

mgr Agnieszka Pokorska

Autoreferat rozprawy doktorskiej pt.:

**ZARZĄDZANIE ZRÓWNOWAŻONĄ MOBILNOŚCIĄ
MIEJSKĄ W ASPEKCIE WDRAŻANIA STRATEGII
ELEKTROMOBILNOŚCI W POLSCE**

Promotor:

dr hab. Wojciech Drożdż, prof. US

Uniwersytet Szczeciński

Promotor pomocniczy:

dr inż. Tomasz Wiśniewski

Uniwersytet Szczeciński

Recenzenci:

prof. zw. dr hab. Elżbieta Gołębska

Uniwersytet WSB w Poznaniu

dr hab. Adam Przybyłowski, prof. UMG

Uniwersytet Morski w Gdyni

Szczecin 2023

SPIS TREŚCI:

1	UZASADNIENIE WYBORU TEMATU	3
2	CELE I HIPOTEZY	4
3	STRUKTURA PRACY	5
4	METODYKA PRACY	6
5	WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ.....	8
5.1	ANALIZA REGRESJI.....	8
5.2	ANALIZA KOMPARATYWNA ROZWOJU STRATEGII ELEKTROMOBILNOŚCI W WYBRANYCH MIASTACH - METODA WIELOWYMIAROWEJ ANALIZY PORÓWNAWCZEJ	13
5.3	KONCEPCJA ROZWOJU STRATEGII ELEKTROMOBILNOŚCI W MIASTACH	16
6	WNIOSKI KOŃCOWE.....	23
	BIBLIOGRAFIA:.....	26
	SPIS RYSUNKÓW:	26

1. UZASADNIENIE WYBORU TEMATU

Miasto rozwijające się w sposób zrównoważony dąży do utrzymania właściwych relacji pomiędzy wzrostem gospodarczym, dbałością o stan środowiska, a jakością życia mieszkańców. Wszystkie elementy składowe funkcjonowania miast, takie jak edukacja, kultura, transport, mieszkalnictwo, infrastruktura miejska, a także środowisko przyrodnicze są poddawane nieustającej presji w związku z potrzebami oraz rosnącymi oczekiwaniami mieszkańców, a także wzrastającymi wymaganiami wynikającymi z przepisów krajowych i międzynarodowych standardów. Miasta na drodze do zrównoważonego rozwoju będą musiały stawić czoła zróżnicowanym barierom i pojawiającym się wyzwaniom. Jednym ze sposobów osiągnięcia zrównoważenia, choć obarczona wieloma zagrożeniami, jest strategia elektromobilności.

O wyborze problematyki badawczej zdecydowała jej aktualność. Prowadzone dotychczas analizy i publikowane wyniki prac koncentrowały się jedynie na zagadnieniach związanych ze zrównoważonym rozwojem czy mobilnością miejską. Dostrzeżono luki teoretyczne w literaturze przedmiotu:

- brak usystematyzowanego podejścia do definiowania mobilności,
- brak jednoznacznego określenia zrównoważonej mobilności miejskiej i obszarów jej realizacji,
- brak całościowej bazy wskaźników i mierników zrównoważonej mobilności miejskiej,
- brak dostatecznych badań empirycznych, które wskazywałyby powiązania rynku elektromobilności w Polsce ze zrównoważoną mobilnością miejską.

Przez zrównoważoną mobilność w miastach należy rozumieć tak ukształtowany poprzez strukturę przestrzenną i transportową sposób podróżowania, że transport indywidualny nie degraduje transportu publicznego oraz niezmotoryzowanego, długość trasy ulega racjonalizacji, a system transportu funkcjonuje w sposób utrzymujący harmonię ze środowiskiem naturalnym, cywilizacyjnym i kulturowym¹. Zrównoważona mobilność powinna być bodźcem dla opracowywanych przez miasta strategii funkcjonowania, aby zakładały one przechodzenie na bardziej ekologiczne i zrównoważone rodzaje transportu, takie jak przemieszczanie się pieszo, rowerem i środkami transportu publicznego, oraz przyjmowanie nowych wzorców użytkowania i własności pojazdów czy zakup niskoemisyjnych środków transportu indywidualnego.

¹ A. Rudnicki, *Zrównoważona mobilność a rozwój przestrzenny miasta*, Architektura 2010 nr 1-A, s.58.

2. CELE I HIPOTEZY

Celem przeprowadzonych w pracy badań było **stworzenie koncepcji rozwoju strategii elektromobilności w odniesieniu do zrównoważonej mobilności miejskiej w miastach w Polsce**. Opracowanie takiej koncepcji rozwoju strategii elektromobilności, która jest społecznie akceptowalna, ekonomicznie uzasadniona i ekologicznie bezpieczna wymaga poznania aktualnych problemów funkcjonowania rynku elektromobilności w miastach w Polsce. Stąd też wśród kolejnych celów pracy znalazły się następujące cele szczegółowe:

1. Zidentyfikowanie czynników przyczyniających się do wdrożenia strategii elektromobilności.
2. Ocena stopnia zaangażowania miast we wdrażanie strategii elektromobilności.

Założonym celom podporządkowana została główna hipoteza badawcza rozprawy, zgodnie z którą **zrównoważona mobilność miejska jest istotnym czynnikiem rozwoju strategii elektromobilności w miastach**. Uszczegółowienie hipotezy głównej stanowi hipoteza pomocnicza wskazująca, że **opracowanie dedykowanego zestawu wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej pozwala ocenić i porównać, a w konsekwencji wpływa na koncepcję rozwoju strategii elektromobilności w miastach**.

Wykonanie zadania zapisanego w celach i hipotezie głównej wymagało w pierwszym rzędzie dokonania krytycznego przeglądu literatury krajowej, ale przede wszystkim zagranicznej. Proces poznawczy podczas tworzenia dysertacji obejmował dwa główne obszary. Pierwszy, dotyczył systematyki pojęć związanych ze zrównoważonym rozwojem w transporcie i logistyce, mobilnością, aż wreszcie zrównoważoną mobilnością, co pozwoliło wyznaczyć:

- obszary występowania zrównoważonej mobilności,
- powiązania zrównoważonej mobilności miejskiej ze strategią elektromobilności,
- dostępne w literaturze światowej wskaźniki i mierniki zrównoważonej mobilności miejskiej.

Drugim obszarem była analiza elektromobilności na obszarach miejskich w Polsce. Oprócz literatury przedmiotu, badaniu zostały poddane raporty dotyczące rynku energii, suprastruktury i infrastruktury elektromobilności w Polsce i na świecie oraz akty prawne regulujące jej stan i stopień wdrożenia.

Łączące oba obszary badanie eksperckie miało za zadanie określić, które wskaźniki zrównoważonej mobilności miejskiej mogą mieć wpływ na rozwój strategii elektromobilności w miastach poprzez wzrost liczby użytkowanych samochodów niskoemisyjnych (elektrycznych oraz hybrydowych), autobusów niskoemisyjnych, ale także rowerów

publicznych. Analiza literatury, badanie eksperckie oraz analiza statystyczna pozwoliły na sporządzenie możliwie kompleksowego zbioru wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej, które posiadają potencjalny wpływ na rozwój strategii elektromobilności.

Poprawa i zmiana bieżącej sytuacji rozwoju strategii elektromobilności w miastach w Polsce wymaga systemowego podejścia i włączenia do jej oceny wybranych wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej, uwzględniających wszystkie obszary jej funkcjonowania, gdyż tylko zachowana równowaga pozwoli w pełni osiągnąć zamierzone efekty, a więc wpłynie na rozwój strategii elektromobilności.

3. STRUKTURA PRACY

Realizacji zamierzonych celów służy konstrukcja pracy i jej przenikający się teoretyczno-empiryczny charakter. Struktura pracy zapewnia przejście od podstaw i rozważań teoretycznych, poprzez elementy opisowe, statystyczne i analityczne, do opracowania rozwiązań koncepcyjnych, a następnie uogólnień i wniosków. Empiryczny aspekt pracy zawiera się w próbie wskazania praktycznego zastosowania wdrożenia niezbędnych atrybutów zrównoważonej mobilności miejskiej oraz rozwiązań koncepcyjnych, jako działań, które mogą mieć wpływ na rozwój strategii elektromobilności. Tak przedstawiona problematyka tematu analizowana jest w pracy w nawiązaniu do podejścia systemowego. Ma to wpływ na kształt danego opracowania jak i jego rozdziałów.

Praca składa się ze wstępu, czterech rozdziałów i zakończenia. W **pierwszym rozdziale** przedstawiono wprowadzenie do analizowanej problematyki. Punktem wyjścia staje się dyskusja wokół pojęcia i istoty zrównoważonego rozwoju w logistyce w świetle literatury przedmiotu. Dalsza część rozdziału to prezentacja definicji związanych z mobilnością w ujęciu tradycyjnym jak i nowoczesnym. Towarzyszy temu analiza narzędzi i instrumentów kreowania zrównoważonej mobilności w miastach. W **drugim rozdziale** zawarto analizę rynku energii i stanu elektromobilności w Polsce i na świecie. W ramach tematyki rozdziału, oddzielny podrozdział został poświęcony uwarunkowaniom rozwoju elektromobilności, gdzie dużo uwagi poświęcono czynnikom prawnym. W **rozdziale trzecim** została przedstawiona metodyka przeprowadzonych badań. Dokonano też analizy dostępnych katalogów wskaźników, związanych ze zrównoważonym rozwojem oraz mobilnością. W dalszej kolejności przedstawiono dedykowany zestaw wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej, opracowany przy wykorzystaniu metody eksperckiej oraz analizy statystycznej. W rozdziale zaprezentowano też dane empiryczne dotyczące liczby samochodów hybrydowych i elektrycznych, autobusów niskoemisyjnych oraz rowerów publicznych w wybranych miastach.

Ponadto dokonano analizy i oceny predyspozycji wybranych miast do rozwoju strategii elektromobilności w latach 2017-2021. Wybór procedury badawczej oraz metod badawczych został podyktowany specyfiką przyjętych celów pracy oraz materiału badawczego. **Rozdział czwarty** ma w pełni charakter praktyczny. Przedstawiono w nim koncepcję rozwoju strategii elektromobilności w odniesieniu do zrównoważonej mobilności miejskiej wraz z oceną ograniczeń i koniecznych atrybutów wdrożenia w ujęciu makro- i mikrootoczenia miasta. Pracę kończy podsumowanie, będące jednocześnie syntetyczną prezentacją najważniejszych wniosków w nawiązaniu do sformułowanych hipotez i celów badawczych.

4. METODYKA PRACY

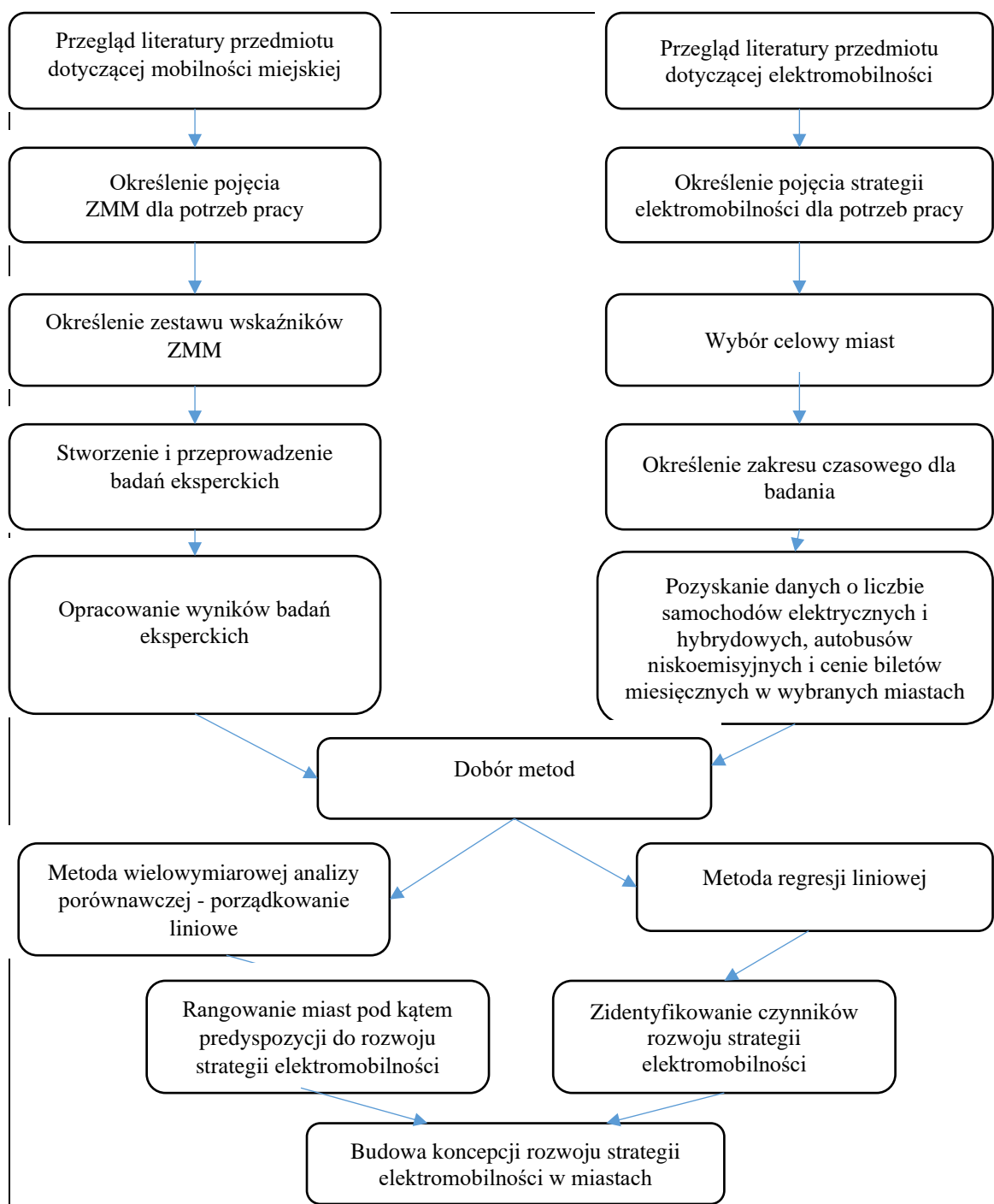
Badania w niniejszej pracy prowadzone zostały dwutorowo, równolegle w obszarze elektromobilności oraz zrównoważonego rozwoju w obszarze miejskim. Krytyka problemu badawczego w świetle dotychczasowych osiągnięć nauki, dokonana została w okresie ciągłym, w trakcie całego pisania pracy i zbierania materiałów naukowych. Właściwa analiza i badania objęły miasta w Polsce w latach 2017-2021. Kryterium doboru miast była liczba ludności na dzień 31.12.2022 r. (tabela 1), ponieważ to największe aglomeracje miejskie mierzą się z problemami komunikacyjnymi, kongestią, zanieczyszczeniem środowiska i ich największym wyzwaniem jest dążenie do zrównoważonej mobilności i rozwój strategii elektromobilności.

Tabela 1. Liczba mieszkańców największych miast w Polsce

Miasto	Liczba mieszkańców
Warszawa	1 792 718
Kraków	780 796
Łódź	667 923
Wrocław	641 201
Poznań	530 464
Gdańsk	470 633
Szczecin	396 472
Bydgoszcz	341 692
Lublin	337 788
Białystok	296 401

Źródło: *opracowanie własne na podstawie*: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/powierzchnia-i-ludnosc-w-przekroju-terytorialnym-w-2020-roku..html> [dostęp: 05.01.2023].

Całościowy schemat procedury badawczej przeprowadzonej w pracy został zaprezentowany na rysunku 1.



Rysunek 1. Etapy procedury badawczej

Źródło: opracowanie własne.

Gromadzenie danych objęło korespondencje przeprowadzone z Wydziałami Komunikacji Urzędów Miast, wybranych w doborze celowym 10 aglomeracji w Polsce, oraz Zakładami Komunikacji Miejskiej. Zbierane dane dotyczyły liczby samochodów osobowych o napędzie hybrydowym i elektrycznym, liczby niskoemisyjnych autobusów, liczby rowerów publicznych oraz cen biletów miesięcznych w latach 2017-2021 w danym mieście. Równoległe, na podstawie badań literatury, została przygotowana baza wskaźników zrównoważonej

mobilności miejskiej, która w formie kwestionariusza badań eksperckich została wysłana ekspertom. Przygotowany kwestionariusz badań eksperckich dotyczył wyodrębnienia spośród wskazanej bazy wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej, które mają wpływ na rozwój strategii elektromobilności w miastach. Kwestionariusz został przesłany 15 ekspertom w zakresie elektromobilności, zarówno praktykom – producentom samochodów, włodarzom badanych miast, dystrybutorom energii elektrycznej w Polsce, jak i teoretykom publikującym w dziedzinie elektromobilności, aby mieć szeroki pogląd na badany problem. Zadaniem ekspertów było wskazanie zmiennych z bazy wskaźników, które według nich mają istotny wpływ na możliwość rozwoju strategii elektromobilności. Analiza kwestionariusza badań eksperckich była podstawą doboru wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej do dalszej analizy statystycznej, w celu określenia ich istotności dla rozwoju strategii elektromobilności. Aby zrealizować założone cele oraz określić czynniki do rozwoju strategii elektromobilności w miastach, autorka zdecydowała o wyborze:

- regresji liniowej, która ze stworzonego zestawu wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej wyodrębniła kluczowe dla rozwoju strategii elektromobilności w miastach,
- metody wielowymiarowej analizy porównawczej, która pozwoliła dokonać rangowania wybranych miast pod kątem predyspozycji do rozwoju strategii elektromobilności.

Wszystkie kroki przedstawione w procedurze badawczej pozwoliły na opracowanie koncepcji strategii rozwoju elektromobilności w miastach określonej w pracy w postaci celu głównego.

5. WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

5.1 ANALIZA REGRESJI

W pracy analiza regresji służy do wyjaśnienia wpływu zmian zmiennych niezależnych (od x_1 to x_{21}) na zmienne zależne (y_1, y_2, y_3).

Zmienne zależne to:

- y_1 – liczba samochodów elektrycznych i hybrydowych (w przeliczeniu na liczbę mieszkańców)
- y_2 – liczba rowerów publicznych (w przeliczeniu na liczbę mieszkańców)
- y_3 – liczba pojazdów transportu publicznego (w przeliczeniu na liczbę mieszkańców)

Zmienne niezależne to:

- x_1 – stosunek łącznej liczby samochodów w systemach car-sharing w obszarze aglomeracji miejskiej do liczby mieszkańców tego obszaru
- x_2 – cena energii w przeliczeniu na 1 mieszkańca
- x_3 – dedykowany pas autobusowy w km w stosunku do powierzchni miasta
- x_4 – liczba stacji ładowania w stosunku do powierzchni miasta
- x_5 – liczba przystanków w przeliczeniu na 1 mieszkańca
- x_6 – ścieżki rowerowe w stosunku do powierzchni miasta
- x_7 – poziom zatłoczenia
- x_8 – odsetek mieszkańców narażonych na nadmierny hałas
- x_9 – linie komunikacji miejskiej na 1000 mieszkańców
- x_{10} – średnia roczna wartość stężenia $PM_{2,5}$
- x_{11} – średnia roczna wartość stężenia PM_{10}
- x_{12} – emisje związane z działalnością transportową NO_x
- x_{13} – stosunek kosztu podróży na odległość 100 km prywatnym środkiem transportu do ceny biletu miesięcznego podróży transportem publicznym na obszarze aglomeracji
- x_{14} – cena benzyny
- x_{15} – cena oleju napędowego
- x_{16} – stopa bezrobocia rejestrowanego
- x_{17} – dochód rozporządzalny w przeliczeniu na 1 mieszkańca
- x_{18} – miesięczne wynagrodzenie w przeliczeniu na 1 mieszkańca
- x_{19} – PKB w przeliczeniu na 1 mieszkańca
- x_{20} – stosunek liczby ludności aglomeracji miejskiej do jej powierzchni zurbanizowanej
- x_{21} - Rok

Badanie rozpoczęto od budowy kompleksowego modelu zawierającego cały zestaw zmiennych niezależnych wpływających na rozważane zjawisko. Następnie przetestowano składniki zbudowanego, bardzo obszernego modelu w celu zidentyfikowania mniej rozbudowanych podmodeli, które wyjaśniają badane zjawisko. Ostatecznie spośród tych potencjalnych podmodeli wybrano najprostszy, który na zasadzie oszczędzania traktuje się jako najlepszy opisujący badane zjawisko. W celu jego uproszczenia użyto metody regresji krokowej wstecz. Użyto, przedstawionych wcześniej danych z miast dotyczących liczby

samochodów elektrycznych i hybrydowych, autobusów niskoemisyjnych, publicznych rowerów oraz wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej, w taki sposób, że zmienne zależne y_1, y_2, y_3 oraz wszystkie zmienne niezależne x_1 do x_{21} to dane z poszczególnych miast w kolejnych latach, czyli najpierw 10 wartości (bo tyle jest miast) dla 2017, potem 10 dla 2018 itd. Następnie dodano zmienną „Rok”, która będzie miała wartość 1 w 2017 roku, 2 w 2018 r.

Przeprowadzono trzy analizy, oddzielnie dla każdej ze zmiennych zależnych (y_1, y_2, y_3). Dla liczby samochodów elektrycznych i hybrydowych w przeliczeniu na 1 mieszkańca (y_1) wykonano krokową regresję wsteczną i po 15 krokach pozostawiono 7 zmiennych niezależnych, przedstawionych w tabeli 2, wraz z testami istotności dla liczby samochodów niskoemisyjnych z rozmiarami efektów, wartością p i testem t dla ilości dostarczanej. Obliczenia zostały wykonane w oprogramowaniu Statistica (Statsoft v.13).

Tabela 2. Testy istotności, wielkości i moce efektów dla zmiennej y_1 – liczba samochodów niskoemisyjnych

Zmienna	F	Współczynnik modelu b_i	Wartość p	Test t
Cena energii w przeliczeniu na 1 mieszkańca	28,42	-13,8301	<0,001	-5,33
Liczba stacji ładowania w stosunku do powierzchni miasta	11,54	0,0022	0,002	3,40
Średnia roczna wartość stężenia PM2,5	13,44	-0,0002	<0,001	-3,67
Cena oleju napędowego	9,63	0,0012	0,004	3,10
Dedykowany pas autobusowy w km w stosunku do powierzchni miasta	8,36	0,0041	0,006	2,89
Miesięczne wynagrodzenie w przeliczeniu na 1 mieszkańca	6,47	0,0002	0,015	-2,54
Rok	30,77	0,0023	<0,001	5,55

Źródło: opracowanie własne.

Otrzymane wyniki przedstawione w tabeli 2 wskazują, że wszystkie siedem parametrów zmiennych pozostawionych po wykonaniu kroków w regresji wstecznej jest statystycznie istotnych – wartości p są wyraźnie mniejsze niż 0,05. Dodatkowo przeprowadzono analizę znaczenia parametrów strukturalnych.

Do sprawdzenia istotności parametrów strukturalnych b_0, b_1, \dots, b_7 zastosowano test t , w którym statystyka t ma rozkład testu t -Studenta z $n-k-1$ stopniami swobody.

Hipotezy zerowe i alternatywne:

$H_0: b_i = 0$ (bez zależności liniowej)

$H_1: b_i \neq 0$ (istnieje zależność liniowa)

Region krytyczny jest dwustronny z wartością krytyczną, którą odczytujemy z tabel rozkładu testu t dla ustalonego poziomu istotności α i $n-k-1$ stopni swobody. Jeśli wartość t znajduje się w regionie krytycznym (obliczona wartość $t >$ wartość t z tabeli), musimy odrzucić H_0 na rzecz H_1 . W przeciwnym razie nie ma podstaw do odrzucenia H_0 . W przypadku

parametrów z tabeli 2 wszystkie wartości t znajdują się w regionie krytycznym, więc zależność jest statystycznie istotna.

Kolejną analizę wykonano dla drugiej zmiennej zależnej y_2 – liczba rowerów publicznych (w przeliczeniu na liczbę mieszkańców). W tabeli 3 przedstawiono testy istotności z rozmiarami efektów. W tym przypadku także wykorzystano regresję krokową wsteczną i po 14 krokach pozostało 8 zmiennych niezależnych, zaprezentowanych w tabeli 3.

Tabela 3. Testy istotności, wielkości i moce efektów dla zmiennej y_2 – Liczba rowerów publicznych

Zmienna	F	Współczynnik modelu b_i	Wartość p	Test t
Stosunek łącznej liczby samochodów w systemach car-sharing w obszarze aglomeracji miejskiej do liczby mieszkańców	4,47	-0,55061	0,041	-2,11
Cena energii w przeliczeniu na 1 mieszkańca	4,65	2,30561	0,038	2,16
Średnia roczna wartość stężenia PM _{2,5}	4,65	0,00688	0,038	-2,16
Ścieżki rowerowe w stosunku do powierzchni miasta	21,94	0,00088	<0,001	4,68
Emisje związane z działalnością transportową NO _x	9,12	0,00009	0,005	3,02
Miesięczne wynagrodzenie w przeliczeniu na 1 mieszkańca	13,58	-0,00001	0,001	-3,69
PKB w przeliczeniu na 1 mieszkańca	25,84	-0,00002	<0,001	5,08
Rok	10,74	0,0031	0,007	3,14

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie analizy wyników przedstawionych w tabeli 3 można stwierdzić, że wszystkie parametry zmiennych, po 14 krokach regresji wstecznej, są statystycznie istotne – wartości p są wyraźnie mniejsze niż 0,05.

Analogicznie następną analizą dotyczyła modelu regresji dla trzeciej zmiennej zależnej y_3 – liczba autobusów niskoemisyjnych (w przeliczeniu na liczbę mieszkańców). W tabeli 4 przedstawiono testy istotności z rozmiarami efektów. Tym razem po 11 krokach regresji wstecznej pozostało 11 zmiennych niezależnych, zaprezentowanych w tabeli 4.

Tabela 4. Testy istotności, wielkości i moce efektów dla zmiennej y_3 – Liczba autobusów niskoemisyjnych

Zmienna	F	Współczynnik modelu b_i	Wartość p	Test t
Cena energii w przeliczeniu na 1 mieszkańca	10,75	0,77447	0,002	3,28
Dedykowany pas autobusowy w km w stosunku do powierzchni miasta	72,94	0,00413	<0,001	-8,54
Liczba przystanków w przeliczeniu na 1 mieszkańca	54,99	-0,42413	<0,001	-7,42
Ścieżki rowerowe w stosunku do powierzchni miasta	22,84	-0,00015	<0,001	-4,78
Linie komunikacji miejskiej na 1000 mieszkańców	32,53	0,00046	<0,001	5,70
Średnia roczna wartość stężenia PM ₁₀	9,57	-0,00013	0,004	-3,09
Cena benzyny	21,77	0,00047	<0,001	4,67

Cena oleju napędowego	25,96	0,00061	<0,001	-5,10
Stopa bezrobocia rejestrowanego	144,70	-0,00021	<0,001	-12,03
Miesięczne wynagrodzenie w przeliczeniu na 1 mieszkańca	21,24	-0,00002	<0,001	-4,61
Rok	19,58	0,00019	<0,001	4,43

Źródło: *opracowanie własne*.

Z analizy tabeli 4 wynika, że wszystkie parametry zmiennych, po 11 krokach regresji wstecznej są statystycznie istotne – wartości p są wyraźnie mniejsze niż 0,05.

Ponadto przeprowadzono weryfikację modelu w celu sprawdzenia, czy jest akceptowalny. Obliczono szereg wskaźników (tabela 5) weryfikujących prezentowany model regresji:

- Współczynnik determinacji, R^2 – informuje o tym jaka część całkowitej zmienności zmiennej zależnej, jest wyjaśniona przez zmienność zmiennej niezależnej, $0 \leq R^2 \leq 1$
- Współczynnik zmienności – $V_{s\varepsilon}$ jest znormalizowaną miarą dyspersji rozkładu prawdopodobieństwa lub rozkładu częstotliwości.

Tabela 5. Miary dopasowania modelu regresji

	R^2	$V_{s\varepsilon}$
y_1 – Liczba samochodów elektrycznych i hybrydowych	0,9074	12,48%
y_2 – Liczba rowerów publicznych	0,8979	13,14%
y_3 – Liczba pojazdów transportu publicznego	0,9613	7,27%

Źródło: *opracowanie własne*.

W tabeli 5 zaprezentowano miary dopasowania modeli regresji dla wszystkich przedstawionych wcześniej modeli regresji. W przypadku modelu opisującego zależność liczby samochodów elektrycznych i hybrydowych od wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej parametr R^2 pokazuje, że 90,74% zmian w liczbie samochodów elektrycznych i hybrydowych tłumaczy się zmianą zbioru zmiennych niezależnych. W przypadku liczby rowerów publicznych jest bardzo podobnie, model wyjaśnia 89,79% zmian. Natomiast dla liczby pojazdów transportu publicznego znaleziony zestaw zmiennych objaśniających tłumaczy 96,13% zmian. Rozpatrując wartości parametru współczynnika zmienności otrzymano część odchylenia standardowego składnika losowego (w procentach) w średniej wartości zmiennych zależnych na poziomie odpowiednio: 12,48%, 13,14%, 7,27%.

Podsumowując wyniki tabeli 5 oraz wartość testu t z tabel od 2 do 4 można wysnuć wniosek, że modele regresji są statystycznie istotne. Najlepsze dopasowanie wykazuje model dla liczby pojazdów transportu publicznego, jednakże wszystkie modele wykazują się akceptowalną dopuszczalnością.

5.2 ANALIZA KOMPARATYWNA ROZWOJU STRATEGII ELEKTROMOBILNOŚCI W WYBRANYCH MIASTACH - METODA WIELOWYMIAROWEJ ANALIZY PORÓWNAWCZEJ

Analizy komparatywnej rozwoju strategii elektromobilności dokonano z wykorzystaniem metody wielowymiarowej analizy porównawczej umożliwiającej prowadzenie kompleksowych badań różnorodnych zjawisk złożonych, stwarzając tym samym możliwości szerokiego i obiektywnego spojrzenia na te zjawiska.

Z analiz prezentowanych w literaturze wynika, że najlepsze własności formalne mają: klasyczna metoda standaryzacji oraz metoda unitaryzacji, w której przez rozstęp dzielona jest odległość danej wartości od zaobserwowanej wartości „najgorszej”. Ta druga metoda czyni zadość również postulowanemu przez niektórych autorów warunkowi nieujemności. Normalizacja przebiega według wzorów:

Dla stymulant:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min \{x_{ij}\}}{\max \{x_{ij}\} - \min \{x_{ij}\}}$$

Dla destymulant:

$$x'_{ij} = \frac{\max \{x_{ij}\} - x_{ij}}{\max \{x_{ij}\} - \min \{x_{ij}\}}$$

Gdzie:

- i - numer obiektu
- j - numer cechy
- $\max \{x_{ij}\}$ oraz $\min \{x_{ij}\}$ poszukujemy w zbiorze obiektów dla zadanej cechy.

W pracy zdecydowano się na wykorzystanie miary agregatywnej, która przewiduje wyliczenie średniej arytmetycznej ze zmiennych diagnostycznych, które doprowadzono do porównywalności poprzez unitaryzację, oraz wyrażenie tej średniej w skali punktowej w przedziale $\langle 0;100 \rangle$. Zatem wzór na miarę agregatową ma postać:

$$W_i = \frac{100}{m} \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot x'_{ij}$$

Gdzie:

- m - liczba cech (kryteriów) branych pod uwagę
- α_j - waga j -tej cechy (kryterium)

Uporządkowany zestaw wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej, które zostały zidentyfikowane jako mające największy wpływ na liczbę samochodów i elektrycznych wraz z informacją czy jest to stymulanta czy destymulanta, zaprezentowano w tabeli 6.

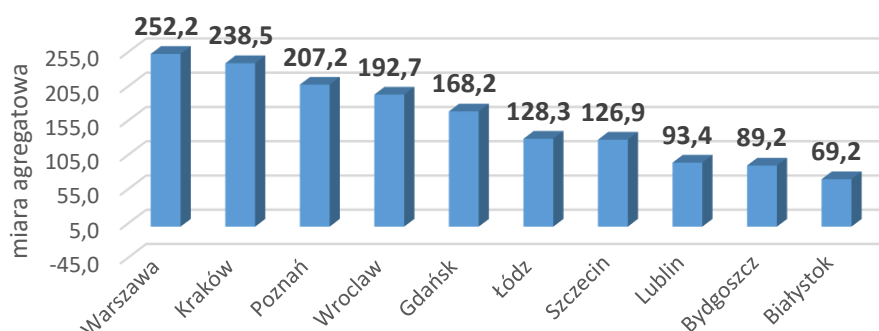
Tabela 6. Określenie charakteru dla wybranych wskaźników

Nazwa wskaźnika	Stymulanta	Destymulanta
Miesięczne wynagrodzenie w przeliczeniu na 1 mieszkańca	x	
Liczba stacji ładowania w stosunku do powierzchni miasta	x	
Cena oleju napędowego	x	
Średnia roczna wartość stężenia PM 2,5	x	
Cena energii na 1 mieszkańca		x
Dedykowany pas autobusowy w km w stosunku do powierzchni miasta	x	

Źródło: opracowanie własne.

Analizując tabelę 6, można zauważyć, iż jedna pozycja została przyjęta jako destymulanta - pożądane wartości w kierunku malejącym, a pozostałe pięć jako stymulanty. Określenie charakteru zmiennych oraz uśrednionej oceny nadanej przez ekspertów posłużyło przeprowadzeniu dalszych analiz.

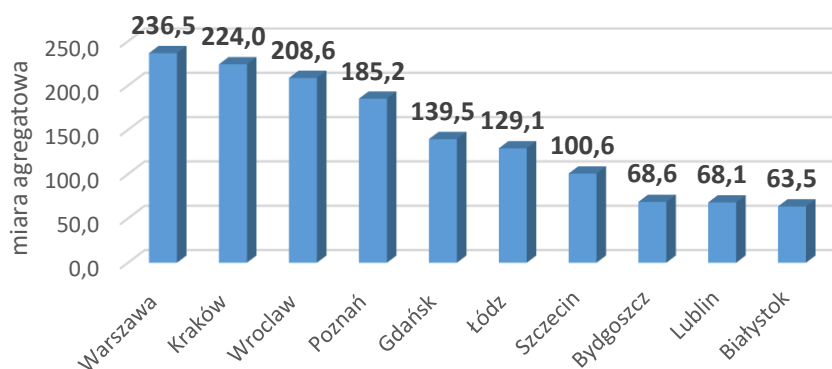
Uzyskany w badaniach zestaw wskaźników stał się podstawą ustalenia rankingów badanych miast w analizowanym przedziale czasowym metodą porządkowania liniowego. Przygotowane rankingi dotyczą predyspozycji rozwoju elektromobilności w poszczególnych miastach ze względu na liczbę użytkowanych samochodów niskoemisyjnych na przestrzeni lat 2017-2021. Wyniki pozycjonowania dla roku 2020 i 2021 zostały zaprezentowane na rysunkach 2-3.

**Rysunek 2. Predyspozycje rozwoju elektromobilności – wyniki za rok 2020**

Źródło: opracowanie własne.

Rok 2020 upłynął pod znakiem walki z pandemią COVID-19, która nie tylko znacznie utrudniła codzienne życie mieszkańców miast i ograniczyła dostęp do szeregu usług, ale również wpłynęła na funkcjonowanie instytucji samorządowych. Z jednej strony nastąpił spadek dochodów przy jednoczesnym wzroście wydatków w zakresie m.in. świadczenia usług

publicznych, wydatków na służbę zdrowia czy edukację. Pandemia wpłynęła także na zmianę postrzegania przez mieszkańców przestrzeni miejskiej. Funkcjonowanie w otoczeniu pełnym restrykcji związanych z COVID-19: ograniczenia w funkcjonowaniu placówek edukacyjnych, instytucji kultury i usług oraz zmiana trybu pracy na zdalny w wielu przedsiębiorstwach miały wpływ na zmianę stylu życia i aktywności mieszkańców w przestrzeni miejskiej. Dostęp do terenów zielonych okazał się być istotny z punktu widzenia zdrowia mieszkańców, a utrudnienia w podróżowaniu sprawiły, że przestrzenie publiczne postrzegane były jako miejsca, które powinny być atrakcyjne i zachęcać do spędzenia wolnego czasu i wypoczynku. Mieszkańcy dużych miast zaczęli przywiązywać większą wagę do otoczenia, w którym żyją. Dostrzeżono, że niskoemisyjny transport może mieć wpływ na komfort i poprawę jakości życia.



Rysunek 3. Predyspozycje rozwoju elektromobilności – wyniki za rok 2021

Źródło: opracowanie własne.

Wśród badanych miast, największe predyspozycje rozwoju elektromobilności dla podsystemu transportu samochodów niskoemisyjnych, uwzględniając kierunek zmian badanych wskaźników, ma Warszawa. W miastach od wielu lat obserwowane jest występowanie podwyższonych stężeń zanieczyszczeń związanych z transportem, szansę na poprawę sytuacji stwarza między innymi rozwój rynku pojazdów niskoemisyjnych, a świadomość mieszkańców jest coraz większa w tym zakresie. Rozwój badanej strategii ściśle związany jest również z dostępnością punktów ładowania samochodów elektrycznych oraz rozwiązań zachęcających, jak dedykowany pas autobusowy, po którym mogą bez przeszkód poruszać się samochody elektryczne, a w największych miastach jest ich największa ilość. Wyższe miesięczne wynagrodzenie może wpływać na zakup większej liczby samochodów niskoemisyjnych, których cena jest wciąż wyższa od samochodu spalinowego, co w przypadku miast o niższych zarobkach może stanowić istotną barierę rozwoju.

Porównanie wyników rankingu nie tylko stanowi instrument pomiaru postępów w dążeniu polskich miast w kierunku rozwoju strategii elektromobilności, ale również umożliwia

ocenę postępu wdrażania inwestycji, działań i celów w czasie. Ranking może więc stać się narzędziem pomocnym w określaniu celów dalszego rozwoju strategii elektromobilności miast. Wskaźnikowy, uporządkowany zestaw danych, informujący w sposób analityczny i syntetyczny o pozycji określonego miasta na tle innych miast w zakresie predyspozycji do rozwoju strategii elektromobilności, może sprzyjać i inspirować zmiany w sposobie zarządzania miastem zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

5.3 KONCEPCJA ROZWOJU STRATEGII ELEKTROMOBILNOŚCI W MIASTACH

Celem prowadzonych w pracy naukowej badań było opracowanie modelu zarządzania zrównoważoną mobilnością w kontekście rozwoju strategii elektromobilności rozumianej w ujęciu szerokim, jako rynek samochodów niskoemisyjnych (elektrycznych oraz hybrydowych), autobusów niskoemisyjnych oraz rowerów publicznych. Zbiór wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej mających na rozwój całościowej strategii elektromobilności zaprezentowano w tabeli 7.

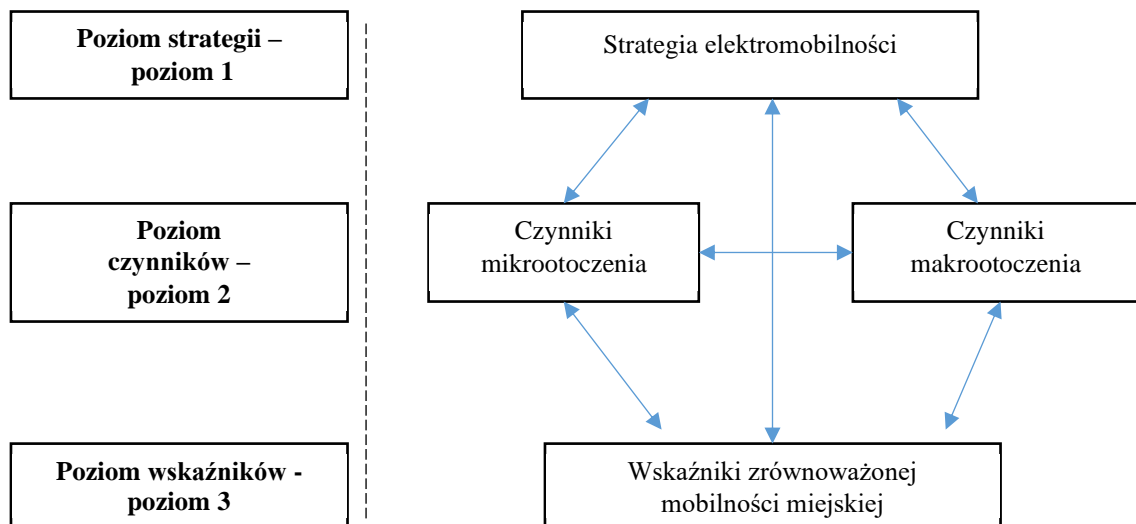
Tabela 7. Wskaźniki zrównoważonej mobilności miejskiej mające wpływ na rozwój strategii elektromobilności

Łady zrównoważonego rozwoju	Wskaźnik
Społeczny	Stosunek łącznej liczby samochodów w systemach car-sharing w obszarze aglomeracji miejskiej do liczby mieszkańców tego obszaru
	Liczba przystanków w przeliczeniu na 1 mieszkańca
	Dedykowany pas autobusowy w km w stosunku do powierzchni miasta
	Ścieżki rowerowe w stosunku do powierzchni miasta
	Linie komunikacji miejskiej na 1000 mieszkańców
	Liczba stacji ładowania w stosunku do powierzchni miasta
Gospodarczy	Miesięczne wynagrodzenie w przeliczeniu na 1 mieszkańca
	PKB w przeliczeniu na 1 mieszkańca
	Cena oleju napędowego
	Cena energii w przeliczeniu na 1 mieszkańca
	Cena benzyny
	Stopa bezrobocia rejestrowanego
Środowiskowy	Emisje związane z działalnością transportową NOx
	Średnia roczna wartość stężenia PM10
	Średnia roczna wartość stężenia PM2,5

Źródło: opracowanie własne.

Patrząc na strategię elektromobilności w ujęciu kompleksowym, widać równowagę w hierarchiczności łańdów zrównoważonej mobilności miejskiej. W trzech grupach powtarza

się wskaźnik uwzględniający cenę energii oraz miesięczne wynagrodzenie, a także uwzględniający emisje związane z transportem. Dlatego to te z nich, należy uważać za najbardziej istotne, priorytetowe dla rozwoju strategii elektromobilności w miastach. Ogólne ujęcie, z uwzględnieniem poziomu czynników i wskaźników, koncepcji strategii elektromobilności wskazano na rysunku 4.

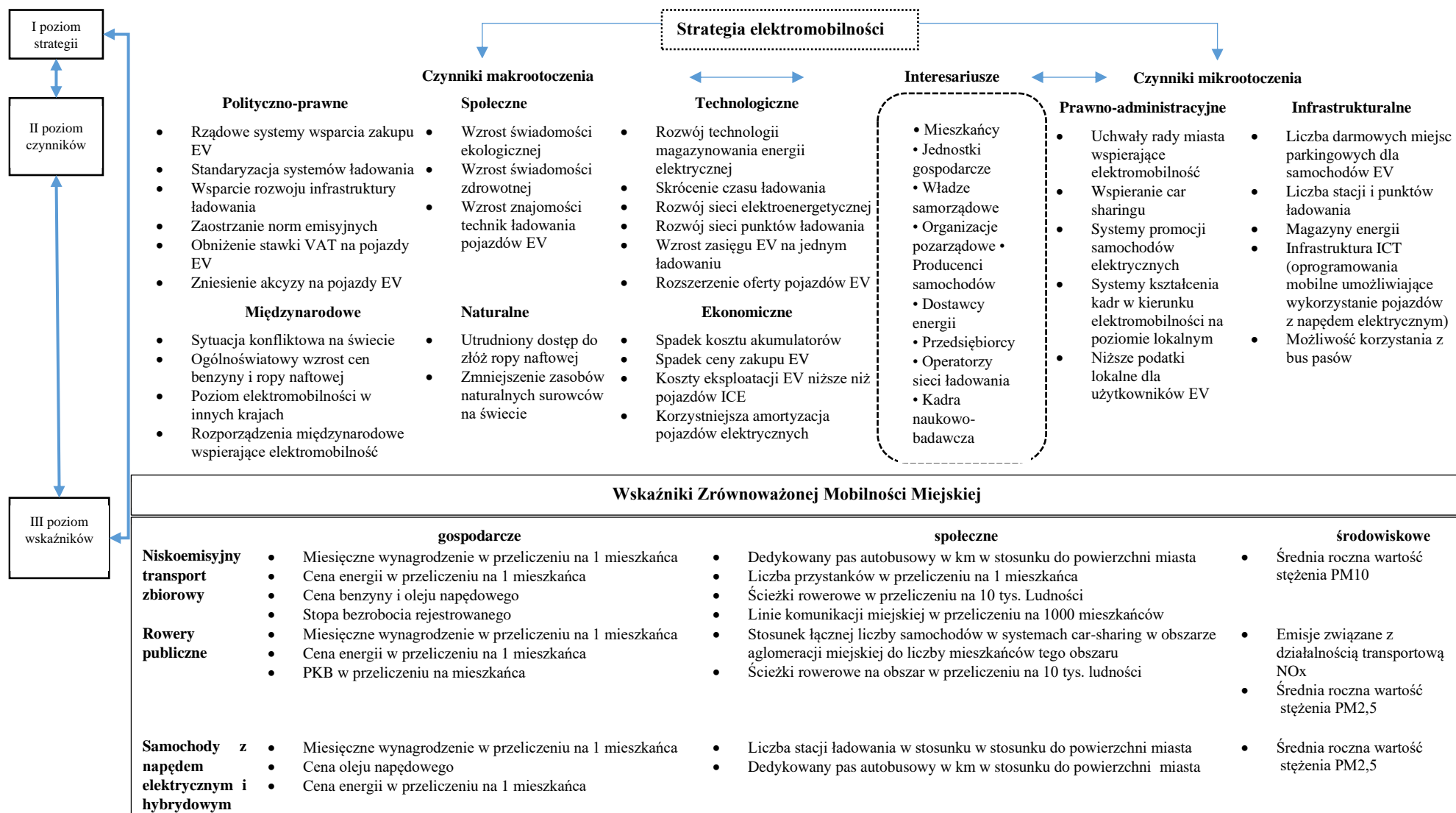


Rysunek 4. Strategia elektromobilności w mieście – ujęcie ogólne

Źródło: opracowanie własne.

Spójność w rozwoju strategii elektromobilności w miastach jest procesem złożonym i wielowymiarowym. Cechuje ją mnogość podmiotów mających wpływ na rozwój elektromobilności (złożoność podmiotowa), a także wielopłaszczyznowa wielość czynników, które ją budują (złożoność czynnikowa). Skuteczność współpracy interesariuszy, determinant występujących w mikrootoczeniu, makrootoczeniu oraz szczególnych wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej wymaga współdziałania na trzech płaszczyznach równocześnie (strategii, czynników i wskaźników), aby strategia elektromobilności mogła się rozwijać.

Kompleksowe ujęciu działań i czynników z perspektywy otoczenia makro i mikro oraz zestawu wskaźników zrównoważonej mobilności w miejskiej umiejscowionego w obszarze trzech łańców: gospodarczego, społecznego i środowiskowego, mających wpływ na rozwój strategii elektromobilności w mieście, tworzą **koncepcję rozwoju strategii elektromobilności** uwzględniającą **zrównoważoną mobilność**, zaprezentowano na rysunku 5.



Rysunek 5. Strategia elektromobilności w mieście - ujęcie szczegółowe uwzględniające czynniki makrootoczenia, mikrootoczenia oraz wskaźniki zrównoważonej mobilności miejskiej

Źródło: opracowanie własne.

W strukturze proponowanej koncepcji zidentyfikowano na poziomie czynników na poziomie II ujęcie mikro, jak i makro. W pierwsze perspektywie, na rozwój strategii elektromobilności mają wpływ determinanty o charakterze administracyjno – prawnym oraz infrastrukturalnym. Na poziomie lokalnym, niezwykle istotne wydają się być wszystkie rodzaje wsparcia o charakterze legislacyjnym i podatkowym, które będą uszczegółowieniem oraz rozwinięciem dokumentów o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Także rozwiązania znajdujące swoje odzwierciedlenie w systemie edukacji, głównie na poziomie uczelni wyższych, będą odgrywały istotną rolę. Wsparcie rozwoju car - sharingu na poziomie lokalnym wpłynie pozytywnie na rozwój strategii elektromobilności w dwojaki sposób. Po pierwsze, pojazdami używanymi w tym rozwiązaniu powinny być głównie samochody o napędzie elektrycznym i hybrydowym. Po drugie, usługa ta wpływa na zmniejszenie kosztów zewnętrznych transportu, poprzez ograniczenie liczby używanych samochodów.

Możliwie największa liczba konkretnych rozwiązań infrastrukturalnych w danym mieście, ułatwiających użytkowanie samochodów elektrycznych mieszkańcom, tj. liczba darmowych miejsc parkingowych, liczba publicznych stacji i punktów ładowania, dostępność oprogramowań mobilnych umożliwiających wykorzystanie pojazdów z napędem elektrycznym czy możliwość korzystania z bus pasów, co w połączeniu z odpowiednią promocją dostosowaną do grupy docelowej dla pojazdów elektrycznych, ułatwią rozwój strategii elektromobilności.

Ważną rolę w rozwoju badanej strategii, odgrywają czynniki makrootoczenia. W proponowanej koncepcji zostały pogrupowane w sześć kategorii, z zastrzeżeniem, że przenikają się one wzajemnie. Od działań politycznym zarówno na szczeblu międzynarodowym, jak i krajowym oraz lokalnym wymaga się przede wszystkim konsekwencji, zarówno we wdrażaniu oferowanych rozwiązań i udogodnień dla rynku elektromobilności, jak i w egzekwowaniu przyjętych norm i limitów. Co więcej, przy włączeniu elektromobilności do przestrzeni miejskiej istotne jest zdecydowane określenie grupy docelowej poszczególnych propozycji. Tylko takie działanie da możliwość rzeczywistego rozwoju rynku, zgodnie z założonymi prognozami, które zostały zawarte w Planie Rozwoju Elektromobilności². Najważniejszym zadaniem tego Planu jest osiągnięcie 1 miliona samochodów elektrycznych w Polsce do 2025 roku. Spełnienie tego założenia pozwoliłoby na uzyskanie konkretnych korzyści środowiskowych związanych ze zmniejszeniem emisji zanieczyszczeń pochodzenia transportowego w miastach w Polsce, co wpłynęłoby pozytywnie na zdrowie i jakość życia mieszkańców, a także zmniejszenie uzależnienia energetycznego

² *Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce*, Ministerstwo Energii, Warszawa 2017.

kraju poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na paliwa płynne, a w konsekwencji spadek wielkości importu ropy naftowej, co w obecnej sytuacji politycznej i ekonomicznej na świecie wydaje się być bardzo istotną, jeśli nie najważniejszą determinantą. Na początku 2023 roku było w Polsce zarejestrowanych 32 555 samochodów elektrycznych oraz 31 146 to modeli z napędem hybrydowym³, to zaledwie 3,25% docelowego planu 1 milion samochodów elektrycznych.

W ostatnim czasie w skali światowej ma miejsce wiele zjawisk, takich jak pandemia, postępująca inflacja czy konflikt zbrojny, które utrudniają codzienne funkcjonowanie mieszkańców, ich komfort życia, dostęp do szeregu usług, a więc sferę społeczną oraz oddziałują na funkcjonowanie instytucji samorządowych. Pandemia wpłynęła także na zmianę postrzegania przestrzeni miejskiej przez mieszkańców, która powinna zachęcać do spędzania w niej czasu, gdyż znacząco wzrosła świadomość zdrowotna ludzi. Znaczna waga przywiązywana zdrowiu, łączy się z permanentnie wzrastającą świadomością ekologiczną mieszkańców i większymi standardami stawianymi przed lokalnymi władzami w obszarze środowiska miejskiego, jak jakość powietrza i jego zanieczyszczenie. Istotnym aspektem wydaje się też być edukacja na poziomie krajowym, jak i lokalnym w sferze elektromobilności, o jej przydatności, wpływie na ważne dla społeczeństwa wartości, a także o technicznych aspektach funkcjonowania, dostępnych rozwiązaniach i udogodnieniach.

Działania polityczne mają znaczący wpływ na rozwój elektromobilności, mając swój początek podczas deklaracji wizji i zestawu celów, poprzez przyjęcie standardów pojazdów elektrycznych i ładowania. Rozwój elektromobilności umożliwi Polsce zredukowanie zależności importowej od ropy naftowej, zwiększenie zapotrzebowania na energię elektryczną, a tym samym rozwinięcie polskiego przemysłu oraz stworzenia nowych miejsc pracy. Krajowa branża motoryzacyjna posiada potencjał rozwojowy, o czym świadczą sukcesy chociażby takich przedsiębiorstw jak Solaris Bus&Coach (produkcja autobusów). Rozwój gałęzi transportowej ma więc znaczenie dla wzrostu konkurencyjności Polski na europejskim rynku. Polska ma potencjał by zdobyć specjalizację w produkcji określonych komponentów, które mogłyby mieć zastosowanie w sektorze elektromobilności w skali światowej.

Miejska elektromobilność jest strategicznym priorytetem Unii Europejskiej, nie tylko w aspekcie ekologicznym, ale także ekonomicznym. Polskie i unijne regulacje wprowadzają wysokie standardy środowiskowe dla miast, co ma wpływ na planowanie rozwoju transportu i jego elektryfikację. Wynikiem tych działań, zwłaszcza w okresie niestabilnej, dynamicznej

³ <https://www.benchmark.pl/aktualnosci/samochody-elektryczne-w-polsce-2021.html> [dostęp: 22.01.2022].

sytuacji na świecie, jest stopniowy spadek uzależnienia od importu ropy naftowej oraz spadek zanieczyszczenia powietrza. Jednakże pluralizm lokalnych uwarunkowań ekonomicznych, społecznych, politycznych oraz technicznych, powoduje niemożność ustalenia wspólnego standardu wprowadzania zrównoważonej mobilności w miastach, stawiając liczne wyzwania i bariery rozwoju, takie jak:

- sfinansowanie instrumentów umożliwiających rozwój rynku pojazdów elektrycznych oraz nowych usług towarzyszących,
- sfinansowanie systemu zachęt finansowych stymulujących popyt na pojazdy elektryczne,
- budowa nowej infrastruktury,
- sfinansowanie procesu minimalizacji całkowitego kosztu posiadania i eksploatacji pojazdu elektrycznego,
- adaptacja potencjału tradycyjnego przemysłu motoryzacyjnego na potrzeby rozwoju elektromobilności,
- brak kapitału społecznego wspierającego nowy przemysł elektromobilności,
- zmianę przeświadczenia u ludzi, że wyprodukowanie pojazdu elektrycznego jest dużo bardziej uciążliwe dla środowiska niż produkcja tej samej klasy pojazdu konwencjonalnego,
- postrzeganie pojazdów elektrycznych jako technologii zbyt drogiej, a jednocześnie niedojrzałej w polskich warunkach,
- nadmierna masa pojazdów elektrycznych, w szczególności baterii,
- uboga infrastruktura ogólnodostępnych punktów ładowania,
- długi czas ładowania pojazdów,
- zbyt mały zasięg samochodów elektrycznych bez konieczności ładowania.

Oprócz czynników politycznych i społecznych rozwoju strategii elektromobilności, kluczowym obszarem wydają się być obniżki kosztów „obsługi” badanego rynku, zwłaszcza w obliczu panującej inflacji i prognozowanej dalszej podwyżce cen. Samochody spalinowe wciąż pozostają tańszą opcją wyboru na etapie zakupu samochodu. Jak podaje Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych⁴ dalsza faza użytkowania, od eksploatacji, „tankowania” aż po serwisowanie, amortyzację, czyli TCO użytkowania pojazdu elektrycznego jest szacowana jako tańsza w porównaniu do pojazdu o klasycznym napędzie. Rozwój rynku elektromobilnego, a więc zwiększanie szerokości asortymentowej poprzez rozbudowę oferty

⁴ <https://www.motofaktor.pl/ev-w-firmie-dwa-razy-tanszy-od-spalinowego/> [dostęp: 22.03.2022]

podażowej samochodów elektrycznych poszczególnych marek wpłynie na stopniowe obniżanie ich cen, co w połączeniu z proponowanymi dopłatami i oferowanymi udogodnieniami w obszarach miejskich i wreszcie niskimi kosztami zewnętrznymi tychże aut, które są coraz bardziej pożądane przez społeczeństwo, podniesie ich atrakcyjność i zwiększy wolumen zakupu. Sytuacja konfliktowa na świecie generuje wiele bezpośrednich skutków dla wszystkich państw, nawet nieuczestniczących w tych działaniach, do których należy ogólnoświatowy wzrost cen benzyny i ropy naftowej oraz utrudniony dostęp do drugiego z wymienionych surowców, którego największym eksporterem do 24.02.2022 r.⁵ była Rosja. Sytuacja ta wymusza poszukiwanie alternatywnych rozwiązań mobilności i pośrednio wspiera rozwój elektromobilności.

Ważnym elementem jest również poszukiwanie przez polskie miasta benchmarków w miastach europejskich, które skutecznie wdrażają działania legislacyjne, administracyjne czy promocyjne dotyczące elektromobilności. Bez wątpienia, czynności, które są odwzorowywane powinny być dopasowane do specyfiki funkcjonowania polskich miast i ich sytuacji społecznej, ekonomicznej oraz ekologicznej. Obszarem oddziaływania zewnętrznego na rynek pozostają także rozwiązania techniczne i technologiczne. Dostępność punktów ładowania pojazdów w miejscach użytku publicznego, jak sklepy czy centra handlowe, gdzie można zostawić samochód do ładowania w czasie robienia zakupów wydaje się być strategicznym rozwiązaniem. Istotnym, z punktu widzenia dużej mobilności ludzi, jest także rozlokowanie stacji ładowania przy autostradach i drogach szybkiego ruchu, na wzór stacji benzynowych. Istotne jest również permanentne szukanie rozwiązań na zwiększenie zasięgu samochodów, a więc większej pojemności baterii. Koniecznym zdaje się zwiększenie w związku z tym środków finansowych krajowych na badania w tym kierunku.

Ostatnim aspektem jest rzeczwiśta, nie pozorna, holistyczna współpraca wszystkich interesariuszy strategii elektromobilności, a więc władz krajowych i lokalnych, organizacji pozarządowych, dostawców energii, operatorów sieci ładowana, producentów samochodów, wreszcie społeczeństwa miejskiego. Po stronie podaży ważne jest zaangażowanie polskiego potencjału przemysłowego i naukowo - badawczego w wytwarzanie pojazdów z napędem elektrycznym. Dotyczy to produkcji tych pojazdów, komponentów do nich oraz elementów infrastruktury elektromobilności. Tylko kooperacja i spójna strategia działania na wszystkich szczeblach władzy, to jest lokalnym, krajowym i międzynarodowym spowoduje faktyczny rozwój badanego rynku. Najważniejszymi czynnikami strony popytowej będą nabywcy

⁵ Początek konfliktu zbrojnego między Rosją a Ukrainą.

samochodów elektrycznych przeznaczając je na potrzeby własne, wynajem lub świadczenie usług, ale nie należy pominąć również jednostek gospodarczych i przedsiębiorstw, które takie samochody potraktują jako przedmiot leasingu czy obiekt oferowany w usłudze car-sharingu. Zapewnienie stałości cen, stabilności dostaw energii oraz dostępności publicznej infrastruktury niezbędnej do ładowania pojazdów wpłynie, zwłaszcza przy obecnej niepewności dotyczącej rynku paliw konwencjonalnych, na wzrost zainteresowania tą częścią rynku motoryzacyjnego.

Do budowy optymalnego, pożądanego modelu zarządzania zrównoważoną mobilnością w aspekcie rozwoju strategii elektromobilności w obszarze miejskim koniecznych jest zatem pięć wskaźników. Pierwszy odnosi się do ceny energii, która jest niezwykle istotna przy podejmowaniu decyzji mieszkańców, a także władarzy miast o elektryfikacji pojazdów prywatnych i transportu publicznego. Drugi, odnosi się do sytuacji materialnej mieszkańców miast, co jest ważne z punktu widzenia wciąż wysokiej ceny za zakup samochodu elektrycznego w porównaniu do tradycyjnego. Kolejne, dotyczą dbałości o środowisko naturalne, która jest naturalną konsekwencją funkcjonowania pojazdów niskoemisyjnych. Dlatego też można je uznać za główne determinanty rozwoju strategii elektromobilności w miastach.

Rynek elektromobilności ma charakter sieci powiązań współpracy kreujących synergii i kooperację wielu jego podmiotów co wymaga harmonijnego i całościowego wsparcia. Tylko wtedy i w takich warunków zidentyfikowane czynniki mikro oraz makrootoczenia, a także wskaźniki zrównoważonej mobilności miejskiej mogą mieć realny wpływ na funkcjonowanie i wspieranie koncepcji rozwoju strategii elektromobilności w badanych miastach.

6. WNIOSKI KOŃCOWE

Bez wątplenia zagadnienie elektromobilności jest tak ważne, jak złożone. Tym bardziej, że z jednej strony występują ograniczenia i przeciwności dla jej rozwoju występujące na wielu płaszczyznach, a z drugiej strony, zwłaszcza w dobie obecnej sytuacji politycznej i ekonomicznej na arenie krajowej i międzynarodowej, rozwiązanie to posiada ogromny potencjał złagodzenia odczuwania skutków kryzysu. Złożoność problematyki elektromobilności niesie za sobą konieczność poszukiwania nowych, wspomagających ją rozwiązań. Zagadnienie zrównoważonej mobilności miejskiej wydaje się być odpowiednim, by wesprzeć rozwój strategii elektromobilności w miastach.

Główną hipotezą badawczą rozprawy zakładała, że **zrównoważona mobilność miejska jest istotnym czynnikiem rozwoju strategii elektromobilności w miastach**. Do tak sformułowanej hipotezy, dodano hipotezę pomocniczą o brzmieniu: **opracowanie**

dedykowanego zestawu wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej pozwala ocenić i porównać, a w konsekwencji wpływa na koncepcję rozwoju strategii elektromobilności w miastach. Obie hipotezy zostały zweryfikowane pozytywnie. Weryfikacja hipotezy głównej nastąpiła poprzez wyodrębnienie wspólnych obszarów funkcjonowania zrównoważonej mobilności miejskiej i strategii elektromobilności, a następnie potwierdzenie wpływu badanych wskaźników na rozwój strategii elektromobilności poprzez przeprowadzone analizy statystyczne danych wtórnych. Weryfikacja hipotezy pomocniczej zapoczątkowana została przeglądem wskaźników i mierników zrównoważonego transportu oraz mobilności miejskiej. Na tej podstawie powstała baza wskaźników, udostępniona ekspertom, którzy wyłonili dedykowany zestaw wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej. Zestaw ten podlegał weryfikacji statystycznej z użyciem metody regresji liniowej. Pozwoliło to stworzyć cztery zestawy wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej, **zestaw całościowy** oraz osobne zestawy dla **podsystemu samochodów niskoemisyjnych, autobusów niskoemisyjnych oraz rowerów publicznych**, które wpływają na rozwój strategii elektromobilności w miastach.

Efekty zrealizowanych w ramach rozprawy doktorskiej prac znacznie poszerzają perspektywę, zarówno w sferze doświadczeń teoretycznych, jak i wyników empirycznych, w sposób kompleksowy wypełniają lukę informacyjną w tym zakresie poprzez: przedstawienie istoty strategii elektromobilności oraz elementów składowych warunkujących jej rozwój w tak szerokim aspekcie.

W celu poprawy i zmiany bieżącej sytuacji konieczne jest jeszcze bardziej systemowe podejście i włączenie do strategii elektromobilności w miastach w Polsce wybranych wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej, ze szczególnym uwzględnieniem wszystkich kategorii i obszarów, gdyż tylko zachowana w nich równowaga pozwoli osiągnąć zamierzone efekty, a więc wpłynie na rozwój rynku elektromobilności. Przeprowadzona w dysertacji analiza może dostarczyć poszczególnym miastom i ich władarzom na szczeblu lokalnym narzędzia wspierającego rozwój strategii elektromobilności w postaci zestawu wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej wraz ze wskazaniem pożądanego kierunku ich rozwoju oraz atrybutów otoczenia w ujęciu mikro i makro.

Prezentowana koncepcja **rozwój strategii elektromobilności w odniesieniu do zrównoważonej mobilności miejskiej w miastach w Polsce** odpowiada zarówno szczegółowej sytuacji ekonomicznej, społecznej i środowiskowej w polskich miastach, jak i postulatowi wynikającemu z rozporządzeń głównych organów Unii Europejskiej. Ponadto, rozprawa zawiera informację rankingową w zakresie predyspozycji miast do osiągnięcia zrównoważonej mobilności w aspekcie wdrażania strategii elektromobilności wraz z opisami

wskazującymi determinanty danej pozycji oraz czynnikami umożliwiającymi jej poprawę. Dodatkowo, wskazano jako niezbędny czynnik rozwoju elektromobilności współpracę wszystkich interesariuszy tej strategii, a więc władz krajowych i lokalnych, instytucji pozarządowych, producentów samochodów, dostawców energii, operatorów sieci ładowana oraz społeczeństwa miejskiego.

Proponowane kierunki zmian zachowań mobilnościowych na obszarach miejskich i metropolitalnych w aspekcie rozwoju strategii elektromobilności kształtują się następująco:

- ważnym instrumentem zarządzania mobilnością w miastach, jest i będzie transport zbiorowy, dlatego rozwój niskoemisyjnego transportu zbiorowego należy traktować jako jeden z kluczowych obszarów aktywności w zakresie rozwoju strategii elektromobilności,
- rower publiczny, dzięki rozwojowi ścieżek rowerowych i rozwojowi suprastruktury, może wspomóc rozwój strategii elektromobilności,
- rozwój indywidualnej elektromobilności w bliższej perspektywie czasowej wpłynie znacząco na modele transportowe w mieście. Miasta powinny uwzględniać to w swoich strategiach i planach, aby sprostać wymaganiom unijnym i potrzebom mieszkańców.

Niewątpliwie tematyka związana z elektromobilnością jest niezmiernie interesująca pod względem potencjału eksploracji naukowej, jak i praktycznych wdrożeń. Jednocześnie jest to bardzo złożona problematyka, aktualna i wielowymiarowa. Prośrodowiskowe podejście do zarządzania miastami redefiniuje ujęcie tradycyjne, wymuszając wdrażanie i wspieranie rozwiązań ograniczających koszty zewnętrzne, zwłaszcza emisję dwutlenku węgla. Takim rozwiązaniem ma być właśnie koncepcja elektromobilności w ujęciu kompleksowym, uwzględniająca własny zbiór wskaźników zrównoważonej mobilności miejskiej oraz czynniki z jej własnego otoczenia bliższego i dalszego.

Biorąc pod uwagę obecne stadium rozwoju elektromobilności w Polsce, należy zwrócić uwagę na brak kompleksowych analiz wpływu przedmiotowego zjawiska na ten obszar oraz jego korelacji ze zrównoważoną mobilnością. W kontekście powyższego wykonane badania uznać można za ważną w skali kraju propozycję estymacji wpływu zrównoważonej mobilności miejskiej na rozwój strategii elektromobilności, która stanowić może punkt wyjścia dla dalszego rozwoju metodyki, którą poszerzyć można w dalszych etapach o pozostałe rozwiązania z zakresu mikromobilności, jak hulajnogi elektryczne czy skutery, których rynek rozwija się w dynamicznym tempie, czy też usługi MaaS, której rozwój jest na etapie początkowym w miastach polskich.

BIBLIOGRAFIA:

1. *Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce*, Ministerstwo Energii, Warszawa 2017.
2. Rudnicki A., *Zrównoważona mobilność a rozwój przestrzenny miasta*, Architektura 2010 nr 1-A.
3. <https://www.motofaktor.pl/ev-w-firmie-dwa-razy-tanszy-od-spalinowego/>
4. <https://www.benchmark.pl/aktualnosci/samochody-elektryczne-w-polsce-2021.html>
5. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/powierzchnia-i-ludnosc-w-przekroju-terytorialnym-w-2020-roku..html>

SPIS RYSUNKÓW:

Rysunek 1. Etapy procedury badawczej.....	7
Rysunek 2. Predyspozycje rozwoju elektromobilności – wyniki za rok 2020.....	14
Rysunek 3. Predyspozycje rozwoju elektromobilności – wyniki za rok 2021.....	15
Rysunek 4. Strategia elektromobilności w mieście – ujęcie ogólne.....	17
Rysunek 5. Strategia elektromobilności w mieście - ujęcie szczegółowe uwzględniające czynniki makrooczenia, mikrooczenia oraz wskaźniki zrównoważonej mobilności miejskiej.....	18

SPIS TABEL:

Tabela 1. Liczba mieszkańców największych miast w Polsce.....	6
Tabela 2. Testy istotności, wielkości i moce efektów dla zmiennej y_1 – liczba samochodów niskoemisyjnych.....	10
Tabela 3. Testy istotności, wielkości i moce efektów dla zmiennej y_2 – Liczba rowerów publicznych.....	11
Tabela 4. Testy istotności, wielkości i moce efektów dla zmiennej y_3 – Liczba autobusów niskoemisyjnych.....	11
Tabela 5. Miary dopasowania modelu regresji.....	12
Tabela 6. Określenie wag i charakteru dla wybranych wskaźników.....	14
Tabela 7. Wskaźniki zrównoważonej mobilności miejskiej mające wpływ na rozwój strategii elektromobilności.....	16