

ROZDZIAŁ 11

ELEKTROMOBILNA DROGA DO KREOWANIA NOWOCZESNYCH I ATRAKCYJNYCH METROPOLII

Wprowadzenie

Mobilność jest jedną z konstytutywnych cech miasta. Różnorakie przepływy do i wewnątrz obszarów zurbanizowanych określa się wręcz jako substancję środowiska miejskiego [Ouředníček 2008]. Jak słusznie zwracają uwagę Kołós i Trzepacz [2010], trudno oddzielić ideę miasta jako przestrzeni przepływów od transportu, który te przepływy umożliwia. W stopniu szczególnym dotyczy to metropolii, w definicji których zwraca się uwagę na fakt pełnienia przez nie funkcji węzłów w systemie powiązań komunikacyjnych, co musi wiązać się z dużą dostępnością tych ośrodków w różnych skalach przestrzennych [Marowski, Marszał 2006]. Metropolie, będąc obszarami szczególnie wysokiej koncentracji różnych rodzajów działalności – w tym usług wysokiego rzędu – i pełniące funkcję biegunów wzrostu, są naturalnymi centrami ogniskowania się przepływów ludzi, a także dóbr, usług i informacji.

Zatem odpowiednia obsługa transportowa jest warunkiem koniecznym do zapewnienia prawidłowego funkcjonowania obszarów metropolitalnych jako biegunów rozwoju społeczno-gospodarczego, ale jest kluczowa także dla funkcjonowania metropolii jako miejsc atrakcyjnych do życia, pracy i wypoczynku. Tym samym zabezpieczenie potrzeb mobilnościowych mieszkańców i wszystkich korzystających z miasta należy do najważniejszych wyzwań w rozwoju obszarów zurbanizowanych.

Należy jednak pamiętać, że mobilność wiąże się z także z wieloma niekorzystnymi zjawiskami i procesami, których uciążliwość jest szczególnie duża właśnie w obszarach koncentracji ludności i funkcji. Do tych negatywnych aspektów mobilności należy przede wszystkim emisja zanieczyszczeń (w tym gazów cieplarnianych, pyłów i innych szkodliwych dla środowiska i człowieka substancji), hałas, wypadki oraz znaczna terenochłonność infrastruktury transportowej.

Współcześnie dąży się do ograniczeń tego niekorzystnego wpływu mobilności na środowisko i zdrowie człowieka. W tym celu została sformułowana koncepcja zrów-

noważyzonego transportu, która obecnie zmienia się w bardziej holistycznie rozumianą koncepcję zrównoważonej mobilności [Banister 2008; Gallo, Marinelli 2020; Holden *et al.* 2020; Łupicka, Szymczak 2020]. Jako bardzo istotny w jej obrębie jawi się dyskurs o elektromobilności, która jest elementem zielonej transformacji wpisanej we wszystkie programy i strategię rozwoju UE, a z którą kraje członkowskie, ich regiony i miasta muszą się zmierzyć [Guzik *et al.* 2021; Kołós *et al.* 2023].

Podkreślić należy jednak, że istnieją różne formy elektromobilności, różniące się pod względem technologicznym, a także w zakresie możliwości ich zastosowania w różnych warunkach. Nie ma jednej formy elektromobilności idealnej dla każdego miasta. W obszarach metropolitalnych możemy w zasadzie wybierać spośród wszystkich dostępnych środków transportu elektrycznego:

- elektromobilność I generacji, tj. wykorzystująca pojazdy wymagające stałego podłączenia do zewnętrznego źródła zasilania:
 - transport szynowy:
 - kolej miejska
 - kolej podziemna (np.: metro)
 - lekka kolej naziemna (np.: tramwaj klasyczny)
 - transport drogowy: trolejbusy
- elektromobilność II generacji, tj. oparta na pojazdach zasilanych podczas jazdy ze źródła energii znajdującego się na pokładzie:
 - transport drogowy:
 - autobusy hybrydowe
 - autobusy bateryjne
 - autobusy wodorowe

Głównym celem rozdziału jest ukazanie poziomu rozwoju elektromobilności w polskich ośrodkach wojewódzkich wraz z próbą odpowiedzi na pytanie, jaki rodzaj elektromobilności jest optymalnym rozwiązaniem w polskich miastach. Badanie przeprowadzono³⁵ w 2022 r. (stan taboru zero- i nisko-emisyjnego na listopad 2022) i objęto nim wszystkie 18 miast wojewódzkich w Polsce³⁶. Z jednej strony pozwala to uniknąć w tym miejscu dyskusji o kryteriach wyboru metropolii, z drugiej mniejsze miasta wojewódzkie cechują się interesującymi tendencjami w zakresie innowacji elektromobilności.

Miasta wojewódzkie w Polsce tworzą spójną administracyjnie³⁷, lecz zróżnicowaną funkcjonalnie grupę ośrodków. Zbiór ten w opracowaniu rozumiany jest jako ośrodki

³⁵ Całość badań oraz przygotowanie rozdziału zostały opracowane przez zespół w składzie: Jakub Taczanowski, Adam Parol, Arkadiusz Kołós, Łukasz Fiedziński, Robert Guzik i Jakub Łodziński.

³⁶ Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię oraz Trójmiasto potraktowano jako szersze organizmy, nie zaś wyłącznie Katowice i Gdańsk, ze względu na silne powiązania funkcjonalne w policentrycznych strukturach ich aglomeracji. W pierwszym przypadku oparto się na formalnie istniejącym od 2017 r. specjalnym wydzieleniu GZM, w drugim zaś uwzględniono 3 operujące na jego terenie systemy komunikacji miejskiej (gdański, gdyński i wejherowski) oraz przewoźnika kolejowego PKP SKM Trójmiasto.

³⁷ Zastrzeżenia co do tego stwierdzenia mogą budzić dwie kwestie:

1. Pełnienie przez Warszawę funkcji nie tylko ośrodka wojewódzkiego, lecz również stolicy państwa.
2. Podział stołecznych kompetencji wojewódzkich między dwa największe ośrodki dwóch wydziałów

metropolitalne, choć w przypadku najmniejszych z nich jest to sformułowanie zdecydowanie na wyrost. Praktyka pokazuje jednak, że rozwiązanie to bywa stosowane w badaniach naukowych oraz jest obecne w debacie publicznej [Heffner 2011; por. *Załącznik do uchwały nr 239...; Unia Metropolii Polskich*]. W ujęciu funkcjonalno-hierarchicznym na polskie metropolie składają się wobec tego ośrodki bardzo duże (Warszawa), duże (m.in. Kraków czy Wrocław) oraz średniej wielkości miasta regionalne (takie jak Olsztyn czy Zielona Góra).

Mobilność i transport wobec wyzwań rozwoju obszarów miejskich

Konieczność zapewnienia efektywnego i jak najmniej uciążliwego dla środowiska naturalnego transportu jest szczególnie pilna właśnie w metropoliach, których powierzchnia, liczba ludności i wielofunkcyjność stawiają szczególnie wysokie wymagania w zakresie właściwego planowania i obsługi systemów komunikacyjnych. Wymagania te stale rosną, gdyż, jak zwraca uwagę Bryniarska [2018], użytkownicy miasta coraz bardziej cenią swój czas i oczekują, że podróż będzie jak najkrótsza lub że w czasie jazdy będą mogli spędzić czas na pracy lub rozrywce. Jednocześnie rośnie także świadomość ekologiczna mieszkańców miasta, wskutek czego wymóg jak najmniejszego obciążenia dla środowiska naturalnego ze strony transportu coraz bardziej zyskuje na znaczeniu.

W związku z tym, jak piszą Saghapour *et al.* [2016], jednym z głównych celów polityki transportowej w obszarach metropolitalnych na całym świecie jest zapewnienie dostępności do efektywnego, bezpiecznego i przyjaznego dla środowiska transportu publicznego, który w największym stopniu spełnia te wymienione wyżej wymagania. To właśnie transport publiczny, obok ruchu niezmotoryzowanego (pieszego i rowerowego), ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia stawiania czoła wyzwaniom, takim jak zmiany klimatyczne, zanieczyszczenie środowiska i zależność energetyczna, będąc jednym z kluczowych elementów równoważenia systemów transportowych w duchu idei zrównoważonego rozwoju [Green Paper... 2007; Banister 2008; Rojas-Rueda *et al.* 2012; Taczanowski *et al.* 2018]. Szczególnie istotna w tym kontekście jest tutaj rola transportu publicznego w zmniejszeniu zapotrzebowania na korzystanie z samochodu [Beirão *et al.* 2007; Gärling, Schuitema 2007] oraz w zmniejszaniu emisji CO₂ [Wimbardi *et al.* 2021]. Ponadto dobrze funkcjonujący transport publiczny odgrywa także bardzo istotną rolę dla procesu rozwoju obszarów metropolitalnych, przyczyniając się do wyhamowania negatywnych procesów rozlewania się miasta [Ambarwati *et al.*

tego szczebla podziału administracyjnego: Bydgoszcz i Toruń w woj. kujawsko-pomorskim oraz między Gorzów Wielkopolski a Zieloną Górę w woj. lubuskim.

2014; Banet, Rogala 2016; Skiba 2021]. Rola transportu publicznego jest szczególnie widoczna w koncepcjach rozwoju miast, takich jak *compact city*, *smart city*, *green city* i miasto 15-minutowe, służących utrzymaniu zrównoważonego stanu obszarów miejskich dla obecnych i przyszłych mieszkańców [Mu *et al.* 2012; Vakula, Raviteja 2018; Kakar, Prasad 2020; Abdelfattah *et al.* 2022; Kuo *et al.* 2023].

Powyżej sformułowane wyzwania można odnieść przede wszystkim do elektrycznego transportu publicznego, który spełnia wymagania transportu atrakcyjnego, przyciągającego pasażerów i przyjaznego dla środowiska naturalnego [Taczanowski *et al.* 2018]. W związku z tym Holden *et al.* [2020] stwierdzają wręcz, że elektromobilność jest kluczowa dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju środowiska. Kwestie środowiskowe, stanowiące wraz z ekonomicznymi i społecznymi elementami konstytutywnymi koncepcji zrównoważonego rozwoju, są niewątpliwie głównym powodem wdrażania pojazdów elektrycznych i niskoemisyjnych [Tanguay *et al.* 2010; Guzik *et al.* 2021; Litman 2021]. Warto jednak podkreślić, że troska o stan środowiska, przed wszystkim powietrza atmosferycznego, nie jest jedyną przyczyną rozwoju transportu elektrycznego. Grenier i Page [2012] zwracają także uwagę na konieczność zmniejszenia uzależnienia od paliw kopalnych, których dostępność jest ograniczona. Ten ostatni aspekt nabrał krytycznego znaczenia z chwilą rosyjskiej agresji na Ukrainę, która uświadomiła decydentom konieczność uniezależnienia się od Rosji jako głównego źródła paliw kopalnych [Energy Policy... 2022]. Według Gilberta i Perla [2010] wyzwania w pozyskaniu energii zmuszą decydentów do poszukiwania nowych rozwiązań, a najbardziej prawdopodobnym substytutem dla ropy naftowej jest energia elektryczna. Napędzane nią silniki są energooszczędne, nie powodują lokalnych emisji i zmniejszają hałas [Figenbaum *et al.* 2015]. Tym samym wyzwania rozwoju zrównoważonego i przyjaznego dla środowiska transportu łączą się, tworząc postulat dekarbonizacji zajmujący szczególnie istotne miejsce w dokumentach strategicznych Unii Europejskiej, która zamierza osiągnąć neutralność klimatyczną do 2050 r. [2050 Long Term Strategy 2020; Połom, Wiśniewski 2021].

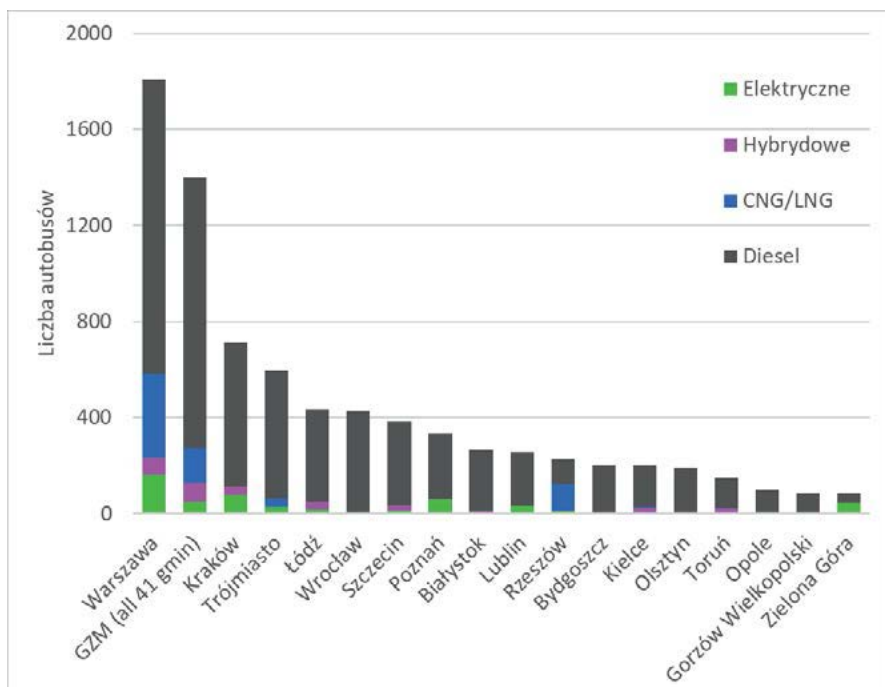
Wzmoczone zainteresowanie elektromobilnością opartą na technologiach bateryjnych stosowane w autobusach elektrycznych rozwijanych w ostatniej dekadzie nie oznacza, że elektryczny transport publiczny jest, zwłaszcza w obszarach miejskich, zjawiskiem nowym. Wręcz przeciwnie, należy pamiętać, że pierwszym zmechanizowanym środkiem miejskiej komunikacji zbiorowej był tramwaj elektryczny, wprowadzany w Europie i Polsce od końca XIX w. [Taczanowski 2016]. Chociaż w wielu krajach Europy Zachodniej, a także w innych regionach świata (np. w USA) został on po II wojnie światowej w znacznej mierze wyparty przez komunikację autobusową (i indywidualną), to jednak przetrwał w wielu miastach, zwłaszcza Europy Środkowej, w tym w Polsce [Kołoś 2006]. Co więcej, od lat 80. XX w., najpierw we Francji, a później także w innych krajach europejskich i pozaeuropejskich (Włochy, Hiszpania, Algieria, USA) obserwujemy jego renesans [Babalik-Sutcliffe 2002; Mackett, Sutcliffe 2003; Hass-Klau *et al.* 2004; Knowles, Ferbrache 2014; Said, Abderrahmane 2019]. Tramwaj, a raczej bardziej ogólnie miejska komunikacja szynowa obejmująca różne formy lekkiego transportu szynowego (tramwaj klasyczny, szybki i formy będące ich hybrydą)

wydają się dobrym rozwiązaniem szczególnie dla miast zarówno dużych i średnich [Kołós, Taczanowski 2016]. Innym posiadającym długie tradycje środkiem miejskiego transportu elektrycznego jest trolejbus, który zyskał popularność zwłaszcza w latach 40. i 50. XX w., szczególnie w Europie Środkowo-Wschodniej (Czechy, Słowacja, państwa b. ZSRR, ale także Włochy i Szwajcaria) [Bartłomiejczyk, Połom 2011; Stepanov 2019]. Jest on szczególnie odpowiedni do obsługi miast średnich [Połom, Palmowski 2009]. Ponadto technologia trolejbusowa może być z powodzeniem wykorzystana do ładowania baterii autobusów elektrycznych lub trolejbusów bateryjnych [Połom 2018; Stavropoulou, Iliopoulou 2022]. Funkcjonujące z powodzeniem od wielu dekad środki elektrycznego transportu miejskiego tworzą zatem potencjał istotny dla dalszego rozwoju elektromobilności w obszarach zurbanizowanych [Kołós *et al.* 2023].

Elektromobilność w polskich miastach wojewódzkich (stan obecny)

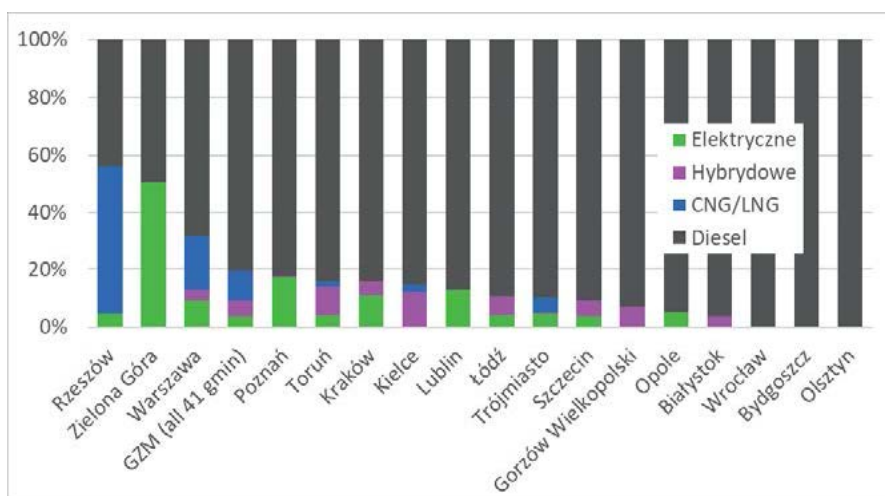
W wartościach bezwzględnych niekwestionowanym liderem implementacji elektromobilności drugiej generacji w polskich ośrodkach wojewódzkich jest Warszawa. Nawet w skali europejskiej jej łączna flota autobusów elektrycznych należy do imponujących [*Transport Publiczny* 2020], w Polsce zaś jako jedyna osiąga wartość trzycyfrową. Względem niej drugą grupę tworzy zróżnicowany zestaw ośrodków – część miast dużych, które zdecydowały się na wyraźne, ale wolniejsze niż w stolicy tempo elektryfikacji floty miejskich autobusów (Kraków, Poznań) oraz wybrane ośrodki regionalne, dla których wprowadzenie do ruchu pojazdów o napędzie elektrycznym (albo innym niekonwencjonalnym) stało się środkiem do osiągnięcia promocji i modernizacji systemu transportu publicznego w mieście – w taborze elektrycznym wyróżnić można przede wszystkim Zieloną Górę, w gazowym zaś Rzeszów (ryc. 17, 18, 19). Rozważania dotyczące alternatywnych źródeł napędu pojazdów transportu publicznego innych niż oparte na silniku elektrycznym znajdują się jednak na marginesie głównych wątków opracowania.

Przyjęcie ostrożniejszej i wyczekującej strategii w pozostałych polskich miastach wojewódzkich nie oznacza, że nie mają one osiągnąć w stosowaniu bezemisyjnego lub niskoemisyjnego taboru o napędzie elektrycznym lub hybrydowym. Choć we Wrocławiu czy Bydgoszczy według stanu na listopad 2022 nie kursował żaden miejski autobus o napędzie innym niż spalinowy, to udział zelektryfikowania tamtejszego taboru ogółem wyraźnie przekracza jedną trzecią całości. Gdy uwzględni się bowiem środki transportu, które sukces odniosły podczas wdrażania pierwszej generacji miejskiej elektromobilności w transporcie publicznym, okaże się, że żadna z metropolii nie opiera swojego taboru wyłącznie na pojazdach z napędem spalinowym. W ośrodkach



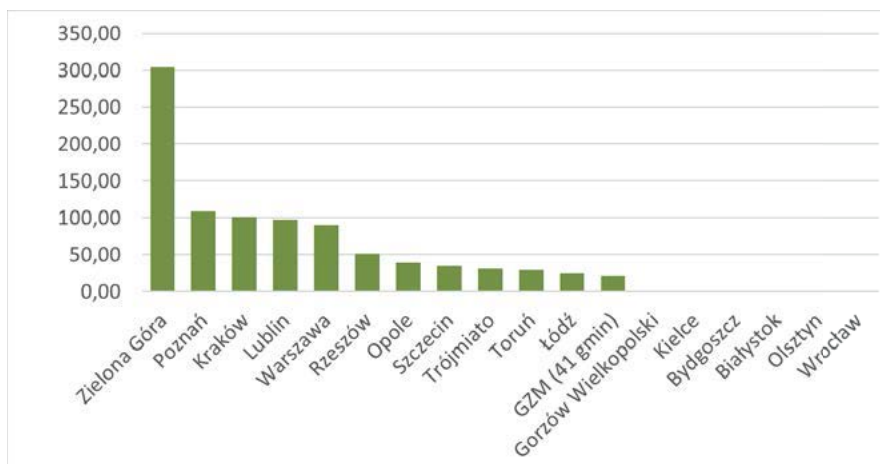
Ryc. 17. Liczba autobusów w systemach komunikacji publicznej polskich miast wojewódzkich według rodzaju napędu w 2022 r.

Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 18. Udział autobusów różnych rodzajów napędu w systemach komunikacji publicznej polskich miast wojewódzkich

Źródło: opracowanie własne.



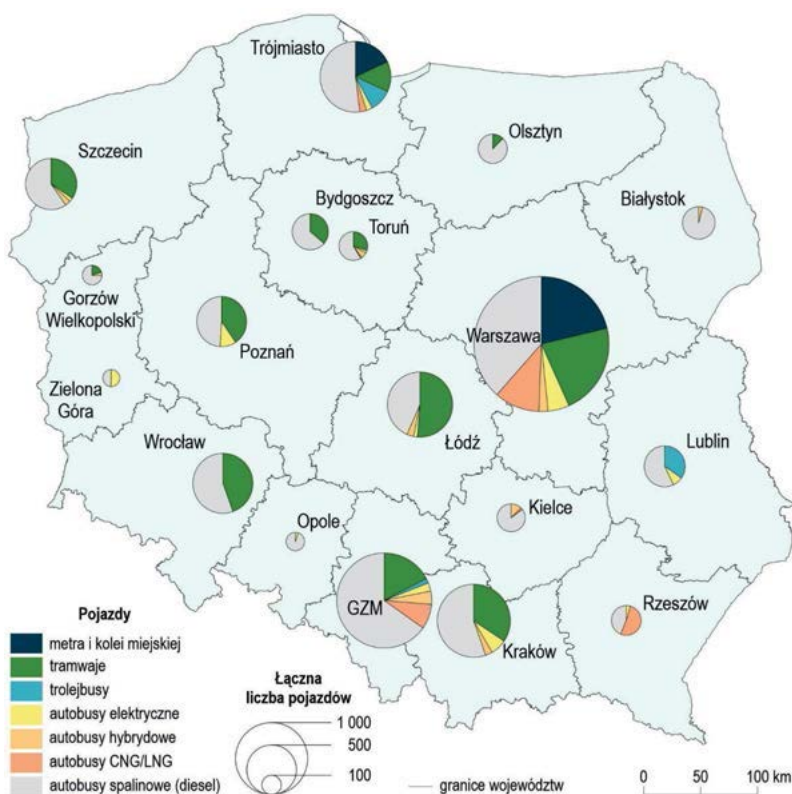
Ryc. 19. Wskaźnik autobusów elektrycznych na 1 mln mieszkańców w systemach komunikacji miejskiej w polskich miastach wojewódzkich w 2022 r.

Źródło: opracowanie własne.

o rozwiniętych systemach tramwajowych udział taboru o zasilaniu elektrycznym jest wyraźny, a sama liczba składów przekracza wielkość taboru autobusów elektrycznych. W kontekście Trójmiasta, Lublina i GZM-u nie można zapomnieć o istotnej roli systemów trolejbusowych jako – do niedawna – naturalnej drogi do elektryfikacji drogowego transportu publicznego, która wydaje się być optymalną formą przejściową między klasycznym trolejbusem a baterijnym autobusem elektrycznym, a jest przez ekspertów i decydentów niedoceniana (budowa/utrzymanie sieci napowietrznej na odcinkach o najwyższej częstotliwości kursowania pojazdów, korzystanie z baterii poza nimi) (ryc. 20).

Choć przyjęło się uważać kolej pasażerską za kręgosłup systemu transportowego (nie tylko publicznego) w aglomeracjach, jedynie dwie polskie metropolie – Warszawa i Trójmiasto – rzeczywiście korzystają z tej możliwości w ramach systemu transportu miejskiego. Choć obecnie kolej przeżywa w Polsce renesans, a oferta połączeń i baza infrastrukturalna tego elementu systemu transportowego jest często rozwijana, naturalną bolączką polskich metropolii jest przeważnie słaba integracja taryfowa i przestrzenno-funkcjonalna transportu kolejowego z miejskim. Stąd też, pomimo rozbudowanych systemów kolei aglomeracyjnej w kilku polskich metropoliach, przedstawione dane są w pewien sposób adekwatnym odzwierciedleniem stanu faktycznego. Jedynie w Warszawie funkcjonują bowiem organizowane przez miasto systemy metra i kolei miejskiej, w Trójmieście zaś Szybka Kolej Miejska służy również w większości do realizacji zadań przewozowych zamykających się w granicach miast (pomimo występujących trudności z integracją taryfową z komunikacją miejską) (ryc. 20).

Do nielicznych zaliczyć można przykłady polskich miast wojewódzkich, które na ścieżkę elektromobilności wkroczyły niezwykle zachowawczo. Rzeszów, Opole, Kielce i Białystok można jednak wyróżnić jako ośrodki, które elektryfikację transportu

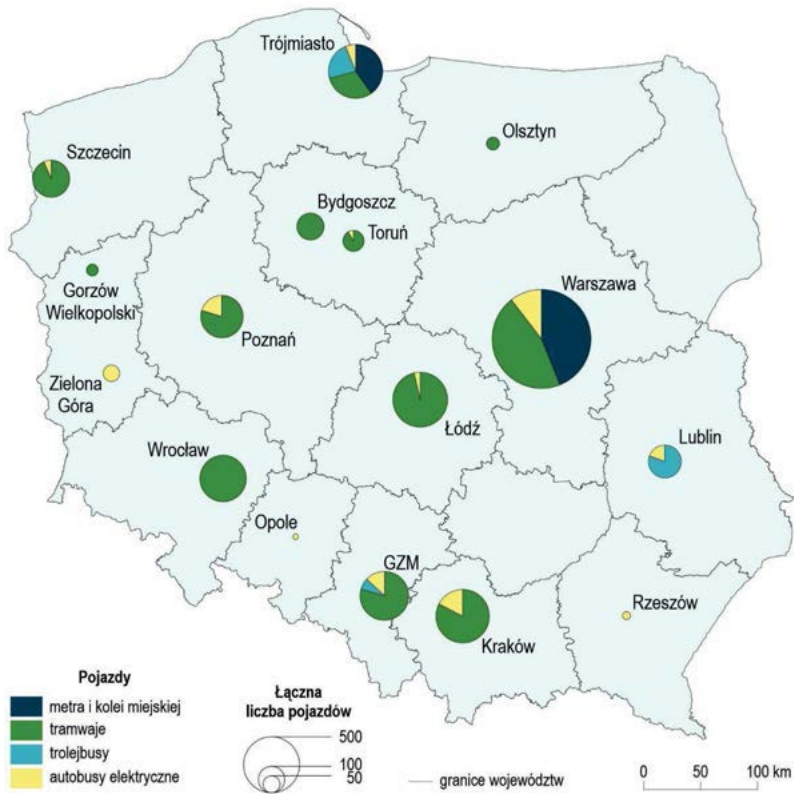


Ryc. 20. Liczba i struktura pojazdów w systemach komunikacji miejskiej w polskich miastach wojewódzkich (stan na 1.11.2022 r.)

Źródło: opracowanie własne.

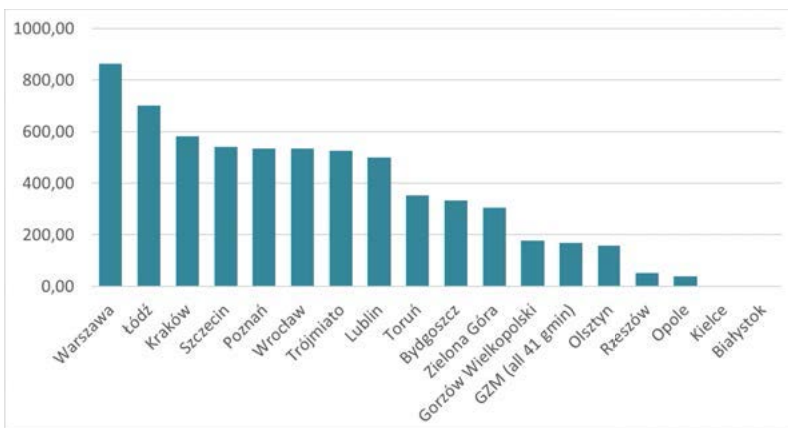
miejskiego wdrożyły w stopniu minimalnym, w efekcie czego mają one wyraźnie najniższe wartości wskaźnika przedstawiającego liczbę pojazdów elektrycznych przypadających na 1 mln mieszkańców. Wszystkie łączy brak stosowania środków transportu z elektromobilności pierwszej generacji, niewielka liczba pojazdów o napędzie elektrycznym oraz niski stopień wykształcenia funkcji metropolitalnych (są to bowiem klasyczne ośrodki rangi regionalnej). Na przeciwnym biegunie znajdują się największe polskie metropolie, które zarówno opierają swoje systemy miejskiego transportu publicznego na elektromobilności pierwszej generacji, jak i stopniowo wprowadzają elektryczny tabor autobusowy (ryc. 21, 22). Nie ulega jednak wątpliwości, że przeważające znaczenie nadal ma pierwszy z wymienionych czynników.

Interesujące są przykłady Gdyni (jako części Trójmiasta) i Lublina jako ośrodków posiadających rozwinięte systemy trolejbusowe, w których jednak zdecydowano się na równoległą implementację autobusowego taboru elektrycznego w sposób odważniejszy niż w wielu innych ośrodkach. Nie oparto strategii rozwoju elektromobilności ani na rozwoju wyłącznie trakcji trolejbusowej, jak również na stojącym do niego w kontrze, lecz sporadycznie stosowanym w Europie rozwiązaniem, zakładającym eliminację trolejbu-



Ryc. 21. Liczba i struktura pojazdów o napędzie elektrycznym w systemach komunikacji miejskiej w polskich miastach wojewódzkich (stan na 1.11.2022 r.)

Źródło: opracowanie własne.



Ryc 22. Wskaźnik pojazdów elektrycznych I i II generacji na 1 mln mieszkańców w systemach komunikacji miejskiej w polskich miastach wojewódzkich w 2022 r.

Źródło: opracowanie własne.

sów z ulic miast na rzecz zastąpienia ich elektrobusami [m.in. Urbanowicz 2020]. Zwrócić uwagę należy również na Olsztyn³⁸ jako na jedyny ośrodek w Polsce (nie tylko w odniesieniu do grupy miast wojewódzkich), gdzie zdecydowano się na wprowadzenie rozwiązania w duchu elektromobilności pierwszej generacji w okresie rozwoju drugiego jej etapu, gdyż pierwszy odcinek zbudowanego od podstaw systemu tramwajowego w stolicy Warmii otwarto w 2015 r.³⁹ – jak do tej pory jest to jedyna forma implementacji rozważanych w tekście rozwiązań w transporcie publicznym w tej metropolii (fot. 8).



Fot. 8. Rozwiązanie z okresu elektromobilności pierwszej generacji zastosowane w czasie intensywnego rozwoju drugiej generacji tego zjawiska – przykład systemu tramwajowego w Olsztynie

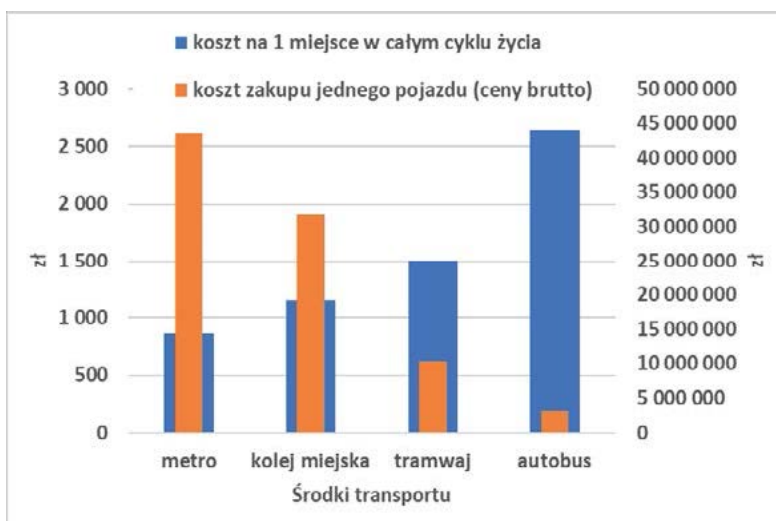
Źródło: Fot. A. Parol.

Jaka elektromobilność w transporcie publicznym dla polskich miast?

Nie ulega wątpliwości, że najistotniejszym kryterium wyboru formy elektromobilności powinna być kalkulacja ekonomiczna obejmująca całą paletę kosztów i korzyści. Kalkulacja taka powinna uwzględniać koszty inwestycyjne i prognozowane koszty eksploatacji. Te pierwsze wydają się być oczywiste, ale wcale takie nie są (ryc. 23).

³⁸ Olsztyn jest pierwszym i – jak dotąd – jedynym miastem w Europie Środkowo-Wschodniej, które zdecydowało się na budowę od podstaw sieci tramwajowej.

³⁹ W latach 1907-1965 w Olsztynie funkcjonował system tramwajowy, który jednak nie ma w rzeczywistości nic wspólnego z jego następcą uruchomionym pół wieku później.



Ryc. 23. Porównanie kosztu zakupu jednego pojazdu z uwzględnieniem pojemności i przewidywanego czasu eksploatacji

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych SKM Warszawa, MW Warszawa, TW Warszawa, MZA Warszawa, MPK Kraków, GAI T Gdańsk.

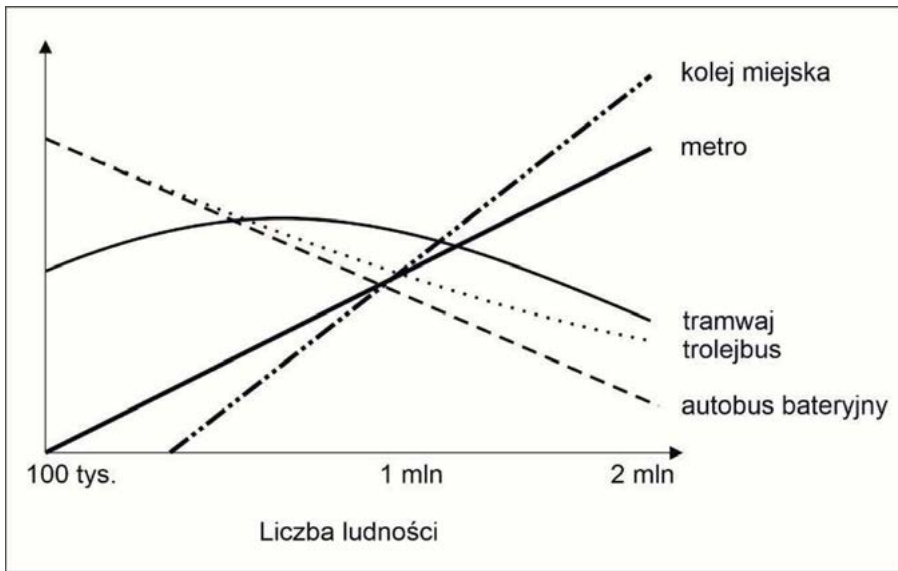
O ile koszt zakupu pociągu metra jest ponad 10-krotnie wyższy niż autobusu, a wagonu tramwajowego – 3-krotnie, to ten sam koszt przeliczony na 1 miejsce dostępne w pojeździe oraz żywotność pojazdu⁴⁰ jest dla autobusu 3-krotnie wyższy niż dla metra i ciągle prawie dwukrotnie wyższy w stosunku do wagonu tramwajowego. Pokazuje to oczywistą i znaną zależność, że kryterium wyboru będzie także wielkość obsługiwanego potoku przewozowego. W miastach o dużej liczbie ludności i wysokiej gęstości zaludnienia⁴¹ pierwszym wyborem będzie zatem transport szynowy (ryc. 24). Wraz ze wzrostem parametrów demograficznych wzrastać będzie efektywność rozwiązań bardziej odizolowanych od innych środków transportu (przede wszystkim indywidualnych) oraz zapewniających większą zdolność przewozową⁴².

Wydaje się, że istnieją elementy nieco pomijane w analizie ekonomicznej, które podniosłyby efektywność rozwiązań szynowych. Po pierwsze, często zapominamy, że

⁴⁰ Przyjęto 10-letnią żywotność dla autobusu, 30-letnią dla tramwaju i 35-letnią dla pociągów metra i kolei miejskiej.

⁴¹ Miasta wojewódzkie w Polsce mają gęstość zaludnienia od ponad 500 osób/km² (Opole) do prawie 3500 osób/km² (Warszawa). Jeżeli jednak pominąć duże obszary leśne czy wodne, to gęstość zaludnienia oscyluje wokół 2 tys. osób/km² i jest relatywnie wysoka.

⁴² Prawdziwa będzie zatem konstatacja, że w miastach średnich mógłby to być tramwaj, a w dużych metro. Należy jednak zgłosić dwa zastrzeżenia. Po pierwsze, w Polsce tramwaj różni się od metra przede wszystkim sytuacją prawną (metro podlega przepisom kolejowym) – podczas gdy różnice na świecie są mniejsze i daleko bardziej zaskakujące, przykładowo można wskazać metro mające charakter tramwaju (Lizbona) oraz tramwaj o charakterze metra (Hanower). Po drugie nie chodzi w tym miejscu o wykluczenie któregoś ze środków transportu, a o wskazanie podstawowego – por. tab. 8.



Ryc. 24. Środki transportu elektrycznego a wielkość miasta

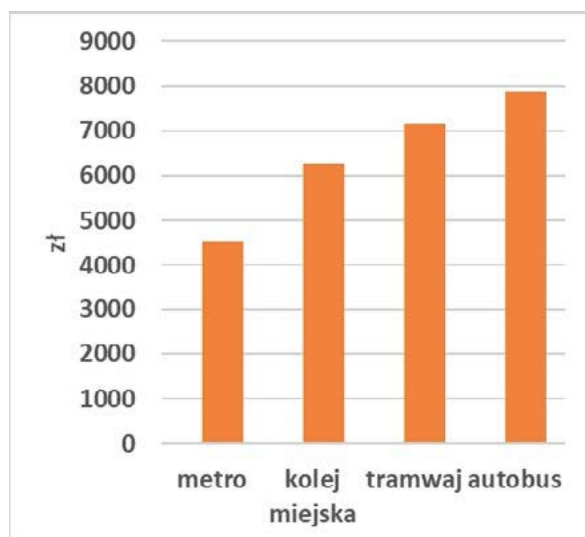
Źródło: opracowanie własne.

właściwie zrealizowana sieć transportu szynowego powoduje także rozwój miasta [por. Pagliara, Papa 2011; Kim, Lahr 2014; Radzimski, Gadziński 2016], rozwój miejskich przestrzeni publicznych [Stipcic 2016], a co za tym idzie wzrost potoków przewożonych ponad prognozowane wartości. Po drugie, zbyt często dyskutujemy o pojedynczych liniach czy wręcz przystankach, zapominając, że transport publiczny jest systemem. Zatem ocena ekonomiczna także powinna być przeprowadzana w skali całego systemu.

Znaczną częścią inwestycji w transport publiczny są koszty infrastruktury – zwłaszcza dotyczy to transportu szynowego, jednak tylko w sytuacji braku konieczności budowy dróg przeznaczonych dla publicznego transportu drogowego. Tymczasem, im większy i gęściej zaludniony ośrodek, tym większa potrzeba stworzenia niezależnych od transportu indywidualnego korytarzy transportowych jako formy przewyższania kongestii. Należy podkreślić, że koszty takich inwestycji (drogowych) są w zasadzie porównywalne do inwestycji w infrastrukturę transportu szynowego [por. Hass-Klau *et al.* 2003; Kołoś, Taczanowski 2016].

Koszty eksploatacji systemów również się różnią (ryc. 25), choć znacznie mniej niż koszty zakupu taboru. Przy czym należy zaznaczyć, że transport szynowy jest tańszy tylko w przypadku podobnego zapelnienia środków transportu. Jeżeli autobus przewozi tylu samo pasażerów co metro, to oczywiście jest wtedy tańszy.

Kolejnym dylematem jest wybór głównego środka transportu w miastach mniejszych (oraz uzupełniającego w większych). Autobus bateryjny ma wiele zalet (w tym przede wszystkim brak specjalnej infrastruktury, a przede wszystkim sieci trakcyjnej), ale również wiele wad. Ponownie, należy wskazać, że w analizach ekonomicznych



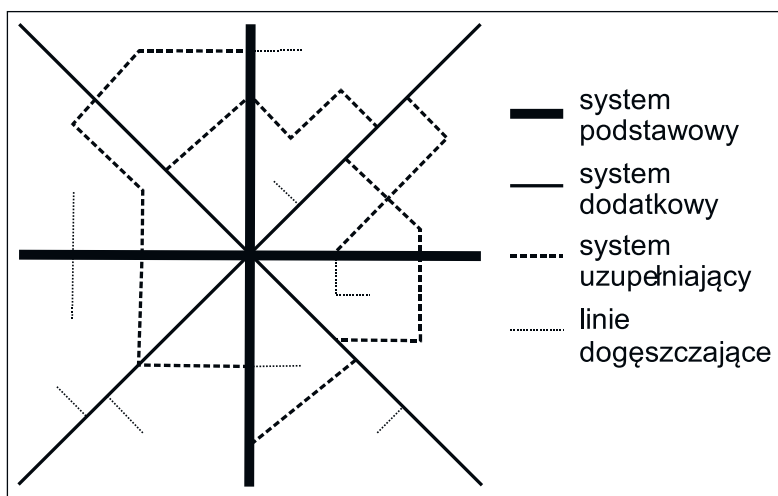
Ryc. 25. Koszt rocznej eksploatacji elektrycznych środków transportu publicznego w przeliczeniu na jedno miejsce w pojeździe

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych SKM Warszawa, MW Warszawa, MZA Warszawa, MPK Kraków, GAI T Gdańsk.

często pomija się niektóre wyzwania. Przykładowo Mroskowiak *et al.* [2021], obliczają efektywność ekonomiczną inwestycji w autobusy elektryczne bateryjne, nie uwzględniając m.in. konieczności zakupu większej liczby pojazdów. Wynika ona z jednej strony z konieczności wydłużenia postojów koniecznych w celu ładowania baterii – ten dodatkowy czas wymusza kongestia, zarówno wprost, jak i poprzez większe zużycie prądu w czasie jazdy w korku – a z drugiej z mniejszej pojemności autobusów elektrycznych (ze względu na ograniczenie ciężaru pojazdu, zamiast pasażerów wożymy baterie). Szacuje się, że flota autobusów bateryjnych w stosunku do tradycyjnych diesli może być w dużych miastach większa nawet o ok. 20%.

Wydaje się więc, że zwłaszcza w dużych miastach, interesującą próbą są „hybrydowe” rozwiązania oparte na technologiach trolejbusowych. Niedawno linię tego typu uruchomiono w Pradze [por. Urbanowicz 2022], gdzie sieć trakcyjna obejmuje jedynie połowę trasy. W Polsce, zarówno w Lublinie, jak i w Gdyni również mają miejsce ciekawe zastosowania trolejbusów jako – częściowo – autobusów [por. Bartłomiejczyk *et al.* 2016]. Warto również zwrócić uwagę na dokonywane przez niektóre miasta (np. Kraków) zakupy wagonów tramwajowych wyposażonych w baterie, które w przyszłości mogą zostać wykorzystane do obsługi tras bez sieci trakcyjnej.

Ideę obsługi miast środkami elektrycznego transportu publicznego prezentują ryc. 26 i tab. 8.



Ryc. 26. System transportu publicznego w mieście – idea przestrzenna

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 8. Schemat obsługi miast środkami transportu elektrycznego

	Wielkość miasta (liczba mieszkańców)			
	Małe (ok. 100 tys.)	Średnie (ok. 250 tys.)	Duże (ok. 500 tys.)	Bardzo duże (> 1 mln.)
System Podstawowy	Autobus elektryczny	Trolejbus	Tramwaj	Metro i kolej miejska
System dodatkowy			Trolejbus	Tramwaj
System uzupełniający	Autobus elektryczny			Trolejbus
Linie dogęszczające	Minibusy elektryczne, UTO itp		Autobus lub minibus elektryczny, UTO, itp	

Źródło: opracowanie własne.

Zakończenie

Rozwój elektromobilności w polskich miastach w zakresie promowanych obecnie rozwiązań opartych na autobusach elektrycznych i hybrydowych wskazuje wyraźnie na złożoność tego procesu i konieczność uwzględnienia wielorakich uwarunkowań historycznych, ekonomicznych i przestrzennych. Posługiwanie się uproszczonymi miarami

odsetka „zelektryfikowanego” taboru, co dominuje nie tylko w dyskursie medialnym, ale także jest elementem monitorowania polityki transportowej na różnych jej szczeblach, nie oddaje w pełni prawdziwego obrazu i nie pozwala na rzetelną ocenę poziomu zrównoważonej mobilności w analizowanych miastach. Główną wadą i problemem współczesnego dyskursu jest niedocenianie i pomijanie roli innych typów pojazdów klasyfikowanych w tym opracowaniu jako przedstawicieli I generacji elektromobilności – zwłaszcza systemów kolei miejskiej, tramwajów czy trolejbusów. Drugim problemem, a zarazem wyzwaniem badawczym jest niedostatek danych dotyczącej podziału pracy przewozowej w podziale na różne typy pojazdów wraz z wyliczeniem ich śladu węglowego, ale takiego, który obejmuje nie tylko emisję wynikającą z napędzania pojazdów, ale także ich wytwarzania i późniejszej utylizacji. Nasze badania wskazują, że w Polsce istnieje wiele strategii osiągnięcia celów zrównoważonej mobilności miejskiej i są one zależne po pierwsze, od istniejących w tych miastach systemów transportowych i ich adaptacyjności do zmian w kierunku rozwiązań elektromobilności II generacji. Po drugie, zależą one od uwarunkowań instytucjonalnych i regulacyjnych – a w szczególności od tego czy dane miasto podlega wymogowi posiadania określonego odsetka taboru elektromobilnego czy nie i, na jakim poziomie, w jakim czasie oraz od dostępności środków zewnętrznych na inwestycje w tabor elektryczny. Podkreślić należy, że nie ma jednej uniwersalnej strategii wdrażania elektromobilności ani nadającej się dla każdego miasta jej formy. Słusznym wydaje się zróżnicowanie sposobu wdrażania transportu elektrycznego od wielkości ośrodka i posiadanego już przez niego systemu transportu elektrycznego I generacji. Dlatego ocena poziomu zrównoważenia transportu czy szerzej mobilności w danym mieście musi brać pod uwagę lokalny kontekst i patrzeć na jego cały system transportowy, pamiętając, że elektromobilność to tylko jego wycinek.

Badania i rozdział wykonano przy wsparciu finansowym Wydziału Geografii i Geologii w ramach Programu Strategicznego Inicjatywa Doskonałości w Uniwersytecie Jagiellońskim.