepów zwroty stanowią 3–5% wszystkich zamówień, natomiast w 8% sklepów odsetek zwrotów przekracza 5%.

Od strony popytowej wskaźnik zwrotów prezentowany jest inaczej. Według badania Santandera (2023) „Polaków Portfel Własny: trendy e-commerce 2023”, 58% polskich internautów zwróciło co najmniej raz zamówioną rzecz przez Internet. Natomiast 12% Polaków dokonało zwrotu tylko raz, a 23% osób nigdy

nie zwróciło rzeczy zamówionej przez Internet. Z kolei Żurek (2022) wskazuje, że 74% Polaków zwraca 1–10 rzeczy, 5% robi to często, a 39% nie dokonuje zwrotów w ogóle. 5% twierdzi, że robi to często, a 39% nie robi zwrotów w ogóle. Wydaje się jednak, że dane te są niedoszacowane. Na podstawie badań przeprowadzonych przez autorów można przyjąć, że wskaźnik zwrotów wynosi ok. 7–10% w skali całego e-handlu w Polsce i systematycznie rośnie. Przyczyniają się do tego oferty największych podmiotów, głównie z branży odzieżowej i obuwniczej. Do zwiększenia liczby zwrotów przyczyniła się też usługa Allegro Smart, dzięki której użytkownicy mogą bezpłatnie zwracać towary.

Wskaźniki zwrotów różnią się w zależności od rodzaju produktów. Najwyższe wartości dotyczą tych, które wymagają sprawdzenia, np. odzież i obuwie. Według Shopify (2024) kategorie *e-commerce* z największym wskaźnikiem zwrotów to:

- odzież (25%),
- torby, akcesoria i buty (18%),
- żywność i napoje (13%).

Wśród wszystkich produktów modowych sukienki wykazują najwyższy wskaźnik zwrotów, z ponad połową odesłanych produktów, a tuż za nimi plasują się spódnice, których wskaźnik zwrotów wynosi 47% (Statista, 2024).

Dane zebrane przez Deloitte pokazują, że przy wskaźniku zwrotów na poziomie 30% w 2022 roku na świecie zwrócono rzeczy o łącznej wartości przekraczającej 573 miliardy USD (Michałowska, 2023). W kolejnym roku konsumenci zwrócili produkty o wartości 743 miliardów USD, co stanowiło około 14,5% całkowitej sprzedaży detalicznej. Narodowa Federacja Detalistów (*National Retail Federation*) szacuje, że te zwroty spowodowały straty sprzedaży w wysokości 400 miliardów USD dla detalistów w USA (Shopify, 2024). Według danych Statista (2024) globalny rynek logistyki zwrotnej osiągnął wartość około 700 miliardów USD w 2023 roku. Firma prognozuje wzrost o 36% – do 954,5 miliarda USD do 2029 roku.

11.2. Kwestie prawne

Prawo do zwrotu w handlu internetowym jest uregulowane w artykule 27 Ustawy o prawach konsumenta (Dz. U. z 2023 r., poz. 2759). Konsument, który zawarł umowę na odległość lub poza lokalem przedsiębiorstwa, ma prawo w ciągu 14 dni odstąpić od niej bez konieczności podawania przyczyny. Takie samo prawo mają klienci robiący zakupy na terenie Unii Europejskiej, Europejskiego Obszaru Gospodarczego i Wielkiej Brytanii.

Jeszcze do końca 2020 roku nie wszyscy klienci mieli prawo do zwrotu towaru bez podania uzasadnienia – przysługiwało to jedynie osobom prywatnym. W przypadku zakupu towaru przez firmę, sprzedawca internetowy nie był zobowiązany do przyjmowania takiego zwrotu. Od 1 stycznia 2021 wprowadzono zmiany w ustawie

o prawach konsumenta. Rozszerzono wtedy przepisy „do osoby fizycznej zawierającej umowę bezpośrednio związaną z jej działalnością gospodarczą, gdy z treści tej umowy wynika, że nie ma ona dla tej osoby charakteru zawodowego, wynikającego w szczególności z przedmiotu wykonywanej przez nią działalności gospodarczej, udostępnionego na podstawie przepisów o Centralnej Ewidencji i Informacji o Działalności Gospodarczej”. Przykładowo doradca podatkowy może zamówić przez Internet lodówkę i zwrócić ją bez podawania przyczyny. Niezależnie od tego niektórzy sprzedawcy internetowi wychodzą naprzeciw potrzebom i oferują możliwość zwrotów również przedsiębiorstwom niespełniającym tych wymagań. Dzięki temu wyróżniają się na rynku i budują swoją przewagę konkurencyjną.

Zwracającemu towar zakupiony przez Internet należy się zwrot pieniędzy za zakup i za przesyłkę, jeśli była dodatkowo płatna. Sprzedawca nie może potrącić klientowi kosztów przygotowania przesyłki, opakowania, zabezpieczenia i innych dodatkowych kosztów, np. prowizji za płatność internetową. W niektórych przypadkach zwrot za przesyłkę może być niższy. Art. 33 ww. ustawy określa, że „jeżeli konsument wybrał sposób dostarczenia towaru inny niż najtańszy zwykły sposób dostarczenia oferowany przez przedsiębiorcę, przedsiębiorca nie jest zobowiązany do zwrotu konsumentowi poniesionych przez niego dodatkowych kosztów”. Przykładowo, jeśli przy składaniu zamówienia klient miał możliwość wyboru tańszej przesyłki standardowej, a wybrał droższą ekspresową, to otrzyma zwrot za tę tańszą.

Wskazany termin 14 dni dotyczy złożenia oświadczenia o odstąpieniu od umowy. Oświadczenie to najczęściej składane jest na przygotowanym przez sprzedawcę formularzu lub bezpośrednio na stronie internetowej. Po jego złożeniu klient ma kolejne 14 dni na zwrócenie towaru. Sprzedający ma obowiązek zwrócenia klientowi pieniędzy niezwłocznie, jednak nie później niż 14 dni od dnia oświadczenia o odstąpieniu od umowy. Do zachowania terminu wystarczy odesłanie towaru przed jego upływem. Sprzedawca może wstrzymać się ze zwrotem pieniędzy do chwili otrzymania zwracanego towaru lub potwierdzenia jego odesłania.

Są towary, których zwrot nie jest możliwy, np. wykonane usługi za zgodą klienta (tłumaczenie tekstu na inny język); rzeczy wykonane na konkretne zamówienie klienta (biżuteria z grawerem, odzież szyta na wymiar, materiały biurowe z logo itp.); towary, które mają krótki termin przydatności do spożycia (np. warzywa, owoce); towary, których po otwarciu opakowania nie można zwrócić ze względu na ochronę zdrowia lub ze względów higienicznych (np. pasta do zębów); nagrania audio, wideo, gry i programy komputerowe, które są sprzedawane w zapieczętowanym opakowaniu i zostały otwarte; produkty cyfrowe pobrane z Internetu (np. e-booki, programy komputerowe); dzienniki, periodyki lub czasopisma, z wyjątkiem umowy o prenumeratę.

Towar powinien być zwrócony w stanie niezmiennym. Nie oznacza to jednak, że nie można towaru sprawdzić przed odstąpieniem od umowy. Według

wspominanej ustawy konsument ma prawo używać rzeczy w granicach zwykłego zarządu, tj. może rozpakować rzecz, przymierzyć ją lub sprawdzić jej funkcjonalność (np. włączyć telewizor) i jakość.

W przypadku niektórych towarów zwroty są bardzo utrudnione. Przykładem są kosmetyki, których nie można sprawdzić, nie otwierając opakowania i nie próbując ich na własnej skórze. To już, niestety, uniemożliwia pełnowartościowy zwrot. W przypadku zwrotu używanego towaru sprzedawca musi udowodnić, że klient korzystał z niego w sposób, który wykracza poza zwykłe jego sprawdzenie.

11.3. Przyczyny zwrotów

Mimo że podczas zwracania towaru klient nie musi podać przyczyny, to może być ich wiele. Najczęściej dotyczą tego, że towar nie spełnia oczekiwań, jest niezgodny z opisem lub zdjęciem, został zamówiony w kilku wariantach w celu sprawdzenia (np. odzież, obuwie), nie pasuje (np. wyposażenie domu), zbyt długo trwała jego dostawa oraz ma defekt lub jest niepełnowartościowy.

W literaturze przedmiotu można znaleźć następujące przyczyny zwrotów (Chandwani, 2024; Merce, 2024; Michałowska, 2023; ReadyCloud, 2022; Richpanel, 2024; Shopify, 2024; Zięba, 2024):

- Brak powodu – klient zwraca produkt bez podania powodu, ponieważ ma do tego prawo.
- Zakup impulsywny – to rodzaj zakupu, który odbywa się bez wcześniejszego planowania i przemyślenia. Jest to spontaniczna decyzja, podjęta pod wpływem chwili, emocji lub bodźców zewnętrznych. Zakupy impulsywne często prowadzą do nabycia rzeczy, które nie są niezbędne, a klient je kupuje, bo wie, że może je zwrócić.
- Błędny wybór lub niedopasowanie – występuje w przypadku błędnej decyzji odnośnie do rodzaju, koloru, rozmiaru itp. towaru.
- Niezgodność produktu – opis towaru, jego zdjęcia, sposób prezentacji wprowadzają klienta w błąd lub nie oddają tego, jaki jest w rzeczywistości.
- Zakup sprawdzający towar – ma na celu sprawdzenie towaru przez klienta, który nie jest pewien, czy mu pasuje. Jeśli towar jest nieodpowiedni, to jest zwracany przez klienta. Występuje często w branży modowej, gdy klient zamawia odzież lub obuwie w kilku rozmiarach, fasonach lub kolorach.
- Zakup z intencją zwrotu – klient kupuje produkt z zamiarem jego zwrotu; może nabywać wiele produktów u jednego lub wielu sprzedawców, aby zobać różnice. Taki zakup nazywa się „bracketingiem”.
- Zakup z zamiarem oszustwa – klient dokonuje zakupu przy użyciu podrobionych pieniędzy lub skradzionej karty kredytowej, a następnie otrzymuje pieniądze poprzez zwroty.

- Nieudany prezent – to podarunek, który nie odpowiada gustowi, potrzebom lub oczekiwaniom osoby obdarowanej. Może to wynikać z braku znajomości preferencji obdarowywanej osoby, różnic w stylach, czy po prostu z nieodpowiedniego wyboru.
- Zakup w celu wypożyczenia – klient nabywa produkt, korzysta z niego, a potem zwraca, domagając się zwrotu pieniędzy. Ma to miejsce najczęściej w branży modowej, gdy zakupiony produkt jest używany w konkretnym celu, np. zrobienia zdjęcia, wyjścia na przyjęcie. Takie zakupy mogą też występować w przypadku narzędzi, dekoracji czy elektroniki.
- Towar z najszybszą dostawą – klient składa zamówienia na ten sam produkt w kilku różnych miejscach, a następnie zachowuje tylko ten, który dotarł najszybciej, a resztę zwraca. Jest to zjawisko często występujące w okresach sezonowych.
- Zbyt późno dostarczony towar – zamówiony towar trafił do klienta za późno i przez to przestał być potrzebny, np. zamówione narty zostały dostarczone w momencie, gdy klient wyjechał już na urlop.
- Nieodebrany towar – klient nie odebrał przesyłki w odpowiednim czasie lub był nieobecny podczas próby doręczenia we wskazane miejsce.
- Nieopłacona przesyłka – klient nie opłacił przesyłki przy odbiorze (*cash on delivery* – przesyłka za pobraniem).
- Uszkodzony towar – towar został uszkodzony podczas dostawy i nie może lub nie powinien być użyty przez klienta.
- Niewłaściwy towar – klient otrzymał towar, którego nie zamawiał.
- Niewłaściwe miejsce – przesyłka nie została dostarczona z powodu błędnego adresu, błędu sprzedawcy lub kuriera.

Wymienione powody zwrotów występują z różnym stopniem nasilenia. Duży wpływ na nie mają rodzaje produktów, ale też kraj pochodzenia klientów. Przykładowo, według DealNews 65% kupujących online zwróciło produkt, ponieważ nie pasował (Shopify, 2024). Według ReadyCloud (2022) 60% zwrotów w handlu internetowym jest spowodowane kwestiami dopasowania lub jakości. 41% konsumentów twierdzi, że kupiło wiele produktów z zamiarem zwrotu niektórych z nich (Richpanel, 2024).

11.4. Zapobieganie zwrotom

Sprzedawcy, którzy są świadomi przyczyn występowania zwrotów, mogą lepiej się przygotować i ograniczyć ich liczbę. W przypadku najczęściej występującego powodu – niedopasowania produktu, ważny jest dokładny opis produktu, podanie jego rozmiarów z określeniem długości, szerokości i wysokości lub dokładnych cech sprzętu, np. elektroniki (Błaszczuk & Polak, 2023). Opis produktu powinien zawierać cechy, skład i jego walory. Dodatkowo można wskazać parametry

techniczne produktu i sposób użytkowania (Zięba, 2024). Dzięki temu klient ma więcej informacji i może sprawdzić, czy dany produkt pasuje, a sprzedawca tym samym może zmniejszyć liczbę zwrotów (Powers & Jack, 2015). Bardzo pomocne w podejmowaniu decyzji zakupowych są opinie i recenzje innych użytkowników. Budują one zaufanie do sprzedawcy i produktów. Jeśli są wiarygodne, to bardziej zachęcają klientów, niż opisy przygotowane przez sprzedawców (Zięba, 2024).

Bardzo ważne są wysokiej jakości zdjęcia prezentujące produkt z różnych perspektyw i ukazujące szczegóły – im bardziej zbliżone do doświadczenia oglądania produktu w sklepie stacjonarnym, tym lepiej (Zięba, 2024). Zdjęcia powinny być też bez zbędnego retuszu. Coraz więcej sprzedawców umieszcza również zdjęcia 3D lub filmy przedstawiające produkt z różnych kątów. Pomocne są również zdjęcia towaru podczas używania, co ułatwia ocenę jego fasonu, wielkości itp. W przypadku prezentacji odzieży na modelu, warto podać jego wymiary oraz rozmiar noszonego produktu w opisie. Warto również dodać tabele rozmiarów dla poszczególnych produktów lub ich grup oraz wskazówki, jak zrobić pomiary. Przydatna jest też instrukcja montażu i odnośnik do filmu, jak zamontować i używać daną rzecz (Błaszczuk & Polak, 2023).

Bardzo oczekiwana jest też obsługa klienta na wysokim poziomie. Zapewnienie klientom łatwego dostępu do wsparcia i szybkiej odpowiedzi na ich pytania przed zakupem może znacząco ułatwić podjęcie właściwej decyzji, a tym samym ograniczyć liczbę nietrafionych zakupów. Wykwalifikowany personel obsługi klienta może udzielić cennych porad, pomóc w wyborze odpowiedniego produktu i zwiększyć zaufanie do zakupu. Ponadto ważne jest, aby aktywnie reagować na opinie klientów i szybko rozwiązywać wszelkie pojawiające się problemy (Zięba, 2024).

Kluczowym elementem sklepu internetowego jest przejrzysta i zrozumiała polityka zwrotów. Powinna być tak skonstruowana, aby łatwo można było znaleźć informacje o procedurach, terminach i kosztach zwrotów. Im klient ma więcej informacji i pewność bezproblemowego zwrotu, tym rzadziej decyduje się to zrobić. Dostęp do jasnych wytycznych buduje zaufanie klientów, dając im pewność, że w razie niezadowolenia z produktu mają jasno określone procedury do przestrzegania (Zięba, 2024).

Dobrze przygotowana polityka zwrotów ma ogromne znaczenie, szczególnie gdy weźmiemy pod uwagę, że 80% konsumentów sprawdza zasady zwrotów przed zakupem, a 72% z nich twierdzi, że łatwy proces zwrotów sprawia, że chętniej wrócą do tego samego sprzedawcy w przyszłości (Richpanel, 2024). Potwierdzają to też wyniki badań przedstawione przez Barnowską (2017) i ReadyCloud (2022). 86% klientów bierze pod uwagę politykę zwrotów, gdy podejmują decyzję zakupową (Gitnux, 2024). 65% jest bardziej skłonnych do zakupu w sklepie z dobrą polityką zwrotów (ReadyCloud, 2022). 27% klientów porzuca swoje koszyki zakupowe, gdy proces zwrotu nie jest jasny lub jest skomplikowany (Gitnux, 2024).

Uzyskiwanie wartościowych informacji od klientów, ale także szybkie wykrywanie i rozwiązywanie potencjalnych problemów, zanim doprowadzą one do zwrotów, jest możliwe dzięki zbieraniu opinii po zakupie, na przykład poprzez wysyłanie e-maili z prośbą o ocenę produktu i doświadczenia zakupowego (Zięba. 2024).

11.5. Przygotowanie przesyłki do zwrotu

Dla e-sprzedawców problemem w przypadku zwrotów jest niewłaściwe przygotowanie przesyłki przez klienta. Klienci nie powinni tego lekceważyć, ponieważ zgodnie z prawem przewozowym przewoźnik jest zwolniony od odpowiedzialności, jeżeli utrata, ubytek lub uszkodzenie przesyłki powstały co najmniej z jednej z następujących przyczyn: braku, niedostateczności lub wadliwości opakowania rzeczy. Często zdarza się, że klient nie zabezpiecza odpowiednio zwracanej przesyłki i ulega ona zniszczeniu. Wtedy ani sprzedawca, ani przewoźnik nie zwróci oczekiwanej kwoty.

Przy zwracaniu towarów bardzo ważne jest odpowiednie pakowanie i zabezpieczenie towaru przed wysyłką. Każda przesyłka ma kontakt z wieloma osobami i urządzeniami, jest kilka razy rozładowywana, załadowywana i sortowana. Dodatkowo kurierzy mają codziennie do dostarczenia po kilkadziesiąt, a nawet czasem ponad 100 przesyłek w jednym aucie. Bardzo łatwo jest więc uszkodzić zawartość przesyłki.

Niektórzy sprzedawcy zbyt gorliwie podchodzą do pakowania przesyłek. Często są one oklejane dużą ilością folii i taśmy. Podczas otwierania opakowania można bardzo łatwo uszkodzić zawartość przesyłki. Co najważniejsze, konstrukcja opakowania powinna umożliwić ponowną wysyłkę. Klient nie jest specjalistą w pakowaniu i nie ma ochoty szukać dodatkowego kartonu oraz materiałów zabezpieczających. Bardzo dobrym przykładem są opakowania, które pełnią równocześnie rolę opakowania zwrotnego. Wystarczy tylko przeciągnąć taśmę, przewinąć klapę z klejem i zamknąć opakowanie.

11.6. Logistyka zwrotów

Sprzedawcy internetowi mają dwie podstawowe możliwości w zarządzaniu zwrotami: mogą to robić we własnym zakresie lub zlecić całość albo część procesu firmom zewnętrznym. Jeśli zdecydują się na samodzielne zarządzanie zwrotami, muszą zainwestować w odpowiednią infrastrukturę magazynową, system informacyjny, wykwalifikowanych pracowników. Takie przedsięwzięcie wymaga znacznych nakładów finansowych, które mogą się zwrócić dopiero przy odpowiednio dużej skali działalności (Pluta-Zaremba & Cichosz, 2016).

Wyniki badań pokazują, że obsługą zwrotów zajmuje się samodzielnie 86% sklepów, przy czym wśród małych podmiotów odsetek ten wynosi 91%,

a wśród dużych 83%. Pozostałe 14% e-sklepów zleca tę czynność na zewnątrz (InternetSTANDARD, 2018).

Firmami, które zajmują się zwrotami, są operatorzy fulfillment i operatorzy logistyczni. Podmioty te oferują kompleksową obsługę zwrotów, w pełni dostosowując się do potrzeb swoich klientów w tym zakresie, łącznie ze sprawdzaniem, naprawą, odświeżaniem i ponownym metkowaniem produktów. Ze względu na specyfikę zwracanych towarów oraz politykę sprzedawców internetowych trudno jest oferować operatorom logistycznym standardowe rozwiązania pasujące do wszystkich klientów. Nawiązanie każdej współpracy wymaga opracowania indywidualnych rozwiązań, dopasowanych do specyfiki danego klienta.

W logistyce zwrotów w e-handlu największym problemem i jednocześnie najbardziej kosztownym procesem jest dostawa. Generuje ona bowiem pomiędzy 50% a 65% kosztu całej logistyki (Last Mile Experts, 2024). W przypadku produktów o małej wartości niektórzy klienci nie korzystają ze swojego prawa odstąpienia od umowy, zwłaszcza gdy muszą zapłacić za przesyłkę. Jeśli sprzedawcy zawsze pokrywaliby wszystkie koszty, to klienci pewnie chętniej zamawialiby więcej towarów.

Podobnie jak w przypadku tradycyjnych dostaw do klientów, zwroty mogą być realizowane na cztery sposoby: odbiór przez kuriera, w automatach paczkowych, w punktach PUDO (takich jak salonik prasowy, placówka pocztowa, stacja paliw, sieć handlowa) lub w placówce stacjonarnej, jeśli taką prowadzi sklep internetowy. Pierwsze trzy sposoby są realizowane przez operatorów KEP (kuriersko-ekspresowo-paczkowych). W przypadku odbioru przez kuriera mogą pojawić się problemy tzw. pierwszej mili. Klient indywidualny nie zawsze jest dostępny, często mieszka w trudno dostępnym miejscu itp. Te dwa kolejne rozwiązania, zwane dostawami poza domem (*out of home* – OOH) są bardziej elastyczne, ale wymagają dostarczenia przesyłki do konkretnego miejsca, co nie zawsze jest możliwe (np. dla większych towarów). W przypadku automatów paczkowych należy zwrócić uwagę, czy sprzedawca dopuszcza taką możliwość zwrotu. Dla części sprzedawców taka forma zwrotów jest po prostu niewygodna, zwłaszcza gdy musi sam odebrać dostarczoną przesyłkę. Zalety trzech pierwszych rozwiązań są zaprezentowane w tabeli 12.1.

Tabela 11.1. Zalety poszczególnych form nadawania i odbioru przesyłek

Automat paczkowy	PUDO	Przewoźnik z dostawą do domu
Wygoda • Wygoda i elastyczność – dostęp 24/7 • Położony „po drodze”, z łatwym dostępem i parkingiem • Bliskość	To jest „po drodze”, w sklepie, na stacji benzynowej itp. • Fizyczna bliskość – jest w pobliżu, ale nie przez 24/7, jak w przypadku automatów paczkowych	Komfort lokalizacji – nieograniczony zasięg geograficzny • Komfort dostawy – dostarczany pod drzwi, gdy klient jest w domu
Skupienie na kliencie • Klient ma wybór • Łatwość obsługi – jedno kliknięcie, aby otworzyć skrytkę • Szybki i łatwy – zdalny dostęp, eliminujący kolejki	Klient ma wybór • Wydłużony czas do odbioru vs automat paczkowy (zwykle o kilka dni dłużej) • Łatwiejsze dla (starszych) klientów, którzy nie odnajdują się w cyfrowym świecie, kompensują mniej standardową „interaktywną” obsługę klienta	Łatwość odbioru – nie muszą wychodzić z domu!
Wydajność • Niska/atrakcyjna cena za dostawę, szybka dostawa (zazwyczaj następnego dnia) • Koniec z nieodebranymi dostawami – wysoka skuteczność dostaw przy pierwszej próbie	Niska/atrakcyjna cena dostawy (2–3 dni) • Koniec z nieodebranymi dostawami – wysoka skuteczność dostaw przy pierwszej próbie	Szybka dostawa (zazwyczaj następnego dnia) • Do drzwi klienta

Źródło: Last Mile Experts(2021), Polish CEP Report 2021, <https://lastmileexperts.com/reports-subscriptions>.

Według badań Gemius (2023) automaty paczkowe w Polsce są najczęściej wybierane jako miejsce zwrotu (34%), kuriera wybiera 12% i tyle samo osób zwraca towar do sklepu stacjonarnego, a 7% do PUDO. Co ciekawe, za granicą nadal bardziej popularne są dostawy kurierskie. 48% deklaruje odbiór z domu w przypadku zwrotów *e-commerce* (Batchelor, 2022). Wynika to z braku jeszcze odpowiednio rozwiniętej infrastruktury dla OOH oraz popularności tej formy nadań i odbioru przesyłek. Operatorzy KEP umożliwiają sprzedawcom internetowym samodzielne generowanie etykiet zwrotnych. Taka etykieta jednak nie różni się

od tradycyjnej – zamieniony jest tylko adresat z nadawcą. Etykieta może być załączona przez sprzedawcę wraz z towarem, ale także może być wysłana w formie elektronicznej do osoby zwracającej towar. To drugie rozwiązanie jest jednak mniej wygodne dla klienta, bo musi on wydrukować etykietę we własnym zakresie. Coraz częściej operatorzy KEP nie wymagają żadnej etykiety, zwłaszcza gdy korzystają z automatów paczkowych.

Mimo że logistyka zwrotów jest coraz bardziej popularna, to nie wszyscy operatorzy KEP mają oferty przeznaczone do obsługi tego typu przesyłek. Traktują oni zwrot jako zwykły proces, w którym zamieniony jest nadawca z odbiorcą przesyłki. Sprzedawcy coraz częściej oczekują pełnej integracji systemu e-sklepu z systemem operatora KEP. W momencie, gdy klient zgłasza przesyłkę do zwrotu przez Internet, przewoźnik jest o tym automatycznie informowany.

11.7. Proces zwrotów

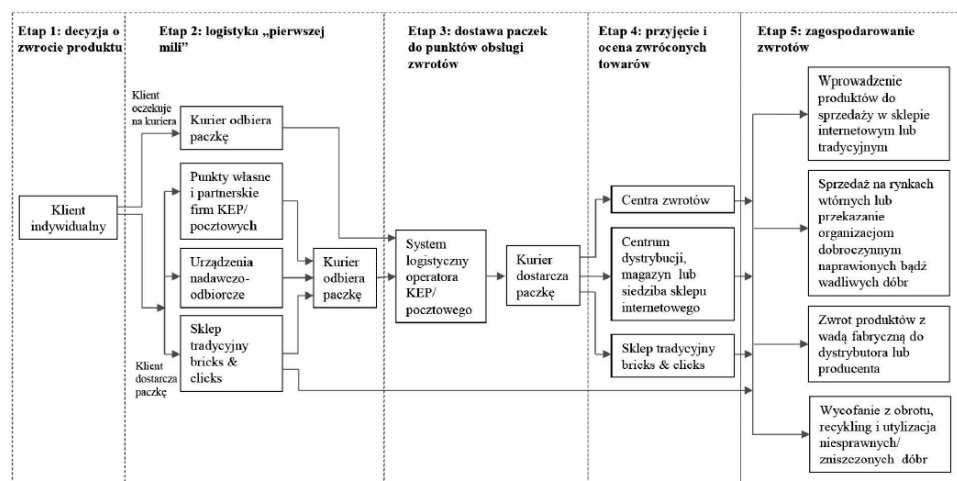
Logistyka zwrotów obejmuje kilka kluczowych procesów, które muszą być starannie zarządzane, aby zapewnić efektywność i zadowolenie klientów (patrz rysunek 11.1). Te procesy obejmują:

- **Dokonanie zwrotu.** Proces rozpoczyna się, gdy klient decyduje się na zwrot towaru. Może to obejmować wypełnienie formularza online, kontakt z obsługą klienta lub wykorzystanie interaktywnych systemów zwrotu oferowanych przez sprzedawcę.
- **Dostawę.** Towar musi zostać odesłany do sprzedawcy, chyba że sprzedawca podjął decyzję o pozostawieniu towaru przez klienta i zwrocie należności. W zależności od polityki firmy koszty transportu mogą być pokrywane przez klienta lub sprzedawcę.
- **Przyjęcie i weryfikację.** Po otrzymaniu zwróconego produktu, sprzedawca musi go zweryfikować, aby upewnić się, że spełnia warunki zwrotu. Może to obejmować sprawdzenie stanu produktu, jego opakowania oraz wszelkich dołączonych akcesoriów.
- **Zagospodarowanie zwrotów.** W zależności od stanu zwróconego produktu, może on zostać ponownie wprowadzony do sprzedaży, naprawiony, odświeżony lub zutylizowany. Proces ten jest kluczowy dla minimalizacji strat związanych ze zwrotami.
- **Zwrot środków finansowych.** Klientowi musi zostać zwrócona odpowiednia kwota, co obejmuje koszt zakupu oraz koszty przesyłki, jeśli były one dodatkowo płatne. Proces ten wymaga dokładnego zarządzania dokumentacją finansową.

Skontrolowane towary klasyfikowane są najczęściej według czterech grup – A, B, C, D (Kuligowska-Wielgus, 2019):

- **A** – towary, które nie noszą śladów użytkowania, mające czasami zniszczone opakowania, które są wymieniane na nowe; takie towary kierowane są z powrotem do sprzedaży;
- **B** – towary, które mają ślady użytkowania; dokonuje się ich renowacji, polegającej na wymianie pewnej części, odświeżeniu itp. Następnie są pakowane i ponownie kierowane do sprzedaży;
- **C** – towary, które są na tyle zniszczone, że nie nadają się do regularnej sprzedaży ze względu na niższą wartość; przeprowadza się odpowiednią ich renowację i kieruje do sprzedaży w obniżonych cenach, np. do sklepów zajmujących się wyprzedażą;
- **D** – towary, które ze względu na zniszczenia lub utratę funkcjonalności nie nadają się do dalszej sprzedaży; są one kierowane do utylizacji

Rysunek 11.1. Etapy logistyki zwrotów w *e-commerce*



Źródło: A. Pluta-Zaremba, M. Cichosz (2016). Proces logistyki zwrotnej w B2C e-commerce. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, 8, 9–16.

11.8. Wyzwania dla sprzedawcy

Dla sprzedawców internetowych zwroty są kosztowną działalnością. Poza poniesionymi kosztami związanymi z wysłaniem towaru do klienta (koszty kompletacji, przygotowania przesyłki, pakowania, transportu) muszą ponieść dodatkowe koszty związane z przyjęciem przesyłki, kontrolą jakościową, korektą dokumentów sprzedażowych, ewentualnym odświeżeniem lub utylizacją (Bernon i in., 2016). Proces obsługi zwrotów w magazynie jest bardziej szczegółowy niż sama wysyłka. Wymaga większego zaangażowania pracowników, ponieważ każdorazowo powinien być sprawdzony zwracany towar. Przyjęcie zwrotu powinno odbywać się jak

najszybciej, żeby móc z powrotem wprowadzić towar do sprzedaży i zwrócić należność klientowi.

Proces kontroli zwracanych rzeczy w dużym stopniu zależy od specyfiki branży i towarów. Przykładowo w branży obuwniczej i odzieżowej kontrola może wymagać sprawdzenia nie tylko wskazanego w oświadczeniu modelu i rozmiaru, ale także weryfikacji tego, czy obuwie lub odzież nie były używane (np. przez sprawdzenie podeszew butów, kołnierza koszuli).

Poza kontrolą samych towarów ważne są informacje i dokumenty z nimi związane. Zdarza się, że zwroty, mimo że wymaga tego ustawa, nie zostały zgłoszone, nie są oznaczone lub nie mają dokumentów, które umożliwiają przyporządkowanie ich do klienta lub zamówienia (Louis, 2024).

Przesyłka zwrotna jest z reguły droższa, bo nadawana jest przez klienta indywidualnego. Jeśli klient robi to we własnym zakresie, nie może liczyć na żadne opusty cenowe. Jeśli przesyłka zwrotna jest opłacona przez sprzedawcę, to próbuje się coraz częściej te koszty minimalizować, np. dając tylko możliwość bezpłatnego zwrotu w punkcie odbioru i nadań.

Mimo że zwroty są coraz bardziej kosztowne, coraz więcej firm próbuje przekuć problemy z nimi związane w pozytywne doświadczenie zakupowe klientów i przez to zwiększać ich lojalność. Przykładem mogą być wydłużone terminy zwrotów. Z jednej strony mogą generować dodatkowe koszty, ponieważ sprzedawcy nie mają przez dłuższy czas towaru, ale mogą być źródłem przychodów, bo klientowi mogą po pewnym czasie spodobać się te rzeczy lub może po prostu o nich zapomnieć.

Niektórzy sprzedawcy, zwłaszcza w branży odzieżowej i obuwniczej, przedłużają standardowy okres zwrotu do 30, a nawet 100 dni, często oferując przy tym bezpłatne zwroty. Badania pokazują, że dłuższe terminy zwrotów zwiększają poczucie bezpieczeństwa i komfortu klientów, choć większość z nich rzadko korzysta z tej możliwości – 84% kupujących nie wykorzystuje wydłużonego terminu zwrotu produktów (Klich, 2017).

Wydłużony czas na zwrot wynika często ze strategii firmy. Ma to na celu zwiększenie wyników firmy. Lepsze warunki zwrotów zachęcają klientów do częstszych zakupów, co przekłada się na większą ich satysfakcję, a ta z kolei na lojalność, powtarzalność zakupów (Kawa, 2019). Niemniej jednak wydłużony okres niesie za sobą ryzyko zwiększenia liczby zwrotów, co podnosi koszty obsługi i zarządzania zapasami. Z tego powodu kadra zarządzająca procesami zwrotu powinna rozważyć potencjalne korzyści i ryzyka związane z wydłużaniem terminów zwrotów (Michałowska, 2023). Wyniki badań są jednak dla nich sprzyjające: 69% badanych osób zwraca zazwyczaj zakupiony towar w ciągu 7 dni, 25% w ciągu 7–14 dni, a tylko niecałe 7% po upływie 14 dni (Barnowska, 2017).

Według Chandwani (2024) 63% klientów oczekuje możliwości zwrotu w ciągu 30 dni, a 23% preferuje tradycyjne 14 dni. Dla blisko 70% badanych możliwość

wydłużonego zwrotu jest co najmniej istotnym kryterium przy wyborze sprzedawcy, a dla 14% stanowi główne kryterium wyboru. Tylko 7% osób w ogóle nie bierze tego pod uwagę (Barnowska, 2017).

Z kolei inne badania pokazują, że 70% konsumentów chciałoby mieć możliwość zwrotu towarów bez żadnych ograniczeń czasowych, choć według jeszcze innych danych 55% oczekuje możliwości zwrotu bez limitu czasowego (ReadyCloud, 2022).

Należy pamiętać, że zwroty często nie są przyjemną sprawą dla klientów. Zajmują dodatkowy czas i często trzeba za nie zapłacić. Poza tym mogą być dla niektórych stresujące – zwłaszcza dla osób, które robią je pierwszy raz. Nie zawsze wiedzą, gdzie i jak zgłosić zwrot, jak przygotować przesyłkę, jak ją zapakować, jak zamówić kuriera lub gdzie zanieść przesyłkę. Nie są pewni, czy zwrot będzie rzeczywiście bezpłatny, czy i kiedy otrzymają pieniądze. Należy więc ułatwiać klientowi zwrot. Najczęściej dokonuje on zwrotu z powodu towaru, a nie z powodu samego sprzedawcy. Jeśli klient zdecydował się na zwrot, robi to niezależnie od jego warunków. Jeśli proces ten jest uciążliwy, to może spowodować dodatkową frustrację. Bardzo prosta procedura zwrotu może pozostawić na kliencie pozytywne doświadczenie, które sprawi, że chętnie wróci na zakupy do tego samego sprzedawcy. Ważny jest więc interaktywny formularz zwrotu i łatwy kontakt mailowy lub telefoniczny z klientem. Coraz częściej wykorzystuje się tzw. chatboty, które nie zawsze umożliwiają rozwiązanie problemu, a to wpływa negatywnie na doświadczenie posprzedażowe klienta. Część sprzedawców nadal ma bardzo nieprzyjemne formularze zwrotu w formacie PDF, których wypełnienie jest bardzo uciążliwe.

Problemem jest mentalność polskich klientów i jeszcze stosunkowo niski poziom kultury kupowania na odległość. Sporo klientów obawia się, że gdy zamówią więcej produktów, to będą mieli problem z ich zwrotem i tym samym nie otrzymają z powrotem pieniędzy. Z drugiej strony część konsumentów próbuje nadmiernie wykorzystywać przychylność sprzedawców. Przykładem jest jeden z polskich portali, za pomocą którego można zaprojektować nadruk na ubraniu. Klienci, którzy byli niezadowoleni z produktu, otrzymywali kolejną rzecz za darmo. Część klientów wykorzystwała to i zgłaszała reklamacje, aby otrzymać bezpłatnie kolejną partię ubrania. Powszechnie znane też jest zjawisko kupowania odzieży, używania jej i zwracania. Innym przykładem (co prawda pochodzącym ze sprzedaży tradycyjnej) była promocja jednej z sieci handlowych, która umożliwiała zwrot towarów, jeśli po spróbowaniu nie spełniały one oczekiwań klientów. Skutkiem tego były masowe zakupy dokonywane przez niektórych klientów, opróżnianie wartości opakowań i od razu ich zwracanie. Sieć bardzo szybko musiała wycofać się z tej promocji. Bardzo dobrym sposobem na zmniejszenie liczby zwrotów jest usługa esize.me, która jest oferowana przez eobuwie.pl. Polega ona na dokładnym opomiarowaniu stóp klienta za pomocą specjalnego urządzenia, które znajduje się w stacjonarnych placówkach sprzedawcy i w punktach partnerskich.

11.9. Wpływ zwrotów na działalność firmy

Jak wcześniej podkreślono, zwroty w *e-commerce* powinny być bezproblemowe, co zwiększa wartość dla klientów i może dać sprzedawcom przewagę konkurencyjną. Pokazują to wyniki badań (Kawa, 2019), które miały na celu określenie wpływu zwrotów na satysfakcję i lojalność klientów, a w konsekwencji na wydatki konsumentów i wyniki przedsiębiorstw oraz przedstawienie wartości dla klientów w zwrotach w handlu elektronicznym z różnych perspektyw: klientów, sprzedawców internetowych, dostawców i komplementorów (dostawcy pozostałych usług lub produktów, np. serwis płatności). Badanie zakładało, że respondent ma spojrzeć na zwroty oczami klienta końcowego, niezależnie od jego roli w e-handlu. Głównym tego powodem był fakt, że centralnym punktem ekosystemu e-handlu jest klient, który ostatecznie ocenia wartość i przekształca ją w ekwiwalent pieniędzy dla innych członków sieci (Kawa & Światowiec-Szczepańska, 2018).

Zwroty w handlu elektronicznym są bardzo ważnym elementem wartości dla klienta. Badania wykazały, że klienci zwracają dużą uwagę na wydłużony czas zwrotu i prostą procedurę zwrotu. Darmowy zwrot nie jest dla nich najważniejszy. Perspektywa sprzedawców, dostawców produktów i komplementorów jest nieco inna niż klientów. Im dalej podmiot znajduje się od klienta końcowego, tym bardziej zróżnicowana jest ocena związana ze zwrotami w *e-commerce*. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że dostawcy nie są w bezpośredniej relacji z klientami końcowymi i nie znają ich oczekiwań (Kawa, 2019).

Pozytywny związek między zwrotami a satysfakcją i lojalnością został potwierdzony dla większości podmiotów e-handlu (z wyjątkiem komplementorów). Im więcej uwagi klient poświęca zwrotom, tym większa jest jego lojalność i satysfakcja z zakupów, a tym samym zwiększają się jego wydatki. Dla sprzedawców i dostawców towarów oznacza to lepsze wyniki niż u konkurencji. Zwroty mają zatem wpływ na satysfakcję, która z kolei wpływa na lojalność (ponowne zakupy). Większa lojalność z kolei wpływa na wyższe wydatki klientów i lepsze wyniki firmy (Kawa, 2019). Z drugiej strony nieefektywne zarządzanie zwrotami ma negatywne skutki. Niezadowoleni klienci mogą nie tylko powstrzymać się od kolejnych zakupów, ale także aktywnie zniechęcać innych, np. przez przekazywanie negatywnych opinii. Długoterminowe konsekwencje niezadowolenia klientów wykraczają poza pojedynczą transakcję, wpływając na ogólny sukces firmy (Netscribes, 2023).

Sprzedawcy internetowi, dostawcy produktów, a także komplementorzy powinni zwracać większą uwagę na zwroty, ponieważ ich klienci wydaliby wtedy więcej pieniędzy, co przekłada się na ich wyniki. Dlatego ważne jest, aby w jak największym stopniu zapewnić, że produkty są zwracane w ciągu ponad 14 dni, że istnieje prosta procedura zwrotu (Batchelor, 2022; ReadyCloud, 2022) i że towary są zwracane bezpłatnie. Inne czynniki (zwrot używanych produktów, opakowania zwrotne) są również ważne, ale nie kluczowe. Jest jednak prawdopodobne, że wraz

z pojawieniem się nowych usług zarówno możliwość zwrotu używanych produktów, jak i zapewnienie opakowań zwrotnych będą coraz ważniejsze (Kawa, 2019).

11.10. Kierunki rozwoju

Wraz z rosnącą świadomością klientów na temat ich praw, popularność zwrotów będzie rosła. Klienci, szczególnie młodzi, traktują zwroty jako naturalny element zakupów online. Dla sprzedawców istotne jest, aby postrzegali zwroty nie tylko jako dodatkowe koszty, ale jako szansę na budowanie pozytywnych doświadczeń zakupowych i zwiększanie lojalności klientów.

Jednocześnie sprzedawcy będą podejmować działania mające na celu ograniczanie liczby zwrotów. Będą to przede wszystkim cyfrowe rozwiązania, bazujące na Big Data, Internecie rzeczy (IoT), maszynowym uczeniu i sztucznej inteligencji. Wirtualny asystent jeszcze lepiej pomoże wybrać właściwy produkt, żeby ograniczyć liczbę zwrotów. Coraz doskonalsze będą również wirtualne przymierzalnie (Ecommercenews, 2024). Sztuczna inteligencja może być używana do analizowania wzorców i przewidywania przyszłych zwrotów, co pozwoli na lepsze zarządzanie zapasami i procesami logistycznymi. IoT umożliwi śledzenie zwrotów w czasie rzeczywistym, a tym samym na szybszą i bardziej efektywną obsługę.

Globalizacja handlu internetowego wprowadza dodatkowe wyzwania w zarządzaniu zwrotami. Firmy sprzedające produkty na rynkach międzynarodowych muszą radzić sobie z różnicami w przepisach prawnych, kosztach wysyłki i oczekiwaniami klientów. Skuteczne zarządzanie zwrotami na skalę globalną wymaga elastyczności i dostosowania strategii do lokalnych warunków.

W ostatnim czasie sporo uwagi zwraca się na kwestie ekologiczne w e-handlu. Dużo dyskutuje się o ostatniej mili i opakowaniach. Wpływ na to ma coraz większa świadomość sprzedawców. Według badań e-Izby (2024) 46% klientów uważa, że zwroty powodują negatywne skutki i są nieekologiczne. 30% dokonuje zwrotów z powodu pojawienia się lepszych ofert, a 26% kupuje różne wersje, rozmiary i kolory produktów, a następnie oddaje te, które im nie pasują.

Z kolei raport Green Generation (Mobileinstitute, 2021) pokazuje, że niektórzy e-klienci są skłonni poczekać dłużej na dostawę, jeśli wynika to z dbałości sklepu internetowego, i zapłacić dodatkowo za opakowanie bez folii. Niektórzy klienci idą dalej ze swoimi oczekiwaniami i zawsze domagają się ekologicznych lub zrównoważonych zakupów w handlu elektronicznym (Oláh i in., 2019). Sprzedawcy detaliczni starają się odpowiedzieć na te potrzeby. Z przedstawionych powodów bardzo dynamiczny rozwój handlu elektronicznego nie może być rozpatrywany bez jego zrównoważonego rozwoju (Kawa & Pierański, 2021).

Sposobem na ograniczenie szkodliwości transportu dla środowiska są opisane wcześniej dostawy „poza domem”. W przypadku opakowań są to opakowania zwrotne lub wielokrotnego użytku. Te pierwsze umożliwiają zwrot towaru bez

dotatkowego materiału i wysiłku. Te drugie pozwalają na dostawę i wielokrotny zwrot. Takie opakowanie wykonane jest z trwałego materiału. Jest ono serwisowane i czyszczone w zależności od potrzeb.

Zakończenie

Badania przedstawione w tym rozdziale dotyczyły zwrotów w handlu elektronicznym, ze szczególnym uwzględnieniem różnych typów zwrotów, przyczyn ich występowania oraz sposobów zarządzania nimi przez sprzedawców internetowych. Wnioski z przeprowadzonych badań wskazują na kilka kluczowych kwestii. Liczba zwrotów w *e-commerce* jest znacznie wyższa w porównaniu do tradycyjnego handlu. Konsumenci często korzystają z możliwości zwrotu bez podania przyczyny, co jest charakterystyczne dla zakupów internetowych. Przyczyny zwrotów są różnorodne, obejmują błędne wybory konsumenckie, niezgodność produktów z opisem, zakupy impulsywne oraz zakupy z intencją zwrotu.

Logistyka zwrotów jest skomplikowana i kosztowna, zwłaszcza w przypadku produktów o małej wartości, gdy koszty przesyłki mogą przewyższać wartość zwracanego towaru. Sprzedawcy muszą zatem znaleźć równowagę między zapewnieniem łatwych zwrotów a minimalizacją kosztów. Efektywne zarządzanie zwrotami ma bezpośredni wpływ na satysfakcję i lojalność klientów. Prosty i przejrzysty proces zwrotu może zachęcić klientów do ponownych zakupów, natomiast skomplikowane procedury mogą prowadzić do frustracji i utraty klientów.

Ograniczenia badania wynikają z konieczności stosowania źródeł wtórnych. Z uwagi na relatywnie małe rozpoznanie tematyki zwrotów w literaturze czasopiśmienniczej, wykorzystano głównie źródła internetowe, w szczególności raporty rynkowe. Szybkie zmiany w technologii i zachowaniach konsumenckich w *e-commerce* mogą wpływać na aktualność przedstawionych danych i wniosków.

Przyszłe badania powinny skupić się na automatyzacji procesów zwrotów, co może znacząco obniżyć koszty i poprawić doświadczenie klienta. Istotne będzie również rozszerzenie badań o badania pierwotne, aby poznać opinie klientów i przetestować hipotezy. W kontekście rosnącej świadomości ekologicznej ważne będzie zbadanie wpływu zwrotów na środowisko oraz opracowanie bardziej zrównoważonych modeli zwrotów. Rozwój technologii śledzenia oraz zarządzania zwrotami, takich jak *blockchain*, może przynieść nowe możliwości w zakresie transparentności i efektywności procesów zwrotów.

Podsumowując, zwroty w *e-commerce* stanowią istotną część ekosystemu handlu internetowego. Efektywne zarządzanie tym procesem może przynieść korzyści zarówno sprzedawcom, jak i konsumentom, a także przyczynić się do zrównoważonego rozwoju sektora.

Bibliografia

- Barnowska, B. (2017). Metody wykorzystywane do zarządzania logistyką zwrotów w handlu elektronicznym. *Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management*, 84, 21–30.
- Batchelor, B. (2022). How to Optimize Your E-Commerce Returns. <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinessdevelopmentcouncil/2022/11/21/how-to-optimize-your-e-commerce-returns/>
- Bernon, M., Cullen, J., & Gorst, J. (2016). Online retail returns management: Integration within an omni-channel distribution context. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(6/7), 584–605.
- Błaszczak, M., Polak, A. (2023). Zwroty w e-commerce. Jak zarządzać zwrotami w sklepie internetowym? <https://casbeg.com/pl/blog/zwroty-ecommerce/>
- Ecommercenews 2024, Germans return 11% of online purchases, <https://ecommercenews.eu/germans-return-11-of-online-purchases/>
- E-izba (2024). Logistyka i dostawcy. Klucz do e-sukcesu. https://eizba.pl/wp-content/uploads/2024/04/Raport_e-Izby_Logistyka_i_Dostawy_Klucz_do_e-sukcesu_2024-skrot-1.pdf
- Gemius (2023). E-commerce w Polsce. <https://gemius.pl/api/downloadReportec2023.php>.
- Gitnux (2024). Must-Know Ecommerce Return Statistics. <https://gitnux.org/ecommerce-return-statistics/>
- GXO Logistics (2021). GXO publikuje wyniki globalnego badania dotyczącego trendów w e-commerce oraz w logistyce zwrotów. https://gxo.com/pl/news_article/gxo-releases-results-from-global-trends-survey/.
- Chandwani, S. (2024). 23 Ecommerce Return Statistics to Know in 2024. <https://www.mailmodo.com/guides/ecommerce-return-statistics/>
- InternetSTANDARD (2018). Raport 2018, Ecommerce Standard. www.internetstandard.pl.
- Invespro (2024). E-commerce Product Return Rate – Statistics and Trends. <https://www.invespro.com/blog/ecommerce-product-return-rate-statistics/>
- Kawa, A. (2011). *Konfigurowanie łańcucha dostaw: teoria, instrumenty i technologie*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- Kawa, A. (2019). Returns in e-commerce as a value for customers from different perspectives. *19th international scientific conference Business Logistics in Modern Management*, Osijek, Croatia, 43–58.
- Kawa, A., & Pierański, B. (2021). Green logistics in e-commerce. *LogForum*, 17(2), 183–192.
- Kawa, A., & Światowiec-Szczepańska, J. (2018). Value Network Creation and Value Appropriation in E-commerce. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 19(6), 9–21.
- Klich, P. (2017). 7 porad, jak zminimalizować zwroty w e-commerce. <https://blog.arvato.pl/2017/11/27/7-porad-jak-zminimalizowac-zwroty-w-e-commerce/>

- Kuligowska-Wielgus, A. (2019). Outlety sposobem na return management i nadwyżki towaru. Biedronka postawiła na „Outlet Trucki”. <https://trans.info/pl/outlety-sposobem-na-return-management-i-nadwyzki-towaru-biedronka-postawila-na-outlet-trucki-162252>
- Last Mile Experts (2021). Polish CEP Report 2021, <https://lastmileexperts.com/reports-subscriptions>
- Last Mile Experts (2024). Green Last Mile Europe Report 2024. <https://lastmileexperts.com/reports-subscriptions>
- Louis, R. (2024). Zarządzanie logistyką zwrotów w e-commerce: sześć sposobów na poprawę skuteczności. <https://www.reflex-logistics.com/pl/blog/zarzadzanie-logistyka-zwrotow-w-e-handlu-szesc-sposobow-poprawy-skutecznosci/>
- Merc (2024). Zwroty i reklamacje w sklepach internetowych. <https://merce.com/blog/zwroty-i-reklamacje-w-sklepach-internetowych>
- Michałowska, M. (2023). Zwroty w e-commerce: problem e-handlu czy okazja do zlojalizowania kupujących? <https://ekomercyjnie.pl/zwroty-w-ecommerce-problem-e-handlu-czy-okazja>
- Mobileinstitute (2021). Green Generation 2021. https://mobileinstitute.eu/green#GreenGeneration_WspolnieNaRzeczZiem_i_2021.pdf
- Mollenkopf, D., Russo, I., & Frankel, R. (2007). The returns management process in supply chain strategy. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 37(7), 568–592.
- Netscribes (2023). The impact of e-commerce returns management on customer loyalty & brand reputation. <https://www.netscribes.com/ecommerce-returns-management/>
- Oláh, J., Kitukutha, N., Haddad, H., Pakurár, M., Máté, D., & Popp, J. (2019). Achieving sustainable e-commerce in environmental, social and economic dimensions by taking possible trade-offs. *Sustainability*, 11(1), 89.
- Pluta-Zaremba, A., & Cichosz, M. (2016). Proces logistyki zwrotnej w B2C e-commerce. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 8, 9–16.
- Powers, T. L., & Jack, E. P. (2015). Understanding the causes of retail product returns. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 43(12), 1182–1202. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-02-2014-0023>
- ReadyCloud (2022). Unpacking the Numbers: 50 Statistics on Ecommerce Returns For 2023. <https://www.readycloud.com/info/50-statistics-on-ecommerce-returns-for-2023>
- Richpanel (2024). How to Reduce Ecommerce Return Rates: Statistics and Best Practices. <https://www.richpanel.com/blog/ecommerce-return-rates>
- Santander. (2023). Polaków Portfel Własny: trendy e-commerce 2023. https://www.santanderconsumer.pl/gfx/santander/userfiles/_public/trendy_e-commerce_2023_-_raport_ppw.pdf

- Shopify (2024). Ecommerce Returns: Expert Guide to Best Practices. <https://www.shopify.com/uk/enterprise/blog/ecommerce-returns>
- Srivastava, S., & Srivastava R. (2006). Managing product returns for reverse logistics. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 36(7), 524–546.
- Statista (2024). E-commerce returns in Europe – statistics & facts. <https://www.statista.com/topics/11361/e-commerce-returns-in-europe/>
- XiaoYan, Q., Yong, H., Qinli, D., & Stokes, P. (2012). Reverse logistics network design model based on e-commerce. *International Journal of Organizational Analysis*, 20(2), 251–261.
- Zięba, E. (2024). Zwroty w e-commerce – jak skutecznie ograniczyć ich ilość? <https://veneo-performance.pl/blog/zwroty-w-e-commerce-jak-skutecznie-ograniczyc-ich-ilosc/>
- Żurek, J. (2022). Zwroty w e-commerce. <https://blog.arvato.pl/zwroty-w-e-commerce/>

Prawo w transporcie w Smart City

Grzegorz Mazurkiewicz

Politechnika Łódzka
ORCID 0000-0002-3494-825X

Jakub Morawski

Uniwersytet Łódzki
ORCID 0009-0008-0406-4550

Wstęp

Współczesne wyzwania związane z rozwojem transportu i infrastruktury transportowej wymagają kompleksowego podejścia, które integruje aspekty ekologiczne, społeczne, prawne oraz gospodarcze w ramach strategii zrównoważonego rozwoju. Koncepcja Smart City, zorientowana na wykorzystanie nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych oraz Internetu rzeczy (IoT), staje się kluczowym narzędziem w zarządzaniu miejskimi systemami transportowymi. Implementacja takich rozwiązań ma na celu poprawę jakości życia mieszkańców, zmniejszenie zatorów komunikacyjnych, a także ograniczenie negatywnego wpływu transportu na środowisko naturalne.

Niniejszy rozdział koncentruje się na prawnych aspektach transportu, wpisujących się w koncepcję zrównoważonego rozwoju inteligentnych miast. W szczególności omawia regulacje prawne dotyczące mikromobilności oraz pojazdów autonomicznych, które mogą stać się odpowiedzią na rosnące potrzeby przewozu ładunków i osób. W rozdziale zaprezentowane są również zmieniające się

wymagania prawne związane z rozwojem infrastruktury transportowej oraz regulacje Unii Europejskiej i przepisów krajowych, które wspierają wdrażanie zrównoważonych praktyk w transporcie. W ostatniej części opracowania przedstawione zostały prawne rozwiązania w zakresie regulacji innowacyjnych miejskich rozwiązań transportowych na przykładzie Singapuru.

Podjęte w rozdziale rozważania mają na celu ukazanie znaczenia harmonizacji przepisów prawnych z nowymi technologiami wprowadzanymi w obszarze transportu i mobilności. Implementacja odpowiednich regulacji prawnych jest niezbędna, aby zapewnić bezpieczeństwo, efektywność i zgodność ze strategią zrównoważonego rozwoju, a także zaspokoić rosnące potrzeby transportowe w dynamicznie rozwijających się miastach. Używanie innowacyjnych pojazdów transportu osobowego i towarowego może być zahamowane przez brak odpowiednich procedur. Niezbędne są regulacje dotyczące odpowiedzialności za szkody spowodowane przez pojazdy autonomiczne, czy też regulujące wymagania korzystania z nowych form mikromobilności, tak aby ich użytkowanie było bezpieczne dla korzystających z nich i dla innych uczestników ruchu. To samo dotyczy bezpieczeństwa przewożonych pojazdami autonomicznymi ładunków.

Regulacje prawne mogą realnie wpływać na zmiany w funkcjonowaniu transportu w miastach, które to zmiany nie byłyby możliwe do osiągnięcia tylko przez wprowadzanie innowacyjnych technologii. Zmiany w przepisach mogą skutecznie zachęcić do korzystania z komunikacji zbiorowej i rezygnacji z użytkowania samochodów prywatnych. Oczywiście nie powinny być to jedynie regulacje polegające na szykanowaniu transportu prywatnego, lecz takie, które tworzą warunki do jak najlepszego funkcjonowania komunikacji zbiorowej.

Zawartość rozdziału podkreśla i zwraca uwagę na konieczność harmonizacji rozwoju technologicznego i regulacji prawnych, dzięki którym innowacje w zakresie mobilności mogą być wprowadzane w życie z uwzględnieniem poszanowania prawa i ochrony prawnej oraz bezpieczeństwa w ruchu. Omawiana problematyka została przedstawiona na przykładzie mikromobilności, autonomizacji w transporcie oraz regulacji prawnych wspomagających funkcjonowanie Smart City.

Słowa kluczowe: miasto, system miasta, koncepcje miasta, ludność miast

12.1. Zrównoważony transport a koncepcja Smart Cities

Dynamiczny rozwój transportu w XX i XXI wieku przyniósł ogromne korzyści, lecz zarazem spowodował dylematy europejskiej polityki transportowej. Zgodnie z definicją zrównoważonego rozwoju Gro Harlem Brundtland (Komisja Brundtland) (UNECE, 1987) zaspokaja on potrzeby obecnych pokoleń, nie zagrażając możliwościom zaspokojenia potrzeb pokoleń przyszłych. Powstaje zatem pytanie, jak

pogodzić ideę zrównoważonego rozwoju z rosnącym negatywnym oddziaływaniem transportu na środowisko, czy też jak rozwiązać problem kongestii w warunkach ograniczeń terytorialnych hamujących rozwój infrastruktury. Kolejnym wyzwaniem jest, w jaki sposób odpowiedzialnie zaspokoić rosnące wraz ze wzrostem integracji gospodarczej oraz procesów globalizacji zapotrzebowanie na transport ładunków i zwiększony popyt na przewozy pasażerskie oraz zwiększenie dostępności sieci transportowej, czy likwidacja tzw. *bottleneck*, czyli wąskich gardeł.

Zrównoważony transport potocznie odnosi się do takich środków komunikacyjnych, które minimalizują emisje dwutlenku węgla i innych substancji zanieczyszczających środowisko. Natomiast zrównoważony rozwój transportu to koncepcja, która integruje cele ekologiczne, społeczne i gospodarcze, rozpatrywane z perspektywy zarówno polityki transportowej rządów poszczególnych państw, jak i całej Unii Europejskiej (Milaszewicz & Ostabowicz, 2011). Transport był jednym z pierwszych obszarów wspólnej polityki europejskiej, ujętych już w Traktacie Rzymskim. Według Komisji Europejskiej brak równowagi w rozwoju różnych rodzajów transportu jest jednym z największych wyzwań. Wizja Komisji dotycząca przyszłości systemu transportowego UE i efektywnego wykorzystania zasobów została wyrażona w Białej Księdze transportu z 2010 roku, czyli „Planie utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu”, będącej elementem szerszej strategii – Europa 2020. W dokumencie tym wyrażono przekonanie, że należy dokonać zmian w koncepcjach rozwoju transportu w ramach zrównoważonego rozwoju. Samochody ciężarowe powinny być wykorzystywane głównie do transportu na bliskie i średnie odległości. W przypadku zaś większych dystansów transport powinien być realizowany opłacalnym dla przewoźników transportem multimodalnym. Do tego celu niezbędna jest współmodalność oraz istnienie specjalnie zaprojektowanych korytarzy transportowych, optymalnych pod względem wykorzystania energii i emisji oraz minimalizacji wpływu na środowisko, a także atrakcyjnych ze względu na niezawodność, ograniczone zagęszczenie ruchu oraz niskie koszty działania i administracyjne (Komisja UE, 2011). Jednym z zaleceń Komisji Europejskiej jest, aby do 2030 roku przenieść 30% drogowego transportu towarów na odległość większą niż 300 km na inne środki transportu, np. kolej lub transport wodny, zaś do 2050 roku powinno być to ponad 50% tego typu transportu. Ma to ułatwić budowę efektywnych i ekologicznych korytarzy transportowych, niezbędne jednak są inwestycje w stosowną infrastrukturę, a także stworzenie w pełni funkcjonalnej europejskiej sieci bazowej TEN-T (Ministerstwo Infrastruktury, 2021).

Dla realizacji swoich założeń Komisja Europejska zaleca stworzenie odpowiednich ram, pozwalających na optymalizację rynku wewnętrznego, oraz wskazuje na konieczność wsparcia transportu multimodalnego i przesyłek jednowagowych, pobudzanie do integracji śródlądowego transportu wodnego z systemem

transportowym oraz promowanie ekologicznych innowacji w transporcie towarowym, wsparcie wprowadzania do użytku nowych pojazdów i statków oraz modernizacji ich wyposażenia.

Jak wspomniano, negatywne skutki transportu, takie jak zanieczyszczenie, zmiany klimatu, hałas, zatory komunikacyjne i wypadki, stanowią problem dla gospodarki Europy. Transport towarowy nadal rośnie, a w szczególności przewidyuje się wzrost transportu drogowego towarów o około 40% do 2030 roku oraz ponad 80% do 2050 roku. Celem polityki transportowej UE jest zatem ograniczenie transportu drogowego w kierunku mniej zanieczyszczających i bardziej energooszczędnych środków transportu. Cztery rodzaje działań wspierających większe wykorzystanie rozwiązań multimodalnych to:

- internalizacja kosztów zewnętrznych we wszystkich rodzajach transportu w celu przesłania odpowiednich sygnałów cenowych użytkownikom, operatorom i inwestorom. Koszty społeczne i środowiskowe transportu powinny być wypłacane zgodnie z zasadą „zanieczyszczający płaci”;
- bardziej ukierunkowane inwestycje w infrastrukturę fizyczną, mające na celu lepsze połączenia między pojedynczymi sieciami modalnymi;
- lepsze wykorzystanie informacji (dotyczących ruchu, pojemności, dostępności infrastruktury, lokalizacji ładunków i pojazdów);
- bezpośrednie wsparcie (także finansowe) dla transportu intermodalnego, zgodnie z *Combined Transport Directive* (dyrektywa Rady 92/106 EEC) (EC, 1992).

W koncepcję zrównoważonego rozwoju transportu wpisują się także założenia Smart City, w której wykorzystywane są nowoczesne technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT) oraz Internet rzeczy (IoT) w celu zarządzania zasobami miejskimi, poprawy jakości życia mieszkańców i zwiększenia efektywności funkcjonowania miasta. W takim mieście systemy transportowe, energetyczne, wodociągowe, a także usługi publiczne są ze sobą zintegrowane, umożliwiając optymalizację zużycia energii, redukcję zanieczyszczeń, a także lepsze zarządzanie ruchem, przestrzenią miejską i zasobami ludzkimi.

Ranking miast pod kątem rozwoju transportu w ramach koncepcji Smart Cities można znaleźć w różnych opracowaniach, które analizują mobilność jako jeden z kluczowych filarów. Wśród nich wyróżniają się:

1. **IESE Cities in Motion Index (CIMI)** – ranking ten analizuje 183 miasta na świecie według dziewięciu kluczowych wymiarów, w tym mobilności i transportu. Londyn, Nowy Jork, Paryż i Singapur zajmują czołowe pozycje dzięki rozbudowanym systemom transportowym i wdrażaniu nowoczesnych technologii. W zestawieniu doceniana jest również infrastruktura wspierająca mobilność elektryczną i zrównoważone transportowe rozwiązania (IESE, 2024).

2. **Smart City Index (IMD)** – w tym zestawieniu oceniane są również aspekty związane z transportem, takie jak infrastruktura publiczna, wykorzystanie aplikacji transportowych i dążenie do neutralności klimatycznej. Podobnie jak w CIMI wysoko klasyfikowane są miasta takie jak Singapur czy Kopenhaga (IMD, 2024).

Zmiany w obszarze infrastruktury i postępująca cyfryzacja także w obszarze funkcjonowania transportu pasażerskiego i towarowego, wpisujące się w koncepcję Smart City sprawiają, że także uregulowania prawne muszą być dostosowywane do zmian zachodzących w tych obszarach. Ich umiejętne i przemyślane wprowadzanie w życie może być instrumentem wpływającym na skuteczne funkcjonowanie wprowadzanych rozwiązań. Dotyczy to zarówno regulacji na poziomie Wspólnoty Europejskiej, krajowym, ale także w zakresie przepisów prawa miejscowego. Na kierunki rozwoju prawa w zakresie nowoczesnych form transportu wskazuje się m.in. w rezolucji Parlamentu Europejskiego z dnia 15 stycznia 2019 r. w sprawie jazdy autonomicznej w transporcie europejskim (2018/2089(INI)) (ParlamentEU, 2019), a także w komunikacie Komisji Europejskiej z dnia 17 maja 2018 r. do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów pt. „Droga do zautomatyzowanej mobilności: strategia UE na rzecz mobilności w przyszłości”, COM(2018) 283 final (Parlament EU, 2018).

Warto również zauważyć, iż w trakcie burzliwych i nieprzewidywalnych lat 90., kiedy dopiero oswajaliśmy się z demokracją oraz nowym systemem gospodarczym, w których to realiach przemian politycznych doszło do pierwszych planów dotyczących przyszłości, polski ustawodawca wplótł i przewidział potrzebę ochrony środowiska oraz zasadę wdrażania zrównoważonego rozwoju. W Polsce podejmowano koncepcje zbliżenia się do Unii Europejskiej jako gwaranta lepszej przyszłości naszego kraju – poprzez otwarcie na nowe rynki zbytu oraz zniesienie ceł, a także wydajniejszy obrót gospodarczy. Przy tym należało wprowadzić niezbędne regulacje, które mogłyby sprostać oczekiwaniom akt prawa pierwotnego oraz wtórnego Unii Europejskiej, dlatego też starano się implementować cele i założenia do nowo powstającej Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej, która została wydana 2 kwietnia 1997 roku. Zasadzie zrównoważonego rozwoju nadano rangę prawa podstawowego wynikającego z zapisów Konstytucji RP, Art. 5, w której zawarto: „Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju”.

Warta wskazania jest również ustawa Prawa ochrony środowiska, która w art. 3, pkt 50 zawiera definicję zrównoważonego rozwoju, który rozumie się jako rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej

oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń.

A zatem można wysunąć tezę, iż polski ustawodawca wyszedł z założenia przyszłościowego rozwoju, otwartego na nowe rozwiązania, progresywne przedsięwzięcia, a także napływający zachodni kapitał, który wspomógł gospodarkę. Jednakże prawie 30 lat temu nikt nie mógł przewidzieć, iż pojęcie zrównoważonego rozwoju *sensu largo* można zinterpretować jako wsparcie dla polityki nowoczesnych technologii oraz zielonej energii, skupiającej się na celu obniżenia zanieczyszczenia państwa oraz zmniejszenia ilości dwutlenku węgla. Ten przepis w Konstytucji stał się kotwicą, która poprzez swoją doniosłość pozwala na wprowadzanie niezbędnych zmian, zgodnie z regulacjami unijnymi oraz umowami międzynarodowymi.

Idea Smart City zakłada wykorzystanie nowoczesnych technologii informatycznych i komunikacyjnych w taki sposób, by maksymalnie podnieść jakość życia, przemieszczania się i funkcjonowania w mieście. Rozwiązania służące jej realizacji dotyczą m.in. organizacji ruchu, infrastruktury miejskiej, energetyki, środowiska, ale podobnie jak dotychczasowe zasady poruszania się w mieście powinny być one poddane odpowiednim regulacjom prawnym. Wprowadzanie dodatkowych opłat lub ograniczanie dostępu prywatnych samochodów do zatłoczonych obszarów – zazwyczaj centrów miast – to instrumenty zmniejszenia zatorów drogowych i poprawy innych powtarzających się problemów, takich jak jakość powietrza i zanieczyszczenie hałasem. Technologie są często wdrażane w połączeniu z innymi inicjatywami lub projektami architektury miejskiej, takimi jak tworzenie dedykowanych pasów ruchu dla transportu publicznego lub rowerów, tworzenie obszarów ograniczonego dostępu lub egzekwowanie opłat za parkowanie na ulicach (McKinsey & Company, 2023).

12.2. Bezpieczeństwo i regulacje prawne mikromobilności: wyzwania i rozwiązania

Z pojęciem koncepcji Smart City związana jest także mikromobilność. Jest ona ogólnie definiowana jako kategoria transportu obejmująca małe, lekkie pojazdy, poruszające się z niewielkimi prędkościami (zazwyczaj poniżej 25 km/h) i przeznaczone do pokonywania krótkich dystansów, często w obszarach miejskich. Pojazdy te mogą być napędzane siłą ludzką, jak rowery, lub silnikami, na przykład hulajnogi elektryczne, e-rowery czy inne podobne środki transportu. Koncepcja ta odgrywa kluczową rolę w zrównoważonej mobilności miejskiej, oferując alternatywy dla samochodów w celu redukcji korków i emisji, jednocześnie zwiększając dostępność.

Choć nie istnieje jedna uniwersalna definicja prawna mikromobilności, regulacje często obejmują ten obszar w kontekście usług współdzielonej mobilności lub transportu miejskiego. Na przykład w Unii Europejskiej (EC, 2021) oraz w miastach Stanów Zjednoczonych (US, 2019) mikromobilność jest uwzględniana w politykach integrujących programy rowerowe i hulajnogowe z systemami transportu publicznego, z naciskiem na bezpieczeństwo, potrzeby infrastrukturalne i równość dostępu.

Wytyczne Unii Europejskiej kładą nacisk na integrację urządzeń mikromobilnych w Planach Zrównoważonej Mobilności Miejskiej (SUMP) (Komisja UE, 2013), koncentrując się na bezpieczeństwie, zarządzaniu przestrzenią publiczną oraz zmniejszaniu ryzyka dla użytkowników innych środków transportu i pieszych.

Komisja Europejska postuluje również uwzględnianie mikromobilności w strategiach takich jak Vision Zero (EC, 2022), dążącej do eliminacji wypadków drogowych, oraz w programach infrastrukturalnych, które mają wspierać rozwój dedykowanych pasów i parkingów dla pojazdów mikromobilnych. Mikromobilność, będąc tanim, efektywnym i przyjaznym środowisku środkiem transportu, wpisuje się w szerokie cele zrównoważonego rozwoju miast w UE.

Mikromobilność regulowana jest szczegółowo na poziomie ustawodawstw krajowych. W Niemczech mikromobilność, szczególnie dotycząca elektrycznych pojazdów lekkich, takich jak e-skutery (hulajnowy elektryczne), jest regulowana poprzez Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung (eKFV), która weszła w życie w 2019 roku. Zgodnie z tą regulacją pojazdy takie muszą spełniać określone wymagania, takie jak maksymalna prędkość 20 km/h, obecność hamulców i świateł, a także ubezpieczenie OC. Wprowadzono również przepisy dotyczące użytkowania tych pojazdów na drogach publicznych – mogą poruszać się po ścieżkach rowerowych, a w ich braku po ulicach (DeutscherStadtetag, 2023).

Celem tych regulacji było zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom oraz poprawa integracji mikromobilności z istniejącą infrastrukturą miejską. E-skutery są postrzegane jako element zrównoważonej mobilności, zmniejszając natężenie ruchu i emisję CO₂ w centrach miast. Niemniej jednak podnoszone są kwestie dotyczące potrzeby dalszego rozwoju infrastruktury rowerowej oraz regulacji jej dotyczących, np. poprzez opracowanie nowych znaków drogowych, które pomogą użytkownikom oraz wskażą miejsca, gdzie korzystanie z e-hulajnóg jest wyraźnie zabronione.

W Polsce do 2021 roku stan prawny hulajnóg elektrycznych i urządzeń transportu osobistego pozostawał nieregulowany. Stwarzało to realne zagrożenie bezpieczeństwa na drogach i chodnikach. 20 maja 2021 roku weszły w życie przepisy nowelizacji ustawy Prawo o ruchu drogowym oraz niektórych innych ustaw, która reguluje status prawny urządzeń napędzanych elektrycznie oraz urządzeń napędzanych siłą mięśni, przeznaczonych do poruszania się po drogach publicznych

(Ministerstwo Infrastruktury, 2021). Ustawa wprowadziła pierwszeństwo pieszego w stosunku do kierującego hulajnogą elektryczną lub urządzeniem transportu osobistego (UTO) poruszającego się po części infrastruktury przeznaczonej dla ruchu pieszych. Kierujący tymi pojazdami są zobowiązani do ustępowania pierwszeństwa pieszym i nieutrudniania im ruchu.

Ustawa definiuje pojęcie „hulajnoga elektryczna” oraz UTO – urządzenie transportu osobistego. Hulajnoga elektryczna to pojazd napędzany elektrycznie, dwuosiowy z kierownicą, bez siedzenia i pedałów, konstrukcyjnie przeznaczony do poruszania się wyłącznie przez kierującego znajdującego się na tym pojeździe, natomiast UTO to pojazd napędzany elektrycznie, bez siedzenia i pedałów, konstrukcyjnie przeznaczony do poruszania się wyłącznie przez kierującego znajdującego się na tym pojeździe (np. deskorolka elektryczna, elektryczne urządzenie samopoziomujące). Regulacje zawarte w projekcie ustawy zabraniają m.in.:

- kierowania hulajnogą elektryczną po jezdni, na której dopuszczalna prędkość jest większa niż 30 km/h;
- kierowania hulajnogą lub urządzeniem transportu osobistego osobie znajdującej się w stanie nietrzeźwości lub w stanie po użyciu alkoholu albo środka działającego podobnie do alkoholu;
- przewożenia hulajnogą elektryczną i urządzeniem transportu osobistego innych osób, zwierząt i przedmiotów;
- ciągnięcia lub holowania hulajnogą elektryczną i urządzeniem transportu osobistego innych pojazdów;
- pozostawiania hulajnóg elektrycznych i urządzeń transportu osobistego na chodniku w inny sposób niż równolegle do jego zewnętrznej krawędzi.

Nowelizacja wprowadza nowy rodzaj wykroczenia (w ustawie – Kodeks wykroczeń) za poruszanie się przez kierującego hulajnogą elektryczną lub urządzeniem transportu osobistego albo przez osobę poruszającą się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch chodnikiem lub drogą dla pieszych z prędkością większą niż prędkość zbliżona do prędkości pieszego lub za nieustępowanie pierwszeństwa pieszemu. Wobec powyższego należy uwypuklić sankcje, które obowiązują za naruszenie przepisów, w szczególności ustawodawca skupił się na karze grzywny, która będzie systematycznie rosła:

- do 10 km/h ponad limit: 100 zł,
- od 11 do 20 km/h ponad limit: 200 zł,
- powyżej 20 km/h ponad limit: 300 zł.

Należy jednak zauważyć, że z racji nowo powstałych przepisów orzecznictwo zacznie się dopiero cementować. Jednakże już w tym momencie powstają komentarze do art. 2 ustawy Prawo o ruchu drogowym, w którym podejmuje się rozwiania wszelkich wątpliwości co do interpretowania i zrozumienia pojęcia UTO. Ponadto ustawa przewiduje sankcję w stosunku do czynów zabronionych, takich jak:

- nieustąpienie pierwszeństwa pieszemu – 300 zł,
- utrudnienie ruchu pieszemu – 300 zł.
- naruszenie obowiązku prowadzenia UTO z prędkością zbliżoną do pieszych – 300 zł.

Powyższe czyny wskazują na realizację przez ustawodawcę zachowania balansu między nową formą transportu osobistego a ochroną pieszych, którym przysługuje szczególna forma praw. W trakcie tworzenia nowych przepisów i artykułów do już istniejących ustaw lub nowo powstających ustaw, trzeba naturalnie pamiętać o ewentualnych kolizjach oraz niezgodnościach, a nawet brakach regulacyjnych. Jednakże zmieniająca się rzeczywistość wymaga od nas nieustannych prób dążenia do względnej stabilizacji prawnej – aby nadążyć z duchem czasu.

Rozwój i zastosowanie nowoczesnych technologii w rozwiązaniach transportowych jest już faktem, szczególnie w obszarach transportu zbiorowego, ale także indywidualnego. Zarazem różnice między tymi dwoma formami transportu zaciera się w przypadku korzystania z jednego środka transportowego przez wiele osób. Już dziś widzimy to zjawisko w postaci sieci publicznych rowerów, skuterów, hulajnóg czy wreszcie *car-sharingu*. Do zmian w tym obszarze musi się też dostosowywać ustawodawstwo, także w zakresie ochrony prawnej potencjalnych poszkodowanych. Pojawienie się nowych możliwości przemieszczania się powoduje także potencjalnie negatywne konsekwencje. Organizacja European Transport Safety Council (ETSC), we współpracy z brytyjską Parlamentarną Radą Doradczą ds. Bezpieczeństwa Transportu (PACTS), opublikowały raport ze swoimi rekomendacjami dotyczącymi standardów technicznych dla e-hulajnóg oraz zasad korzystania z e-hulajnóg w Europie. Stworzono je, patrząc przez pryzmat zwiększenia bezpieczeństwa ruchu tych pojazdów (ETSC, 2023). Zalecanymi rekomendacjami technicznymi, które w największym stopniu mogłyby dotknąć użytkowników e-hulajnóg w Polsce, są przede wszystkim te dotyczące maksymalnej mocy silnika, wielkości kół, ewentualnie prawnego zakazu modyfikowania osiągnięć sprzętu. W zakresie zmiany przepisów drogowych postulowane jest wprowadzenie wymogu poruszania się w kasku i minimalnej granicy wieku użytkowników (16 lat).

Statystyki dotyczące wypadków związanych z pojazdami mikromobilnymi, takimi jak hulajnogi elektryczne, rowery elektryczne i hoverboardy, wskazują na wzrost liczby urazów i wypadków w ostatnich latach. Według Consumer Product Safety Commission w 2022 roku w Stanach Zjednoczonych liczba obrażeń związanych z urządzeniami mikromobilnymi wzrosła o około 21% w porównaniu z rokiem poprzednim (Commission, 2023). Przewiduje się, że dalszy rozwój przepisów prawnych i infrastruktury miejskiej może pomóc w zmniejszeniu liczby wypadków i poprawie bezpieczeństwa użytkowników tych pojazdów (Athens & Forum, 2024). Rekomendacje opublikowane w Safer Microbility Technical Background Report Uniwersytetu Athens obejmują między innymi:

- wprowadzenie limitu prędkości 30 km/h (lub mniejszego) w obszarach o wysokim natężeniu mikromobilności;
- ustalenie niskich limitów prędkości dla pojazdów mikromobilnych na przestrzeniach pieszych lub wspólnych;
- podejmowanie działań egzekucyjnych w stosunku do niebezpiecznej jazdy mikromobilnością: władze powinny wprowadzić i egzekwować kary za nielegalną jazdę mikromobilnymi pojazdami;
- ustalenie uniwersalnych wymagań technicznych dla projektów hulajnog elektrycznych;
- tworzenie i gromadzenie danych na temat różnych kategorii mikromobilności w statystykach dotyczących bezpieczeństwa.

Można zatem stwierdzić, że problem dotyczący bezpieczeństwa poruszania się na urządzeniach mikromobilnych został zauważony i pojawiły się zarówno konkretne regulacje prawne, jak też rekomendacje zmiany przepisów w tym zakresie zmierzające do wyeliminowania negatywnych zjawisk.

12.3. Regulacje prawne dotyczące użytkowania pojazdów autonomicznych

Pojazdy autonomiczne znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach, obecnie w ograniczonym jednak zakresie (np. transport wewnętrzny, transport na wydzielonych torach jazdy, a od niedawna także autonomiczne taksówki), ale coraz więcej miast i instytucji przeprowadza testy używania takich pojazdów także w celu wykorzystania ich do transportu miejskiego czy towarowego. Szczególnej uwagi zatem wymaga kwestia odpowiedzialności za szkody spowodowane przez pojazdy autonomiczne. Rozwój zastosowania sztucznej inteligencji w obszarze transportu powoduje konieczność przygotowania odpowiednich regulacji prawnych także w tym zakresie (Robaczyński, 2022).

Funkcjonowanie pojazdów autonomicznych na drogach publicznych dziś w dużej mierze jest jeszcze na etapie testów i ten aspekt został również zauważony przez ustawodawcę. Nowelizacja ustawy Prawo o ruchu drogowym (Dz. Ustaw, 2024) wprowadziła przepisy regulujące zasady wykorzystania dróg na potrzeby prac badawczych nad pojazdami autonomicznymi. Przepisy rozdziału piątego w oddziale szóstym wprowadzają definicję pojazdu autonomicznego: jest to pojazd samochodowy, wyposażony w systemy sprawujące kontrolę nad ruchem tego pojazdu i umożliwiające jego ruch bez ingerencji kierującego, który w każdej chwili może przejąć kontrolę nad tym pojazdem. Prowadzenie prac badawczych z udziałem takich pojazdów w ruchu drogowym na drogach publicznych, w szczególności na potrzeby zastosowania pojazdów autonomicznych w transporcie zbiorowym i realizacji innych zadań publicznych, jest możliwe pod warunkiem spełnienia

wymagań bezpieczeństwa i uzyskania zezwolenia na przeprowadzenie tych prac. Organ zarządzający ruchem na drodze, na której planuje się przeprowadzenie prac badawczych, wydaje zezwolenie na pisemny wniosek organizatora prac badawczych (art. 65l). Przed wydaniem zezwolenia przeprowadza się konsultacje z mieszkańcami gminy, na której terenie mają być przeprowadzone prace badawcze, a jedną z przesłanek odmowy wydania zezwolenia jest sprzeciw właściciela nieruchomości położonej wzdłuż planowanej trasy. Zezwolenie nie zostanie także udzielone, gdy istnieje niebezpieczeństwo, że prowadzenie prac badawczych będzie stanowić zagrożenie dla życia lub zdrowia ludzkiego albo mienia wielkiej wartości. Wnioskodawca jest zobowiązany także do zawarcia umowy obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej organizatora prac badawczych za szkody powstałe w związku z prowadzeniem prac badawczych związanych z prowadzeniem pojazdów autonomicznych. Podobne regulacje znajdziemy także w ustawodawstwach innych krajów. Przykładowo w Singapurze ramy prawne dotyczące testowania autonomicznych pojazdów w warunkach miejskich zostały ustanowione w ramach *Road Traffic (Amendment) Act*. Nowo dodane sekcje 6C, 6D i 6E umożliwiają przeprowadzanie prób technologii pojazdów autonomicznych oraz ich specjalne użycie na drogach publicznych. Przepisy te określają warunki, w tym wymagania dotyczące ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej, oraz obowiązek publikowania informacji o planowanych próbach. Ponadto w ustawie zawarto szczegóły dotyczące zasad bezpieczeństwa, które muszą spełniać uczestnicy badań oraz ich pojazdy (Gazette, 2017). Pojazdy autonomiczne muszą ponadto przejść test bezpieczeństwa, zanim zostaną dopuszczone do użytku na obszarach testowych (Singapore, 2018).

Nowe wyzwania w zakresie bezpieczeństwa stwarzają również nowe wyzwania w zakresie odpowiedzialności. Te wyzwania w zakresie odpowiedzialności należy uwzględnić, aby zapewnić taki sam poziom ochrony, z jakiego korzystają poszkodowani w kontekście tradycyjnych technologii, przy jednoczesnym utrzymaniu równowagi w stosunku do potrzeb innowacji technologicznych. Istniejące unijne i krajowe przepisy dotyczące odpowiedzialności są zasadniczo w stanie uwzględnić problematykę pojawiających się technologii, jednak zakres i łączne konsekwencje wyzwań związanych z AI mogą utrudniać poszkodowanym uzyskanie odszkodowania we wszystkich przypadkach, w których byłoby to zasadne (Komisja EU, 2020).

Na gruncie prawa polskiego odpowiedzialność za szkody komunikacyjne uregulowana jest w art. 435 oraz art. 436 par. 1 Kodeksu cywilnego. Artykuł 435 stanowi, iż odpowiedzialność za szkody spowodowane ruchem przedsiębiorstwa oparta jest na zasadzie ryzyka, artykuł kolejny zaś jest podstawą odpowiedzialności samoistnego posiadacza pojazdu mechanicznego, stanowiąc, iż także on ponosi odpowiedzialność na zasadzie ryzyka. Jednakże, gdy posiadacz samoistny oddał środek komunikacji w posiadanie zależne, odpowiedzialność ponosi posiadacz zależny.

Rozwiązania te są stosowane od lat, natomiast rozważyć należy, jak można je zastosować w przypadku szkód spowodowanych przez pojazdy autonomiczne. W przypadku tego typu pojazdów odpowiedzialny może być potencjalnie szeroki krąg osób. Zgodnie z cytowanymi powyżej przepisami Kodeksu cywilnego może być to kierujący pojazdem oraz posiadacz pojazdu, ale z uwagi na specyfikę pojazdów autonomicznych – także operator pojazdu, jego producent czy autor oprogramowania. W przypadku autonomicznego pojazdu szereg decyzji należeć będzie do jednostki sterującej. Teoretycznie autonomiczny system powinien unikać wypadku, ale co, jeśli zostanie postawiony w sytuacji bez wyjścia i do wypadku musi dojść? System będzie wtedy decydować, czy chronić zdrowie i życie użytkowników auta, czy osób postronnych (Stopczyński & Mazurkiewicz, 2018). Prawdopodobne jest, że w sytuacji krytycznej, gdy wjechanie w pieszycy, którzy znaleźli się przed pojazdem jest nieuniknione, system wybierze takie rozwiązanie, które polegać będzie na wykonaniu manewru, w którym poszkodowanych zostanie mniej osób, niż przy wyborze innej ewentualności. Niezależnie od przyczyn wyboru takiego bądź innego manewru w ruchu, przy oparciu odpowiedzialności na zasadzie ryzyka, z punktu widzenia poszkodowanego sytuacja się nie zmienia. Jeśli doznał on szkody wyrządzonej przez ruch pojazdu, to powstaje odpowiedzialność na zasadzie art. 436 Kodeksu cywilnego.

W realiach koncepcji Smart Cities znacznie łatwiejsze jest wprowadzenie systemów pojazdów autonomicznych kierowanych przez sztuczną inteligencję przy wydzielonym torze jazdy (metro, kolej). Przykładem takiego rozwiązania jest kolej Sky Line, obsługująca terminale pasażerskie na lotnisku we Frankfurcie (FA). Znacznie trudniejsze jest jednak wprowadzenie autonomiczności na poziomach 3, 4 i 5 (SAE, 2019) w warunkach ruchu drogowego na drogach publicznych. Konieczna jest wówczas koordynacja szeregu czynności w bardzo krótkim czasie i wśród innych uczestników ruchu, a zarazem wzrasta ryzyko wystąpienia zdarzenia, za które odpowiedzialność oparta jest na zasadzie ryzyka. Jak wyżej wspomniano, może to być także operator. Podobnie jest z producentem pojazdu bądź oprogramowania. Samochód autonomiczny, podobnie jak samochód konwencjonalny, może być produktem niebezpiecznym w rozumieniu przepisów Kodeksu cywilnego, którego odpowiedzialność za produkt jest również oparta na zasadzie ryzyka, lecz odpowiedzialność ta jest uzależniona od zakwalifikowania pojazdu jako niebezpiecznego produktu, co nie zawsze będzie możliwe. Art. 449 par. 1 Kodeksu cywilnego stanowi: kto wytwarza w zakresie swojej działalności gospodarczej (producent) produkt niebezpieczny, odpowiada za szkodę wyrządzoną komukolwiek przez ten produkt.

W kilku miastach Stanów Zjednoczonych funkcjonują już autonomiczne taksówki służące do przewozu pasażerów. Odpowiedzialność za szkody spowodowane przez pojazdy autonomiczne w USA jest kwestią skomplikowaną i zależy od wielu czynników, w tym poziomu autonomii pojazdu oraz lokalnych przepisów (NHTSA). Regulacje dotyczące odpowiedzialności za szkody spowodowane przez

autonomiczne pojazdy, w tym taksówki, są rozwijane przez różne agencje rządowe, w szczególności przez National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) oraz U.S. Department of Transportation (USDOT). Podstawowe regulacje tej odpowiedzialności wyglądają następująco:

1. Jeśli szkoda wynika z wady technicznej lub błędu oprogramowania, odpowiedzialność spada na producenta pojazdu. Dotyczy to takich problemów jak awarie sensorów, błędy algorytmów decyzyjnych czy wady konstrukcyjne wpływające na bezpieczeństwo pojazdu.
2. Firmy odpowiedzialne za rozwój systemów autonomicznych mogą zostać pociągnięte do odpowiedzialności w przypadku, gdy oprogramowanie zawiera błędy, które prowadzą do wypadków. Przykłady obejmują niewłaściwe rozpoznawanie obiektów, błędne mapy czy podatność na ataki cybernetyczne.
3. Właściciel floty lub indywidualny właściciel pojazdu może być odpowiedzialny za szkody, jeśli pojazd nie był odpowiednio konserwowany lub był użytkowany w sposób niezgodny z przeznaczeniem.
4. W pewnych przypadkach odpowiedzialność może spoczywać na władzach stanowych lub federalnych, szczególnie jeśli infrastruktura drogowa lub regulacje były niewystarczające do bezpiecznego użytkowania pojazdów autonomicznych (US Department, 2022).

Kolejną kwestią związaną z wykorzystywaniem pojazdów autonomicznych jest wykonywanie transportu drogowego rzeczy i związana z nim odpowiedzialność za załadunek i zabezpieczenie ładunku. Wykorzystanie pojazdów autonomicznych poruszających się bez udziału osoby kierującej sprawia, że także podczas załadunku nie będzie osoby, która ten proces będzie mogła kontrolować z ramienia przewoźnika. Tymczasem ocenia się, że do 25% wypadków z udziałem samochodów ciężarowych dochodzi wskutek niewłaściwego mocowania ładunku (EC, 2019). Odpowiedzialność za czynności załadunkowe uregulowana jest w Ustawie Prawo przewozowe (Dz. U. 1984, nr 53, poz. 272, art. 43), która nakłada obowiązek wykonywania czynności za- i rozładunkowych na nadawcę i odbiorcę. Są oni zobowiązani do wykonania ich zgodnie z przepisami Ustawy o drogach publicznych. Przez wiele lat dyskusyjną kwestią była odpowiedzialność za zamocowanie przewożonej przesyłki. Zostało to jednak ustalone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury „W sprawie sposobu przewozu ładunku” (Dz. U., poz. 361, 2018). Zgodnie z postanowieniami cytowanego rozporządzenia nadawcy nie mogą wyekspediować ładunku, jeśli nie zadbali o jego unieruchomienie zgodnie z normą PN EN 12195-1. Rozporządzenie wskazuje także, że o unieruchomieniu można mówić tylko w przypadku, gdy środki mocujące oraz metody ich zastosowania równoważą przemieszczanie się ładunku do 80% jego wagi w kierunku wzdłuż osi pojazdu do przodu (w przypadkach np. hamowania), oraz do 50% wagi ładunku

w pozostałych kierunkach. Oznacza to, że to nadawcy muszą przed załadunkiem dokonać prawidłowego zapotrzebowania na środki mocujące ładunek, dokonania ich jakościowej weryfikacji, a także sparametryzować ich liczbę i metody wykorzystania. Rozporządzenie nakłada zatem dosyć szerokie obowiązki na nadawców ładunku, ale ma także znaczenie dla przyszłych przewozów pojazdami autonomicznymi. Wprawdzie to nie przewoźnik a nadawca ponosi odpowiedzialność za sposób i metodę załadunku, jednak należy pamiętać, że powyższe regulacje nie zwalniają kierowcy z obowiązku kontrolowania i nadzorowania tego procesu. Kwestia ta nie jest co prawda jednoznacznie uregulowana w prawie polskim, ale można ją wywnioskować z różnych aktów prawnych (art. 471 Kodeksu cywilnego, Konwencja CMR) oraz praktyki przewozowej. Często nadawca lub odbiorca wymaga od kierowcy nadzoru nad procesem załadunku, co powinno być uregulowane w umowie przewozu. Dodatkowo odpowiednie zapisy w umowie i ubezpieczenie OC przewoźnika (OCP) mogą obejmować takie działania. Powstają zatem wątpliwości, co w sytuacji, gdy na miejscu załadunku kierowcy nie będzie w ogóle (co wynika ze specyfiki pojazdów autonomicznych). W obecnym stanie prawnym dla przewoźnika istotny jest moment załadunku towaru. Czynności, jakie jest zobowiązany przedsięwziąć przed jego przyjęciem, uregulowane są w art. 8 Konwencji CMR (1956). Otóż przewoźnik jest obowiązany sprawdzić: poprawność danych listu przewozowego dotyczących liczby sztuk, jak również ich cech i numerów, widoczny stan towaru i jego opakowania. Wszystkie te czynności pozwalają na uniknięcie dochodzenia roszczeń osoby uprawnionej do rozporządzenia towarem od przewoźnika za ewentualne szkody czy braki w towarze. Należy również pamiętać, że w przypadku, gdy przewoźnik nie ma możliwości sprawdzenia w wystarczający sposób danych wskazanych powyżej, powinien umieścić w liście przewozowym odpowiednią adnotację, zawierającą zastrzeżenia co do stanu towaru. Brak reprezentacji przewoźnika na miejscu załadunku może poważnie utrudnić mu reagowanie, gdy zastana na miejscu sytuacja istotnie różni się od zawartej umowy przewozu. W takich przypadkach, jeśli dojdzie do ewentualnej szkody w przewozie, będzie mu bardzo trudno wykazać, że dopełnił należytej staranności.

Reasumując powyższe rozważania, zagadnienia związane z odpowiedzialnością za szkody wyrządzone przez funkcjonowanie i ruch pojazdów autonomicznych będą stawiały nowe pytania wraz z rozwojem i faktycznym wprowadzaniem w życie nowych technologii opartych na AI.

Należy jednak wspomnieć, że odpowiednie wykorzystanie pojazdów autonomicznych pozwoli na odciążenie kierowcy w zakresie wykonywania jego czynności, których wykonywanie ograniczone jest dodatkowo przez przepisy dotyczące czasu pracy i czasu jazdy. Są one obecnie uregulowane (w zakresie czasu jazdy) w Rozporządzeniu 561 Parlamentu Europejskiego i Rady (Parlament UE, 2006). Ustawodawstwo krajowe reguluje natomiast czas pracy kierowców. Wspomniane regulacje bez wątpienia

przyczyniają się do podniesienia bezpieczeństwa w ruchu drogowym, ograniczają jednak działanie w często prozaicznych sytuacjach pojawiających się podczas wykonywania pracy przewozowej. W praktyce dość często zdarza się, że kierowca, który wykorzystał dzienną normę czasu prowadzenia pojazdu, nie może wykonać krótkiego przejazdu, np. z parkingu przedsiębiorstwa do rampy załadunkowej. Skutkuje to koniecznością wykorzystania innego pracownika bądź niemożnością wykonania załadunku, czego skutkiem będzie opóźnienie w dostarczeniu przesyłki. Przerwanie dziennego lub tygodniowego odpoczynku bądź przerwy stanowi bardzo poważne naruszenie przepisów Rozporządzenia 561. Wytyczna nr 3 Komisji Europejskiej (Komisja UE, 2006) umożliwia wprowadzenie przerwy odpoczynku bądź przerwy w celu przestawienia pojazdu na terenie terminalu, ale tylko w sytuacjach nagłych i nieprzewidzianych, na polecenie właściwego organu lub pracownika terminalu. Taki przypadek musi być także ręcznie zarejestrowany przez kierowcę oraz w razie możliwości potwierdzony przez właściwy organ, który wydał polecenie przestawienia pojazdu. Tak prozaiczne czynności, jak przemieszczanie się pojazdu na terenie placu manewrowego, dojazd czy odjazd do rampy załadunkowej, mogą być rozwiązane poprzez ograniczone wprowadzenie do ruchu pojazdów wyposażonych w technologię autonomicznego przemieszczania się, jeszcze zanim będzie możliwe ich niezależne poruszanie się po drogach publicznych. Czynności przemieszczania pojazdu może przejąć zdalnie operator pojazdu autonomicznego, natomiast kierowca może w tym czasie realizować odpoczynek dzienny bądź tygodniowy, nie będąc zmuszonym do pozostawiania w swoim pojeździe. Oznacza to zatem lepsze wykorzystanie czasu odpoczynku i umożliwienie rozpoczęcia czynności przewozowych znacznie wcześniej, co skutkuje zarazem bardziej efektywnym wykorzystaniem środków przewozowych, zwłaszcza że operator pojazdów autonomicznych może koordynować wiele takich procesów i operacji jednocześnie.

12.4. Regulacje prawne transportu w realiach Smart City na przykładzie Singapuru

Regulacje prawne mogą w sposób bardzo zdecydowany wpływać na funkcjonowanie transportu w miastach. Dzięki wprowadzanim przepisom można osiągać oczekiwane efekty, które nie byłyby możliwe poprzez stosowanie jedynie systemów zachęt czy wprowadzanie nowoczesnych technologii. W niniejszym podrozdziale przedstawione zostaną przykłady rozwiązań i regulacji prawnych w Singapurze. Inicjatywa inteligentnego miasta Singapur wywodzi się z ustanowionej przez rząd w 2014 roku „*Smart Nation Vision*”, opartej na wykorzystaniu technologii informacyjno-komunikacyjnych, a także sieci danych, dla podniesienia poziomu jakości życia w mieście. Jak dotąd najbardziej nowoczesne usługi w Singapurze zostały rozwinięte w transporcie oraz mobilności miejskiej.

Dynamiczny rozwój miasta spowodował zakłócenia w ruchu drogowym, które władze miasta starają się przeciwdziałać. Uruchomiony został *Parking Guidance System*, dający kierowcom informację o dostępności miejsc parkingowych w czasie rzeczywistym. System efektywnie wykorzystuje istniejące miejsca parkingowe, wyświetlając informacje na elektronicznych wyświetlaczach znakowych lub w aplikacji mobilnej użytkownika. Pomaga to kierowcom przestać jeździć „w kółko” w celu znalezienia miejsca, co z kolei ograniczyło korki w mieście. Następnie zainstalowano czujniki ruchu, kamery monitorujące, kalkulator czasu podróży i mapy drogowe, dzięki czemu Singapur jest jednym z najbardziej zorganizowanych krajów na świecie. Jak wspomniano, obok wprowadzanych rozwiązań technologicznych, wypracowywane są regulacje mające na celu poprawę funkcjonowania transportu, będące jednak także instrumentami ograniczającymi korzystanie z prywatnych samochodów. Przykładem takiego rozwiązania jest system *Certificate of Entitlement* (COE), który reguluje posiadanie samochodów w Singapurze (LTA, COEs, 2024). COE to certyfikat, który pozwala na rejestrację pojazdu w Singapurze i daje prawo do jego użytkowania przez 10 lat. Po upływie tego okresu certyfikat można odnowić za opłatą. COE jest przydzielany na podstawie systemu aukcyjnego i podzielony na pięć kategorii (Onemotoring, 2022):

- kategoria A: małe samochody (do 1600 cm³ i maksymalnie 130 koni mechanicznych);
- kategoria B: duże samochody (powyżej 1600 cm³ lub więcej niż 130 KM);
- kategoria C: pojazdy użytkowe (ciężarówki, autobusy);
- kategoria D: motocykle;
- kategoria E: otwarta kategoria (można jej użyć na dowolny typ pojazdu, oprócz motocykli).

Aby wziąć udział w aukcji COE należy założyć konto na platformie aukcyjnej zarządzanej przez *Land Transport Authority* (LTA), wymagana jest także wpłata zwrotnej kaucji (*bid deposit*), która wynosi 10% proponowanej przez wnioskodawcę oferty. Proces uzyskania COE w Singapurze odbywa się w formie aukcji elektronicznej organizowanej co dwa tygodnie. Składa się z następujących etapów:

1. Osoba zainteresowana musi zarejestrować się i wpłacić depozyt (*bid deposit*), którego wysokość zależy od kategorii COE.
2. Aukcja trwa przez trzy dni robocze. Uczestnicy składają swoje oferty online, określając maksymalną cenę, jaką są gotowi zapłacić.
3. Podczas aukcji widoczna jest aktualna minimalna cena akceptowalna dla każdej kategorii. Uczestnicy mogą modyfikować swoje oferty w czasie rzeczywistym.
4. Po zakończeniu aukcji, certyfikaty przyznawane są tym, którzy zaoferowali najwyższe kwoty, aż do wyczerpania dostępnych miejsc w danej kategorii.
5. Zwycięzcy opłacają pełną kwotę i otrzymują COE ważne przez 10 lat.

System ten, choć skuteczny w kontrolowaniu liczby pojazdów, sprawia, że ceny COE są wysokie ze względu na konkurencję i ograniczoną podaż. Koszt posiadania samochodu w Singapurze jest jednym z najwyższych na świecie. Wynika to głównie z konieczności uzyskania Certyfikatu Własności (COE), którego cena dla kategorii A wynosi obecnie około 102 000 SGD (~75 000 USD). To jednak tylko część wydatków, ponieważ dodatkowe opłaty obejmują wysokie podatki, ubezpieczenie oraz dodatkową opłatę rejestracyjną (ARF). System COE został wprowadzony, aby kontrolować liczbę pojazdów na drogach, zmniejszać korki i promować transport publiczny. Wysokie ceny wynikają z ograniczonej liczby certyfikatów dostępnych w systemie licytacyjnym oraz dużego popytu. Alternatywy, takie jak transport publiczny czy *car-sharing*, są znacznie bardziej przystępne i popularne wśród mieszkańców.

Kolejnym przykładem reglamentacji prawnej w zakresie transportu jest wdrożony w 1998 roku w Singapurze elektroniczny system poboru opłat drogowych (*Electronic Road Pricing* – ERP) jako sposób na zarządzanie ruchem drogowym i ograniczenie kongestii w centrum miasta (Ministry of Transport, 2022). ERP działa poprzez elektroniczne bramki, które wykorzystują technologię komunikacji radiowej krótkiego zasięgu (DSRC). Pojazdy wyposażone w urządzenia o nazwie *In-Vehicle Units* (IU) oraz inteligentne karty EZ-Link lub CashCard automatycznie uiszczają opłaty, gdy przejeżdżają pod bramkami. System opiera się na dynamicznym naliczaniu opłat, które są zmienne, w zależności od natężenia ruchu i pory dnia. Na przykład w godzinach szczytu opłaty są wyższe, aby zniechęcać do korzystania z dróg w tym czasie. Ceny są regularnie dostosowywane przez władze transportowe (LTA), w oparciu o monitorowane prędkości średnie, co pozwala utrzymać optymalny przepływ ruchu. Optymalny zakres prędkości ruchu to 45–65 km/h na drogach ekspresowych i 20–30 km/h na drogach przelotowych. Jeśli prędkość ruchu wzrośnie powyżej 65 km/h na drogach ekspresowych i 30 km/h na drogach przelotowych – opłaty ERP na tym odcinku zostaną obniżone. Z kolei stawki ERP zostaną podwyższone, jeśli ruch będzie wolniejszy niż 45 km/h na drogach ekspresowych i 20 km/h na pozostałych drogach (Ministry of Transport, 2022).

Warte uwagi są także regulacje dotyczące transportu mające na celu poprawę jakości życia pod względem środowiska naturalnego. Jeszcze w latach 90. ubiegłego wieku Singapur był jednym z najbardziej zanieczyszczonych państw na świecie. Głównymi źródłami zanieczyszczenia powietrza w Singapurze są emisje z przemysłu i pojazdów silnikowych. W ciągu ostatnich lat zrobiono jednak wiele dla poprawy jakości powietrza. Na początku lutego 2021 roku rząd zaprezentował „Zielony Plan 2030”, który ma przyspieszyć krajowy program zrównoważonego rozwoju. Plan, na czele którego stoi Ministerstwo Edukacji (MOE), Ministerstwo Rozwoju Narodowego (MND), Ministerstwo Zrównoważonego Rozwoju i Środowiska

(MSE), Ministerstwo Handlu i Przemysłu (MTI) oraz Ministerstwo Transportu (MOT) przedstawia zielone cele Singapuru na najbliższe 10 lat. Przykładowe wytyczne na rok 2030:

- osiągnięcie 75% udziału modalnego w masowym transporcie publicznym (tj. kolejowym i autobusowym) w godzinach szczytu;
- do 2030 roku autobusy elektryczne będą stanowić połowę publicznej floty autobusowej. Do 2040 roku istniejące autobusy z silnikami wysokoprężnymi zostaną zastąpione autobusami zasilanymi czystsza energią;
- rozbudowa sieci kolejowej do 360 km do początku lat 30.;
- rozbudowa sieci ścieżek rowerowych do około 1300 km;
- od 2025 roku wstrzymane zostaną nowe rejestracje samochodów z silnikami wysokoprężnymi;
- do 2025 r. wszystkie miasta HDB będą przystosowane do wykorzystywania pojazdów elektrycznych (EV) poprzez zainstalowanie ładowarek na wszystkich parkingach HDB¹.

Obecnie w Singapurze przepisy dotyczące emisji spalin są szczegółowo regulowane przez Environmental Protection and Management Vehicular Emissions Regulations (EPM-VER) (Singapore Statutes, 2021). Zgodnie z tymi przepisami wszystkie pojazdy, które mają zostać zarejestrowane w kraju, muszą spełniać określone standardy emisji, które są zbliżone do norm stosowanych w Unii Europejskiej i Japonii. Dodatkowo pojazdy importowane muszą przejść odpowiednie testy, aby wykazać, że nie przekraczają dozwolonych poziomów emisji szkodliwych substancji. Jeśli pojazd nie spełnia norm emisji, może zostać uznany za niezgodny z wymaganiami i nie zostanie dopuszczony do rejestracji.

Te regulacje są ściśle monitorowane przez National Environment Agency (NEA) (<https://www.nea.gov.sg/>), a w przypadku naruszenia przepisów osoby odpowiedzialne za import pojazdów mogą zostać pociągnięte do odpowiedzialności karnej. Dodatkowo VER daje również Dyrektorowi Generalnemu Ochrony Środowiska (mianowanemu na mocy ustawy o ochronie i zarządzaniu środowiskiem) uprawnienia, za zgodą Ministra Środowiska i Zasobów Wodnych, do zakazania lub ograniczenia ruchu pojazdów silnikowych dowolnej określonej klasy lub opisu na drogach w Singapurze, jeśli Dyrektor Generalny jest przekonany, że zakaz lub ograniczenie jest konieczne do ochrony zdrowia publicznego przed nadmiernym poziomem zanieczyszczenia powietrza.

1 HDB (*Housing and Development Board*), czyli Rada Mieszkaniowa i Rozwoju, to rządowa instytucja odpowiedzialna za planowanie, budowanie i zarządzanie publicznymi osiedlami mieszkaniowymi w Singapurze. HDB jest kluczowym elementem w polityce mieszkaniowej Singapuru, zapewniającym dostępność mieszkań dla obywateli. W kontekście przystosowania miast do pojazdów elektrycznych HDB obejmuje również instalację stacji ładowania pojazdów elektrycznych na parkingach swoich osiedli mieszkaniowych (H & DB, 2024).

Efektem wprowadzonych zmian i regulacji prawnych jest niski wskaźnik posiadania samochodu – który w Singapurze wynosi około 11%. W Stanach Zjednoczonych jest to prawie 80%, a w Europie nieco poniżej 50% (BDI, 2023).

Warte wzmianki są także regulacje prawne dotyczące transportu publicznego. Wprowadzona została zasada obowiązkowego ustąpienia pierwszeństwa przejazdu autobusom. W Singapurze nielegalne jest uniemożliwianie autobusom powrotu do ruchu po ich zatrzymaniu na przystanku (z wykorzystaniem tzw. *bus priority box*). Pomaga to skrócić czas podróży, utrzymując płynność autobusów.

Tabela 12.1. Priorytetowość dostępności pasów drogi dla autobusów

Dni	Czasowe pasy dla autobusów	Całodzienne pasy dla autobusów
Od poniedziałku do piątku	od 7.30 do 9.30, od 17.00 do 20.00	od 7.30 do 23.00
Sobota	nie obowiązuje	od 7.30 do 23.00
Niedziele i święta	nie obowiązuje	nie obowiązuje

Źródło: opracowanie własne na podstawie *LTA Bus priority schemes* (LTA, 2024).

Interesującym rozwiązaniem jest także wprowadzenie dwóch rodzajów buspasów (patrz tabela 12.1), kryterium podziału jest bądź czasowe, bądź całodzienne ich użytkowanie. Są one także odmiennie oznakowane. Takie rozwiązanie sprawia, że buspasy są używane w czasie, w którym są najbardziej potrzebne, natomiast poza godzinami szczytu komunikacyjnego mogą być używane przez wszystkich użytkowników dróg.

Omówione powyżej rozwiązania legislacyjne oraz regulacji ruchu drogowego w sposób wyraźny wpłynęły na zachowania użytkowników transportu oraz na realny kształt logistyki miejskiej w Singapurze. Ułatwienia dla poruszania się komunikacją zbiorową sprawiły, że stała się ona skuteczną alternatywą dla transportu prywatnego. Wprowadzone ograniczenia dotyczące zwiększania się liczby samochodów są wprawdzie dosyć kontrowersyjne, zahamowały jednak lawinowy przyrost samochodów w mieście, a także ograniczyły kongestię. Z uwagi jednak na to, że wraz z ich wprowadzeniem w sposób znaczący poprawiła się też możliwość poruszania się komunikacją publiczną, pojawiła się realna i skuteczna alternatywna metoda przemieszczania się. Było to możliwe w dużej mierze dzięki wprowadzeniu nowych regulacji prawnych w tym zakresie.

Zakończenie

W obliczu dynamicznych zmian technologicznych i wzrastających wymagań związanych z urbanizacją, regulacje prawne w zakresie mikromobilności, autonomicznego transportu oraz logistyki miejskiej w transporcie odgrywają kluczową rolę

w kształtowaniu zrównoważonej przyszłości miast. Wprowadzenie odpowiednich przepisów prawnych jest fundamentem do wdrażania nowoczesnych rozwiązań transportowych, które mają na celu zarówno poprawę mobilności, jak i minimalizowanie negatywnego wpływu transportu na środowisko.

Zrównoważony rozwój w transporcie, szczególnie w kontekście mikromobilności oraz autonomicznych pojazdów, wiąże się z koniecznością regulacji prawnych na poziomie krajowym i międzynarodowym. Odpowiednie przepisy muszą wspierać rozwój technologii, jednocześnie zapewniając bezpieczeństwo użytkowników oraz ochronę interesów społecznych. W tym kontekście regulacje takie jak te dotyczące pojazdów autonomicznych, transportu multimodalnego czy mikromobilności w ramach koncepcji Smart Cities, stanowią nie tylko odpowiedź na rosnące wyzwania urbanistyczne, ale także na potrzeby nowoczesnych systemów transportowych, które integrują innowacyjne technologie z polityką transportową i ochroną środowiska. Jednocześnie, aby rozwiązania te były skuteczne, niezbędna jest współpraca międzynarodowa. W szczególności na poziomie Unii Europejskiej kluczowe są inicjatywy takie jak Europejska Sieć Transportowa TEN-T oraz Biała Księga transportu, które stworzyły formalne ramy do tworzenia inteligentnych, ekologicznych i zrównoważonych systemów transportowych. Z kolei na poziomie krajowym wdrażanie regulacji prawnych przyczynia się do rozwoju lokalnego transportu zbiorowego. Ponadto odpowiednie stosowanie i wykładnia już obowiązujących przepisów (choćby w zakresie odpowiedzialności za szkody spowodowane potencjalnie przez pojazdy autonomiczne) wskazuje, że dość łatwo można rozszerzyć ich stosowanie na innowacyjne formy transportu. Omówiony przykład rozwiązań stosowanych w Singapurze wskazuje, iż regulacje prawne mogą zdecydowanie kształtować obraz logistyki miejskiej i wpływać na decyzje użytkowników w zakresie ich przemieszczania się.

Mikromobilność, pojazdy elektryczne i nowoczesne technologie transportowe wpisują się w strategię zmniejszenia zatorów drogowych, a także w promowanie bardziej ekologicznych form transportu w miastach. Jednakże, aby te rozwiązania mogły być skutecznie implementowane, muszą zostać opracowane odpowiednie przepisy prawne i normy bezpieczeństwa, które zapewnią ich integrację z istniejącymi systemami transportu publicznego oraz będą chronić użytkowników przed potencjalnymi zagrożeniami.

Podsumowując, przyszłość transportu (szczególnie w miastach) będzie w dużej mierze zależała od przemyślanej legislacji, która umożliwi rozwój technologii, przy jednoczesnym zachowaniu bezpieczeństwa, efektywności i zrównoważonego rozwoju. Stosowanie nowoczesnych rozwiązań wymaga skoordynowanych działań legislacyjnych, które będą wspierać te technologie i umożliwią ich pełne wykorzystanie w codziennym życiu miejskim.

Bibliografia

- Athens, N.T., & Forum, I. T. (2024). Raport Safer Micromobility: Technical Background Report. Athens. Pobrano z lokalizacji <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/safer-micromobility-technical-report.pdf>
- BDI. (2023). Car Ownership Singapore – A comprehensive guide to car ownership in Singapore. Pobrano z lokalizacji <https://www.budgetdirect.com.sg/car-insurance/research/car-ownership-singapore>
- Commission, U.C. (2023). E-Scooter and E-Bike Injuries Soar: 2022 Injuries Increased Nearly 21%. Pobrano z lokalizacji <https://www.cpsc.gov/Newsroom/News-Releases/2024/E-Scooter-and-E-Bike-Injuries-Soar-2022-Injuries-Increased-Nearly-21>
- Deutscher Stadtetag. (2023). Raport Neue Regeln der multimodalen Straße: Erkenntnisse aus einer Analyse der Regulierung von E-Scootern in Deutschland und den USA Deutscher Städtetag Berlin und Köln. Pobrano z lokalizacji <https://www.staedtetag.de/publikationen/weitere-publikationen/2023/fachveroeffentlichung-e-scooter-regulierung-deutschland-usa>
- Dz. U. 1984, nr 53, poz. 272 (1984). Prawo przewozowe. Pobrano z lokalizacji <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU19840530272/U/D19840272Lj.pdf>
- Dz. U., poz. 361 (2018). Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie sposobu przewozu ładunku. Pobrano z lokalizacji <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20180000361/O/D20180361.pdf>
- Dz. Ustaw (2024). Prawo o ruchu drogowym. Pobrano z lokalizacji <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20240001251/O/D20241251.pdf>
- EC (1992). Council Directive 92/106/EEC on the establishment of common rules for certain types of combined transport of goods between Member States. Bruksela. Pobrano z lokalizacji <http://data.europa.eu/eli/dir/1992/106/oj>
- EC (2019). EC Security Guidance for the European Commercial Road Freight Transport Sector. Pobrano z lokalizacji https://transport.ec.europa.eu/document/download/4d-cd1d96-d190-42d9-948a-bb1fe34c2554_en?filename=roadsec-abridged-version_en.pdf
- EC (2021). Sustainable urban mobility. Strasbourg. Pobrano z lokalizacji <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ad816b47-8451-11ec-8c40-01aa75ed71a1>
- EC (2022). EU Road Safety: Towards “Vision Zero”. Pobrano z lokalizacji https://cinea.ec.europa.eu/publications/eu-road-safety-towards-vision-zero_en
- ETSC (2023). Recommendations on Safety of E-scooters. Pobrano z lokalizacji https://etsc.eu/wp-content/uploads/2023_02_e-scooter_recommendations_ETSCPACTS_final.pdf
- FA (brak daty). The Sky Line People Mover Highlights. Frankfurt. Pobrano z lokalizacji <https://terminal3.frankfurt-airport.com/en/sky-line-people-mover>
- Gazette, G. (2017). Road Traffic (Amendment) Republic of Singapore. Singapore. Pobrano z lokalizacji <https://sso.agc.gov.sg/Acts-Supp/10-2017/Published/20170321170000?DocDate=20170321170000>

- H & DB (2024). Delivering Flats to Meet Housing Demand in 2025. Singapore. Pobrano z lokalizacji <https://www.hdb.gov.sg/cs/infoweb/homepage>
- IESE (2024). Ranking Cities in Motion. Navarra: Business School, University of Navarra.
- IMD (2024). Smart City Index. *World Competitiveness Center*. International Institute for Management Development.
- Komisja EU (2020). Sprawozdanie na temat wpływu sztucznej inteligencji, internetu rzeczy i robotyki na bezpieczeństwo i odpowiedzialność. Bruksela. Pobrano z lokalizacji <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=CELEX:52020DC0064#>
- Komisja UE (2006). Prawo socjalne w transporcie drogowym (WE) nr 561/2006, dyrektywa 2006/22/WE, rozporządzenie (EWG) nr 3821/85. Pobrano z lokalizacji https://transport.ec.europa.eu/document/download/d0f5465c-b85b-4930-9dbe-93d2e105a58d_pl?filename=guidance_3_pl.pdf
- Komisja UE (2011). Biała Księga. *Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*. Bruksela: Komisja Europejska. Pobrano z lokalizacji <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:PL:PDF>
- Komisja UE (2013). Wspólne dążenie do osiągnięcia konkurencyjnej i zasobooszczędnej mobilności. Bruksela. Pobrano z lokalizacji https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:82155e82-67ca-11e3-a7e4-01aa75ed71a1.0003.01/DOC_1&format=PDF
- Konwencja o umowie międzynarodowego przewozu drogowego towarów (CMR). (1956). Genewa. Pobrano z lokalizacji <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/konwencja-o-umowie-miedzynarodowego-przewozu-drogowego-towarow-cmr-i-16785474>
- LTA (2024). Bus Priority Schemes. Singapore. Pobrano z lokalizacji https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/who_we_are/our_work/public_transport_system/bus/bus_priority_schemes.html
- LTA (2024). Certificate of Entitlement (COEs) Quota for February 2025 to April 2025. Singapore. Pobrano z lokalizacji https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/newsroom/2025/1/news-releases/coe_quota_for_feb25_to_apr25.html
- McKinsey & Company (2023). Infrastructure technologies: Challenges and solutions for smart mobility in urban areas. Pobrano z lokalizacji <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/infrastructure-technologies-challenges-and-solutions-for-smart-mobility-in-urban-areas>
- Milaszewicz, D., & Ostabowicz, B. (2011). Warunki zrównoważonego rozwoju transportu w świetle dokumentów UE. *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego*, 24, 108.
- Ministerstwo Infrastruktury (2021). Nowe przepisy dotyczące hulajnog elektrycznych i urządzeń transportu osobistego. Pobrano z lokalizacji <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/nowe-przepisy-dotyczace-hulajnog-elektrycznych-i-urzadzen-transportu-osobistego2>

- Ministerstwo Infrastruktury (2021). Transeuropejska sieć transportowa – TEN-T. Parlament Europejski i Rada (UE). Pobrano z lokalizacji <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32021R1153>
- Ministry of Transport (2022). How ERP works as a speed booster. Singapore. Pobrano z lokalizacji <https://www.mot.gov.sg/what-we-do/motoring-road-network-and-infrastructure/Electronic-Road-Pricing>
- NHTSA (brak daty). Automated Vehicles for Safety. Pobrano z lokalizacji <https://www.nhtsa.gov/vehicle-safety/automated-vehicles-safety>
- Onemotoring (2022). Certificate of Entitlement (COE). Singapore. Pobrano z lokalizacji <https://onemotoring.lta.gov.sg/content/onemotoring/home/buying/upfront-vehicle-costs/certificate-of-entitlement--coe-.html>
- Parlament EU (2018). Droga do zautomatyzowanej mobilności: strategia UE na rzecz mobilności w przyszłości. *COM/2018/283 final*. Bruksela. Pobrano z lokalizacji <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52018DC0283>
- Parlament EU (2019). Jazda autonomiczna w transporcie europejskim. *Rezolucja w sprawie jazdy autonomicznej w transporcie europejskim (2018/2089(INI))*. Pobrano z lokalizacji <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019IP0005>
- Parlament UE (2006). Rozporządzenie (WE) nr 561/2006 w sprawie harmonizacji niektórych przepisów socjalnych odnoszących się do transportu drogowego oraz zmieniające rozporządzenia Rady (EWG) nr 3821/85 i (WE) 2135/98 oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 3820/85. Pobrano z lokalizacji <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzienniki-UE/rozporzadzenie-561-2006-w-sprawie-harmonizacji-niektorych-przepisow-67599725>
- Robaczyński, W. (2022). Odpowiedzialność za szkody wyrządzone przez pojazdy autonomiczne. *Forum Prawnicze*, 1(69), 67–84.
- SAE (2019). Poziomy autonomiczności J3016. Pobrano z lokalizacji <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>
- Singapore, LT (2018). Autonomous vehicles must pass safety test before being allowed in trial areas. Singapore. Pobrano z lokalizacji <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/newsroom/2018/11/3/autonomous-vehicles-must-pass-safety-test-before-being-allowed-in-trial-areas.html>
- Singapore Staues (2021). Standard for noise emission for new motor vehicles. Singapore. Pobrano z lokalizacji <https://sso.agc.gov.sg/SL/EPMA1999-RG6?DocDate=20120629&ProvIds=Sc4->
- Stopczyński, B., & Mazurkiewicz, G. (2018). Autonomizacja pojazdów a transport drogowy. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie, Zarządzanie logistyczne – wyzwania przyszłości*, 19(5), 373–387.
- UNECE (1987). Raport: Sustainable development – concept and action. The United Nations Economic Commission for Europe. Pobrano z lokalizacji https://unece.org/fileadmin/DAM/oes/nutshell/2004-2005/focus_sustainable_development.htm

US Department of Transportation, F. H. (2019). Pg 1–7: The Basics of Micromobility and Related Motorized Devices for Personal Transport. Pobrano z lokalizacji <https://highways.dot.gov/safety/pedestrian-bicyclist/safety-tools/pg-1-7-basics-micromobility-and-related-motorized-devices>

US Department of Transportation, F. H. (2022). USDOT Automated Vehicles Activities. Pobrano z lokalizacji <https://www.transportation.gov/AV>

Smart City w procesach transformacji i rewitalizacji

Marcin Lis

Akademia WSB

ORCID 0000-0001-7046-591X

Mariusz Raczek

Akademia WSB

ORCID 0000-0002-7262-6358

Krzysztof Wrana

Akademia WSB

ORCID 0000-0001-5655-5644

Wstęp

W rozdziale przedstawiono zależności pomiędzy Smart City, sprawiedliwą transformacją i rewitalizacją. Obserwacja procesu transformacji oraz analiza strategii miast województwa śląskiego wskazują, że są to pojęcia kluczowe z punktu widzenia kształtowania nowej struktury społeczno-gospodarczej, wzmacniania odporności miast oraz poprawy jakości życia mieszkańców. Głównym celem rozważań jest przedstawienie ewolucji koncepcji Smart City oraz wskazanie możliwości wykorzystania podejścia Smart City do skuteczniejszej realizacji zamierzeń związanych ze sprawiedliwą transformacją i rewitalizacją. Artykuł bazuje na praktycznych doświadczeniach zdobytych przez zespół autorów w trakcie prac analitycznych,

strategicznych i projektowych prowadzonych dla samorządów lokalnych w województwie śląskim.

Słowa kluczowe: Smart City, sprawiedliwa transformacja, rewitalizacja, inteligencja miejska

13.1. Współczesne wyzwania stojące przed miastami

Miasta są systemami, które podlegają ciągłym przekształceniom wynikającym zarówno z przesłanek wewnętrznych, jak również z procesów w otoczeniu – lokalnym, regionalnym, krajowym, a także globalnym. Zmianie ulegają wyzwania, przed którymi stają władze lokalne, ewoluują oczekiwania i postawy członków społeczności lokalnej, zmieniają się kryteria oceny środowiska lokalnego przez mieszkańców, przedsiębiorców czy aktywistów społecznych, a także przez podmioty z otoczenia zainteresowane rozwojem danego miasta (np. inwestorzy, turyści oraz potencjalni mieszkańcy). Zjawiska te wywierają stałą presję na poszukiwanie nowych polityk rozwoju lokalnego oraz narzędzi wspierających ich realizację. Celem rozważań w niniejszym artykule jest syntetyczne przedstawienie głównych kierunków zmian w politykach lokalnych miast województwa śląskiego¹.

Miasta te stanowią interesujący pod względem naukowym przykład ośrodków, które stoją przed ważkimi wyzwaniami. Są to – mimo oczywistych różnicowań wielkościowych czy strukturalnych – miasta, które ponownie określić muszą swój charakter i dokonać głębokich przekształceń w kierunku zbudowania nowej atrakcyjności i stworzenia solidnych fundamentów konkurencyjności w wymiarze globalnym. Charakterystycznymi cechami tego złożonego procesu są wielowymiarowość, wieloaspektowość i wielopodmiotowość, które determinują konieczność uwzględnienia zróżnicowanych czynników oraz włączenie w kreowanie i realizację polityki lokalnej wielu podmiotów reprezentujących różne sektory. Obserwowane w miastach województwa śląskiego procesy wskazują na szczególne zainteresowanie samorządów lokalnych takimi kwestiami, jak:

- podnoszenie jakości usług i udogodnień wspierających codzienne funkcjonowanie mieszkańców oraz dostarczających możliwości realizacji aspiracji w wymiarze osobistym, rodzinnym i zawodowym;

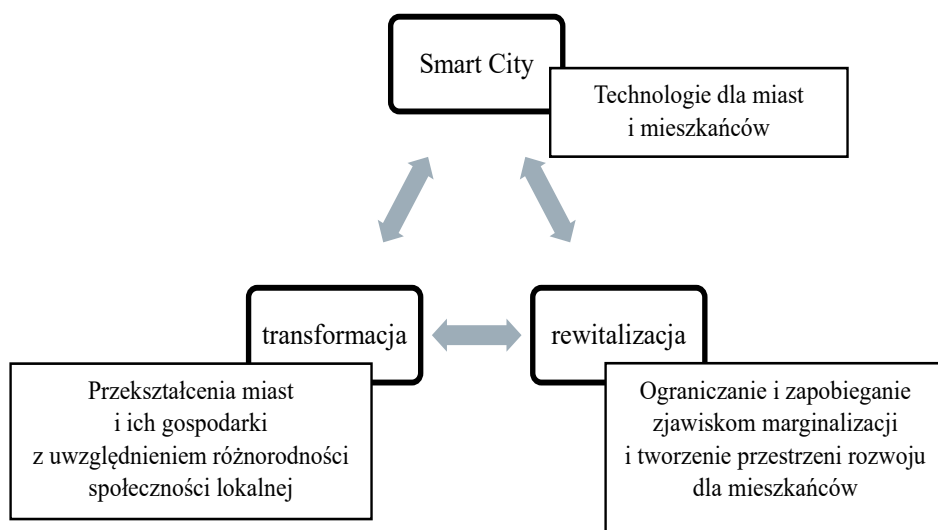
1 Przedstawione w artykule wnioski zostały oparte na wynikach szeregu prac realizowanych przez zespół Centrum Rozwoju Regionalnego Akademii WSB w latach 2019–2024 (w tym: strategie rozwoju miast, np. Bytomia, Świętochłowic, Piekar Śląskich, Tarnowskich Gór, programów rewitalizacji, np. Zabrze, Gliwic, Piekar Śląskich, Tarnowskich Gór, strategii miejskich obszarów funkcjonalnych i subregionów, strategii dziedzinowych, np. strategii smart city dla Siemianowic Śląskich, rozwoju kultury dla Bielska-Białej itp., a także organizowanych przez Akademię WSB wydarzeń z udziałem świata nauki, biznesu, samorządu. W szczególności opierano się na wynikach bezpośrednich konsultacji, które były prowadzone ze środowiskami lokalnymi w formie ankiet, warsztatów, wywiadów, czy konsultacji, a także dialogu z politykami lokalnymi.

- tworzenie nowej gospodarki, w szczególności rozwój branż i miejsc pracy zapewniających podtrzymanie i stopniowy wzrost poziomu życia mieszkańców, a także wykorzystanie lokalnego kapitału intelektualnego;
- usuwanie i zapobieganie nadmiernemu rozwarstwieniu społecznemu, co podyktowane jest dążeniem do niwelowania konfliktów społecznych i zjawisk marginalizacji, ale także świadomością znaczenia aktywizowania kapitału ludzkiego dla dynamizowania procesów rozwoju lokalnego.

Powyższe punkty ciężkości polityk lokalnych można sprowadzić do trzech współzależnych idei i powiązanych z nimi aktywności:

- Smart City,
- transformacji,
- rewitalizacji.

Rysunek 13.1. Punkty ciężkości przekształceń miast



Źródło: opracowanie własne.

Jakkolwiek wskazane terminy funkcjonują obok siebie, to podkreślić należy głęboką synergię pomiędzy nimi, wynikającą z coraz bogatszego i pełniejszego interpretowania każdego z tych pojęć. Jak zostanie to przedstawione w dalszych częściach rozdziału, Smart City to już nie tylko obszar zastosowań nowych technologii w mieście, ale przede wszystkim kreowanie przyjaznego środowiska życia mieszkańców. Transformacja to coś znacznie więcej, niż przekształcanie struktury gospodarczej miasta, zaś rewitalizacja przestaje koncentrować się na działaniach zorientowanych na poprawę jakości przestrzeni czy remont zdewastowanych

obiektów. Każde z tych pojęć ujmuje w wieloaspektowy sposób jakość życia mieszkańców, a różnice dotyczą przede wszystkim priorytetów, na których koncentrują się działania w ramach polityk lokalnych.

13.2. Ewolucja terminu *Smart City*

W przypadku miast inteligentnych zwraca uwagę długotrwała i głęboka ewolucja terminu *Smart City*. Wśród punktów wyjścia można wskazać definicję określającą *Smart City* jako miasto wykorzystujące technologie informacyjno-komunikacyjne w celu zwiększenia interaktywności i wydajności infrastruktury miejskiej i jej komponentów składowych oraz podniesienia świadomości mieszkańców (Azkuna, 2012).

W poszerzonym ujęciu *Smart City* dotyczy inteligencji struktury terytorialnej, administracyjnej lub funkcjonalnej (miasta, powiatu lub gmin składających się na obszar funkcjonalny: konurbacji, aglomeracji, metropolii), której podstawowymi atrybutami determinującymi inteligencję są (Kominos, 2008):

- populacja lokalna, cechująca się wysokim poziomem kreatywności, wykorzystująca wiedzę i tworząca klastry wiedzy;
- instytucje, procedury i sieci przyczyniające się do tworzenia, cyrkulacji (udostępniania i nabywania) oraz gospodarowania (adaptacja i rozwój) wiedzą;
- kompetencje innowacyjne, kluczowe dla wdrażania inteligentnych dostosowań (zdolność do innowacji, zarządzania i rozwiązywania problemów, które pojawiają się po raz pierwszy; innowacyjność i zarządzanie w warunkach niepewności jako kluczowe zdolności do oceny inteligencji);
- powszechna dostępność infrastruktury i usług cyfrowych (infrastruktura szerokopasmowa, cyfrowe przestrzenie, e-usługi oraz narzędzia online do zarządzania wiedzą).

Punktem wyjścia dla powyższej definicji jest populacja lokalna i jej cechy powiązane z inteligencją. Co więcej, akcentowany jest wspólnotowy wymiar tworzenia i wykorzystywania wiedzy i kreatywności. Technologia, z którą *Smart City* jest powszechnie kojarzone, odgrywa rolę wspierającą, nie podstawową, a idea *Smart City* pod względem zawartości zbliża się do złożonych koncepcji rozwoju lokalnego, dotyczących rozwoju zrównoważonego (PN-ISO, 2017).

Inteligencja miasta to niewątpliwie wartość złożona, na którą składa się wiele różnych zdolności i kapitałów. Generalną refleksję na temat inteligencji miasta można poczynić na gruncie definicji inteligencji wielorakiej Howarda Gardniera.

Tabela 13.1. Interpretacja typów inteligencji w kontekście miasta

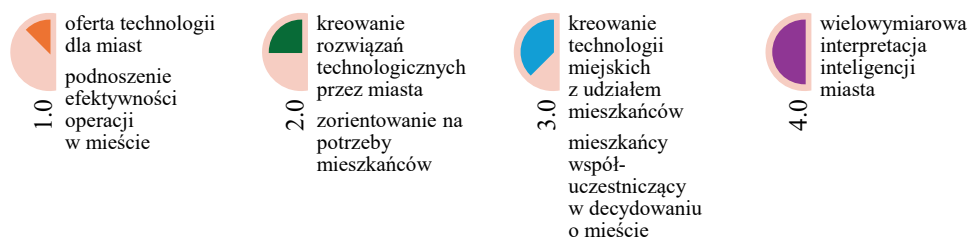
Typ inteligencji	Interpretacja miejska
logiczno-matematyczna	• zdolność do dostrzegania zależności w systemie miejskim, identyfikowania kluczowych elementów składających się na system oraz wpływu ich przekształceń na stan miasta; • tego typu zdolność może być widziana jako fundamentalna dla tworzenia strategii, w szczególności zaś do ustalania priorytetów strategicznych, a co za tym idzie – koncentrowania uwagi na motorycznych czynnikach i procesach decydujących o sytuacji i perspektywach miasta; • jest to także zdolność pozwalająca na wyciąganie wniosków z doświadczeń oraz kreowania prawdopodobnych scenariuszy przyszłości w oparciu o analizę sukcesów i porażek;
językowa	• zdolność do tworzenia i rozumienia kodów kulturowych integrujących lokalną społeczność, kreowanie pozytywnych emocji otwierających mieszkańców na tworzenie wspólnej przyszłości; • emanacją tej zdolności jest wizja rozwoju miasta skupiająca myślenie mieszkańców na współpracy i osiągnięciu wspólnego dobra;
przyrodnicza	• wrażliwość ekologiczna oraz zdolność do dostrzegania zależności między rozwojem społeczno-ekonomicznym a środowiskiem przyrodniczym; • ściśle związana z rozwojem zrównoważonym umiejętność rezygnowania ze ścieżek rozwoju prowadzących do degradacji środowiska i wyboru takich kierunków, które wspierają homeostazę systemu miejskiego;
muzyczna	• może być interpretowana jako zdolność do odczytywania i kształtowania rytmów miasta, sterowania natężeniem funkcji w różnych przestrzeniach i różnych okresach (w ujęciu dobowym lub sezonowym), z uwzględnieniem interesu podmiotów o zróżnicowanych oczekiwaniach;
przestrzenna	• wrażliwość na sposób organizacji przestrzeni; • docenianie i poszanowanie wielowymiarowo rozumianego ładu przestrzennego (kulturowego, technicznego, przyrodniczego, społecznego, ekonomicznego); • zdolność do zapewniania spójności przestrzennej miasta poprzez właściwie zorganizowane połączenia transportowe, umiejętność odkrywania przestrzeni symbolicznych i ich wykorzystywania w celu kształtowania społecznej tkanki miejskiej;
cielesno-kinestetyczna	• sposób organizacji miasta zapewniający jego dostępność różnym użytkownikom; • może dotyczyć dostosowania przestrzeni poprzez projektowanie uniwersalne, ale także dostępu do informacji wspierającej korzystanie z pełnego wachlarza usług i udogodnień dedykowanych różnym podmiotom;

Typ inteligencji	Interpretacja miejska
interpersonalna	• otwartość miasta i jego mieszkańców; • wysoki poziom empatii względem innych członków społeczności lokalnej; • odpowiedzialność za innych mieszkańców; • skłonność do wzajemnego wspierania się i pomocy sąsiedzkiej; • to także sprawność miasta w zakresie oferowania usług wspierających integrację społeczności lokalnej; • w ujęciu dynamicznym ten rodzaj inteligencji może być interpretowany jako zdolność do przekształcania się w korelacji z przemianami międzygeneracyjnymi;
intrapersonalna	• umiejętność określania własnych potrzeb oraz rozumienia swojej sytuacji w otoczeniu; • w odniesieniu do mieszkańców oznacza to zdolność do dostrzegania szans udostępnianych przez miasto i wspierających osiągnięcie reprezentowanych aspiracji; • jest także związane z ograniczaniem postaw roszczeniowych i podnoszeniem umiejętności rozumienia subiektywnych przyczyn problemów i niedogodności; • w kontekście bardziej generalnym to rzetelny monitoring sytuacji miasta – oparty na profesjonalnych pomiarach, a nie politycznych przesłankach zmierzających do budowania optymistycznego lecz zafałszowanego obrazu miasta.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Gardner, 2002).

Analizując powyższe typy inteligencji można zauważyć, że dotyczyć one mogą zarówno miasta, jak też poszczególnych mieszkańców. Różnorodność typów inteligencji zwraca uwagę na konieczność stałego poszerzania perspektywy myślenia o idei Smart City.

Rysunek 13.2. Generacje Smart City – od technologii do ujęcia systemowego



Źródło: opracowanie własne na podstawie (Kinelski, 2022).

Zmiany w pojmowaniu pojęcia Smart City stanowią dobry pretekst do wyodrębniania kolejnych generacji tego pojęcia. W obecnym kształcie podejście Smart City w coraz większym stopniu przeniknięte jest ideami partnerstwa i partycypacji. Technologia nie jest już punktem wyjścia do kreowania rozwiązań dla miast, lecz traktowana jest jako narzędzie, którego użyteczność jest interpretowana przez pryzmat potrzeb i pomysłów społeczności lokalnej. Stąd też coraz powszechniejsze jest operowanie pojęciem Human Smart City, akcentującym centralną rolę mieszkańców w kształtowaniu przyszłości miast.

13.3. Idea Human Smart Cities w nurcie smart

Realnym przykładem uspołecznionego ujęcia Smart City w polskich warunkach są rozwiązania wypracowane przez miasta w ramach ministerialnego projektu „Human Smart Cities. Inteligentne miasta współtworzone przez mieszkańców”. Na uwagę zasługuje zastosowanie w projekcie szerokie ujęcie treści miast inteligentnych. Wśród obszarów tematycznych uwzględniono między innymi takie zagadnienia jak (Human Smart Cities, 2017)²:

- społeczne i technologiczne innowacje mieszkaniowe, m.in. energooszczędność, polityka senioralna, projektowanie uniwersalne, zielone budownictwo;
- zrównoważone osiedla mieszkaniowe (*smart districts*), w szczególności modelowanie procesów suburbanizacji na rzecz tworzenia struktur lokalnych zapewniających niezbędne usługi i gwarantujących wysoką jakość życia mieszkańców;
- innowacyjne rozwiązania na rzecz wsparcia partycypacji społecznej jako element niezbędny dla inteligentnego miasta współtworzonego przez mieszkańców (3.0 Human Smart City);

2 „Human Smart Cities. Inteligentne miasta współtworzone przez mieszkańców” – projekt dofinansowany ze środków Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014–2020 w ramach konkursu dotacji ogłoszonego przez Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju; projekt był realizowany w latach 2017–2023, a w jego realizacji wzięły udział 24 miasta (zaliczane głównie do miast małych i średnich, w szczególności tracących funkcje społeczno-gospodarcze).

- inteligentne rozwiązania w zakresie zrównoważonej mobilności w obszarze funkcjonalnym miasta, obejmujące m.in. elektromobilność, ze szczególnym uwzględnieniem publicznego bezemisyjnego zbiorowego transportu miejskiego, systemy zarządzania i monitorowania ruchu pieszego i kołowego oraz informacji parkingowej;
- inteligentne sieci (*smart grids*) do zarządzania gospodarką komunalną; tworzenie rozwiązań teleinformatycznych do zarządzania sieciami przesyłowymi energii, ciepłowniczymi, gazowniczymi, sieciami wodociągowymi, gospodarką odpadami, oświetleniem ulic;
- Internet rzeczy (IoT) jako narzędzie lepszego zarządzania miastem, w szczególności monitorowania jakości powietrza, natężenia ruchu pieszego i kołowego, gospodarki odpadami, sieci przesyłowych etc.;
- ekotechnologie i ekorozwiązania – m.in. gospodarka cyrkularna, innowacyjne rozwiązania ekologiczne, ekomiasto – zintegrowane zarządzanie bioklimatyczne, przeciwdziałanie zanieczyszczeniu powietrza w miastach;
- efektywne i innowacyjne wykorzystanie danych o mieście oraz jego mieszkańcach i użytkownikach (m.in. wykorzystanie big „urban” data, otwieranie danych, bezpieczeństwo danych w systemach inteligentnych, interoperacyjność, obywatelskie rozwiązania oparte na otwartych danych);
- audyt miejski, w szczególności tworzenie zintegrowanych, otwartych, trwałych i cyklicznie uzupełnianych oraz przyjaznych użytkownikom baz danych i bieżącego systemu monitorowania.

Fundamentalnym warunkiem, który musi być spełniony, aby idea Human Smart City była wdrażana w praktyce, jest szerokie włączenie podmiotów lokalnych w proces strategiczny. Jednak w praktyce założenie to – jakkolwiek słuszne, a wręcz zdroworozsądkowe – napotyka na istotne bariery. W pierwszym rzędzie wskazać należy na dysonans kompetencyjny aktorów rozwoju lokalnego. Kształtowanie rozwoju miasta w układzie partnerstwa lokalnego wymaga pewnego niezbędne-go poziomu wiedzy i świadomości uczestników tego procesu. Współczesne miasta są tworem o wysokim stopniu złożoności. Kreowanie oryginalnych, a przez to szczególnie wartościowych wizji strategicznego rozwoju powinno być procesem czerpania wiedzy i pomysłów użytkowników miasta. Niestety, faktem powszechnie znanym jest ograniczona, a może lepiej powiedzieć wycinkowa wiedza mieszkańców o mieście. Prowadzi to do partykularyzmów w procesie kreowania wizji rozwoju lokalnego. Swoista specyfika dotyczy także zainteresowania mieszkańców zagadnieniami rozwoju lokalnego. Zwykle jest to zainteresowanie *ex post*, po implementacji pewnych decyzji, a nie na etapie ich planowania i uzgadniania.

Trudności w tym zakresie potęgują także niekonkurencyjne kanały (i treści) komunikacji władzy lokalnej z mieszkańcami. Można odnieść wrażenie, że brakuje zróżnicowania polityki informacyjnej uwzględniającej odmienne potrzeby

i postawy różnych grup mieszkańców. Tradycyjne formy komunikacji są coraz mniej skuteczne, co powoduje, że z treściami dotyczącymi miasta – w zalewie innych informacji o świecie – trudno przebić się do świadomości mieszkańców. Niezwykle groźna jest także pogłębiająca się luka w kapitale zaufania („my” *versus* „oni”). Przyczynia się do tego przenoszony na poziom lokalny „krajowy” (a być może wręcz globalny) spór polityczny i coraz bardziej krytyczne postrzeganie klasy politycznej. Polaryzacja polityczna i temperatura polemiki między ugrupowaniami politycznymi pozostawiają coraz mniej pola na dialog i konsensus. Innym problemem jest niepewność rezultatu końcowego procesu partycypacyjnego – czy to w kontekście formułowania dokumentów lokalnych, czy to w aspekcie uzgadniania innych decyzji dotyczących społeczności lokalną. W miastach województwa śląskiego widoczne jest dążenie do uspołecznienia procesów decyzyjnych – po części wymagane przez uregulowania prawne, a po części wynikające z przekonania o wartości procesu partycypacyjnego. Dostrzegalne jest jednak wyraźne zmęczenie mieszkańców konsultacjami, a nawet zagubienie w natłoku warsztatów, ankiet i innych form konsultacji (szczególnie widoczne w ostatnim czasie, kiedy w miastach powstają strategie rozwoju, programy rewitalizacji, strategie rozwiązywania problemów społecznych i inne dokumenty). Nie do końca są również satysfakcjonujące dla mieszkańców rezultaty konsultacji (opinie typu: „Strategia? To już było i żadnych rezultatów nie widać”, „Już braliśmy udział w pracach nad strategią, ale potem o nas zapomniano”). Wpływa to na niechęć do zainwestowania własnego czasu w pełny proces konsultacyjny i implementacyjny. Wszystkie wymienione deficyty można bezpośrednio powiązać z narzędziami Human Smart City, odnoszącymi się do lokalnej polityki informacyjnej (w szczególności udostępnianie w przyjaznej formie danych o mieście).

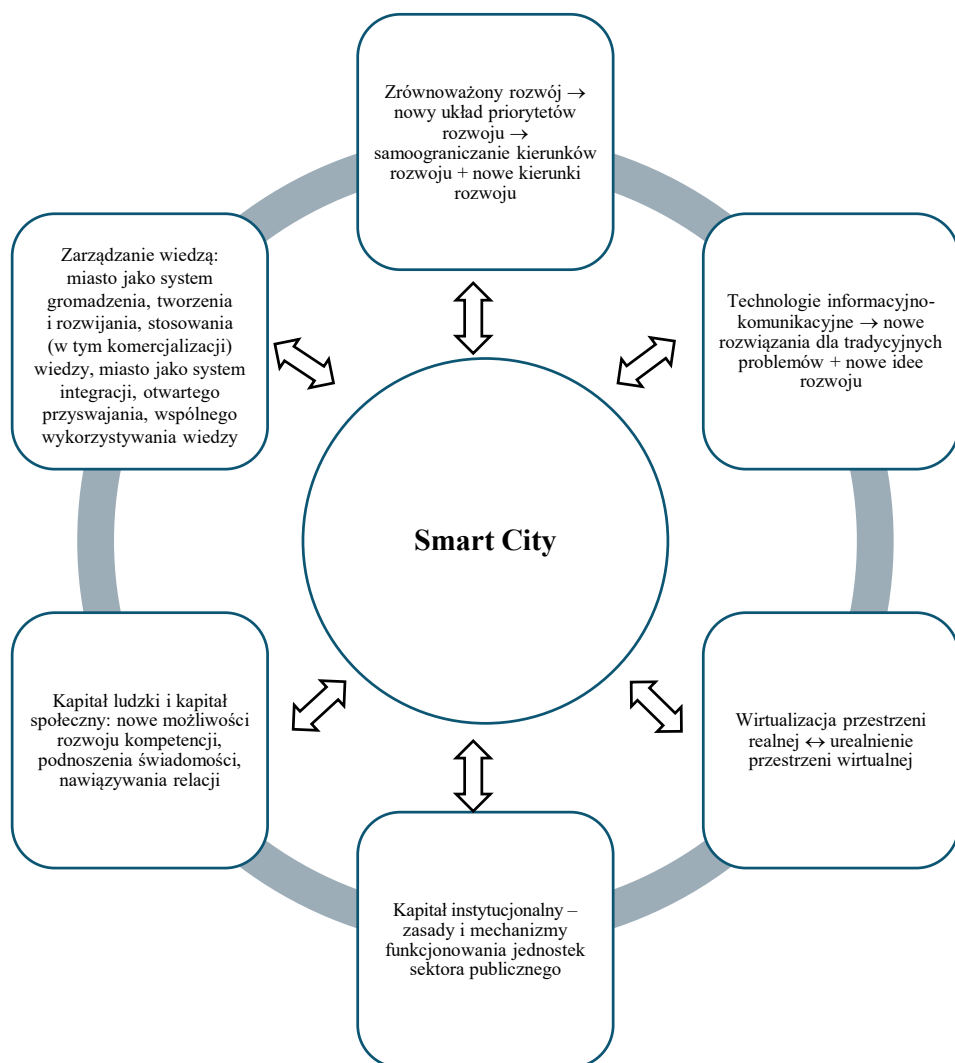
13.4. Komponenty modułowe Smart City

Kształtowanie współczesnego miasta inteligentnego odbywa się w oparciu i w powiązaniu z innymi procesami – występującymi w mieście oraz w jego otoczeniu (rysunek 13.3). Smart City to między innymi swego rodzaju odpowiedź na wymagania rozwoju zrównoważonego. Inteligencja w tym przypadku przejawia się w otwartości na zmianę paradygmatu rozwoju lokalnego i nowatorskie wykorzystanie posiadanych potencjałów. W mieście inteligentnym do rangi najważniejszego kapitału urasta wiedza oraz sposób jej wykorzystywania. To także fundament gospodarki opartej na wiedzy, a więc potencjał, którego komercjalizacja wpisuje się w ekonomiczny wymiar rozwoju zrównoważonego.

Konkurencyjność współczesnej gospodarki zasadza się więc na kapitale ludzkim, będącym emanacją indywidualnych kompetencji, oraz kapitale społecznym, warunkującym tworzenie wiedzy systemowej. Ze wzmiankowanymi kapitałami współgra kapitał instytucjonalny. W samorządach lokalnych, borykających się

z ograniczeniami budżetowymi, „silosowością” procesów zarządzania, presjami politycznymi (niejednokrotnie dominującymi nad racjonalnością społeczno-ekonomiczną) za niezwykle istotne uznać należy wzmacnianie instytucji lokalnych, tworzących ekosystem funkcjonowania użytkowników miasta. Kapitał instytucjonalny jest niezbędnym wsparciem dla podnoszenia potencjału wiedzy w mieście, a dalej jej dystrybucji i wykorzystywania. To również kapitał, dzięki któremu usuwane są bariery działania dla różnych podmiotów. Wzmacnianie kapitału instytucjonalnego, w tym udostępnianie i podnoszenie jakości usług publicznych, może być realizowane poprzez szersze wykorzystywanie narzędzi cyfrowych. Taki nurt działań wpisuje się w rosnące znaczenie przestrzeni wirtualnej w mieście i poszerzanie – nierzadko kosztem przestrzeni realnej – kontaktów międzyludzkich w oparciu o media społecznościowe. W praktyce trzy wymiary przestrzeni realnej zostały sprzężone z przestrzenią wirtualną, co przejawia się także w rosnącym znaczeniu informacji o mieście dostępnej za pośrednictwem mediów cyfrowych. Nie dotyczy to jednak tylko informacji zinstytucjonalizowanej (jak otwartej bazy danych o mieście), ale równie ważnej dla „lokalnego klimatu” wymiany opinii między użytkownikami miasta, a nawet tworzenia w przestrzeni wirtualnej „faktów” o mieście. Z omówionymi w tej części procesami ściśle wiąże się postęp technologii informacyjno-komunikacyjnych, stanowiących podstawową część technologii Smart City, a równocześnie będących kluczowym narzędziem kształtowania relacji społecznych w XXI wieku.

Rysunek 13.3. Procesy motywujące do rozwoju idei Smart City



Źródło: opracowanie własne.

13.5. Praktyka zastosowania Smart City w miastach regionu śląskiego

Idea Smart City, wykształcona jako swego rodzaju sposób na zaadaptowanie istniejących technologii na potrzeby miast, coraz silniej przenika się z innymi procesami istotnymi z punktu widzenia prowadzenia polityki lokalnej. W praktyce

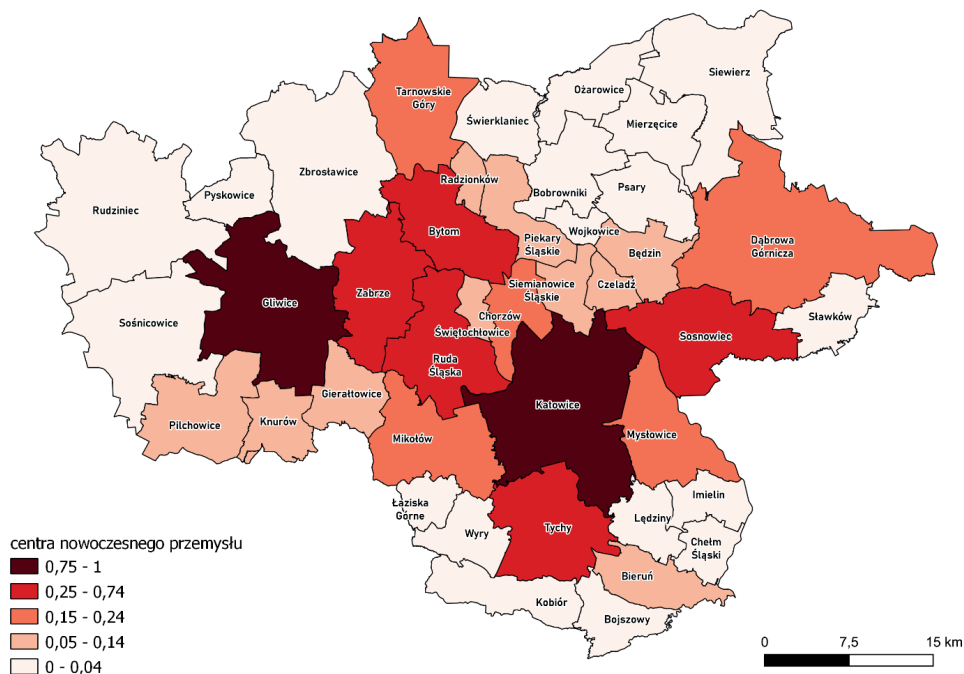
miast województwa śląskiego na pierwszy plan wybijają się działania dotyczące transformacji i rewitalizacji. Pierwszy z procesów może być widziany jako kolejny krok w przekształcaniu tradycyjnej gospodarki w kierunku gospodarki opartej na wiedzy; drugi proces stanowi odpowiedź na nierównowagi występujące w miastach, których geneza również bardzo często tkwi w restrukturyzacji gospodarki.

Realizacja idei Human Smart City znakomicie wspiera proces sprawiedliwej transformacji. Źródłem potrzeby transformacji są problemy gospodarcze – nie tylko dotyczące konkurencyjności firm i jakości miejsc pracy, ale także ich wpływu na strukturę społeczną i stan środowiska przyrodniczego. Istotę sprawiedliwej transformacji sprowadzić można do poniższych zasad (Raczek & Wrana, 2021):

- przemiana miasta zgodna z oczekiwaniami mieszkańców;
- zmiana zapewniająca długofalowy, harmonijny, trwały rozwój miasta i jego mieszkańców;
- zmiana, która przynosi widoczne i oczekiwane korzyści zarówno dzisiaj, jak też w dłuższej perspektywie;
- zmiana, która nie wyklucza i tworzy warunki do włączenia w procesy rozwoju przedstawicieli grup dotychczas marginalizowanych;
- zmiana prowadząca do stworzenia nowych wartości, a równocześnie zachowania pozytywnych wyróżników miasta i jego społeczności.

W miastach województwa śląskiego w dalszym ciągu występują istotne zróżnicowania w zakresie przekształceń gospodarki. Mapa przedstawiona na rysunku 13.4 prezentuje ośrodki w ramach Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii – rdzeniowego obszaru regionu, w których występuje największa liczba podmiotów nowoczesnego przemysłu w skali bezwzględnej i w przeliczeniu na 1000 mieszkańców (Kinelski i in., 2022). W analizowanym wymiarze gospodarczym ośrodkami dominującymi są Katowice oraz Gliwice; w drugim rzędzie najwyższe wskaźniki uzyskiwane były przez Tychy, Sosnowiec, Bytom, Zabrze oraz Rudę Śląską. Gminami o najniższych wartościach wskaźnika są gminy wiejskie położone na obrzeżach Metropolii.

Rysunek 13.4. Centra nowoczesnego przemysłu w gminach Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii



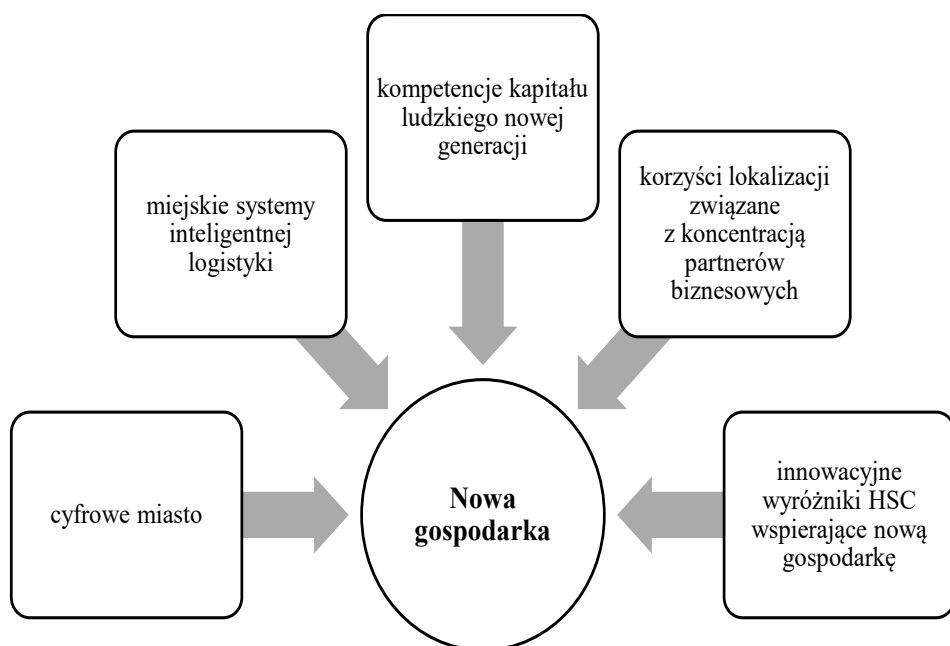
Źródło: (Kinelski, Mucha-Kuś i Makiela, Koncepcja Smart City i potencjały 4T. Inteligentne zarządzanie miastami Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, 2022).

Obraz statystyczny wskazuje, że najsilniejsze są w tym aspekcie ośrodki, które tradycyjnie pełniły wiodącą funkcję ekonomiczną w regionie. Pożądane jest z jednej strony wzmacnianie pozycji najsilniejszych ośrodków w układzie krajowym i międzynarodowym, zaś z drugiej strony intensyfikowanie procesów transformacyjnych w ośrodkach słabszych, o mniejszej dynamice rozwoju.

Narzędzia Smart City są w stanie przyczynić się do stworzenia ekosystemu bardziej przyjaznego dla nowoczesnej gospodarki, wykreowania inteligentnych specjalizacji, przejścia do gospodarki typu Industry 4.0, a także wzmocnienia kapitału ludzkiego.

Co warto podkreślić, swego rodzaju integracja miasta i jego gospodarki – możliwa m.in. dzięki wykorzystaniu narzędzi cyfrowych i dostępie do pełnej informacji – sprzyja podnoszeniu odporności miasta na zagrożenia klimatyczne oraz ograniczaniu zagrożeń środowiskowych. Miasto inteligentne można bowiem widzieć jako system, w którym poszczególne funkcje są realizowane w sposób bardziej harmonijny, z uwzględnieniem długofalowej perspektywy oraz w oparciu o kompleksowe analizy konsekwencji podejmowanych decyzji.

Rysunek 13.5. Nowa gospodarka w mieście inteligentnym



Źródło: opracowanie własne.

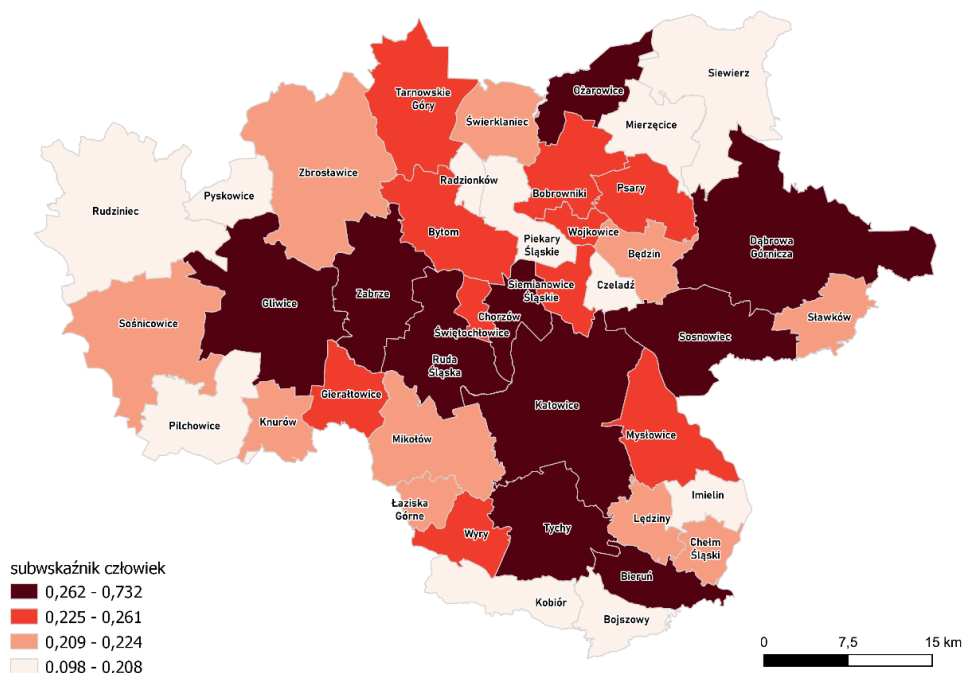
Jako drugi z procesów kluczowych dla przyszłości śląskich miast można uznać rewitalizację, która jest obecnie rozumiana jako:

- wyprowadzanie ze stanu kryzysowego obszarów zdegradowanych poprzez skoncentrowane terytorialnie działania i projekty, integrujące interwencję na rzecz społeczności lokalnej oraz gospodarki i przestrzeni (środowiska i infrastruktury);
- wieloletni proces prowadzony we współpracy z lokalną społecznością w stosunku do obszaru zdegradowanego, na którym zidentyfikowano sytuację kryzysową.

Głównym punktem ciężkości rewitalizacji jest rozwiązywanie problemów społecznych, a w dalszej kolejności – powiązanych z problemami społecznymi – problemów ekonomicznych, środowiskowych, przestrzennych, infrastrukturalnych. Sytuacja społeczna to konglomerat różnych zjawisk i procesów; do zilustrowania sytuacji społecznej miast może posłużyć syntetyczny wskaźnik, oparty na danych częściowych odnoszących się do: zmian potencjału demograficznego, aktywności społecznej i kulturalnej mieszkańców, aktywności zawodowej mieszkańców, inicjatyw otwierających

mieszkańców na kontakty z otoczeniem³. Poniżej zaprezentowano mapę z wartościami wskaźnika dla miast Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.

Rysunek 13.6. Wskaźnik sytuacji społecznej w gminach Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii



Źródło: (Kinelski, Mucha-Kuś i Makiela, koncepcja Smart City i potencjały 4T. Inteligentne zarządzanie miastami Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, 2022).

Gminy, które uzyskały najwyższe wartości, reprezentują różne klasy wielkości i różne struktury gospodarcze. Obok zrestrukturyzowanych ośrodków rozwoju Metropolii, które stały się miastami usług i funkcji metropolitalnych (np. Katowice, Gliwice), wysoką wartość odnotowano także w gminach podlegających transformacji (np. Ruda Śląska, Zabrze), a także w ośrodkach mniejszych, w tym położonych na obrzeżach Metropolii (np. Ożarówka, Bieruń). Najwyższe wartości

³ W ramach wskaźnika wykorzystano następujące dane: zmiana liczby ludności w latach 2010–2020 [w %], gęstość zaludnienia, nowo zarejestrowane fundacje, stowarzyszenia, organizacje społeczne na 10 tys. mieszkańców, uczestnicy imprez ogółem na 1000 mieszkańców, wystawy w obiektach działalności wystawienniczej polskie w kraju, wystawy w obiektach działalności wystawienniczej międzynarodowe w Polsce, bezrobotni zarejestrowani według gmin poniżej 25. roku życia, bezrobotni zarejestrowani według gmin powyżej 50. roku życia, pracujący na 1000 ludności, liczba studentów na 1000 mieszkańców, centra, domy i ośrodki kultury, liczba klubów i świetlic.

subwskaźnika występują w ośrodkach tworzących oś Metropolii wschód–zachód, z odgałęzieniem na południe w kierunku Tychów i Bierunia. Niskie wartości występują przede wszystkim w ośrodkach peryferyjnych.

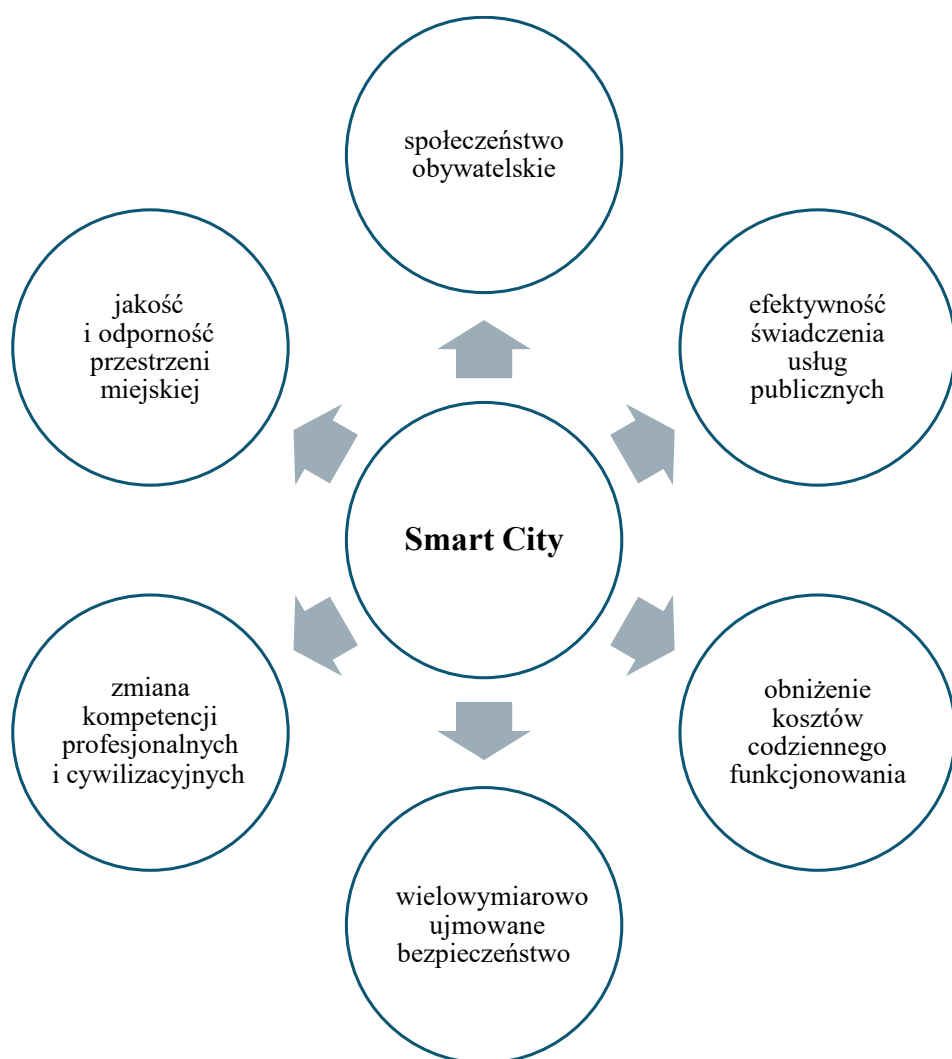
We współczesnym podejściu do rewitalizacji bez trudu dostrzec można koneksje z ideą Human Smart City, w której również na pierwszy plan wybija się człowiek i społeczność lokalna. Wykorzystywanie narzędzi Human Smart City w kontekście rewitalizacji może dotyczyć np. takich kierunków, jak⁴:

- wykorzystywanie otwartych baz danych do wspierania inwestycji i rozwoju przedsiębiorczości na obszarach zdegradowanych;
- podnoszenie bezpieczeństwa na obszarach zdegradowanych poprzez wykorzystanie technologii monitoringu wizyjnego, monitoringu sytuacji środowiskowej oraz uruchomienie szybkich kanałów komunikacji ze społecznością lokalną;
- wprowadzenie nowych form edukacji i kształtowania postaw, w tym przy wykorzystaniu narzędzi cyfrowych;
- promowanie postaw obywatelskich i inicjatyw społecznych, np. w mediach społecznościowych;
- wzbogacenie form informowania o dziedzictwie kulturowym obszaru w celu podnoszenia świadomości mieszkańców i wzmacniania związków z miejscem zamieszkania;
- wzmacnianie współpracy międzysektorowej, np. poprzez narzędzia cyfrowe wspierające dzielenie się zasobami i wspólne realizowanie inicjatyw na rzecz społeczności lokalnej;
- obniżanie kosztów utrzymania mieszkańców w obszarach zdegradowanych dzięki wdrażaniu innowacji na rzecz energooszczędności;
- poprawa jakości przestrzeni publicznych z wykorzystaniem błękitnej i zielonej infrastruktury, a także stosowanie rozwiązań eliminujących bariery przestrzenne;
- poprawa dostępu do usług publicznych dzięki rozwojowi e-usług i e-administracji;
- przekształcenia systemu transportowego z uwzględnieniem elektromobilności, systemów sterowania ruchem i rozwiązań podnoszących bezpieczeństwo na drogach;
- utrwalanie poczucia sprawczości mieszkańców dzięki wykorzystywaniu narzędzi partycypacyjnych (w formie dostosowanej do zróżnicowanych kompetencji cyfrowych poszczególnych grup społecznych).

4 Przykładowe propozycje w oparciu o wyniki prac zespołu Centrum Rozwoju Regionalnego AWSB nad gminnymi programami rewitalizacji w latach 2020–2024.

Powyższa lista nie jest oczywiście pełna. Narzędzia Smart City na rzecz rewitalizacji obszarów zdegradowanych mogą być wykorzystywane w różnorodny sposób (próba syntezy na rysunku 13.7).

Rysunek 13.7. Narzędzia Smart City w procesie rewitalizacji



Źródło: opracowanie własne.

Zakończenie

Reasumując, podejście Smart City – zwłaszcza w jego współczesnej interpretacji, akcentującej pozycję mieszkańców w mieście – może być traktowane jako istotne wsparcie dla realizacji polityk lokalnych. Wykraczając poza myślenie technokratyczne, stawiające w centrum rozważań narzędzia, a nie cele, Smart City staje się ideą pozostającą w głębokiej synergii z kluczowymi kierunkami przekształceń miast. Wykazuje daleko idącą zbieżność z procesem sprawiedliwej transformacji, uwzględniającym nie tylko zmianę struktury gospodarczej, ale także podnoszenie dobrostanu mieszkańców i zachowanie dziedzictwa przyrodniczo-kulturowego miast. Wspiera we wszechstronny sposób proces rewitalizacji, dostarczając możliwości aktywizacji i integracji społeczności lokalnych zamieszkujących obszary zdegradowane. Siłą współczesnego Smart City jest zwrócenie się w stronę użytkowników miast oraz budowanie konkretnych rozwiązań dla miast w oparciu o potrzeby i pomysły mieszkańców.

Bibliografia

- Azkuna, I. (2012). *Smart Cities Study: International study on the situation of ICT, innovation and Knowledge in cities*. Bilbao: The Committee of Digital and Knowledge-based Cities of UCLG.
- Gardner, H. (2002). *Inteligencje wielorakie*. Media Rodzina.
- Human Smart Cities. Inteligentne miasta współtworzone przez mieszkańców. (2017). Program Operacyjny Pomoc Techniczna 2014–2020. Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju. Pobrano z lokalizacji <https://www.popt.gov.pl/strony/o-programie/wydarzenia/konkurs-dla-samorzadow-human-smart-cities-inteligentne-miasta-wspoltworzone-przez-mieszkancow/>
- Kinelski, G. (2022). Ewolucja koncepcji Smart City w aktywności zasobów miejskich – studium przypadku Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii. *Przegląd Organizacji*, 2, 36–44.
- Kinelski, G., Mucha-Kuś, K., & Makiela, Z.J. (2022). *Koncepcja Smart City i potencjały 4T. Inteligentne zarządzanie miastami Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii*. Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB.
- Komninos, N. (2008). *Intelligent Cities and Globalisation of Innovation Networks*. London and New York: Routledge.
- PN-ISO (2017). 37120:2015-03. *Zrównoważony rozwój społeczny – Wskaźniki usług miejskich i jakości życia*. Polski Komitet Normalizacyjny.
- Raczek, M., & Wrana, K. (2021). *Raport z badania: określenie czynników scenariuszy ewolucji miasta, wizja i narzędzia realizacji*. Climate-KIC, Spinus.

Podsumowanie

Ruch i transformacja towarzyszą ludzkości od zarania dziejów, od migracji w poszukiwaniu nowych terenów, po rozwój miast jako centrów cywilizacji. Dzisiejsze miasta, będące przestrzeniami historycznych zmian i przyszłościowych innowacji, stają się poligonem dla technologii oraz zrównoważonych rozwiązań. Monografia ta poświęcona jest badaniom nad przyszłością zrównoważonego transportu w kontekście inteligentnych miast (Smart City). Autorzy eksplorują zagadnienia związane z integracją technologii, ekologią i społecznymi potrzebami mobilności mieszkańców.

Książka obejmuje szeroki wachlarz tematów, od ewolucji miast i ich magnetyzmu, przez nowe technologie w zarządzaniu przepływem danych, aż po różne formy transportu, takie jak transport publiczny, samochodowy, mikromobilność, transport powietrzny, wodny i przesyłowy. Każdy rozdział łączy naukową analizę z praktycznymi przykładami i studiami przypadków.

Autorzy podkreślają, że klucz do rozwoju przyszłych miast tkwi w harmonijnym połączeniu technologii i ekologii, z uwzględnieniem potrzeb mobilności mieszkańców. Transformacja ta wymaga efektywnego zarządzania zasobami, integracji systemów transportowych oraz uwzględnienia aspektów społecznych i środowiskowych. Inteligentne miasta powinny być miejscem, które respektuje przeszłość, zaspokaja potrzeby teraźniejszości i kreuje lepszą przyszłość. Wspólne zaangażowanie mieszkańców, projektantów, naukowców i decydentów kształtuje przestrzenie, które są funkcjonalne, inkluzyjne i zrównoważone. Przemieszczanie się na wielu poziomach może być każdorazowo niesamowitą podróżą.

Zamiarem redaktorów i autorów jest, aby niniejsza monografia miała swój wkład w dyskusję na temat przyszłości miast i transportu, dostarczając cennych analiz oraz inspiracji praktykom, badaczom i mieszkańcom zaangażowanym w budowanie lepszych miejsc do życia.

*Szanowny Czytelniku,
dziękujemy, że odbyłeś z nami tę podróż,
bo liczy się i Droga, i Towarzystwo :)*



Akademia WSB
WSB University

Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB
ul. Ciepłaka 1c, 41-300 Dąbrowa Górnicza
www.wsb.edu.pl

ISBN 978-83-67673-67-9



9 788367 673679