

Elektromobilność w transporcie publicznym

PRAKTYCZNE ASPEKTY WDRAŻANIA

PRZEWODNIK

dla Jednostek Samorządu Terytorialnego,
Przedsiębiorstw Użyteczności Publicznej
i Prywatnych przewoźników

RAPORT SPECJALNY
2018

**Wydawca**

Polski Fundusz Rozwoju
pfr.pl

**Opracowanie pod redakcją**

Barbary Szumskiej, PFR
Łukasza Witkowskiego, PSPA

Autorzy

Prof. dr hab. Olgierd Wyszomirski, dr Marcin Wołek, mgr Aleksander Jagiełło, mgr inż. Marcin Koniak,
dr inż. Mikołaj Bartłomiejczyk, dr hab. Krzysztof Grzelec, mgr Marcin Gromadzki

Weryfikacja merytoryczna i koordynacja wydawnicza raportu

Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych
pspa.com.pl

**Projekt graficzny i skład**

Magda Furmanek / Polska Grupa Infograficzna (Infograficy.pl)

Wszelkie prawa zastrzeżone

Warszawa, 2018



Szanowni Państwo,

niemal dwa lata temu, w lutym 2017 r., powstała wspólnota samorządów i instytucji, która w naszym przekonaniu miała strategicznie ważny wpływ na rozwój elektromobilności w transporcie publicznym w Polsce. Z inicjatywy Polskiego Funduszu Rozwoju, ówczesnego Ministerstwa Rozwoju oraz Ministerstwa Energii utworzyli ją sygnatariusze listów intencyjnych z 41 miast i gmin (10 kolejnych miast złożyło deklaracje dołączenia) wraz z przedstawicielami Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz 26 partnerów programu Bezemisyjny Transport Publiczny zainicjowanego i realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

W ramach współpracy z samorządami Polski Fundusz Rozwoju zorganizował cykl warsztatów i konferencji pt. *Dobre praktyki w Elektromobilności*, które dotyczyły najważniejszych tematów w tym obszarze, takich jak: praktyczne aspekty elektryfikacji transportu publicznego, regulacje prawne, polityka transportowa, finansowanie, modele biznesowe, e-carsharing, świadomość i ekologia, tabor, infrastruktura ładowania oraz baterie. W organizację warsztatów zaangażowali się prezydenci miast i prezesi spółek komunikacyjnych z Zielonej Góry, Gdyni, Szczecina i Krakowa. Partnerem merytorycznym warsztatów była Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej.

W warsztatach wzięli udział eksperci z branży, m.in.: Marcin Wołek, Marcin Gromadzki, Michał Wolański, Marcin Koniak, Sebastian Grochala, Jaromir Mysłowski, Andrzej Szamborski, Tomasz Piersiak, Tomasz Stanko, przedstawiciele spółek komunikacyjnych z Warszawy, Poznania, Łodzi, Gdyni, Krakowa, Szczecina, a także przedstawiciele biznesu. Dzięki zaangażowaniu i pasji wielu ludzi udało się zbudować Program Elektromobilności, w którym szereg instytucji pracowało na jeden cel – stworzenie warunków dla rozwoju elektromobilności Polaków. Aby go zrealizować uruchomiono kilkanaście przedsięwzięć w obszarach budowy świadomości o elektromobilności, legislacji, rozwoju produkcji, infrastruktury oraz popytu, które dało strategiczny impuls do rozwoju bezemisyjnego transportu publicznego w Polsce.

Ogromne podziękowania za trud operacjonalizacji tych przedsięwzięć chcielibyśmy złożyć: Michałowi Markiewiczowi, Annie Jakubowskiej, Annie Brussa, Krzysztofowi Zarębie, Januszowi Kipigrochowi, Annie Sulińskiej-Wójcik, Magdalenie Dziubek-Grudzińskiej, Szymonowi Bylińskiemu, Emilii Głozak, Alicji Pawłowskiej, Pawłowi Smolińskiemu, Piotrowi Zarembie, Marcinowi Żabickiemu, Maciejowi Mazurowi. W szczególności chcielibyśmy podziękować dwóm osobom, bez wsparcia których, ten Program by się nie wydarzył, Pani Minister Jadwidze Emilewicz oraz Panu Ministrowi Michałowi Kurtyce.

Niniejszy podręcznik „Elektromobilność w transporcie publicznym – praktyczne aspekty wdrażania” zamyka klamrą dwuletni okres uruchamiania wielu przedsięwzięć, wspierających rozwój elektrycznego transportu miejskiego w samorządach. Mamy nadzieję, że będą one w najbliższym czasie przynosiły korzyści dla rozwoju przemysłu i komfortu życia mieszkańców miast. Warunkiem zmian jest świadomość. Mamy nadzieję, że ta publikacja sprawi, że rozwój i wdrażanie elektrycznego transportu miejskiego w polskich miastach będzie bardziej efektywne i zoptymalizowane, a przede wszystkim oparte o długoterminową, przemyślaną strategię działania.

Składamy serdeczne podziękowania dla wszystkich samorządów, instytucji publicznych oraz firm zaangażowanych w dotychczasową współpracę, służącą rozwojowi elektromobilności w Polsce.

Włodzimierz Hrymniak i Barbara Szumska

Zespół PFR odpowiedzialny za koordynację Programu E-bus



Podręcznik „Elektromobilność w transporcie publicznym – praktyczne aspekty wdrażania” zamyka klamrą dwuletni okres uruchamiania wielu przedsięwzięć wspierających rozwój elektrycznego transportu miejskiego w samorządach.



Szanowni Państwo,

mobilność to jeden z kluczowych aspektów naszego życia. Nierozwalnie związana z nią jest kwestia wykorzystania energii przez środki transportu, bez których współczesne, sprawne podróżowanie, nawet na krótkie dystanse, nie byłoby możliwe. W sektorze transportu wykorzystanie energii oznacza jednak spalanie paliw kopalnych oraz lokalną emisję zanieczyszczeń. Wiąże się to z bezpośrednim oddziaływaniem na środowisko i nasze zdrowie.

Powiększające się miasta stają się głównymi skupiskami życia ludzi, gdzie zapewnienie wydajnych środków transportu jest kluczowe dla funkcjonowaniu metropolii. W miastach ścierają się ze sobą dwie potrzeby – sprawnej komunikacji, jak i chęć życia w czystym i zdrowym środowisku.

To wyzwanie powoduje, iż musimy działać odpowiedzialnie już teraz. Nadchodząca globalna zmiana w kierunku transportu elektrycznego przynosi nadzieję dla naszych przyszłych pokoleń do życia w zrównoważonym środowisku. Wyjściem naprzeciw tym potrzebom jest elektromobilność oparta o zero-emisyjne środki transportu, niezatrzucające bezpośredniego otoczenia mieszkańców, podnoszące komfort i jakość życia w miastach. Jest to również ogromna szansa dla polskich miast i gmin na rozwój nowoczesnych technologii. Co więcej, elektromobilność staje się światowym trendem, a Polska chce być jego częścią.

W celu stworzenia odpowiedniego ekosystemu dla elektromobilności potrzebne są właściwe fundamenty. Wymagana jest adaptacja obejmująca zarówno producentów, operatorów jak i użytkowników środków transportu. To właśnie infrastruktura miejska jest obszarem, w którym zmiany są bodźcem do rozwoju całej branży. Dlatego niezwykle ważne jest przekształcenie sposobu zarządzania środkami komunikacji miejskiej przez lokalne władze i społeczności.

Podręcznik *Elektromobilność w transporcie publicznym – praktyczne aspekty wdrażania* stanowi cenne źródło wiedzy w zakresie wprowadzania w miastach elektrycznego transportu miejskiego i samochodowego przez samorządy. Opracowanie jest wsparciem merytorycznym dla miast i gmin w procesie podejmowania decyzji o wdrażaniu elektromobilności i pomocą w wykonaniu przez nich wdrożenia. Kompendium wiedzy zawiera odpowiedzi na najważniejsze i najczęściej zadawane pytania przez samorządy, do którego mogą sięgać wszyscy zainteresowani wdrożeniem elektromobilności.

Mamy nadzieję, że niniejszy podręcznik pozwoli upowszechnić wiedzę w zakresie wdrażania elektrycznego transportu.

Jadwiga Emilewicz

Minister Przedsiębiorczości i Technologii



W miastach ścierają się ze sobą dwie potrzeby – sprawnej komunikacji, jak i chęć życia w zdrowym środowisku. To wyzwanie powoduje, iż musimy działać odpowiedzialnie już teraz.



Szanowni Państwo,

nowoczesne technologie i innowacje stanowią kluczowe elementy kształtujące rozwój sektora energetycznego w Polsce. W ostatnich latach obserwujemy silne oddziaływanie światowych trendów technologicznych i biznesowych szczególnie w tym zakresie. Wynikają one z uwarunkowań środowiskowych i klimatycznych, a także innowacyjnych rozwiązań zmieniających konkurencyjność gałęzi przemysłu i modyfikujących mapę światowych zależności od surowców. W Ministerstwie Energii elektromobilność to jeden z kluczowych obszarów działania. Przygotowaliśmy takie rozwiązania, które nie tylko uregulowały sytuację prawną, ale przede wszystkim będą służyły dobru społeczeństwa.

Wychodząc naprzeciw wysokim oczekiwaniom wobec sektora transportu opracowaliśmy szereg regulacji związanych z popularyzacją nisko i zeroemisyjnych pojazdów, zarówno w transporcie indywidualnym, jak i publicznym. Tak właśnie powstał Pakiet na rzecz Czystego Transportu stanowiący pionierskie i kompleksowe ujęcie tematyki rozwoju elektromobilności w kraju. Znalazły się w nim takie dokumenty jak Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce, Krajowe Ramy Polityki Rozwoju Infrastruktury Paliw Alternatywnych oraz Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych (z dnia 11 stycznia 2018 roku). Pakiet na rzecz Czystego Transportu to nie tylko zapewnienie podstawy prawnej rozwoju elektromobilności w Polsce, ale także możliwość uzyskania faktycznego wsparcia realizacji działań zapisanych w dokumentach, m.in. poprzez instrument finansowy jakim jest Fundusz Niskoemisyjnego Transportu.

Ministerstwo Energii aktywnie wspiera podmioty zaangażowane we wdrażanie tych rozwiązań, dlatego z ogromnym zadowoleniem przyjąłem fakt przygotowania przez Polski Fundusz Rozwoju przewodnika dotyczącego praktycznych aspektów wdrażania elektromobilności w transporcie publicznym. Jestem przekonany, że analiza treści i obszarów tematycznych ujętych w publikacji pozwoli Państwu na uzyskanie cennej wiedzy i zachęci do popularyzacji tej idei w lokalnych społecznościach.

Mam nadzieję, że realizowane wspólnie z Państwem zmiany związane z rozwojem transportu publicznego opartego o autobusy elektryczne w perspektywie niedługiego czasu, będą licznymi i realnie funkcjonującymi rozwiązaniami służącymi obywatelom. Z kolei współpraca z wieloma instytucjami i innymi jednostkami samorządowymi zapewni nam bezpieczeństwo i przyczyni się do zwiększenia świadomości społecznej w tym zakresie, a w konsekwencji wpłynie również na rozwój gospodarczy kraju.

Życzę Państwu przyjemnej lektury,

Krzysztof Tchórzewski

Minister Energii



W Ministerstwie Energii elektromobilność to jeden z kluczowych obszarów działania. Przygotowaliśmy takie rozwiązania, które nie tylko uregulowały sytuację prawną, ale przede wszystkim będą służyły dobru społeczeństwa.



Szanowni Państwo,

Polska ma szansę stać się europejskim liderem ekologicznego transportu publicznego. Autobusy elektryczne coraz częściej pojawiają się na naszych ulicach, a dynamika wzrostu nabierze dodatkowego rozpędu m.in. dzięki Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych, nakładającej na jednostki samorządu terytorialnego liczne obowiązki w zakresie elektryfikacji taboru oraz utworzonemu Funduszowi Niskoemisyjnego Transportu.

Ekologiczna komunikacja miejska staje się polską specjalnością również dzięki rozwiniętemu sektorowi produkcyjnemu. Pojazdy „Made in Poland” można spotkać w wielu europejskich metropoliach, a niemal wszystkie, które eksploatujemy w kraju, także zostały tutaj wyprodukowane. Rodzime przedsiębiorstwa i europejskie koncerny motoryzacyjne, które dysponują zakładami w Polsce, posiadają w ofercie lub planują wprowadzić na rynek autobusy elektryczne.

W skali całego kraju ogłaszane są kolejne przetargi, a rozwój rynku jest dodatkowo stymulowany przez instytucje państwowe. Program E-bus, którego celem jest wykreowanie nowego rynku autobusów elektrycznych i zaprojektowanie innowacyjnego pojazdu z wykorzystaniem komponentów wyprodukowanych w Polsce, to inicjatywa unikatowa na skalę europejską.

Elektryfikacja transportu publicznego zapewnia znaczące korzyści eksploatacyjne, środowiskowe i promocyjne. Elektromobilność stanowi okazję do rozwoju innowacyjności, poprawę jakości życia w polskich miastach i jest jednym z kluczowych elementów walki ze smogiem. W tym kontekście niezwykle ważne zadanie stoi przed polskimi samorządami. Poprzez zakup pojazdów elektrycznych mogą one przyczynić się do stymulowania rozwoju krajowej gospodarki i umocnienia pozycji Polski na arenie międzynarodowej.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie najważniejszych zagadnień związanych z wdrażaniem elektromobilności przez jednostki samorządu terytorialnego: społecznych, prawnych, ekonomicznych i eksploatacyjnych.

Serdecznie zapraszam do lektury.

Maciej Mazur

Dyrektor Zarządzający
Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych



Ekologiczna komunikacja miejska staje się polską specjalnością, również dzięki rozwiniętemu sektorowi produkcyjnemu.



Szanowni Państwo,

silnie zurbanizowane obszary sprzyjają rozwojowi wiedzy, nauki i technologii. Wynika to przede wszystkim z dużego nagromadzenia się idei na stosunkowo niewielkim obszarze, co staje się istotnym czynnikiem konkurencyjności oraz wzrostu gospodarczego państw i regionów.

Wzrastający stopień urbanizacji wywołuje również wiele zjawisk negatywnych. Są one związane m.in. z miejskimi systemami transportowymi. Mobilność w miastach opiera się w dużej mierze na wykorzystaniu samochodów osobowych i autobusów o napędzie konwencjonalnym. Prowadzi to do emisji szkodliwych substancji, w tym gazów cieplarnianych, wzrostu kongestii oraz wysokiego ryzyka wypadków komunikacyjnych. Konsekwencją są wysokie koszty zewnętrzne transportu.

Dynamiczny rozwój infrastruktury transportu nie jest wystarczającym instrumentem rozwiązywania problemów komunikacyjnych miast oraz ograniczania negatywnego wpływu transportu na otoczenie. Współcześnie coraz większe znaczenie przypisuje się poprawie atrakcyjności transportu publicznego, w tym zastosowaniu paliw i napędów alternatywnych. W tym zakresie szczególne znaczenie ma wprowadzenie autobusów z napędem elektrycznym, zaliczanych do pojazdów zeroemisyjnych.

Barierą szerokiego wykorzystania autobusów z napędem elektrycznym są ich relatywnie wysokie ceny, konieczność zapewnienia infrastruktury uzupełniania energii oraz niestabilność cen energii. W przezwyciężaniu tych barier istotną rolę władz rządowych i samorządowych, mogących kształtować racjonalną politykę transportową. Ważnymi jej instrumentami są przyjęty w 2017 r. rządowy Program Rozwoju Elektromobilności oraz Program E-bus, stanowiące implementację strategii Unii Europejskiej dotyczącej wdrażania paliw i napędów alternatywnych. Założenia tej strategii znalazły odzwierciedlenie w Ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

W zakresie elektromobilności polskie miasta można uznać za liderów europejskich. Sprzyja temu niewątpliwie wysoki poziom dofinansowania zakupu autobusów z funduszy unijnych. Nie bez znaczenia jest fakt, że produkowane przez polskiego producenta autobusy elektryczne (Solaris Urbino 12) zdobyły, jako pierwszy autobus z napędem elektrycznym, prestiżowy tytuł „Bus of the Year 2017”.

Szerszemu wykorzystaniu napędów elektrycznych w transporcie publicznym sprzyjać powinno wdrażanie w przedsiębiorstwach transportowych koncepcji społecznej odpowiedzialności biznesu. Jej przyjęcie tworzy podstawę dla transferu wiedzy mającego, jak potwierdzają badania empiryczne, pozytywny wpływ na wdrażanie proekologicznych rozwiązań w podmiotach gospodarczych.

W transferze wiedzy do jednostek samorządu terytorialnego oraz przedsiębiorstw transportowych istotne znaczenie może mieć niniejsza publikacja. Jej autorzy prezentują szeroki zakres teoretycznych i praktycznych aspektów wdrażania elektromobilności w transporcie publicznym. Każde z tych zagadnień mogłoby stanowić odrębne, obszerne opracowanie naukowe. Autorzy umiejętnie zasygnalizowali najistotniejsze problemy, stanowiące podstawę do dalszych dociekań czytelnika. Przewodnik ten uznać należy za cenny wkład do dyskusji nad wdrażaniem innowacyjnych rozwiązań w transporcie publicznym, sprzyjających urzeczywistnianiu celów zrównoważonego rozwoju.

Zachęcam do lektury.

dr hab. Tadeusz Dyr

Prof. nadzw., kierownik Katedry Ekonomii, Wydziału Nauk Ekonomicznych i Prawnych Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu

W zakresie elektromobilności polskie miasta można uznać za liderów europejskich. Sprzyja temu niewątpliwie wysoki poziom dofinansowania zakupu autobusów z funduszy unijnych.

Szanowni Państwo,

transport w polskich miastach ulega zasadniczym przeobrażeniom od momentu przystąpienia Polski do Unii Europejskiej. Z jednej strony radykalny wzrost liczby samochodów osobowych, z drugiej stopniowa, lecz konsekwentna modernizacja taboru i infrastruktury publicznego transportu zbiorowego, stwarzają nowe szanse i zagrożenia. Jedną z szans jest rozwój elektromobilności miejskiej, którego pierwszym etapem jest odbywająca się na naszych oczach elektryfikacja autobusów i hybrydyzacja trolejbusów.

W Polsce, w obsłudze transportowej miast, dominują autobusy. Są to pojazdy zasilane olejem napędowym, które emitują szkodliwe dla zdrowia człowieka spaliny. Innowacja w postaci autobusów napędzanych energią elektryczną, pochodzącą z baterii akumulatorów, jest w stanie stopniowo uwalniać nasze miasta od pojazdów z silnikiem Diesla. Postęp techniczny w zakresie baterii będzie powodował, że eksploatacja e-busów stanie się bardziej efektywna ekonomicznie.

Już w obecnych uwarunkowaniach technicznych i ekonomicznych występują przesłanki przemawiające za wprowadzaniem do eksploatacji autobusów elektrycznych w zastępstwie autobusów z napędem tradycyjnym. W miastach będących liderami w zakresie elektromobilności pojazdy ekologiczne są już w eksploatacji, zapewniając pozytywne efekty środowiskowe.

Powszechny trend rozwoju elektromobilności w transporcie publicznym w miastach naszego kraju wymaga udostępnienia decydom opracowania o charakterze naukowo-praktycznym, w którym przedstawione byłyby informacje ułatwiające proces podejmowania decyzji. Niniejsze opracowanie wychodzi naprzeciw tej potrzebie. Przedstawiono w nim prawne, techniczne i ekonomiczne aspekty elektryfikacji komunikacji miejskiej. Zaprezentowano także strategie elektryfikacji pojazdów komunikacji miejskiej oraz zwrócono uwagę na korzyści i ograniczenia procesu elektryfikacji. Rozważono ryzyka związane z elektryfikacją. Ponadto omówiono dobre praktyki elektromobilności w miastach.

W raporcie wykorzystano dostępne opracowania o charakterze naukowym i praktycznym, zarówno krajowe, jak i zagraniczne. Podstawą publikacji są także rozległe doświadczenia praktyczne autorów związanych zawodowo z transportem miejskim.

Autorzy raportu



W miastach, które zdecydowały się być liderami w zakresie elektromobilności, pojazdy ekologiczne są już w eksploatacji, zapewniając pozytywne efekty środowiskowe.

Spis treści

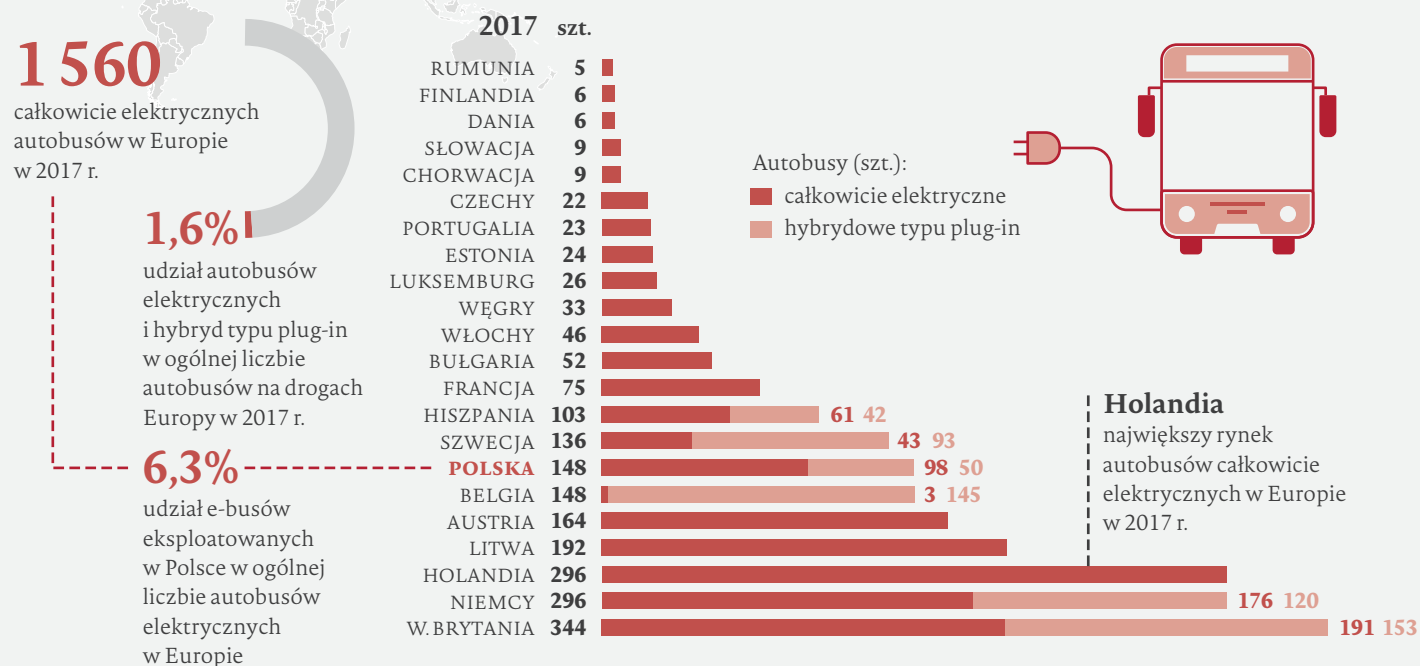
	Streszczenie raportu	14
1	Wprowadzenie do elektromobilności	20
1.1	Elektromobilność w transporcie publicznym	20
1.2	Elektromobilność w komunikacji miejskiej w Polsce	26
1.3	Terminologia elektromobilnej komunikacji miejskiej	33
2	Prawne aspekty elektryfikacji komunikacji miejskiej w Polsce	40
2.1	Ustawowe obowiązki samorządu terytorialnego	40
3	Techniczne aspekty elektromobilności w komunikacji miejskiej	54
3.1	Tabor – klasyfikacja i specyfikacja dostępnych pojazdów	54
3.2	Infrastruktura ładowania – dostępne systemy ładowania pojazdów elektrycznych	56
3.2.1	Podział strategii ładowania z eksploatacyjnego punktu widzenia	57
3.2.2	Podział metod ładowania z technicznego punktu widzenia	59
	Ładowanie za pomocą złącza wtykowego	59
	Ładowanie pantografem w systemie czteroprzewodowym	60
	Ładowanie pantografem w systemie dwuprzewodowym	61
	Ładowanie w systemie dynamicznym	62
3.2.3	Porównanie systemów ładowania	63
3.3	Analiza dostępnych technologii baterii oraz ekonomiczne aspekty ich wykorzystania	64
3.4	Możliwości wykorzystania infrastruktury ładowania dla innych pojazdów	67
4	Ekonomiczne aspekty elektryfikacji publicznego transportu zbiorowego	74
4.1	Czynniki, które należy wziąć pod uwagę przy zakupie i eksploatacji autobusów elektrycznych	74
4.2	Nakłady inwestycyjne na zakup pojazdów elektrycznych	75
4.3	Nakłady inwestycyjne na budowę infrastruktury	77
4.4	Nakłady inwestycyjne na przystosowanie zajezdni	78
4.5	Koszty eksploatacji pojazdów elektrycznych	79
4.6	Koszty eksploatacji infrastruktury	80
4.7	Koszty zewnętrzne eksploatacji pojazdów elektrycznych	80
4.8	Porównanie kosztów i korzyści dla różnych wariantów obsługi	81
4.9	Źródła finansowania zakupu pojazdów i budowy infrastruktury	83
5	Strategie elektryfikacji floty pojazdów komunikacji miejskiej	88
5.1	Wybór i optymalizacja linii do elektryfikacji	88
5.2	Determinanty wyboru systemu ładowania pojazdów elektrycznych	92
5.3	Analiza techniczno-operacyjna elektryfikacji miejskiego transportu publicznego	97
5.4	Efektywność ekonomiczna autobusów elektrycznych	100
6	Korzyści i ograniczenia elektryfikacji publicznego transportu zbiorowego	104
6.1	Korzyści i ograniczenia eksploatacyjne	104
6.2	Korzyści i ograniczenia środowiskowe	105
6.3	Korzyści promocyjne	105
7	Identyfikacja najważniejszych czynników ryzyka	108
7.1	Analiza ryzyka	108
8	Dobre praktyki elektromobilności w miastach	112
8.1	Dobre praktyki elektryfikacji transportu miejskiego w Polsce	112
8.2	Dobre praktyki w elektryfikacji indywidualnego transportu samochodowego – car-sharing	116
8.3	Dobre praktyki elektryfikacji transportu miejskiego w innych miastach UE	118
	Załączniki	121
A	Wykaz przepisów dotyczących elektromobilności w komunikacji miejskiej	121
B	Elektromobilność w świetle dokumentów strategicznych UE	122
C	Wykaz norm technicznych dotyczących punktów i stacji ładowania	124

Trwa elektromobilny przełom w światowym i europejskim transporcie publicznym



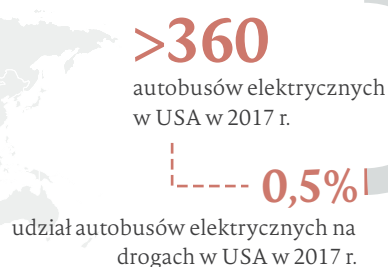
2. Europa

Drugi pod względem wielkości rynek autobusów elektrycznych na świecie



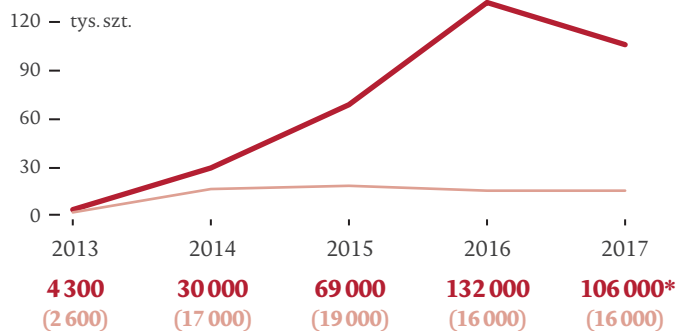
3. USA

Trzeci pod względem wielkości rynek autobusów elektrycznych na świecie



Źródło: Bloomberg
New Energy Finance

Sprzedaż autobusów elektrycznych w Chinach (w tym hybrydowych typu plug-in)



* ubiegłoroczny spadek spowodowany był obcięciem subsydiów przy zakupie autobusów elektrycznych

Dlaczego Chiny są globalnym liderem?

- dążenie do zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza w miastach i uniezależnienia się od importu ropy naftowej,
- rozwój elektromobilności to jeden z priorytetów polityki przemysłowej Państwa Środka,
- obowiązujący do końca 2016 r. program dopłat,
- budowa floty autobusowej od podstaw w wielu chińskich miastach,
- chęć stworzenia przez rząd marek konkurencyjnych na światowych rynkach.

116 000

łącznie autobusów elektrycznych
wyprodukowanych w Chinach w 2016 r.

Lokalni producenci muszą się jednak mierzyć z coraz silniejszą konkurencją z Europy i USA, reprezentowaną przez takie podmioty, jak: **Solaris, Volvo, Optare, Proterra, Yutong, New Flyer**

Polska

W POLSCE TAKŻE NADCHODZI PRZEŁOM

Na krajowym rynku zachodzą zmiany, m.in. dlatego, że działania w zakresie rozwoju elektromobilności w miastach zyskują systemowe wsparcie



109

w pełni elektrycznych
autobusów w Polsce
(08/2018)

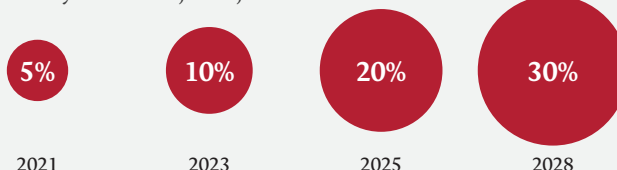


12 119

wszystkich
autobusów w Polsce
(koniec 2017 r.)

Dynamika wzrostu nabiera rozpędu dzięki **Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych**, która nakłada na jednostki samorządu terytorialnego liczne obowiązki w zakresie pojazdów zeroemisyjnych

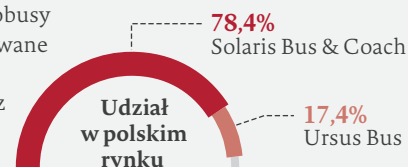
Udział e-busów w użytkowanej flocie pojazdów
(gminy powyżej 50 tys. mieszkańców)
ma wynieść co najmniej:



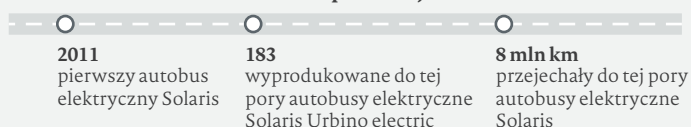
Rośnie także produkcja e-busów w Polsce



Niemal wszystkie autobusy elektryczne eksploatowane w Polsce (96%) zostały wyprodukowane przez dwóch rodzimych producentów



Solaris Bus & Coach – lider produkcji w Polsce



PROGRAM E-BUS

62 miasta i gminy zadeklarowały udział w programie

zamierzają kupić

ok. **800** autobusów elektrycznych do 2020 r.
(w tym 340 nowych e-busów do końca 2019 r.)

1 500 autobusów elektrycznych do 2023 r.

przełoży się to na

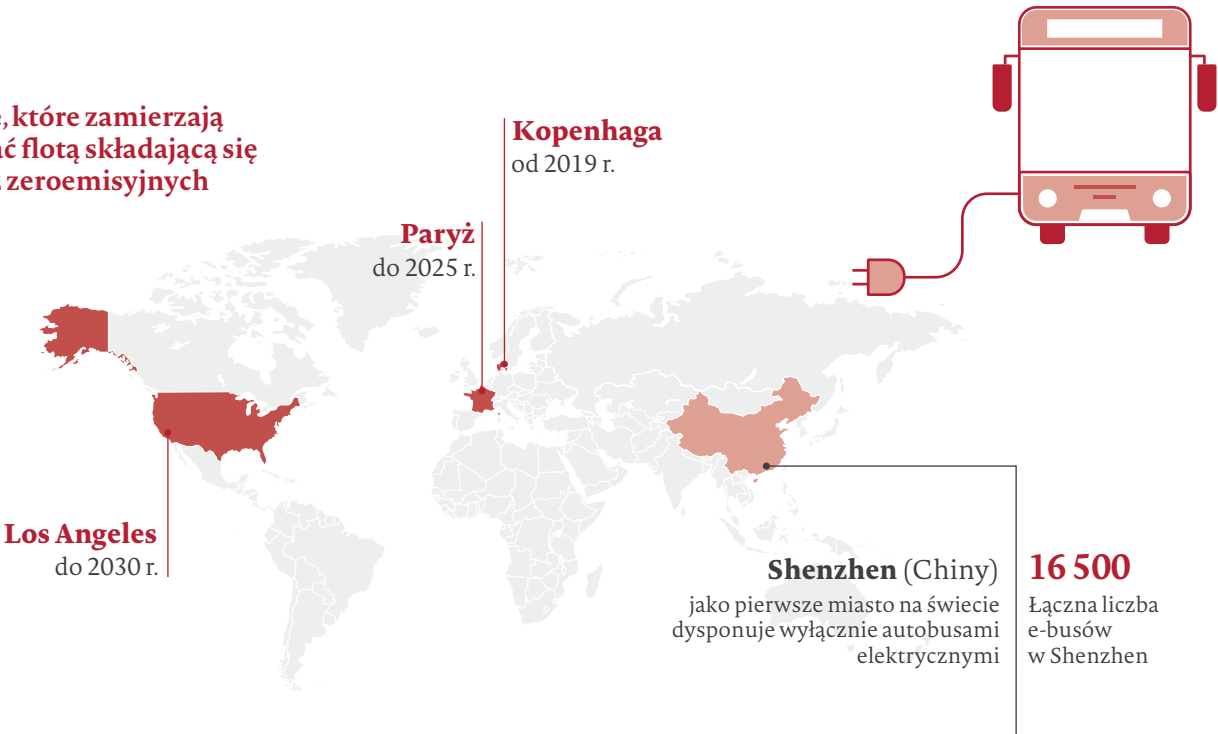
12% udział autobusów elektrycznych w polskiej flocie autobusów miejskich

→ to udział zbliżony do światowego **12%**

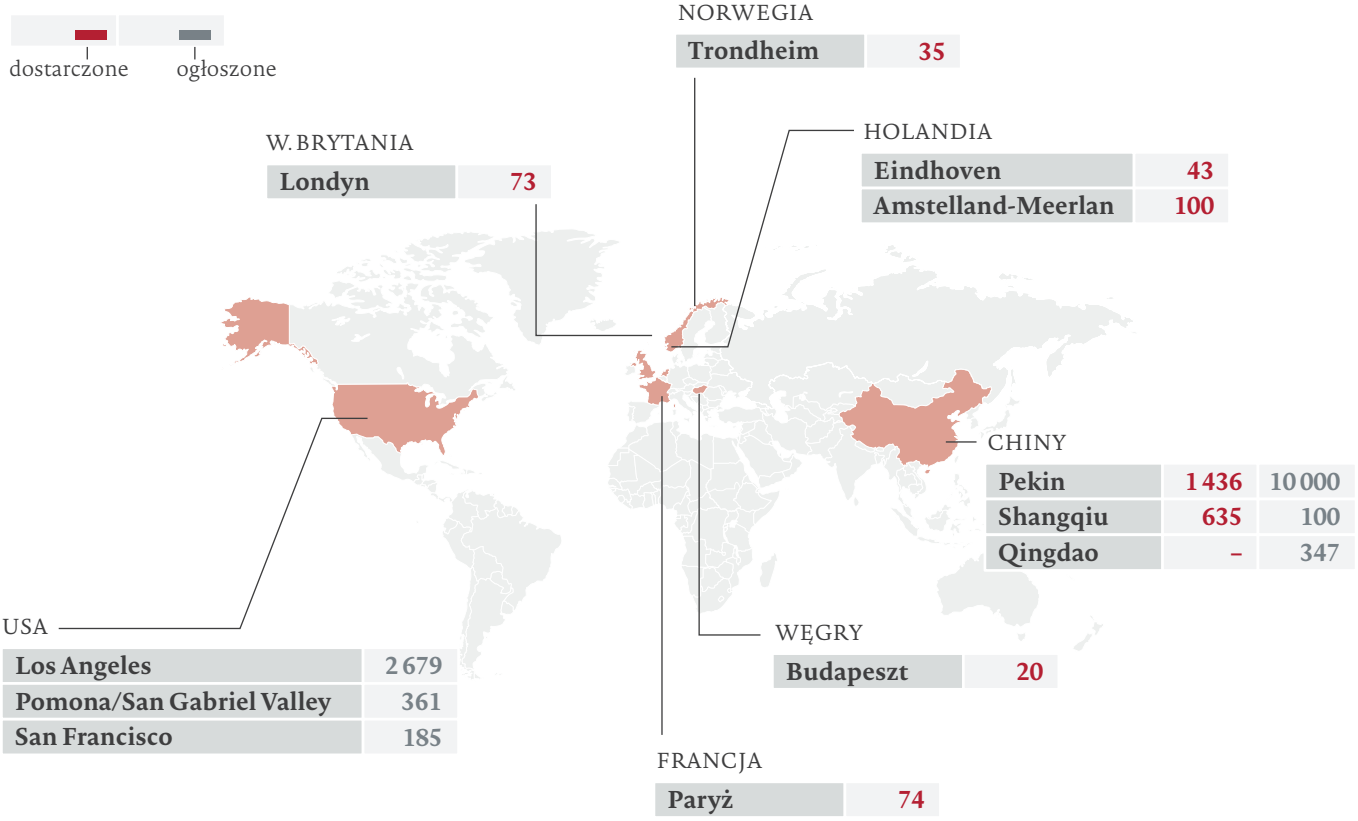
Ekologiczne środki transportu

eksploatuje coraz więcej miast na świecie

Metropolie, które zamierzają dysponować flotą składającą się wyłącznie z zeroemisyjnych autobusów

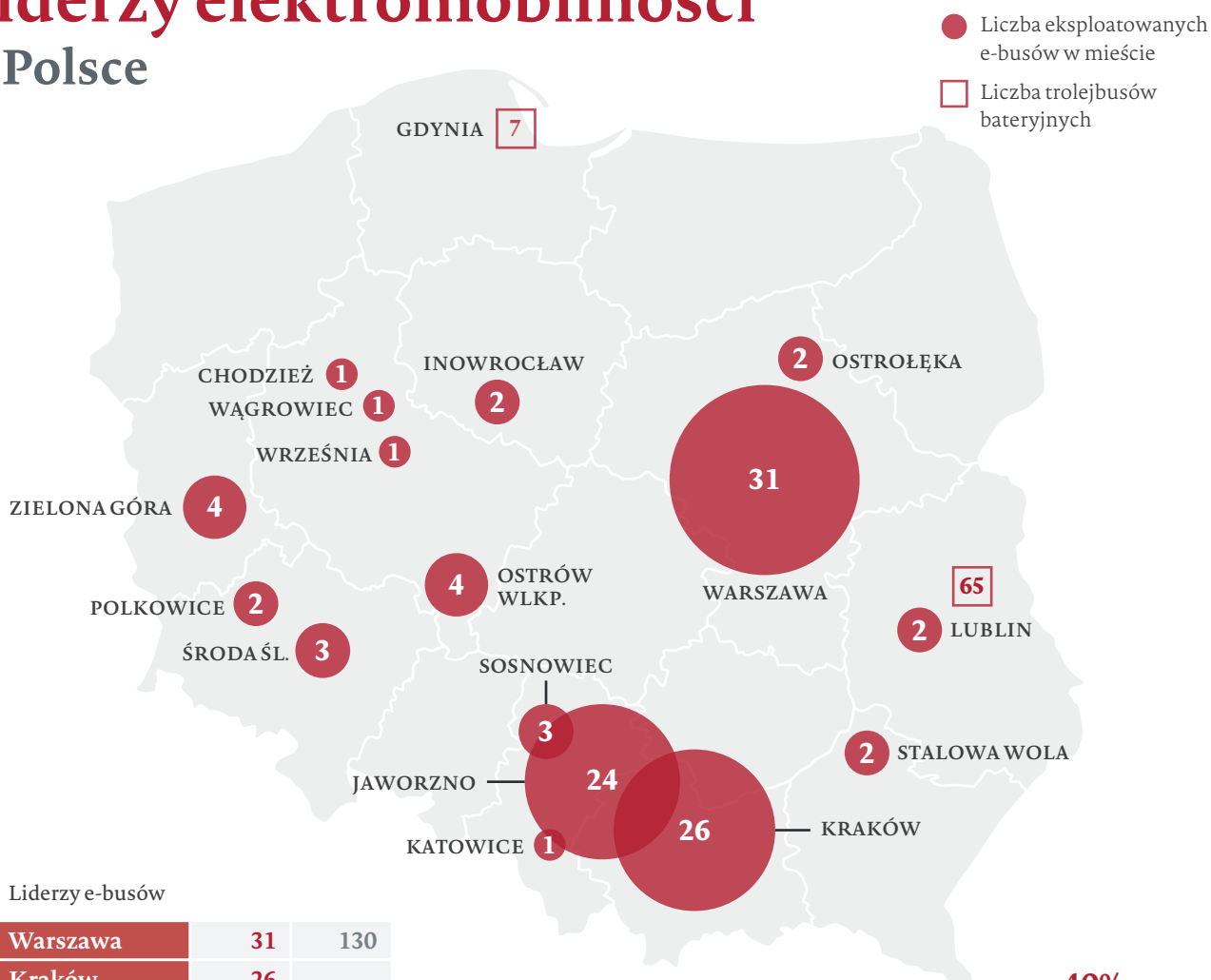


Pozostali liderzy wśród miast rozwijających floty autobusów elektrycznych



Źródło: opracowanie własne, RATP, Bloomberg New Energy Finance

Liderzy elektromobilności w Polsce



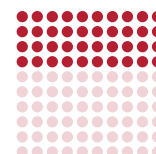
Liderzy e-busów

1	Warszawa	31	130
2	Kraków	26	-
3	Jaworzno	24	20

← Obecnie eksploatowane w Jaworznie e-busy (24 szt.) przekładają się na około 40% udział pojazdów bezemisyjnych w całkowitej flocie autobusów miejskich.

Oznacza to, że Jaworzno jest jednym z europejskich liderów w zakresie rozwoju elektromobilności w transporcie publicznym.

40%



dostarczone | ogłoszone

4	Zielona Góra	4	43
5	Lublin	2	32
6	Stalowa Wola	2	8
7	Inowrocław	2	8
8	Ostrów Wlkp.	4	6
9	Ostrołęka	2	5
10	Sosnowiec	3	-
11	Środa Śląska	3	-
12	Polkowice	2	4
13	Chodzież	1	-
14	Katowice	1	10
15	Wągrowiec	1	-
16	Września	1	-
17	Poznań	-	21

18	Rzeszów	-	10
19	Szczecinek	-	10
20	Gdynia	-	6
21	Szczecin	-	6
22	Nysa	-	3
23	Włocławek	-	3
24	Głowno	-	2
25	Łomianki	-	2
26	Miechów	-	2
27	Ostróda	-	2
28	Świdnica	-	2
29	Tychy	-	2
30	Nowy Sącz	-	2
31	Ciechanów	-	1

Stan na 08/2018

Źródło: Licznik E-busów w Polsce - infobus.pl

Streszczenie raportu

Elektryfikacja pojazdów drogowych w publicznym transporcie zbiorowym zapewnia określone korzyści środowiskowe i eksploatacyjne, podnoszące jakość życia w miastach. Należą do nich m.in.: brak emisji zanieczyszczeń w miejscu użytkowania autobusów elektrycznych, a zatem możliwość tworzenia Stref Czystego Transportu, poprawa komfortu podróżowania oraz obniżenie emisji hałasu. **Sprawia to, że autobusy elektryczne cieszą się coraz większym zainteresowaniem polskich samorządów, a ich podaż na krajowym rynku systematycznie rośnie.**

→ Rozdział 1

Elektromobilność, jako trend w rozwoju transportu w miastach, wyznaczają dokumenty strategiczne Unii Europejskiej i Polski. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych określa warunki rozwoju flot autobusów elektrycznych i zasady rozmieszczenia infrastruktury. Nakłada obowiązki na jednostki samorządu terytorialnego i wprowadza limity wykorzystywania pojazdów zeroemisyjnych przez przedsiębiorstwa realizujące usługi publiczne. Równolegle ustanawia szereg zachęt dla posiadaczy pojazdów elektrycznych. **Występująca w Polsce tendencja w zakresie wzrostu udziału autobusów elektrycznych wpisuje się w ogólnoświatowe trendy.**

→ Rozdział 2

Na efektywność eksploatacji autobusów elektrycznych w transporcie miejskim wpływ ma głównie bateria trakcyjna, związany z nią zasięg pojazdu oraz czas jej ładowania. Również wybór systemu ładowania: za pomocą złącza wtykowego, pantografu lub pętli indukcyjnej, determinuje strategię eksploatacji pojazdów i wpływa na sposób ładowania: nocnego, stacjonarnego w zajezdni z doładowywaniem, szybkiego na pętlach lub dynamicznego w ruchu. **Analiza czynników wpływających na efektywną eksploatację e-busów, tak w zakresie parametrów technicznych pojazdów, jak i infrastruktury, jest zagadnieniem szerokim i powinna odbywać się przy udziale ekspertów.**

→ Rozdział 3

Inwestycje w rozwój elektromobilności zyskują systemowe wsparcie ze środków krajowych, w tym z: Funduszu Niskoemisyjnego Transportu, programów dedykowanych NCBiR oraz NFOŚiGW, jak również poprzez ukierunkowanie środków europejskich.

Podjmując decyzję o elektryfikacji floty, należy uwzględnić wszystkie czynniki ekonomiczno-finansowe, w tym m.in. nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacyjne i koszty zewnętrzne. Decyzja o wprowadzeniu do obsługi komunikacyjnej taboru elektrycznego musi być także poprzedzona szeregiem dodatkowych analiz.

→ Rozdział 4

Głównym celem publicznego transportu zbiorowego jest realizowanie założeń polityki zrównoważonej mobilności. **Najważniejsze znaczenie ma utrzymanie lub wzrost udziału osób podróżujących tym transportem.** Zastępując autobusy konwencjonalne autobusami elektrycznymi, powinno się wybierać w pierwszej kolejności: linie o krótszych trasach, ulice o gęstej zabudowie, nowe osiedla mieszkaniowe, a także obszary turystyczne i zabytkowe. Wybór linii obsługiwanych autobusami elektrycznymi musi być powiązany z systemem ich ładowania, charakterystyką terenu i wiązać się z poprawą jakości oferty przewozowej.

→ Rozdział 5

Wprowadzenie autobusów elektrycznych wychodzi naprzeciw zasadom zrównoważonego rozwoju. **Wzrost udziału pojazdów elektrycznych w realizacji zadań przewozowych ma szczególne znaczenie w związku z niewydzielaniem szkodliwych substancji do środowiska w miejscu realizacji usług, w tym emisji CO₂ i hałasu.** Oznacza mniejsze obciążenie ulic taborom świadczącym usługi komunikacyjne. Napęd elektryczny posiada także lepsze parametry pracy, wiąże się z niższymi kosztami operacyjnymi i zwiększonym bezpieczeństwem eksploatacji. Możliwość wykorzystania infrastruktury ładowania dla innych pojazdów świadczących usługi komunalne wpływa na interoperacyjność elektromobilności.

→ Rozdział 6

Analiza ryzyka służy określeniu poziomu potencjalnego negatywnego wpływu na funkcjonowanie transportu miejskiego, a dzięki temu podjęcie optymalnie zaprojektowanych działań związanych z wdrażaniem elektromobilności. Proces ten przeprowadza się w oparciu o sformalizowaną strukturę, identyfikując źródła ryzyka i dokonując ich funkcjonalnej klasyfikacji. Zarządzanie ryzykiem to immanentna część wdrażania elektromobilności w miastach.

→ Rozdział 7

Liczba autobusów elektrycznych w polskich miastach rośnie w rekordowym tempie, przynosząc korzyści zarówno mieszkańcom, jak i operatorom transportu oraz producentom pojazdów. Najwięcej autobusów elektrycznych porusza się po ulicach Warszawy, Krakowa oraz Jaworzna. Bogate doświadczenia w zakresie elektromobilności mają także Gdynia, Lublin i Zielona Góra, które są aktywne w obszarze zrównoważonego transportu i dbają o wizerunek ekologicznych miast.

→ Rozdział 8

Dlaczego elektromobilność?

CZYNNIKI DETERMINUJĄCE WDRAŻANIE POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH W KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ



SPOŁECZEŃSTWO

Oczekiwana przez mieszkańców wysoka jakość życia w aglomeracjach



KWESTIE POLITYCZNO-PRAWNE

Cele dotyczące transportu zawarte w strategicznych dokumentach PL i EU



ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

Branża motoryzacyjna, transportowa i energetyczna skoncentrowana na elektromobilności



EKOLOGIA

Brak emisji zanieczyszczeń w miejscu użytkowania autobusów elektrycznych



EKSPLOATACJA

Lepsze parametry pracy i sprawność elektrycznych układów napędowych



EKONOMIA

Niższe koszty operacyjne (energia elektryczna w porównaniu do paliw tradycyjnych)



TECHNOLOGIA

Prostsza konstrukcja e-busów (mniej części, rzadsze awarie, łatwiejszy serwis i konserwacja)



INTEROPERACYJNOŚĆ

Możliwość wykorzystania infrastruktury ładowania przez inne pojazdy komunalne



ELASTYCZNOŚĆ

Większa funkcjonalność w gęstej zabudowie, obszarach turystycznych i zabytkowych



BEZPIECZEŃSTWO

Eliminacja ryzyka wybuchu i zmniejszenie zagrożeń pożarowych



BEZPOŚREDNI WPŁYW ŚRODOWISKOWY

W przypadku kolizji lub usterki brak zanieczyszczenia wyciekami paliw lub olejów



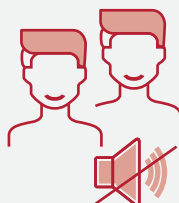
CZYSTSZA EKSPLOATACJA

Mniej „brudnych” technologii (tankowanie paliwa, wymiana olejów)



DODATKOWE UPRAWNIENIA

Możliwość wjazdu autobusów elektrycznych do Stref Czystego Transportu



KOMFORT PODRÓŻOWANIA

Niższy poziom hałasu, lepsze przyspieszenie i pokonywanie wzniesień, brak spalin na przystanku



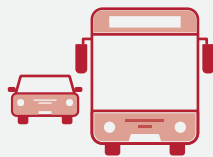
ATRAKCYJNA OFERTA

Zachęta dla mieszkańców do korzystania z transportu publicznego



REKLAMA I PROMOCJA

Wizerunek miasta dbającego o środowisko i zrównoważony transport



PRZYJAZNE OTOCZENIE

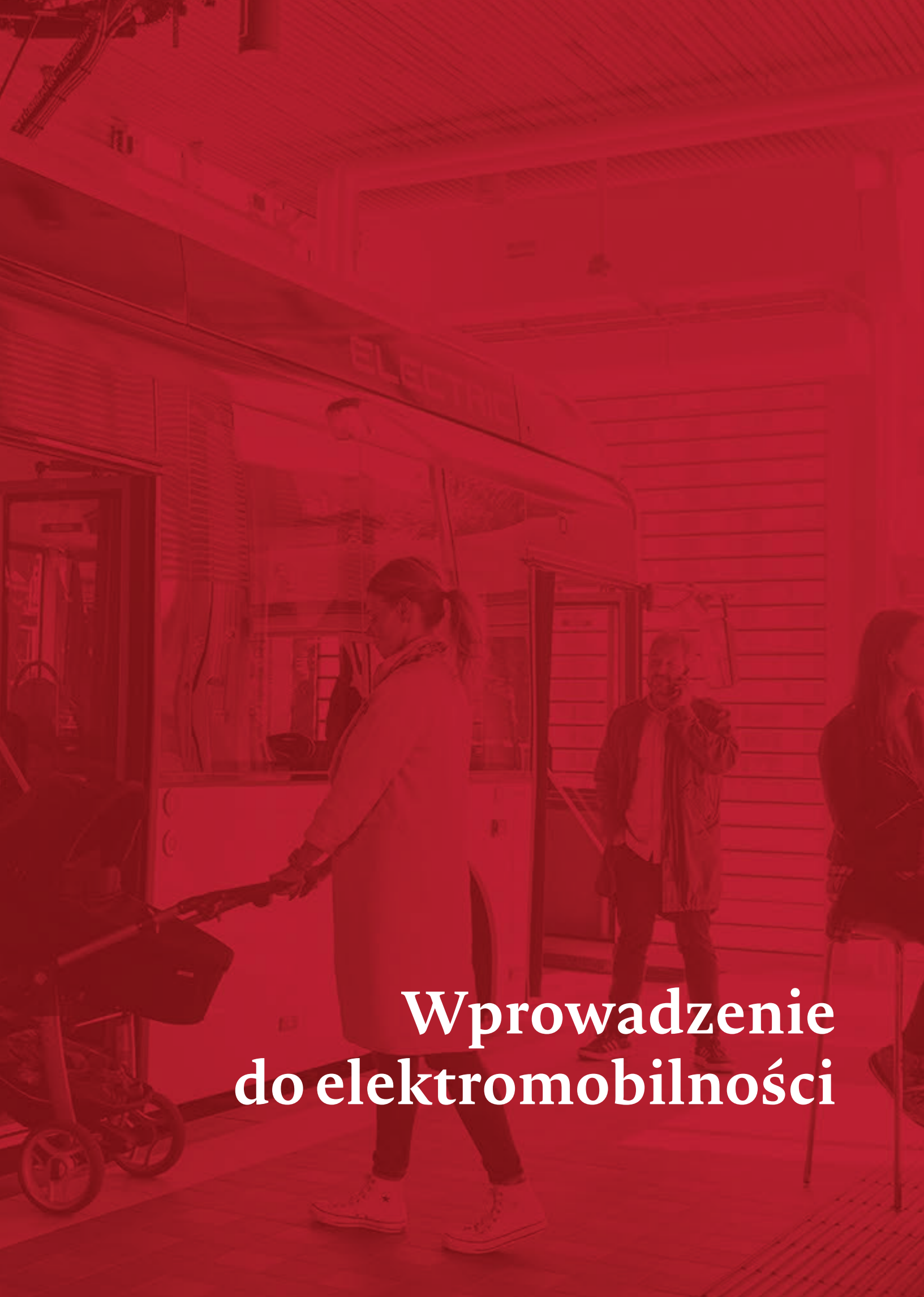
Zmniejszenie obciążenia ulic (hałasem, spalinami w korkach)



KREOWANIE PRZESTRZENI

Wzrost walorów miasta, wpływ na wybór miejsca zamieszkania w jego obrębie



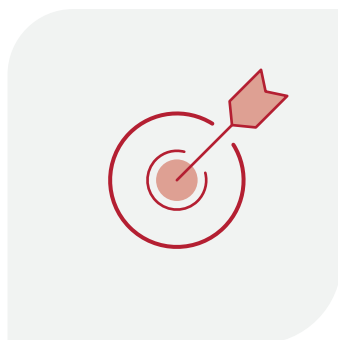


Wprowadzenie do elektromobilności

1 Wprowadzenie do elektromobilności

1.1 Elektromobilność w transporcie publicznym

Główne cele



Mieszkańcy oczekują wysokiej jakości życia, która uznawana jest za najważniejszy czynnik wpływający na rozwój miast. Dążąc do osiągnięcia jej odpowiedniego poziomu, należy wprowadzić niezbędne zmiany w strukturze podróży miejskich zdominowanych, jak dotąd, przez samochody osobowe.

Transport jest istotnym źródłem zanieczyszczeń i hałasu w aglomeracjach, które znacznie wpływają na jakość życia mieszkańców.

Efektom zmian w strukturze podróży miejskich powinien być wzrost udziału transportu publicznego. Mieszkańców łatwiej będzie zachęcić do korzystania z komunikacji miejskiej, jeżeli będą w niej wykorzystywane pojazdy ekologiczne – przede wszystkim z napędem elektrycznym.

Dążenie do poprawy jakości życia należy uznać za nadrzędną przesłankę rozwoju elektromobilności w miejskim transporcie publicznym. Ma ona głównie wymiar społeczny. Innymi ważnymi przesłankami rozwoju elektromobilności są kwestie:

→ **POLITYCZNO-PRAWNE**

z determinowane obowiązującymi dyrektywami UE oraz krajowymi ustawami i uchwałami,

→ **TECHNICZNO-TECHNOLOGICZNE**

wynikające z możliwości napędzania pojazdów energią elektryczną,

→ **EKSPLLOATACYJNE**

związane z podatnością transportu publicznego na wdrażanie elektromobilności,

→ **EKOLOGICZNE**

stanowiące wyraz dążenia do ochrony środowiska naturalnego,

→ **TRANSPORTOWE**

podporządkowane konieczności polepszenia warunków ruchu drogowego,

→ **EKONOMICZNE**

wynikające z dążenia do racjonalizacji kosztów transportu miejskiego,

→ **GOSPODARCZE**

związane ze wsparciem krajowego potencjału w budowaniu silnych podmiotów na wszystkich etapach łańcucha wartości w elektromobilności.



Nadrzędnym celem elektromobilności w transporcie publicznym w miastach jest dążenie do poprawy jakości życia mieszkańców.

Podstawy prawne



Już w 1992 r., w Białej Księdze Unii Europejskiej dotyczącej transportu, za podstawowe zadanie europejskiej polityki transportowej uznano dążenie do osiągnięcia zrównoważonej mobilności. Cel ten stanowił podstawę kolejnych dokumentów unijnych o charakterze strategicznym. Głównym instrumentem jego realizacji mają być tzw. ekosystemy elektromobilności tworzone w miastach¹.

Podstawą prawną rozwoju elektromobilności w krajach należących do Unii Europejskiej jest dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych.

Politykę unijną opartą na tej dyrektywie wyrażają na polskim gruncie dokumenty i regulacje: Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości” oraz Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Poza wskazanymi dokumentami podstawą polityczno-prawną rozwoju elektromobilności są uchwały rad gmin w postaci Planów Zrównoważonego Rozwoju Transportu Publicznego oraz Planów Zrównoważonej Mobilności Miejskiej (ang. SUMP – Sustainable Urban Mobility Plan).

Elektromobilność w Polsce

KWESTIA STRATEGICZNA

Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju

Kluczowy dokument państwa polskiego w obszarze polityki gospodarczej

PROGNOZOWANE EFEKTY

2020

50 000

pojazdów elektrycznych na polskich drogach

6 000

punktów ładowania normalnej mocy

400

punktów ładowania dużej mocy

3 000

pojazdów zasilanych CNG na drogach

70

punktów tankowania CNG

2025

1 mln

pojazdów elektrycznych na polskich drogach

54 000

pojazdów zasilanych CNG

3 000

pojazdów zasilanych LNG na drogach

32

punkty tankowania CNG wzdłuż sieci bazowej TEN-T

14

punktów tankowania LNG wzdłuż sieci bazowej TEN-T

¹ J. Pieriegud, E-mobilność jako koncepcja rozwoju sektorów infrastrukturalnych, [W:] red. J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud, E-mobilność: wizje i scenariusze rozwoju, Europejski Kongres Rozwoju, Sopot, 2017 r.

Program Rozwoju Elektromobilności

Flagowy projekt Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju

ZAŁOŻENIA PROGRAMU

Stworzenie pakietu korzystnych regulacji prawnych kreujących rynek elektromobilności w Polsce

SYNERGIA DZIAŁAŃ

Instytucje zaangażowane w program:

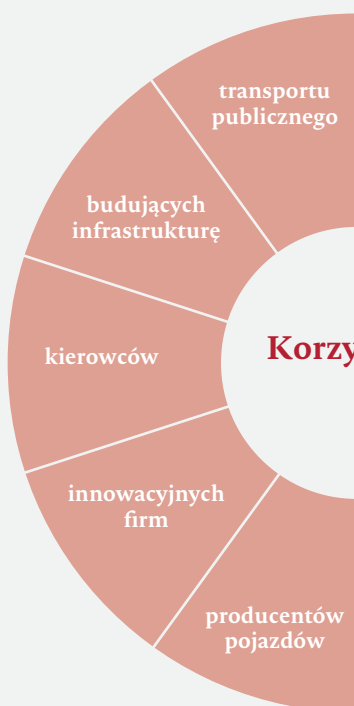
- Ministerstwo Energii
- Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii
- Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju
- Ministerstwo Środowiska
- Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
- Ministerstwo Obrony Narodowej
- Ministerstwo Infrastruktury
- Ministerstwo Finansów
- Ministerstwo Cyfryzacji
- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
- Polski Fundusz Rozwoju
- Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
- Polska Agencja Rozwoju Przemysłu
- UDT – Urząd Dozoru Technicznego
- TDT – Transportowy Dozór Techniczny
- GUM - Główny Urząd Miar
- polskie samorządy

EFEKTY PROGRAMU

Przyjęte dokumenty i regulacje prawne

KOMPLEMENTARNOŚĆ

Przyjęte regulacje i dokumenty tworzą instrumenty w 5 obszarach



Korzyści dla

Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce

Przyjęty przez rząd
16/03/2017

Określa korzyści związane z upowszechnieniem stosowania pojazdów elektrycznych oraz identyfikuje potencjał gospodarczy i przemysłowy danego obszaru

Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych

Przyjęte przez rząd
29/03/2017

Implementują regulacje europejskie do polskiego porządku prawnego (dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE)

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych

Weszła w życie
22/02/2018

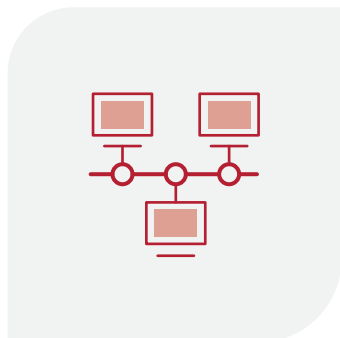
Stymuluje rozwój elektromobilności oraz upowszechnia stosowanie paliw alternatywnych w sektorze transportowym w Polsce

Ustawa wprowadzająca Fundusz Niskoemisyjnego Transportu

Weszła w życie
28/07/2018

Wspiera rozbudowę infrastruktury paliw alternatywnych oraz tworzy rynek pojazdów zero- i niskoemisyjnych w Polsce

Dostępna technologia



W ostatnich latach nastąpił znaczny postęp technologiczny w zakresie napędzania pojazdów energią elektryczną. Baterie litowo-jonowe mają odpowiednią pojemność i z powodzeniem stosowane są jako jedyne lub uzupełniające źródło energii w pojazdach publicznego transportu drogowego.

Efektywnie energetycznie są także stacjonarne urządzenia do ładowania baterii, instalowane w zajezdniach i na przystankach końcowych. Według prognoz, w ciągu kilku najbliższych lat, wystarczające będzie ładowanie baterii tylko raz na dobę w zajezdni, pozwalające na pokonanie 300-400 km w warunkach ruchu miejskiego. Obecnie, przy odpowiedniej konfiguracji pojazdu, baterii, infrastruktury ładowania i rozkładu jazdy, autobusy elektryczne są w stanie realizować pracę eksploatacyjną porównywalną z autobusami z silnikiem Diesla. Transport publiczny jest bardziej podatny na elektryfikację niż indywidualny, przede wszystkim dlatego, że ma regularny charakter i odbywa się na podstawie rozkładu jazdy wyznaczającego trasę, przystanki i godziny odjazdów.

Kwestie środowiskowe



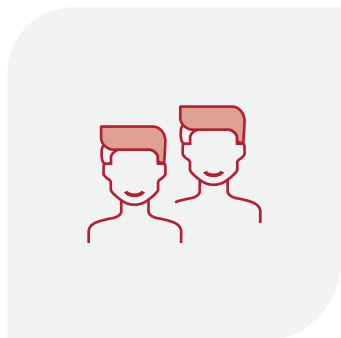
Ruch drogowy jest jednym z czynników, który wpływa na zły stan powietrza w miastach. Nie jest to główna przyczyna smogu, ale w istotny sposób podnosi jego poziom. Stanowi także znaczące źródło innych zanieczyszczeń². Pojazdy transportu drogowego są ponadto główną przyczyną hałasu w pobliżu dróg.

Elektromobilność jest w stanie zmniejszyć w sposób odczuwalny poziom zanieczyszczenia powietrza i hałasu w miastach, a elektryfikacja transportu publicznego stanowić może pierwszy ważny etap w procesie przechodzenia na czysty transport indywidualny mieszkańców.

Największym atutem pojazdów wykorzystujących energię elektryczną jest brak lokalnych emisji – niezwykle ważny czynnik dla jakości powietrza, szczególnie w centrach miast o intensywnej zabudowie. Z tego powodu autobusy elektryczne powinny być ważnym komponentem miejskiej polityki transportowej.

² R. Wojtał, Zanieczyszczenie powietrza w miastach w aspekcie ruchu samochodowego, „Transport Miejski i Regionalny” 2018, nr 01, s.17

Oferta dla podróżnych

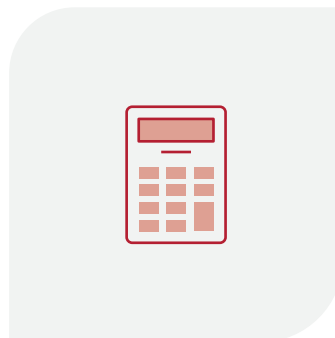


Mieszkańcy miast preferują jazdę prywatnym samochodem, od komunikacji miejskiej, stąd korki na drogach, czyli kongestia (natężenie ruchu większe niż przepustowość wykorzystywanej infrastruktury). Przyczynia się ona do wydłużenia czasu podróży zarówno transportem indywidualnym, jak i publicznym, a w rezultacie do braku płynności ruchu drogowego. Powoduje także wzrost emisji zanieczyszczeń i hałasu.

Elektromobilność w transporcie publicznym zapewnia mu ekologiczność, co może stanowić zachętę dla mieszkańców do wyboru tej formy przemieszczania się po mieście. Autobusy elektryczne to także większy komfort podróżowania: niższy poziom hałasu wewnątrz i na zewnątrz pojazdu, lepsze przyspieszenie i pokonywanie wzniesień, brak spalin na przystankach oraz mniejsze ryzyko awarii pojazdu w ruchu.

Wszystkie te aspekty mają bezpośredni wpływ na atrakcyjność oferty przewozowej, a w efekcie zainteresowanie mieszkańców transportem publicznym.

Eksplatacja i ekonomia



Ważną przesłanką do rozwoju elektromobilności w transporcie publicznym w miastach jest dążenie do racjonalizacji kosztów jego funkcjonowania. Nie zawsze wiąże się to jednak ze zmniejszeniem poziomu kosztów własnych, które mogą wzrosnąć pod wpływem elektryfikacji flot, nawet pomimo niższych kosztów eksploatacji wynikających z użytkowania energii przez pojazdy elektryczne.

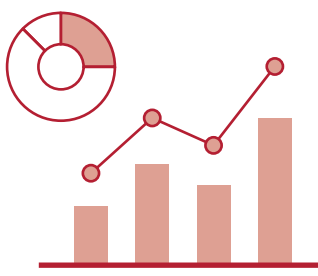
Obecnie różnice między kosztem zakupu pojazdu z silnikiem Diesla a elektrycznym niwelowane są dzięki bezzwrotnym środkom unijnym i krajowym.

Racjonalizacja ekonomiczna następuje w rezultacie zmniejszenia kosztów zewnętrznych, które nie są ponoszone przez operatorów transportu publicznego, lecz obciążają całe społeczeństwo w wysokości determinowanej poziomem zanieczyszczenia powietrza, hałasu i kongestii. Poziom tych kosztów szacowany jest różnymi metodami³, a wyniki wykorzystywane w studiach wykonalności do wykazania opłacalności wprowadzenia do transportu publicznego innowacji służących realizacji celów społecznych.

³ Por. np. Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach. Nowa edycja, JASPERS, sierpień 2015

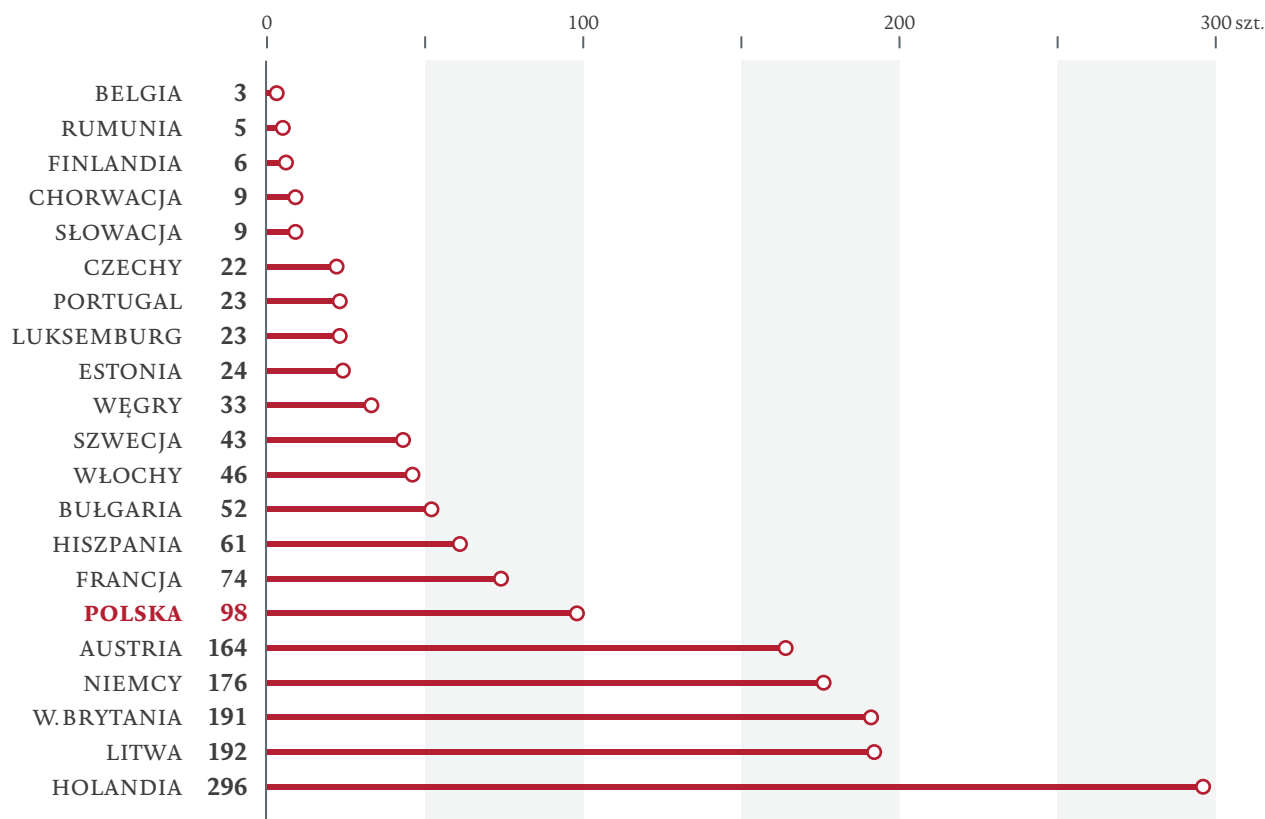
1.2 Elektromobilność w komunikacji miejskiej w Polsce

Eksploatacja



Liczba autobusów elektrycznych, nie licząc pojazdów hybrydowych i trolejbusów, w państwach UE na koniec 2017 r. wyniosła 1560 sztuk (odpowiadało to ok. 1,6% udziału autobusów elektrycznych w łącznej liczbie pojazdów eksploatowanych w miastach krajów UE). **Polska już w 2017 r. była jednym z liderów elektromobilności w Europie. Liczba autobusów elektrycznych osiągnęła w Polsce poziom niemal 100 pojazdów. Stanowiło to ponad 6% wszystkich e-busów eksploatowanych w Europie.** Na koniec 2017 r. liderem była Holandia, do której należał niemal co piąty autobus elektryczny w UE.

Liczba autobusów elektrycznych, bez pojazdów hybrydowych i trolejbusów, w krajach UE na koniec 2017 r.



Źródło: opracowanie własne na podst.: Electric Buses in Cities Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂, Bloomberg New Energy Finance, marzec 2018

Według danych Infobus.pl na koniec sierpnia 2018 r. w Polsce jeździło już 109 autobusów elektrycznych. Udział procentowy e-busów w ogólnej flocie pojazdów komunikacji miejskiej w kraju nie odbiega zatem od średniej unijnej (na koniec 2017 r. w Polsce było ponad 12 tys. autobusów miejskich – 12 119 sztuk⁴).

Liczba zarejestrowanych autobusów elektrycznych w Polsce w latach 2015-2018

DATA	WOJEWÓDZTWO	MIASTO	LICZBA	
2015	MAZOWIECKIE	Warszawa	10	16
	KUJAWSKO-POMORSKIE	Inowrocław	2	
	MAZOWIECKIE	Ostrołęka	2	
	ŚLĄSKIE	Jaworzno	1	
	LUBELSKIE	Lublin	1	
2016	MAŁOPOLSKIE	Kraków	4	6
	LUBELSKIE	Lublin	1	
	ŚLĄSKIE	Jaworzno	1	
2017	MAŁOPOLSKIE	Kraków	22	65
	ŚLĄSKIE	Jaworzno	22	
	MAZOWIECKIE	Warszawa	11	
	WIELKOPOLSKIE	Ostrów Wlkp.	4	
	DOLNOŚLĄSKIE	Środa Śląska	3	
	DOLNOŚLĄSKIE	Polkowice	2	
	WIELKOPOLSKIE	Września	1	
2018 (01-08)	MAZOWIECKIE	Warszawa	10	22
	ŚLĄSKIE	Sosnowiec	3	
	WIELKOPOLSKIE	Chodzież	1	
	ŚLĄSKIE	Katowice	1	
	WIELKOPOLSKIE	Wągrowiec	1	
	PODKARPACKIE	Stalowa Wola	2	
	LUBUSKIE	Zielona Góra	4	
			109	

Źródło: opracowanie własne na podst.: Licznik E-busów w Polsce (stan na 08/2018)

⁴ Bank Danych Lokalnych, GUS, bdl.stat.gov.pl

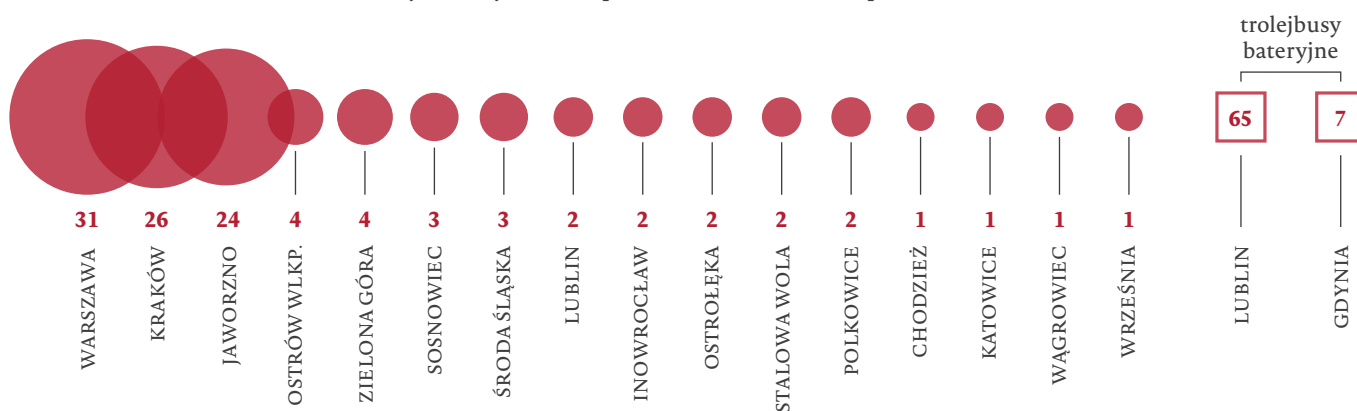
Miasta



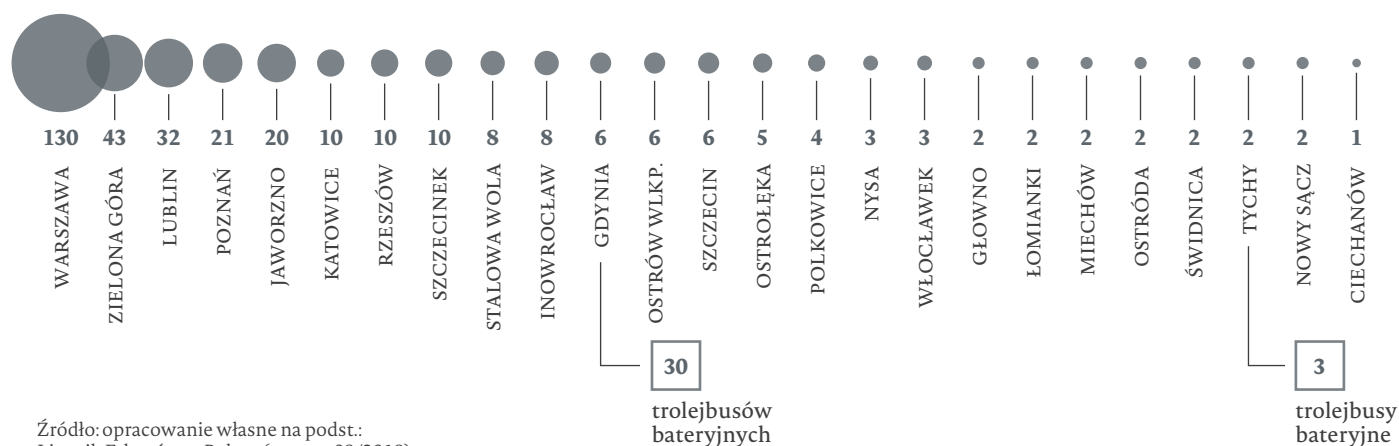
Pierwszym polskim miastem, które zakupiło autobus elektryczny i wprowadziło go do użycia było Jaworzno (Solaris Urbino 12 electric w 2015 r.). W sierpniu 2018 r. w Jaworznie eksploatowane były już 24 autobusy elektryczne, dzięki czemu osiągnięto około 40% udział pojazdów bezemisyjnych w całkowitej flocie autobusów miejskich⁵. **Czyni to Jaworzno jednym z europejskich liderów w zakresie rozwoju elektromobilności w publicznym transporcie zbiorowym.**

Pod względem liczby autobusów elektrycznych liderem w Polsce jest Warszawa. Działania podejmowane w stolicy kraju, mające na celu pozyskanie kolejnych autobusów elektrycznych, pozwalają sądzić, że taki stan rzeczy się utrzyma (do 2020 r. w Warszawie ma być około 160 autobusów elektrycznych).

Autobusy elektryczne eksploatowane w Polsce w podziale na miasta



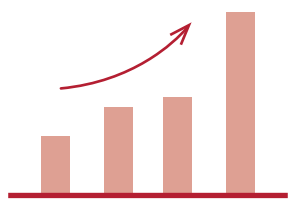
Autobusy elektryczne w realizacji do 2019 r. w podziale na miasta



Źródło: opracowanie własne na podst.:
Licznik E-busów w Polsce (stan na 08/2018)

⁵ Bezemisyjne autobusy to już 40% floty autobusowej Jaworzna, truck-van.pl

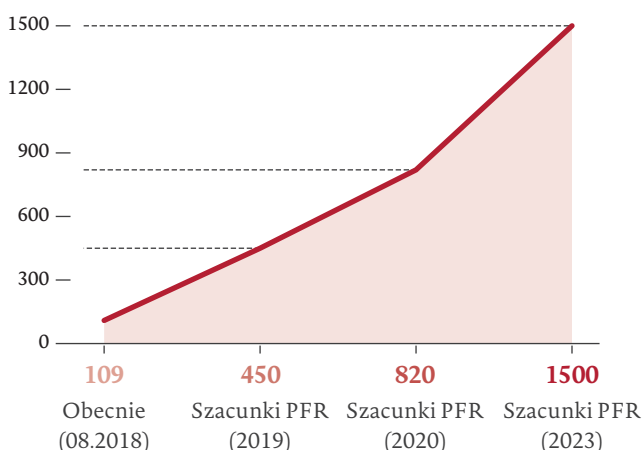
Potencjał



Wzrost odsetka autobusów komunikacji miejskiej zasilanych energią elektryczną w Polsce wpisuje się w światowe i europejskie trendy. Według prognoz, sporządzonych w ramach projektu ZeEUS „Zero Emission Urban Bus System”, w ciągu dwóch najbliższych lat udział konwencjonalnych autobusów miejskich zasilanych silnikiem Diesla ograniczony zostanie w Europie do 53% przy 19% udziale autobusów elektrycznych⁷.

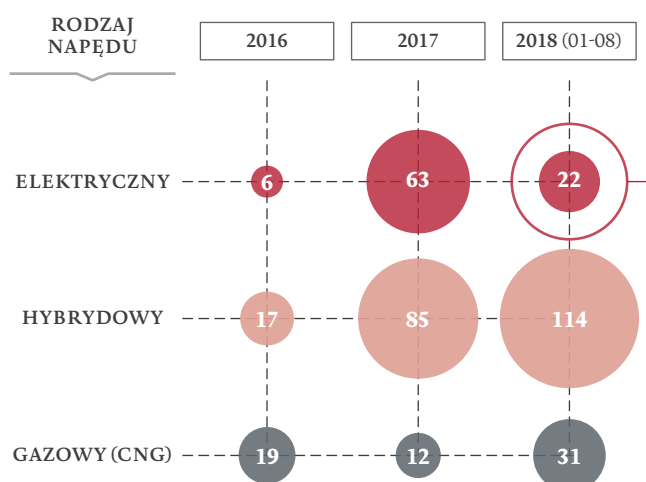
W rządowym Programie E-bus udział zadeklarowały 62 miasta i gminy, które wspólnie zamierzają zakupić ok. 800 autobusów elektrycznych do 2020 r. oraz 1500 do 2023 r.⁸. Przełoży się to na ok. 12% udział autobusów elektrycznych w polskiej flocie autobusów miejskich, porównywalny do tego, który występuje obecnie na świecie (3 mln autobusów, z czego 385 tys. elektrycznych – ok. 13%).

Prognoza wzrostu liczby autobusów elektrycznych w Polsce



Źródło: opracowanie własne

Liczba zarejestrowanych autobusów miejskich z napędem alternatywnym w Polsce w latach 2015-2018



Na koniec 2018 r. prognozowany jest wzrost rejestracji e-busów względem 2017 r. (np. we wrześniu 2018 r. zarejestrowanych zostało kolejnych 11 autobusów elektrycznych)

Źródło: Polski rynek nowych autobusów, 01-08/2018, infobus.pl

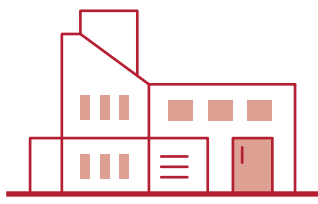
W Polsce każdego roku rejestrowanych jest około 750 nowych autobusów miejskich (2016 r. – 725 szt., 2017 r. – 771 szt.)⁶. Pomimo ciągłych inwestycji taborowych, odsetek eksploatowanych autobusów komunikacji miejskiej, nie starszych niż 6 lat, utrzymuje się na poziomie około 30% (32% - 2014 r., 31% - 2015 r., 27% - 2016 r.). **Konieczność dalszych inwestycji oraz wymiany obecnie eksploatowanego taboru komunikacji miejskiej to czynnik sprzyjający rozwojowi elektromobilności, co uwiadcza się w rosnącej liczbie rejestrowanych autobusów ekologicznych.** W 2017 r. w Polsce, spośród 771 zarejestrowanych autobusów miejskich, 160 napędzanych było paliwami alternatywnymi (napędem elektrycznym, hybrydowym i gazowym), co oznacza 7% udział w całym rynku. Wśród nich 63 (około 40%) stanowiły autobusy elektryczne.

⁶ Polski rynek nowych autobusów 2017, 2016, infobus.pl, pzpm.org.pl

⁷ ZeEUS eBus Report #2 An updated overview of electric buses in Europe, zeeus.eu

⁸ Program E-bus: Polski Autobus Elektryczny, mpit.gov.pl

Produkcja



Polska jest jednym z kluczowych producentów branży motoryzacyjnej w regionie Europy Środkowej i Środkowo-Wschodniej. W kraju produkowane są samochody osobowe, ciężarowe oraz autobusy, jak również komponenty i części zamienne. W 2016 r. w Polsce wyprodukowano około 5,2 tys. autobusów we wszystkich segmentach rynkowych (autobusy miejskie, międzymiastowe, szkolne i turystyczne). Spośród nich 26 sztuk stanowiły elektryczne autobusy miejskie⁹. Już rok później, w 2017 r., produkcja autobusów elektrycznych wzrosła ponad trzykrotnie – do 82 sztuk. Kolejnego wzrostu należy spodziewać się w 2018 r., tylko w dwóch pierwszych kwartałach wyprodukowane zostały już 72 autobusy elektryczne.

Autobusy elektryczne wyprodukowane w Polsce w podziale na producentów
(z pominięciem producentów zabudów)

MARKA	2013	2014	2015	2016	2017	I-II kw. 2018	RAZEM	UDZIAŁ
Solaris	1	12	23	24	63	58	181	83,8%
Ursus	0	0	0	1	14	0	15	6,9%
Volvo	0	0	0	1	5	14	20	9,3%
OGÓŁEM	1	12	23	26	82	72	216	100,0%

Źródło: opracowanie własne na podst.: Licznik E-busów w Polsce (stan na 06/2018), infobus.pl

W Polsce autobusy produkują:

- Automet Sp. z o.o.
- Autosan Sp. z o.o.
- Kapena S.A.
- MAN Truck & Bus Sp. z o.o.
- Scania Polska S.A.
- Solaris Bus & Coach S.A.
- Ursus Bus S.A.
- Volvo Bus Polska Sp. z o.o.

Spośród powyższych cztery przedsiębiorstwa rodzime (Solaris, Ursus, Autosan, Automet) oraz trzy europejskie, których zakłady produkcyjne znajdują się w Polsce (MAN, Scania, Volvo), posiadają w ofercie lub planują wprowadzić do oferty w najbliższym czasie autobusy elektryczne (z pominięciem producentów oferujących elektryczne mikrobuse poniżej 3,5 tony). Dodatkowo premierę trzech elektrycznych autobusów prototypowych, w tym elektrycznego autobusu szkolnego, zapowiedziało przedsiębiorstwo Rafako S.A.

Wszystkie przedsiębiorstwa, produkujące obecnie autobusy, elektryczne (z wyjątkiem spółki Automet specjalizującej się w przebudowie samochodów dostawczych innych producentów), posiadają w swojej ofercie pojazdy 12-metrowe. Autobusy tej długości są najpopularniejsze i stanowią niemal 80% udziału w europejskiej flocie autobusów elektrycznych. Obecnie w Polsce dwa przedsiębiorstwa (Solaris oraz Ursus) produkują elektryczne autobusy przegubowe o długości 18 m.

⁹ Rocznik Statystyczny Przemysłu 2016, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa, 2017, s. 34-35
(Dane obejmują pojazdy wyposażone w silniki spalinowe tłokowe do przewozu 10 osób i więcej)

Producenci autobusów elektrycznych w Polsce

MARKA	LICZBA MODELI AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH	MODELE AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH	DATA ZAPREZENTOWANIA/ROZPOCZĘCIA PRODUKCJI
Autosan	1	12 m Autosan Sancity	2017
MAN	1	18 m (prezentacja 12m MAN Lion's City E na targach pojazdów użytkowych IAA 2018)	zaprezentowany w 2016 r. (produkcja planowana na 2019 r.)
Scania	1	12 m Scania Citywide	2017
Solaris	3	8,9 m, 12 m, 18 m Solaris Urbino electric	2011
Ursus	5	8,5 m, 10 m, 12 m, 18 m Ursus Bus City Smile, 12 m Ursus Bus Ekovolt	2013
Volvo	1	12 m Volvo 7900 Electric	2016
Automet	2	8 m, 8,4 m MiniCity Electric	2017

Źródło: opracowanie własne

Według danych Infobus.pl za trzy kwartały 2018 r., wśród producentów autobusów elektrycznych największy udział w polskim rynku posiadał Solaris Bus & Coach, którego 86 pojazdów znajduje się w eksploatacji. Tym samym, obecny udział firmy w polskim rynku autobusów elektrycznych wynosi 78,8%.

Drugie miejsce pod względem liczby już dostarczonych autobusów elektrycznych zajmuje Ursus Bus (19 szt. z 17,4% udziałem w rynku). Oznacza to, że 96% wszystkich autobusów elektrycznych jeżdżących po polskich drogach została wyprodukowana w kraju.

Autobusy elektryczne eksploatowane w Polsce w podziale na producentów

PRODUCENT	MODEL	LICZBA		MIASTA EKSPLOATUJĄCE
Solaris	Urbino 8.9 electric	15	86	Ostrołęka, Kraków, Jaworzno, Ostrów Wlkp., Września, Chodzież, Katowice, Stalowa Wola
	Urbino 12 electric	58		Jaworzno, Inowrocław, Warszawa, Kraków, Jaworzno, Sosnowiec
	Urbino 18 electric	13		Kraków, Warszawa, Jaworzno
Ursus	City Smile 12 LFE	16	19	Lublin, Warszawa, Zielona Góra
	City Smile 10 LFE	3		Środa Śląska
SOR	EBN11*	2	2	Polkowice
Yutong	ZK6128**	1	1	Jaworzno
Automet	MiniCity Electric***	1	1	Wągrowiec

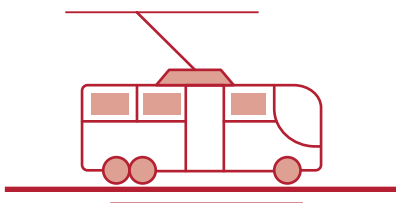
* autobusy produkcji czeskiej

** autobus testowy, należący do przedsiębiorstwa Tauron Dystrybucja, eksploatowany przez PKM w Jaworznie

*** autobus segmentu mini, zbudowany w oparciu o podwozie Mercedesa Sprintera

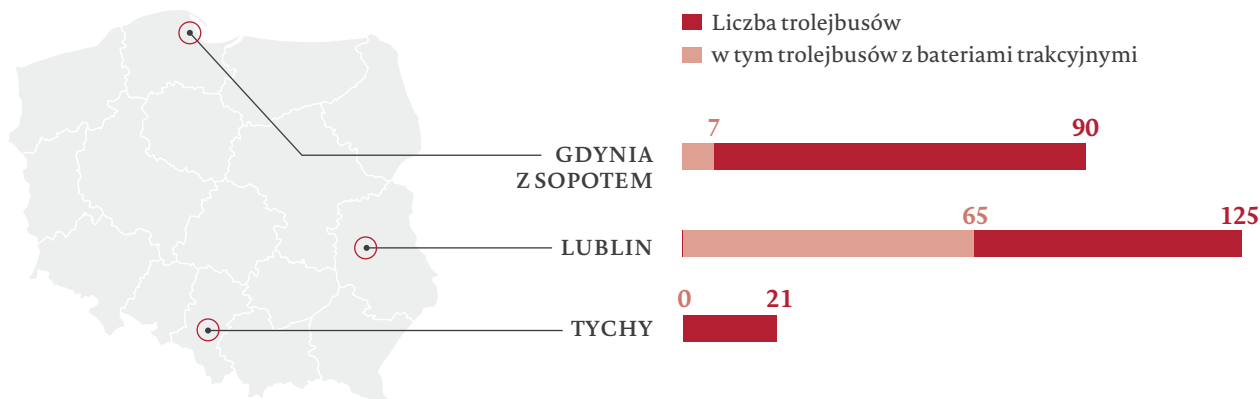
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Licznik E-busów w Polsce (stan na 08.2018), infobus.pl

Trolejbusy



Według ustawy Prawo o ruchu drogowym trolejbus należy definiować jako „... autobus przystosowany do zasilania energią elektryczną z sieci trakcyjnej”¹⁰. Tym samym, to właśnie trolejbusy były pierwszymi pojazdami drogowego transportu miejskiego zasilanymi energią elektryczną, wykorzystywanymi na dużą skalę do regularnego świadczenia usług publicznego transportu zbiorowego. **Obecnie w Polsce funkcjonują 3 systemy trolejbusowe** w 4 miastach: Lublin, Gdynia i Sopot, Tychy, które łącznie eksploatują 236 trolejbusów, w tym 72 bateryjne.

Trolejbusy eksploatowane w Polsce



Źródło: opracowanie własne na podst.: Licznik E-busów w Polsce (stan na 08/2018), infobus.pl

W Gdyni i Lublinie, są lub będą używane (Tychy od 2019 r.) trolejbusy wyposażone w baterie trakcyjne, których parametry umożliwiają obsługę dzielnic bez sieci trakcyjnej. Czyni to z nich pojazdy o cechach eksploatacyjnych zbliżonych do autobusów elektrycznych. Dzięki trendowi związanemu z dążeniem do ograniczenia emisyjności transportu miejskiego, nie rozważa się likwidacji sieci trolejbusowej w żadnym mieście, które ją ma. Dąży się natomiast do rozbudowy systemów trolejbusowych poprzez inwestycje taborowe (planowane we wszystkich miastach eksploatujących obecnie trolejbusy: Lublin – 35 planowanych, Gdynia – 30 zamówionych i 30 planowanych, Tychy – 3 zamówione) lub inwestycje w rozwój sieci trakcyjnej (Lublin).

Posiadanie przez miasta doświadczeń odnośnie napędzania pojazdów transportu miejskiego energią elektryczną (trolejbusy) przekłada się na wzmożone zainteresowanie autobusami elektrycznymi. Obecnie ich zakup planuje się zarówno w Gdyni, Lublinie, jak i Tychach. Na obecnym etapie rozwoju technologii autobusów elektrycznych należy więc uznać, że trolejbusy są pojazdami komplementarnymi wobec autobusów elektrycznych, a ich eksploatacja zachęca do zakupu e-busów (Lublin, Gdynia i Tychy).

¹⁰ B. Molecki, Nowa definicja trolejbusu w Prawie o ruchu drogowym, „Autobusy” 2013, nr 5, s. 27

1.3 Terminologia elektromobilnej komunikacji miejskiej

Definicje wielu określeń stosowanych w elektromobilności wprowadziła w życie Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych. W akcie prawnym zawarto 14 definicji pojęć związanych z elektromobilnością, w tym pojęcie autobusu zeroemisyjnego – bardzo ważne w stosowaniu ustawy. Wiele istotnych terminów odnoszących się do elektromobilnej komunikacji miejskiej zdefiniowano także w Ustawie z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym.

Poniżej przedstawiono słownik pojęć elektromobilności w komunikacji miejskiej, zawierający najważniejsze wyrażenia uszeregowane w kolejności alfabetycznej. Terminy te zostały zdefiniowane w wyżej wymienionych ustawach lub w innych aktach prawnych i mają następujące znaczenie:

Autobus zeroemisyjny

Autobus w rozumieniu art. 2, pkt 41 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w Ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji oraz trolejbus w rozumieniu art. 2, pkt 83 ustawy Prawo o ruchu drogowym.

Emisja

Wprowadzane w wyniku działalności człowieka, bezpośrednio lub pośrednio, do powietrza gazy cieplarniane lub inne substancje.

Flota użytkowanych pojazdów

Łączna liczba użytkowanych autobusów i trolejbusów, w tym autobusów zeroemisyjnych, z uwzględnieniem autobusów i trolejbusów rezerwowych, służących wykonywaniu przewozów dla danego organizatora, z wyłączeniem pojazdów szynowych (metro, tramwaje).

Gazy cieplarniane

Gazy i inne substancje wprowadzane do powietrza, objęte systemem zarządzania emisji gazów cieplarnianych, wymienione w załączniku do Ustawy z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.

Infrastruktura ładowania drogowego transportu publicznego

Punkty ładowania lub tankowania wodoru, wraz z niezbędną dla ich funkcjonowania infrastrukturą towarzyszącą, przeznaczone do ładowania lub tankowania w szczególności autobusów zeroemisyjnych wykorzystywanych w transporcie zbiorowym.

Komunikacja miejska	Gminne przewozy pasażerskie wykonywane w granicach administracyjnych miasta albo: a) miasta i gminy, b) miast, c) miast i gmin sąsiadujących – jeżeli zostało zawarte porozumienie lub został utworzony związek międzygminny w celu wspólnej realizacji publicznego transportu zbiorowego.
Linia komunikacyjna	Połączenie komunikacyjne na sieci dróg publicznych albo liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo akwenach morskich lub wodach śródlądowych, wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy.
Ładowanie	Pobór energii elektrycznej przez: a) pojazd elektryczny, pojazd hybrydowy, autobus zeroemisyjny, b) niebędący pojazdem elektrycznym pojazd silnikowy, motorower, rower lub wózek rowerowy, w rozumieniu ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r., Prawo o ruchu drogowym, na potrzeby napędu tego pojazdu.
Niebieska Księga	„Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach.” Nowa edycja, sierpień 2015 r., Jaspers
Ogólnodostępna stacja ładowania	Stacja ładowania dostępna na zasadach równoprawnego traktowania dla każdego posiadacza pojazdu elektrycznego i pojazdu hybrydowego.
Organizator	Organizator publicznego transportu zbiorowego, właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze.
Operator	Operator publicznego transportu zbiorowego, samorządowy zakład budżetowy lub przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na linii komunikacyjnej określonej w umowie.
Paliwa alternatywne	Paliwa lub energia elektryczna wykorzystywane do napędu silników pojazdów samochodowych lub jednostek pływających stanowiące substytut dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa, w szczególności: energia elektryczna, wodór, biopaliwa ciekłe, paliwa syntetyczne i parafinowe, sprężony gaz ziemny (CNG), w tym pochodzący z biometanu, skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu, lub gaz płynny (LPG).
Podmiot wewnętrzny	Odrębna prawnie jednostka powołana do świadczenia zadań własnych jednostki samorządu lokalnego, podlegająca kontroli właściwego organu lokalnego, a w przypadku grupy organów przynajmniej jednego właściwego organu lokalnego, analogicznej do kontroli, jaką sprawują one nad własnymi służbami.

Pojazd	Pojazd w rozumieniu art. 2, pkt 31 Prawa o ruchu drogowym – środek transportu przeznaczony do poruszania się po drodze oraz maszyna lub urządzenie do tego przystosowane.
Pojazd elektryczny	Pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2, pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania, w tym autobus elektryczny.
Pojazd napędzany wodorem	Pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2, pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych, nazywany także autobusem z ogniwami paliwowymi.
Punkt ładowania	Urządzenie umożliwiające ładowanie pojedynczego pojazdu elektrycznego, pojazdu hybrydowego i autobusu zeroemisyjnego oraz miejsce, w którym wymienia się lub ładuje akumulator służący do napędu tego pojazdu; punkt ładowania może być małej mocy (do 22 kW, z wyłączeniem urządzeń do 3,7 kW w miejscach innych niż ogólnodostępne stacje ładowania) lub dużej mocy (o mocy większej niż 22 kW).
Przewoźnik	Przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób na podstawie potwierdzenia zgłoszenia przewozu, a w transporcie kolejowym – na podstawie decyzji o przyznaniu otwartego dostępu do wykonywania regularnego przewozu osób w transporcie kolejowym.
Publiczny transport zbiorowy	Powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej.
Sieć komunikacyjna	Układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru.
Stacja ładowania	a) urządzenie budowlane obejmujące punkt ładowania o normalnej mocy lub punkt ładowania o dużej mocy, związane z obiektem budowlanym lub b) wolnostojący obiekt budowlany z zainstalowanym co najmniej jednym punktem ładowania o normalnej mocy lub punktem ładowania o dużej mocy, wyposażony w oprogramowanie umożliwiające świadczenie usług ładowania, wraz ze stanowiskiem postojowym oraz – w przypadku gdy stacja ładowania jest podłączona do sieci dystrybucyjnej w rozumieniu ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r., Prawo energetyczne – instalacją prowadzącą od punktu ładowania do przyłącza elektroenergetycznego.
Trolejbus	Autobus przystosowany do zasilania energią elektryczną z sieci trakcyjnej.



E-bus

CELE



GOSPODARCZY

Stymulowanie projektowania i produkcji polskich pojazdów elektrycznych na potrzeby komunikacji miejskiej oraz budowa silnych podmiotów w tym sektorze



SPOŁECZNY

Podniesienie jakości życia mieszkańców polskich miast poprzez zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza i obniżenie poziomu hałasu

PROGRAM KOORDYNOWANY PRZEZ POLSKI FUNDUSZ ROZWOJU

Jedna z głównych osi flagowego Programu Rozwoju Elektromobilności, priorytet w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju

POPYT



109 jeżdżących e-busów w Polsce (VIII 2018)



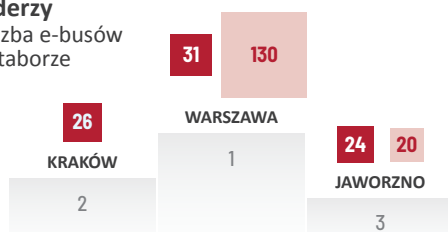
12 119 wszystkich autobusów w Polsce na koniec 2017 r.



1500 autobusów elektrycznych do 2023 r.

Liderzy

Liczba e-busów w taborze



■ dostarczone
■ w trakcie realizacji

LICZNIK E-BUS

infobus.pl/ebus

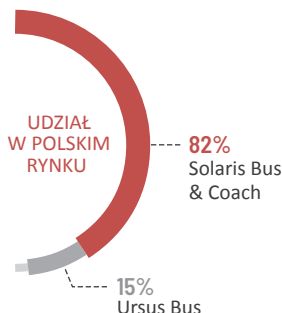
62 miasta i gminy zadeklarowały udział w Programie E-bus

PODAŻ

Rośnie produkcja e-busów w Polsce



Niemal wszystkie eksploatowane obecnie autobusy elektryczne w polskich miastach zostały wyprodukowane w kraju



LEGISLACJA

MPiP/PFR/ME

Regulacje dla elektrycznego transportu publicznego w Ustawie o elektromobilności

UDT/ME

Ujednolicenie wymagań technicznych dla infrastruktury ładowania – rozporządzenie wykonawcze do Ustawy o elektromobilności

MPiP

Przekierowanie środków UE dot. transportu miejskiego na paliwa alternatywne – zmiana Umowy Partnerstwa UE



FINANSOWANIE

(mln PLN)

2500

**NFOŚiGW
BEZEMISYJNY TRANSPORT
PUBLICZNY**

dofinansowanie zakupu autobusów elektrycznych i infrastruktury ładowania

160

**NCBR
BEZEMISYJNY TRANSPORT
PUBLICZNY**

sfinansowanie opracowania innowacyjnego autobusu bezemisyjnego oraz infrastruktury ładowania

300

CUPT

dofinansowanie zakupu elektrycznego taboru autobusowego POiŚ 2014-2020

10

**PARP
AKCELERATOR ELECTRO**
wsparcie start-upów w obszarze elektromobilności

ŚWIADOMOŚĆ

PFR

Cykl warsztatów i konferencji „Dobre praktyki w elektromobilności dla JST”

IGKM

Wytyczne dla JST – Jak opracować analizę kosztów i korzyści wykorzystania autobusów elektrycznych, wymaganą Ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych

PFR

Przewodnik dla JST – Praktyczne aspekty wdrażania elektromobilności w transporcie publicznym

UDT

Przewodnik po infrastrukturze ładowania

NFOŚiGW

10 mln na sfinansowanie opracowania strategii elektromobilności w 100 JST

Impact Mobility Revolution

Pierwsza międzynarodowa konferencja dot. elektromobilności w Polsce

KOMPLEMENTARNOŚĆ



AUTONOMICZNOŚĆ

Jaworzno/MI/NCBR

Centrum testowania autonomicznego transportu drogowego w Jaworznie



WODÓR

MPiT/NCBR

Gospostrateg – Strategia Gospodarki Wodnorodowej dotycząca transportu



BATERIE

MPiT/ME/PFR

Udział Polski w inicjatywie European Battery Alliance (EBA)



MINISTERSTWO
PRZEDSIĘBIORCZOŚCI
I TECHNOLOGII



MINISTERSTWO
ENERGII

mpit.gov.pl/ebus





Prawne aspekty elektryfikacji komunikacji miejskiej w Polsce

2 Prawne aspekty elektryfikacji komunikacji miejskiej w Polsce

2.1 Ustawowe obowiązki samorządu terytorialnego

Podstawowe obowiązki samorządów związane z wprowadzaniem do użytkowania autobusów zeroemisyjnych określa Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych, która weszła w życie 22 lutego 2018 r.

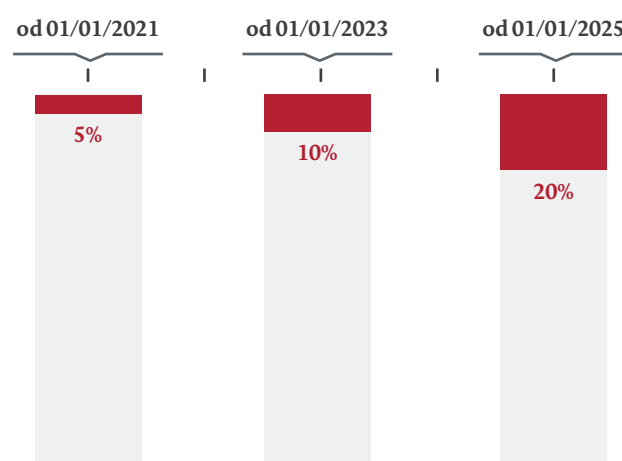
Przywołana regulacja prawna wdraża założenia Krajowych ram polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, przyjętych przez Radę Ministrów 29 marca 2017 r. oraz transponuje do polskiego systemu prawnego dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r.

Ustawa określa warunki rozwoju i zasady rozmieszczania infrastruktury paliw alternatywnych w transporcie oraz zasady świadczenia usług w zakresie ładowania pojazdów elektrycznych i tankowania pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Nakłada ponadto obowiązki informacyjne oraz wprowadza obowiązki wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych przez jednostki samorządu terytorialnego i przedsiębiorstwa realizujące usługi komunikacji miejskiej. Określa także zasady funkcjonowania Stref Czystego Transportu w polskich miastach.

Zgodnie z art. 36, ust. 1 i w związku z art. 86, pkt 4 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, **od 1 stycznia 2028 r. jednostka samorządu terytorialnego, z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 tys., będzie zobowiązana świadczyć lub zlecać świadczenie usługi komunikacji miejskiej podmiotowi, w którego flocie pojazdów użytkowanych na obszarze tej jednostki udział autobusów zeroemisyjnych wynosi co najmniej 30%.**

Zgodnie z ust. 2 w art. 36, analogiczny obowiązek dotyczy także świadczenia lub zlecenia usług komunikacji miejskiej jednostkami pływającymi.

Dla ułatwienia spełnienia w 2028 r. progu opisanego powyżej Ustawa przewidziała cele pośrednie do zrealizowania w terminach wcześniejszych. Jednym z przewidzianych ustawą obowiązków, dotyczących organizatorów i operatorów publicznego transportu zbiorowego, jest zapewnienie przez jednostki samorządu terytorialnego, o których mowa w art. 36, ust. 1 (powyżej 50 tys. mieszkańców), udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów wynoszącego odpowiednio:



Zgodnie z art. 37, ust. 1 przedmiotowej Ustawy, każda jednostka samorządu terytorialnego, o której mowa w art. 36 (powyżej 50 tys. mieszkańców), **została zobligowana także do sporządzania co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki niepowodujące emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w Ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.**

Analiza kosztów i korzyści ma na celu sprawdzenie, czy wprowadzenie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych będzie wiązało się z osiągnięciem korzyści społeczno-ekonomicznych.

Załącznik do wskazanej Ustawy zawiera wykaz gazów cieplarnianych i innych substancji wprowadzanych do powietrza, objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych. W wykazie tym, na pozycji nr 1 znajduje się dwutlenek węgla (CO₂), a na pozycjach 64, 65 i 66 odpowiednio: tlenek węgla oraz tlenki siarki i azotu. Definicja autobusu zeroemisyjnego zawarta w Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych oznacza więc, że w analizie kosztów i korzyści, za autobusy zeroemisyjne uznaje się takie, których silniki nie korzystają z procesu spalania paliw emitujących ww. substancje. Opisane kryterium spełniają napędy zasilane energią elektryczną, w tym wytwarzaną w ogniwach paliwowych zasilanych czystym wodorem (H₂), nieemitujące dwutlenku węgla, ale nie spełniają już go silniki, w których paliwem jest gaz (LPG, CNG lub LNG).

Przepis art. 37, ust. 2 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych wymaga, aby analiza kosztów i korzyści obejmowała w szczególności:

- ANALIZĘ FINANSOWO-EKONOMICZNĄ,
- OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH związanych z emisją substancji szkodliwych dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi,
- ANALIZĘ SPOŁECZNO-EKONOMICZNĄ uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.

Samorządy przygotowujące analizę muszą zapewnić udział społeczeństwa w jej opracowaniu na zasadach określonych w Dziale III, w rozdziałach 1 i 3 Ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko.

Najważniejszymi zasadami wynikającymi z treści przywołanej Ustawy i mającymi zastosowanie do tego procesu są:

- niezwłoczne podawanie do publicznej wiadomości informacji o przystąpieniu do opracowywania projektu dokumentu, jego przedmiocie oraz o możliwościach wglądu do niego i składania uwag oraz wniosków,
- minimum 21-dniowy termin na składanie wniosków,
- możliwość składania uwag i wniosków w formie elektronicznej bez konieczności opatrywania ich kwalifikowanym podpisem elektronicznym,
- konieczność dołączenia do przyjętego dokumentu uzasadnienia zawierającego informacje o udziale społeczeństwa w postępowaniu oraz w jaki sposób i w jakim zakresie zostały uwzględnione zgłoszone uwagi i wnioski.

Opracowana analiza, niezwłocznie po sporządzeniu, jest przekazywana ministrowi właściwemu do spraw energii, ministrowi właściwemu do spraw gospodarki i ministrowi właściwemu do spraw środowiska.

Zgodnie z art. 72 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych jednostka samorządu terytorialnego po raz pierwszy sporządza analizę, o której mowa w art. 37, ust. 1 tej Ustawy, w terminie do dnia 31 grudnia 2018 r.

Co istotne, analiza ułatwia opracowanie i przyjęcie niezbędnych zmian w planie transportowym, o których z kolei mowa w rozdziale 2 Działu II Ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym. Przepis art. 12, ust. 1, pkt 8 przywołanej Ustawy zobowiązuje wszystkie jednostki samorządu terytorialnego, zobligowane do opracowania planu transportowego, do wskazania w tym dokumencie linii komunikacyjnych, na których przewiduje się wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub napędzanych gazem ziemnym oraz określenia planowanego terminu rozpoczęcia ich użytkowania.

Zgodnie z art. 12, ust. 1a, jeżeli plan transportowy przewiduje wykorzystanie autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych gazem ziemnym, to określa także:

- GEOGRAFICZNE POŁOŻENIE STACJI GAZU ZIEMNEGO,
- GEOGRAFICZNE POŁOŻENIE INFRASTRUKTURY ŁADOWANIA DROGOWEGO TRANSPORTU PUBLICZNEGO w rozumieniu art. 2, pkt 3 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych,
- MIEJSCE PRZYŁĄCZENIA DO:
 - sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej planowanej infrastruktury ładowania, lub
 - sieci dystrybucyjnej gazowej planowanej stacji gazu ziemnego, lub
 - magazynu energii, o którym mowa w art. 3, pkt 10 Ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne.

Przy opracowywaniu planu transportowego dla jednostki samorządu terytorialnego szczebla gminnego, bezwzględnie należy wziąć pod uwagę wyniki analizy sporządzonej dla danej gminy (art. 12, ust. 2a Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym). Jeżeli wyniki tej analizy wskazują na zasadność wykorzystania w publicznym transporcie zbiorowym autobusów zeroemisyjnych, to projekt planu transportowego, w zakresie wykorzystania tych autobusów, podlega konsultacjom odpowiednio z operatorem systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego oraz operatorem systemu dystrybucyjnego gazowego, w rozumieniu przepisów Prawa energetycznego.

W trakcie tych konsultacji:

- operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego przedstawia ocenę technicznych i ekonomicznych warunków przyłączenia do sieci infrastruktury ładowania, w miejscach wskazanych w projekcie planu transportowego jako jej lokalizacje, oraz możliwości dostawy energii elektrycznej do sieci z magazynu energii stanowiącego część tej infrastruktury,
- operator systemu dystrybucyjnego gazowego przedstawia ocenę technicznych i ekonomicznych warunków przyłączenia do sieci stacji gazu ziemnego, w miejscach wskazanych w projekcie planu transportowego jako lokalizacje instalacji służących do zaopatrywania pojazdów publicznego transportu.

Zmiany w planie transportowym w powyższym zakresie muszą być wprowadzone (wraz z co najmniej 21-dniowymi konsultacjami społecznymi i przyjęciem uchwały zmieniającej odpowiednio plan przez radę jednostki samorządu terytorialnego) w ciągu roku od wejścia w życie Ustawy o elektromobilności, czyli do dnia 22 lutego 2019 r.



Rangę analizy podkreśla również przepis art. 37, ust. 5 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, z którego wynika, że jeżeli rezultaty analizy wskazują na brak korzyści z tytułu wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych, to jednostka samorządu terytorialnego, o której mowa w art. 36 tej Ustawy, może nie realizować obowiązku osiągnięcia wymaganego poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych.

Należy jednak zauważyć, że jednostka samorządu terytorialnego ma obowiązek sporządzania takiej analizy, zgodnie z wymogami art. 37 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, cyklicznie co 36 miesięcy. Oznacza to, że ewentualne zwolnienie z obowiązku osiągnięcia wymaganego udziału autobusów zeroemisyjnych dotyczy de facto tylko okresu 3 lat od daty sporządzenia analizy. Potem należy sporządzić kolejną analizę.

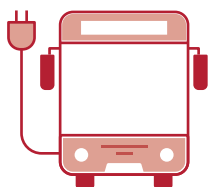
Odstąpienie, na podstawie wykonanej analizy, od zapewnienia, wymaganego Ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych, wskazanego dla danej daty, określonego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów skutkować może koniecznością poniesienia w kolejnym okresie zwiększonych nakładów inwestycyjnych na zakup takich pojazdów, aby spełnić analogiczne wymogi w przyszłości.

Z uwagi na późniejsze zastosowanie analizy, jako narzędzia do wprowadzenia zmian w planach transportowych (w zakresie linii komunikacyjnych przewidzianych do obsługi taboru zeroemisyjnego) lub podstawy do ewentualnej rezygnacji z zapewnienia wymaganego udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej flocie, nie może być ona dokumentem niskiej jakości, wykonanym w sposób minimalistyczny, tylko w celu wypełnienia obowiązku ustawowego.

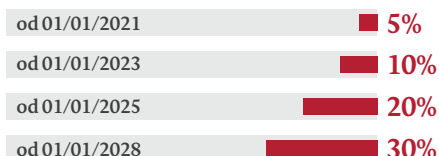
Ustawowe obowiązki samorządów

związane z wprowadzeniem do flot pojazdów elektrycznych i napędzanych gazem ziemnym

USTAWA O ELEKTROMOBILNOŚCI I PALIWACH ALTERNATYWNYCH
(DZ.U. 2018, POZ. 317 Z PÓŹN. ZM.)



Zapewnia udział autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej flocie pojazdów, co najmniej:



Jednostki Samorządu Terytorialnego (JST)

Z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 tys.

od 01/01/2020

Zapewnia, aby udział pojazdów elektrycznych we flocie użytkowanych pojazdów wynosił

10%

Wykonuje lub zleca wykonywanie zadania publicznego podmiotowi, w którego flocie pojazdów użytkowanych przy wykonywaniu tego zadania udział pojazdów elektrycznych wynosi

od 01/01/2025

Zapewnia, aby udział pojazdów elektrycznych we flocie użytkowanych pojazdów w obsługującym ją urzędzie wynosił co najmniej 30% liczby użytkowanych pojazdów

30%

Wykonuje zadanie publiczne, z wyłączeniem publicznego transportu zbiorowego, przy wykorzystaniu co najmniej 30% pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym

Zleca wykonywanie zadania publicznego, z wyłączeniem publicznego transportu zbiorowego, podmiotowi, którego co najmniej 30% floty pojazdów użytkowanych przy wykonywaniu tego zadania stanowią pojazdy elektryczne lub pojazdy napędzane gazem ziemnym

Ponadto

RODZAJE PALIW ALTERNATYWNYCH



Energia elektryczna



Wodór



Biopaliwa ciekłe



Paliwa syntetyczne i parafinowe



Sprężony gaz ziemny (CNG)



Skroplony gaz ziemny (LNG)



Gaz płynny (LPG)



Inne stanowiące substytut dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa



ANALIZA KORZYŚCI I KOSZTÓW

co 36 miesięcy

Zgodnie z art. 72 JST po raz pierwszy sporządza analizę, o której mowa w art. 37, ust. 1 Ustawy, w terminie **do dnia 31 grudnia 2018 r.**

JST powyżej 50 tys. mieszkańców sporządzają analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji

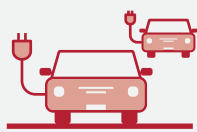
Analiza zawiera w szczególności:

- analizę finansowo-ekonomiczną
- oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją substancji szkodliwych dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi
- analizę społeczno-ekonomiczną uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

JST zapewnia możliwość udziału społeczeństwa w opracowaniu analizy

JST niezwłocznie po sporządzeniu analizy przekazuje ją ministrowi właściwemu do spraw energii, ministrowi właściwemu do spraw gospodarki i ministrowi właściwemu do spraw środowiska

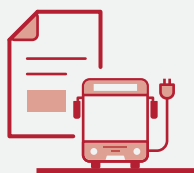
Jeżeli wyniki analizy wskazują na brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych, JST może nie realizować obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych, przy czym ma obowiązek przeprowadzić kolejną analizę po kolejnych 36 miesiącach



OBOWIĄZEK INFORMACYJNY

Do dnia **31 stycznia każdego roku**

Przekazuje ministrowi właściwemu do spraw energii **informację o liczbie i udziale procentowym pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym** w użytkowanej flocie pojazdów, według stanu na dzień 31 grudnia roku poprzedzającego przekazanie tej informacji



PLAN TRANSPORTOWY

JST, która opracowuje plan transportowy na podstawie ww. Ustawy:

Określa w planie transportowym linie komunikacyjne, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania

Jeżeli plan transportowy przewiduje wykorzystanie autobusów zeroemisyjnych, określa także:
1) geograficzne położenie infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego
2) miejsce przyłączenia ub infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej lub magazynu energii

Dalsze obowiązki związane z wprowadzeniem autobusów zeroemisyjnych do floty określa Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. 2011 Nr 5, poz. 13 z późn. zm.)

Przy opracowywaniu planu transportowego gminy należy uwzględnić sporządzoną przez nią ww. analizę korzyści i kosztów. Jeśli wskazuje ona zasadność wykorzystania autobusów zeroemisyjnych, projekt planu transportowego w zakresie wykorzystania tych autobusów podlega konsultacjom z odpowiednim OSD pod kątem warunków przyłączenia oraz planowanej lokalizacji infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego

Aktualizacja planu transportowego uwzględniająca powyższe powinna nastąpić w terminie roku od dnia wejścia w życie Ustawy (22/02/2019 r.)

Fundusz Niskoemisyjnego Transportu

1 Organy zaangażowane



2 Pochodzenie środków

PRZYCHODY FUNDUSZU	
DOTACJE CELOWE Z BUDŻETU PAŃSTWA (od 2020 r.)	Do 1,5% planowanych w poprzednim roku budżetowym wpływów z podatku akcyzowego od paliw silnikowych
ODSETKI OD WOLNYCH ŚRODKÓW FUNDUSZU	
ŚRODKI PRZEKAZYWANE PRZEZ OSP ELEKTROENERGETYCZNEGO	0,1% uzasadnionego zwrotu z kapitału zaangażowanego w wykonywaną działalność gospodarczą w zakresie przesyłania energii elektrycznej
WPŁYWY Z TYTUŁU OPŁATY ZASTĘPCZEJ	Opłata, za pomocą której podmiot zobowiązany może zrealizować tzw. Narodowy Cel Wskaźnikowy w zakresie minimalnego udziału paliw odnawialnych lub biokomponentów
WPŁYWY Z TYTUŁU OPŁATY EMISYJNEJ	15% opłaty związanej z wprowadzaniem do obrotu benzyny silnikowej i oleju napędowego (od 01/01/2019 – 80 PLN/1000l)
INNE	

3

Wysokość środków

MAKS. LIMIT WYDATKÓW FUNDUSZU (w PLN)

2018 500 000

2019 340 600 000

2020 516 198 000

2021 617 457 000

2022 815 045 000

2023 839 404 000

2024 865 214 000

2025 892 083 000

2026 919 417 000

2027 946 726 000



4 Formy wsparcia

POŻYCZKI LUB INNE
FORMY ZWROTNEGO
WSPARCIA

Może zostać umorzona, jeśli:

- przedsięwzięcie objęte wsparciem zostało terminowo zrealizowane
- osiągnięte zostały efekty planowane w związku z realizacją projektu

DOTACJE

OBEJMOWANIE LUB NABYWANIE
PRZEZ MINISTRA ENERGII NA RZECZ
SKARBU PAŃSTWA AKCJI LUB UDZIAŁÓW
SPÓŁEK ORAZ OBLIGACJI

Tylko niektóre działalności

Tryb udzielania wsparcia

KONKURSOWY
REGUŁA

POZAKONKURSOWY
WYJĄTKOWO

Tylko niektóre przedsięwzięcia określone
w Ustawie

Przedsięwzięcie może zrealizować jeden
podmiot albo ograniczona liczba podmiotów

Przedsięwzięcie niezbędne do zapewnienia
bezpieczeństwa energetycznego państwa

lub
Przedsięwzięcie, którego konieczność
pilnej realizacji uniemożliwia zastosowanie
trybu konkursowego

lub
Przedsięwzięcie, które posiada unikalny
potencjał rozwojowy i innowacyjny

5

6

Procedura

TRYB
KONKURSOWY

TRYB
POZAKONKURSOWY

WNIOSEK DO NFOŚiGW
Dotacja/pożyczka

WNIOSEK DO ME
Nabycie akcji/udziałów/obligacji

KOMISJA DO OCENY
PROJEKTÓW PRZY
NFOŚiGW

POZYTYWNE
ROZPATRZENIE

Rekomendacja
do ME

Podpisanie
umowy
z NFOŚiGW

NEGATYWNE
ROZPATRZENIE

Protest

Fundusz Niskoemisyjnego Transportu

7

Przeznaczenie środków / uprawnieni

(PO POZYTYWNEJ DECYZJI KOMISJI EUROPEJSKIEJ
O ZGODNOŚCI TAKIEJ POMOCY Z PRAWEM UE)

ŚRODKI FUNDUSZU PRZEZNACZA SIĘ NA:

Inwestycje w zakresie:
wytworzenia biokomponentów,
biopaliw ciekłych lub innych
paliw odnawialnych (wytwórca,
producent, rolnik)
– do 31/12/2025

Budowę lub rozbudowę
infrastruktury do dystrybucji
lub sprzedaży CNG/LNG/
wodoru lub do ładowania
pojazdów energią elektryczną
wykorzystywanych
w transporcie (przedsiębiorca)
– do 31/12/2027

Pomoc dla wytwórców/
producentów: biokomponentów,
paliw ciekłych, biopaliw ciekłych,
innych paliw odnawialnych, CNG
lub LNG, wykorzystywanych
w transporcie (wytwórca,
producent) – 31/12/2019

Wsparcie dla:

A) producentów środków transportu
wykorzystujących do napędu energię
elektryczną/CNG/LNG/wodór

B) przedsiębiorców prowadzących
działalność w zakresie produkcji
podzespołów do środków
transportu, o których mowa
w lit. A (producent)

Promocję wytwarzania oraz
wykorzystywania
biokomponentów i biopaliw
ciekłych (przedsiębiorca, izba
gospodarcza, organizacja pożytku
publicznego, związek
pracodawców, stowarzyszenie,
jednostka doradztwa rolniczego)

Wsparcie publicznego transportu
zbiorowego (w aglomeracjach miejskich,
uzdrowiskach, na obszarach ochrony
przyrody) wykorzystującego: biopaliwa
ciekłe, inne paliwa odnawialne, CNG lub
LNG, wodór lub energię elektryczną
(przedsiębiorca, przewoźnik, gmina,
powiat)

Dofinansowanie opłat portowych
pobieranych za cumowanie przy
nabrzu lub przystani jednostek
pływających zasilanych CNG lub
LNG, wodorem, lub energią
elektryczną (podmiot zarządzający
portem) – do 31/12/2021

Wsparcie dla:

A) badań związanych
z opracowywaniem nowych
rodzajów: biokomponentów,
biopaliw ciekłych, innych paliw
odnawialnych lub wykorzystaniem:
CNG, LNG, wodoru lub energii
elektrycznej, wykorzystywanych
w transporcie, lub związanych z tym
nowych rozwiązań konstrukcyjnych

B) wdrożeń eksploatacyjnych
wyników badań, o których mowa
w lit. A (jednostka naukowa,
konsorcjum naukowe)

Wsparcie programów edukacyjnych
promujących wykorzystanie:
biopaliw ciekłych lub innych paliw
odnawialnych, CNG, LNG, wodoru,
lub energii elektrycznej,
wykorzystywanych w transporcie
(przedsiębiorca, izba gospodarcza,
organizacja pożytku publicznego,
związek pracodawców,
stowarzyszenie, jednostka doradztwa
rolniczego) – do 31/12/2027

Wsparcie zakupu nowych pojazdów
i jednostek pływających zasilanych
biopaliwami ciekłymi, CNG, LNG,
wodorem lub energią elektryczną
(przedsiębiorca, jednostka samorządu
terytorialnego) – do 31/12/2027

Wsparcie działań związanych z analizą i badaniem
rynku: biokomponentów, paliw ciekłych, biopaliw
ciekłych, innych paliw odnawialnych, CNG, LNG,
wodoru lub energii elektrycznej, wykorzystywanych
w transporcie (przedsiębiorca, izba gospodarcza,
organizacja pożytku publicznego, związek
pracodawców, stowarzyszenie, jednostka
doradztwa rolniczego)

8 Warunki otrzymania wsparcia

WSPARCIE MOŻE UZYSKAĆ
WNIOSKODAWCA, KTÓRY:

posiada potencjał kadrowy
i organizacyjny do realizacji projektu

posiada techniczne możliwości
realizacji projektu

w wyniku realizacji projektu
osiągnie efekt ekologiczny

nie zalega z podatkami, opłatami
oraz składkami na ubezpieczenia
społeczne i zdrowotne

zapewni, że środki finansowe na
realizację projektu nie będą
pochodzić ze źródeł nieujawnionych
lub z prania pieniędzy

nie był karany za przestępstwo
skarbowe, przestępstwo przeciwko
mieniu, wiarygodności
dokumentów, a także przeciwko
obrotowi pieniędzmi i papierami
wartościowymi oraz obrotowi
gospodarczemu (w tym osoby
uprawnione do reprezentacji)

9 Kryteria oceny

KRYTERIA OCENY
PROJEKTÓW DO WSPARCIA

PODSTAWOWE

Znaczenie projektu dla potrzeb rozwoju rynku:
biokomponentów, paliw ciekłych, biopaliw
ciekłych, innych paliw odnawialnych, CNG,
LNG, wodoru oraz energii elektrycznej,
wykorzystywanych w transporcie

Adekwatność i trafność zaplanowanych
działań i metod ich realizacji w odniesieniu
do celów wspieranych ze środków Funduszu

Ocena wysokości planowanych kosztów
realizacji projektu w stosunku do jego
zakresu rzeczowego

Zdolność organizacyjna wnioskodawcy do
realizacji projektu oraz przygotowanie
instytucjonalne do jego wdrożenia

SZCZEGÓŁOWE

Minister Energii określi w rozporządzeniu
wykonawczym

10 Limit wsparcia i rodzaje kosztów

WSPARCIE
Z FUNDUSZU

RODZAJE KOSZTÓW OBJĘTYCH
WSPARCIEM

Rodzaje kosztów określi
Minister Energii
w rozporządzeniu
wykonawczym

MOŻE POKRYĆ 100% KOSZTÓW
KWALIFIKUJĄCYCH SIĘ DO
OBJĘCIA WSPARCIEM

Limit określi Minister Energii
w rozporządzeniu wykonawczym
– projekt przewiduje w zależności od
rodzaju przedsięwzięcia wsparcie
w wysokości 100%

STREFY CZYSTEGO TRANSPORTU

w Ustawie o elektromobilności
i paliwach alternatywnych

07 USTANOWIENIE

RADA GMINY POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW

Uchwała podejmowana zwykłą większością głosów obejmująca:

ustanowienie Strefy Czystego Transportu ze wskazaniem jej granic

ustanowienie dodatkowych wyłączeń od zakazu poruszania się w Strefie pojazdów innych niż wskazane w Ustawie jako wyłączone z zakazu (opcjonalnie)

dopuszczenie do poruszania się po Strefie pojazdów innych niż wskazane w Ustawie lub uchwale jako wyłączone z zakazu pod warunkiem uiszczenia opłaty (opcjonalnie, Pojazdy dopuszczone), obejmujące:

wysokość opłat za wjazd i sposób ich poboru

czas obowiązywania dopuszczenia – maks. 3 lata

06 KONTROLA I SANKCJE

UPRAWNIENIA KONTROLNE

policja

straż miejska

KARA ZA WJAZD BEZ UPRAWNIENIA

grzywna do 500 zł

05 WARUNKI WJAZDU

OPŁATA

nie wyższa niż
2,50 zł/h

pobierana w godz.
9.00-17.00
jedynie od Pojazdów dopuszczonych

może mieć formę
abonamentu
lub **ryczałtu**

pobierana przez wójta/burmistrza/prezydenta miasta w celu:

oznakowania strefy

zakupu autobusów zeroemisyjnych

pokrycia kosztów analizy opłacalności czystego transportu

OZNAKOWANIE

oznakowanie pojazdów

pojazdy napędzane gazem ziemnym

NALEPKA

BEV i pojazdy napędzane wodorem

do 31/12/2019
NALEPKA

od 01/01/2020
TABLICA REJESTRACYJNA

oznakowanie strefy

znaki drogowe

01 CEL



Zapobieganie negatywnemu oddziaływaniu na:

- **zdrowie ludzi**
- **środowisko**

powodowanemu przez emisję zanieczyszczeń z transportu

Strefa



Czystego Transportu

02 LOKALIZACJA



Określona w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego (MPZP) lub w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego

W gminach powyżej 100 tys. mieszkańców

Na terenie śródmiejskiej zabudowy lub jej części stanowiącej zgrupowanie intensywnej zabudowy na obszarze śródmieścia

Na obszarze obejmującym drogi zarządzane przez gminę

39 gmin w Polsce

może być więcej niż 1 Strefa w śródmieściu

nie dotyczy dróg: powiatowych, wojewódzkich, krajowych lub prywatnych

03 POJAZDY UPRAWNIONE



NIEOGRANICZONY WJAZD

NA MOCY USTAWY

BEV pojazdy napędzane wodorem

pojazdy napędzane CNG/LNG

autobusy zeroemisyjne i szkolne

KAS SWW CBA policja

ITD ABW służby ratownicze

Siły Zbrojne RP SW KPRM

SG Służba Ochrony Państwa

straż pożarna zarządy dróg

SKW AW mieszkańcy $\leq 3,5$ t

NA MOCY UCHWAŁY

wyłączenie od ograniczeń dla pojazdów nieprzewidzianych w Ustawie

dopuszczenie do poruszania się w Strefie pojazdów innych niż wyłączone na mocy Ustawy lub uchwały

wyłącznie przez 3 lata od dnia uchwały

wyłącznie za opłatą

04 POJAZDY NIEUPRAWNIONE



OGRANICZONY WJAZD

pojazdy nieuprawnione na mocy Ustawy

pojazdy nieuprawnione na mocy uchwały

pojazdy niedopuszczone na mocy uchwały

do czasu podjęcia uchwały przez radę gminy dotyczy to wszystkich pojazdów niewymienionych w Ustawie, w tym PHEV, HEV i przede wszystkim pojazdów napędzanych benzyną lub olejem napędowym

ZNAKI DROGOWE STREFY CZYSTEGO TRANSPORTU



D-54



D-55





Techniczne aspekty elektromobilności w komunikacji miejskiej

3 Techniczne aspekty elektromobilności w komunikacji miejskiej

3.1 Tabor – klasyfikacja i specyfikacja dostępnych pojazdów

Źródło zasilania



Źródłem zasilania autobusów elektrycznych są baterie trakcyjne. Dostarczają one energię elektryczną prądu stałego o napięciu 500-700 V.

Praktycznie wszystkie pojazdy elektryczne są napędzane silnikami prądu przemiennego, energia elektryczna prądu stałego z baterii musi zostać przetworzona na prąd przemienny. Służą do tego falowniki trakcyjne – inwertery. Regulacja prędkości pojazdu odbywa się za pomocą zmiany napięcia i częstotliwości prądu wyjściowego z falownika.

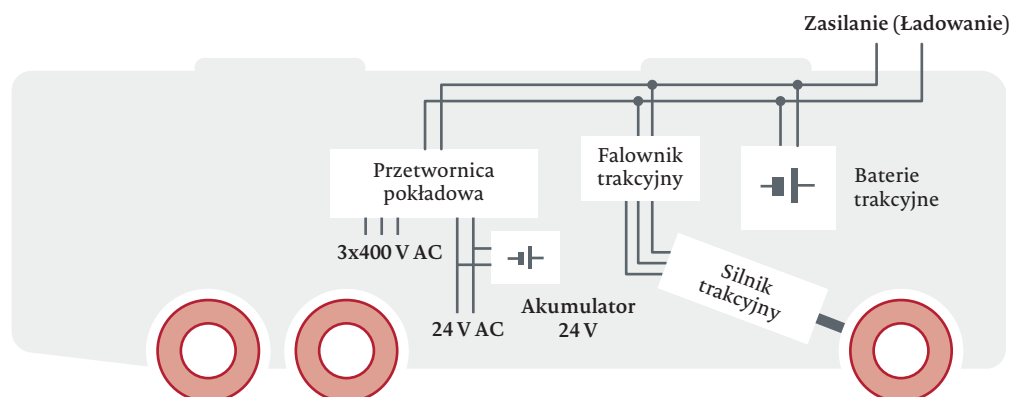
Poza silnikiem, zasilania wymagają także urządzenia pokładowe. Pochodząca z baterii energia przetwarzana jest do tego celu za pomocą pokładowej przetwornicy, która dostarcza napięcie przemienne 400 V/230 V oraz napięcie stałe 24 V. Napięciem przemiennym 400 V/230 V zasilane są: sprężarka, pompa hydrauliczna układu wspomagania i klimatyzacja, a napięciem stałym 24 V: układy sterowania oraz tzw. instalacja samochodowa. W przypadku ogrzewania elektrycznego, może być ono zasilane bezpośrednio napięciem z baterii trakcyjnej lub napięciem obniżonym za pomocą przetwornicy. Autobus elektryczny wyposażony jest także w standardowy akumulator 24 V, który pełni głównie rolę zasilania awaryjnego najważniejszych obwodów pojazdu.

SKRZYNIA APARATOWA
ZAWIERAJĄCA FALOWNIK
TRAKCYJNY ORAZ
PRZETWORNICĘ
NA DACHU AUTOBUSU
ELEKTRYCZNEGO
SOLARIS



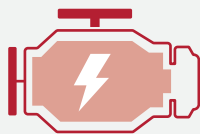
Źródło: Medcom

Schemat ideowy struktury instalacji elektrycznej wysokiego napięcia autobusu elektrycznego



Źródło:
opracowanie własne

Silniki trakcyjne



Do napędzania pojazdu stosowane są silniki indukcyjne bądź silniki z magnesami trwałymi.

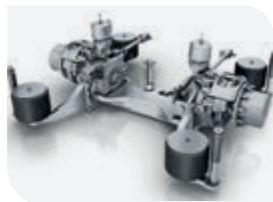
Silniki indukcyjne, ze względu na niższą cenę oraz prostszą budowę, są bardziej rozpowszechnione. Zaletą silników z magnesami trwałymi jest natomiast wyższa sprawność oraz mniejsza masa i gabaryty, w związku z czym stają się coraz bardziej popularne. Silnik może mieć postać stacjonarną (centralna lokalizacja), lub być zintegrowany z mostem napędowym, indywidualnie napędzającym poszczególne koła.



SILNIK CENTRALNY

Umieszczony przed tylną osią, pod podestami z miejscami siedzącymi

Fot. M. Bartłomiejczyk



SILNIKI INDYWIDUALNE

Oś napędowa zawierająca wbudowane, indywidualne silniki indukcyjne

Źródło: zf.com

Rozwiązanie z silnikiem centralnym stanowi analogię spalinowego układu napędowego, co zmniejsza jego koszty. Z tego powodu jest ono częściej stosowane. Silniki indywidualne umożliwiają natomiast zmniejszenie gabarytów układu napędowego, a więc umożliwiają lepszą aranżację wnętrza autobusu (więcej siedzeń ogółem lub dostępnych z niskiej podłogi).

Układy napędowe z silnikami indywidualnymi, analogicznie jak rozwiązania centralne, mogą być wyposażone w silniki indukcyjne bądź silniki z magnesami trwałymi. Rozwiązanie z silnikami indukcyjnymi wymaga zastosowania przekładni redukujących obroty silników, co zwiększa masę osi napędowej do ponad tony (zastosowanie silników z magnesami umożliwia redukcję masy z uwagi na brak przekładni). Wpływa to na parametry pojazdu.

Źródło zasilania

BATERIE TRAKCYJNE

Dostarczają energię elektryczną prądu stałego o napięciu 500-700 V

FALOWNIK TRAKCYJNY (INWERTER)

Przetwarza prąd stały na prąd przemienny
→ zasilając silnik elektryczny

PRZETWORNICA POKŁADOWA

Przetwarza prąd stały i dostarcza napięcie przemiennie (400 V/230 V)

→ sprężarka, pompa hydrauliczna układu wspomagania, klimatyzacja

Obniża napięcie stałe (24 V)

→ układy sterowania, instalacja samochodowa

Silniki trakcyjne

INDUKCYJNE

→ niższa cena, prostsza budowa

Z MAGNESAMI TRWAŁYMI

→ wyższa sprawność, mniejsza masa

POSTAĆ STACJONARNA

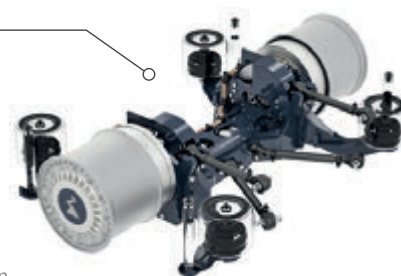
→ niższe koszty

ZINTEGROWANE Z MOSTEM NAPĘDOWYM

→ mniejsze gabaryty

W SKRÓCIE

MODUŁ NAPĘDU OSIOWEGO Z WBUDOWANYMI SILNIKAMI Z MAGNESAMI TRWAŁYMI



Źródło: ziehl-abegg.com

3.2 Infrastruktura ładowania – dostępne systemy ładowania pojazdów elektrycznych

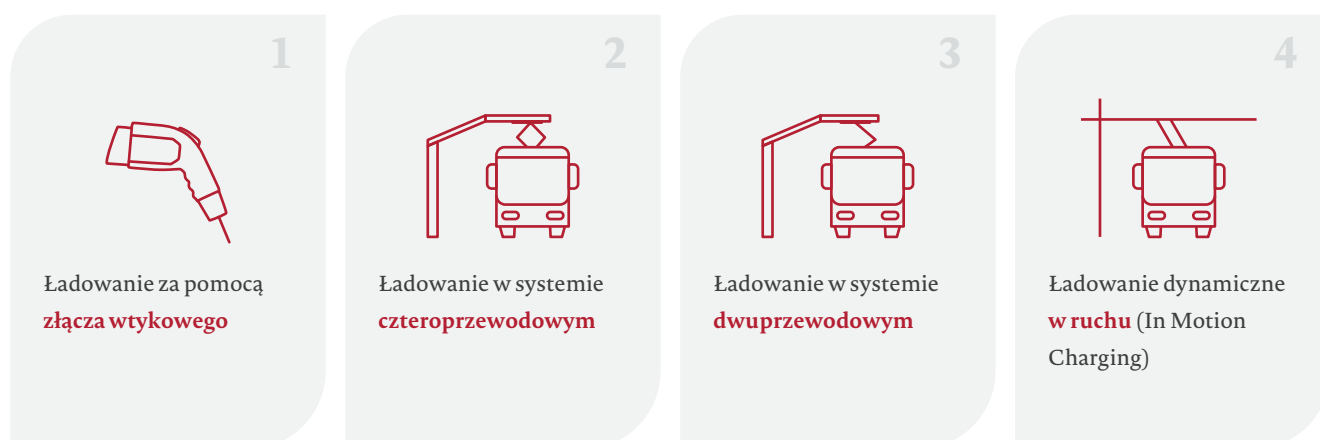
Ładowanie autobusów elektrycznych jest zagadnieniem szerokim. Można zastosować wiele podziałów, w zależności od wyboru kryteriów. Najważniejszymi kryteriami podziału są aspekty: eksploatacyjno-ruchowe oraz techniczne.

Stąd można wyróżnić podział na strategie ładowania z eksploatacyjno-ruchowego punktu widzenia oraz podział na metody ładowania z punktu widzenia technicznego.

4 główne strategie ładowania z eksploatacyjno-ruchowego punktu widzenia



4 główne metody ładowania z technicznego punktu widzenia



Należy zauważyć, że niektóre strategie ładowania pokrywają się z kryteriami technicznymi. W tabeli poniżej przedstawiono porównanie technicznych metod ładowania pod względem możliwości obsługi poszczególnych strategii. Zaznaczono, która strategia może być realizowana za pomocą jakich systemów.

Porównanie strategii i systemów ładowania

		METODA ŁADOWANIA			
		Ładowanie wtykowe	Ładowanie czteroprzewodowe	Ładowanie dwuprzewodowe	Ładowanie dynamiczne
STRATEGIA ŁADOWANIA	Ładowanie nocne	TAK	TAK	TAK	NIE
	Ładowanie nocne z doładowaniem w ciągu dnia	TAK	TAK	TAK	TAK
	Szybkie ładowanie	NIE	TAK	TAK	TAK
	Ładowanie dynamiczne	NIE	NIE	NIE	TAK

Źródło: opracowanie własne

3.2.1 Podział strategii ładowania z eksploatacyjnego punktu widzenia

Obecnie dostępne technologie baterii umożliwiają osiągnięcie zasięgu autobusu elektrycznego na poziomie 150-200 km przy zastosowaniu ogrzewania paliwowego (olej opałowy, olej napędowy) bądź ok. 100 km przy zastosowaniu ogrzewania elektrycznego. Przy założeniu, że pojemność baterii wynosi 240 kWh i ogrzewaniu paliwowym, a zużycie energii elektrycznej dla pojazdu 12-metrowego wynosi ok. 1 kWh/km, to zasięg może być większy niż 200 km (natomiast przy ogrzewaniu elektrycznym zużycie energii w powyższym przypadku wzrasta zimą do ok. 2,3 kWh/km). Z tego powodu **strategia ładowania nocnego** w zajezdni powinna mieć zastosowanie głównie w przypadku używania ogrzewania olejowego, a także obsługi zadań komunikacyjnych o ograniczonej długości. Strategia ładowania nocnego w zajezdni wiąże się także z koniecznością posiadania baterii trakcyjnej o większej pojemności, co przekłada się na większy zasięg, ale także wzrost masy.

Zmniejszenia pojemności baterii można dokonać za pomocą zwiększenia mocy ładowania do 300-600 kW w ramach **strategii ładowania szybkiego**, dzięki czemu możliwe jest znaczne ograniczenie jej pojemności – do 60-90 kWh, co wpływa na zmniejszenie masy i gabarytów baterii. Ładowanie autobusu elektrycznego wymaga wówczas wyłączenia pojazdu z ruchu na okres około 10-20 minut, co stwarza konieczność uwzględnienia tego w rozkładzie jazdy i odpowiedniego wydłużenia czasów postoju na pętach końcowych lub przystankach pośrednich. Możliwe jest także doładowywanie baterii trakcyjnych w trakcie postoju na przystankach pośrednich. Wymaga to wydłużenia czasu postoju do ok. jednej minuty, co jest możliwe w szczególnych sytuacjach i wymaga dobrego rozplanowania w rozkładzie.

Zwiększenie zasięgu autobusu elektrycznego możliwe jest także poprzez zastosowanie dodatkowego doładowywania w ciągu dnia, w ramach **strategii ładowania nocnego z doładowywaniem**. Stacje ładowania zlokalizowane są wówczas najczęściej na pętlach końcowych. Moc ich ładowania wynosi z reguły 100-200 kW. W tym kontekście, efektywnym sposobem wdrażania elektromobilności w miastach, jest równoczesny zakup autobusów elektrycznych oraz budowa infrastruktury, umożliwiającej doładowywanie pojazdów na pętlach. Dzięki takiej infrastrukturze, pojazdy elektryczne mają większe zasięgi i osiągają wyższe wartości pracy w ramach intensywnej eksploatacji. Dodatkowo, sieć ładowarek pozwala znacznie obniżyć pojemność baterii, co z kolei zmniejsza koszt zakupu samego autobusu elektrycznego.

Kolejnym rozwiązaniem jest **ładowanie dynamiczne** pojazdów, które polega na dostarczaniu energii elektrycznej podczas ruchu. Może się to odbywać w sposób bezprzewodowy (liniowe pętle indukcyjne) bądź w sposób stykowy (sieć trakcyjna). Obecnie najbardziej rozpowszechnionym systemem dynamicznego ładowania jest trolejbusowa sieć trakcyjna. Trwają prace nad zastosowaniem tego rodzaju zasilania także dla samochodów ciężarowych (projekt eHighway) oraz pojazdów transportu publicznego (Electroad). Z uwagi na wysokie koszty tego rozwiązania, strategia ładowania dynamicznego autobusów elektrycznych nie jest rozpowszechniona.

Ładowanie

NOCNE W ZAJEZDNI

→ ogrzewanie paliwowe, obsługa krótszych tras

NOCNE Z DOŁADOWANIEM

→ zwiększenie zasięgu, obsługa dłuższych tras

SZYBKIE

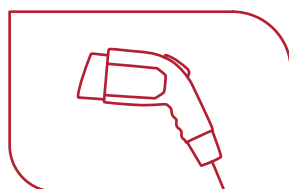
→ możliwość użytkowania autobusów
o mniejszej pojemności baterii

DYNAMICZNE

→ rozwiązanie kosztowne, obecnie głównie
dla trolejbusów

WSKRÓCIE

3.2.2 Podział metod ładowania z technicznego punktu widzenia



ŁADOWANIE ZA POMOCĄ ZŁĄCZA WTYKOWEGO

Rozwiązanie to jest zbliżone do systemów ładowania osobowych samochodów elektrycznych i polega na dostarczaniu energii elektrycznej za pomocą przewodu zakończonych wtyczką. Możliwe jest zasilanie prądem stałym bądź przemiennym. Obecnie stosowane rozwiązania umożliwiają ładowanie prądem o wartości 60-100 A, co odpowiada mocy ładowania do 60 kW. Testowane są systemy wtykowe o większej mocy, nawet do 500 kW, jednak nie są one rozpowszechnione.

Ładowarka może być zabudowana w pojeździe lub wykonana w rozwiązaniu stacjonarnym. W pierwszym przypadku zasilanie odbywa się energią prądu przemiennego (3 x 400 V AC), co ułatwia budowę infrastruktury oraz zwiększa elastyczność ładowania. Wadą tego rozwiązania jest wzrost masy pojazdu. W drugim przypadku przewodem dostarczana jest energia prądu stałego. Umożliwia to zmniejszenie masy pojazdu, zwiększa natomiast koszt infrastruktury.

PRZYKŁADOWY SYSTEM ŁADOWANIA
WTYKOWEGO (BREMA)



Fot. M. Bartłomiejczyk

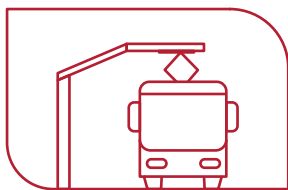
Ładowanie za pomocą złącza wtykowego

- dostarczanie energii elektrycznej za pomocą przewodu zakończonych wtyczką
- moc ładowania do 60 kW
- zastosowanie tej metody jest w praktyce ograniczone do strategii ładowania nocnego
- niższy koszt inwestycji w infrastrukturę

SPOSOBY UMIESZCZANIA

- zabudowane w pojeździe (łatwiejsza budowa infrastruktury i większa elastyczność ładowania, ale wzrost masy pojazdu)
- rozwiązanie stacjonarne (zmniejszenie masy pojazdu, ale zwiększenie kosztów infrastruktury)

W SKRÓCIE



ŁADOWANIE PANTOGRAFEM W SYSTEMIE CZTEROPRZEWODOWYM

W systemie czteroprzewodowym ładowanie odbywa się za pomocą napięcia stałego o wartości 600-900 V. Pojazd jest połączony ze stacją ładowania za pomocą pantografowego odbieraka zawierającego 4 złącza (przewody – bieguny): przewód dodatni ładowania, przewód ujemny ładowania, przewód ochronny (uziemiaenie) oraz przewód kontroli uziemienia.

Przewód ochronny służy do zapewnienia ochrony przeciwporażeniowej na wypadek ewentualnego uszkodzenia izolacji instalacji elektrycznej. Ze względu na wymogi bezpieczeństwa, konieczne jest zapewnienie niezawodnego połączenia karoserii pojazdu z przewodem uziemiającym. Wiąże się to z koniecznością kontroli styku łączącego przewód ochronny. W tym celu stosuje się dodatkowy przewód kontroli ciągłości uziemienia.

Stacja ładowania wyposażona jest w przetwornicę ładowania (tzw. ładowarkę). Moc ładowania przeważnie mieści się w zakresie 150-350 kW, jednak w celu zwiększenia efektywności wykorzystania autobusów elektrycznych, coraz powszechniej stosowane są instalacje większej mocy – 400-450 kW, a poza Polską, dochodzące nawet do 600 kW.

Pantograf może być częścią pojazdu lub częścią stacji ładowania. Systemy te wymagają precyzyjnego zatrzymania pojazdu w punkcie ładowania. Istnieją także rozwiązania pozwalające na podłączanie i odłączanie systemu w ruchu, a także na zatrzymanie pojazdu z większym zakresem niedokładności.



SYSTEM ŁADOWANIA
Z PANTOGRAFEM
NA POJEJDZIE
(KRAKÓW, POLSKA)

Fot. M. Bartłomiejczyk



SYSTEM ŁADOWANIA
Z PANTOGRAFEM ODWRÓCONYM
– WYSUWAJĄCYM SIĘ
Z ŁADOWARKI
(TURKU, FINLANDIA)

Fot. M. Bartłomiejczyk



SYSTEM ŁADOWANIA
POZWALAJĄCY NA
ZATRZYMANIE W RUCHU
(JEDNO Z INNOWACYJNYCH
ROZWIĄZAŃ)

Fot. EC Engineering Ride & Charge

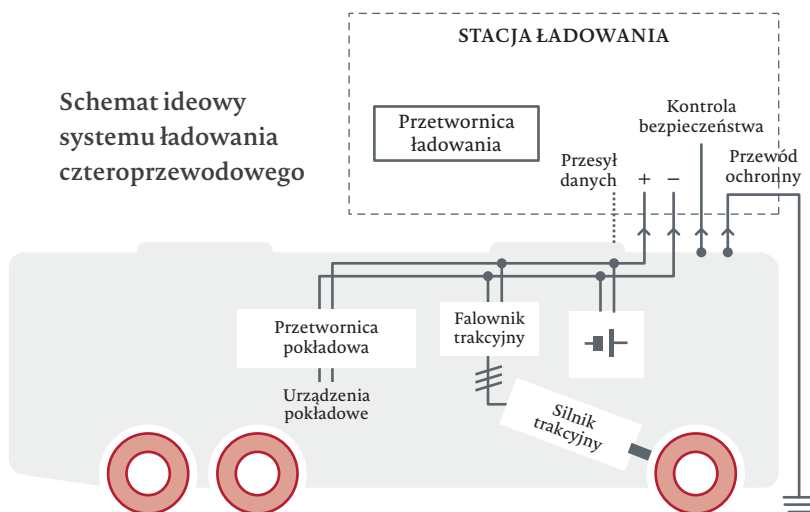
Ładowanie w systemie czteroprzewodowym

- dostarczanie energii elektrycznej za pomocą pantografowego odbieraka
- moc ładowania 150-350 kW (możliwa 600 kW)
- najbardziej rozpowszechniona metoda ładowania
- wyższy koszt stacji ładowania

SPOSODY UMIESZCZANIA

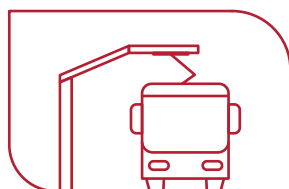
- pantograf na pojeździe
- pantograf wysuwany z ładowarki

Schemat ideowy systemu ładowania czteroprzewodowego



Źródło: opracowanie własne

WSKRÓCIE



ŁADOWANIE PANTOGRAFEM W SYSTEMIE DWUPRZEWODOWYM

W systemie dwuprzewodowym ładowanie odbywa się również za pomocą napięcia stałego o wartości 600-900 V. Pojazd jest połączony ze stacją ładowania za pomocą pantografowego odbieraka zawierającego 2 złącza (przewody - bieguny): przewód dodatni ładowania i ujemny ładowania. Jest to system ładowania autobusów elektrycznych wykorzystywany głównie w przypadku istnienia tramwajowej lub trolejbusowej sieci trakcyjnej. W przypadku tej drugiej, ładowanie może odbywać się bezpośrednio z istniejącej infrastruktury, natomiast przy sieci tramwajowej konieczne jest zbudowanie krótkiego odcinka sieci o konstrukcji „trolejbusowej”.

Kluczowe w tym systemie ładowania jest zapewnienie bezpieczeństwa i ochrony przeciwporażeniowej. Standardowe autobusy elektryczne posiadają instalację elektryczną wykonaną z jednostopniową izolacją. W dwuprzewodowym systemie zasilania nadwozie pojazdu nie jest uziemione. Nie jest dopuszczalne podłączenie do sieci nieuziemionego pojazdu elektrycznego wyposażonego w pojedynczą izolację, dlatego konieczne jest wykonanie instalacji elektrycznej pojazdu w dwustopniowej izolacji (analogicznie jak w przypadku trolejbusów) bądź zastosowanie przetwornicy separacyjnej w pojeździe. Masa takiej przetwornicy wynosi 200-600 kg, co zwiększa ciężar autobusu. Wykonanie przetwornicy wiąże się także z poniesieniem dodatkowych nakładów finansowych. Możliwa jest instalacja przetwornicy separacyjnej w formie stacjonarnej (rozwiązanie takie zastosowano m.in. na stacji ładowania autobusów elektrycznych w Pradze).

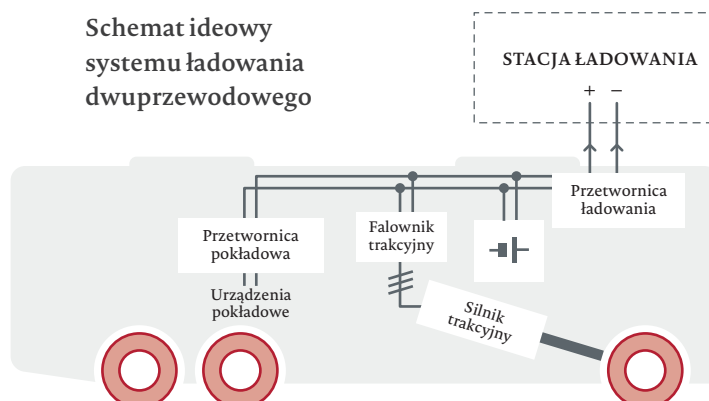
Moc ładowania w systemie dwuprzewodowym ograniczona jest maksymalnym prądem odbieraka pantografowego. Obecnie stosowane odbieraki pozwalają na pobór prądu o wartości 200-300 A, co odpowiada mocy 150-200 kW.

AUTOBUS ELEKTRYCZNY ŁADOWANY W SYSTEMIE
DWUPRZEWODOWYM (PRAGA, CZECHY)



Fot. M. Bartłomiejczyk

Schemat ideowy
systemu ładowania
dwuprzewodowego



Źródło: opracowanie własne

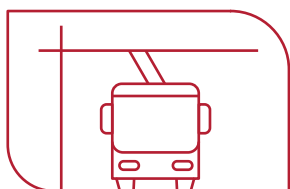
Ładowanie w systemie dwuprzewodowym

- dostarczanie energii elektrycznej za pomocą pantografowego odbieraka
- moc ładowania 150-200 kW
- efektywny system ładowania autobusów elektrycznych w przypadku istnienia tramwajowej lub trolejbusowej sieci trakcyjnej
- wyższy koszt zakupu taboru

SPOSOBY UMIESZCZANIA

- pantograf na pojeździe
- sieć trakcyjna funkcjonująca w mieście

W SKRÓCIE



ŁADOWANIE W SYSTEMIE DYNAMICZNYM

System ładowania dynamicznego stanowi połączenie ładowania dwuprzewodowego z komunikacją trolejbusową. W tym systemie część trasy pokryta jest trolejbusową siecią trakcyjną, która umożliwia ładowanie baterii trakcyjnych podczas ruchu. Pozostałą część trasy, na której nie ma linii jezdnej, autobus pokonuje z wykorzystaniem zasilania bateryjnego. Pozwala to na ładowanie pojazdu bez konieczności wyłączania go z ruchu, co zwiększa elastyczność i funkcjonalność systemu. Ponadto, pokrycie fragmentu trasy siecią trakcyjną zmniejsza dystans jazdy bateryjnej, co z kolei pozwala zmniejszyć pojemność akumulatorów trakcyjnych.

Ładowanie w systemie dynamicznym

- dostarczanie energii elektrycznej za pomocą pantografowego odbieraka
- moc ładowania 80-300 kW
- system wymagający wysokich inwestycji w sieć trakcyjną
- mniejsza pojemność baterii, a więc i jej koszt

SPOSOBY UMIESZCZANIA

- pantograf na pojeździe
- część trasy pokryta trolejbusową siecią trakcyjną umożliwia ładowanie baterii podczas ruchu (ładowanie dwuprzewodowe), pozostała część, bez sieci, pokonywana na zasilaniu baterijnym

Z jednej strony budowa sieci trakcyjnej wiąże się z dużymi nakładami finansowymi, dlatego z ekonomicznego punktu widzenia wskazane jest ograniczenie długości takiego odcinka. Z drugiej strony, odcinek pokryty siecią trakcyjną musi być wystarczająco długi, aby umożliwić ładowanie baterii trakcyjnych. Obecnie wystarczające jest pokrycie 30-40% długości trasy siecią trakcyjną, jednak w przyszłości wartość ta może spaść do 25%.

POJAZD W TRYBIE JAZDY SIECIOWEJ I JAZDY AUTONOMICZNEJ W SYSTEMIE DYNAMICZNEGO ŁADOWANIA (CASTELLON, HISZPANIA)



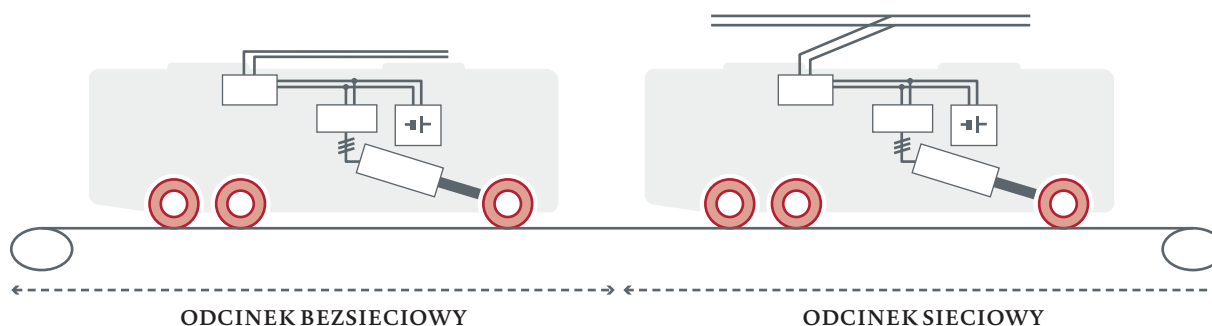
TROLEJBUSOWA SIEĆ TRAKCYJNA DLA DYNAMICZNEGO SYSTEMU ŁADOWANIA (MARRAKESZ, MAROKO)



Fot. M. Bartłomiejczyk

WSKRÓCIE

Schemat ideowy dynamicznego systemu ładowania



Źródło: opracowanie własne

3.2.3 Porównanie systemów ładowania

Kluczowe zalety i wady poszczególnych metod ładowania autobusów elektrycznych

METODA ŁADOWANIA	MAKS. MOC ŁADOWANIA	NAKŁADY INWESTYCYJNE	ELASTYCZNOŚĆ RUCHU	ZALETY	WADY
WTYCZKOWA	100 kW	NISKIE	ŚREDNIA	Niskie nakłady inwestycyjne	Obsługa (proces podłączania)
CZTEROPRZEWODOWA	600 kW	ŚREDNIE	ŚREDNIA	Największa moc ładowania	Zwiększony koszt budowy stacji ładowania
DWUPRZEWODOWA	200 kW	ŚREDNIE	ŚREDNIA	Łatwa integracja z tramwajowym bądź trolejbusowym układem zasilania	Zwiększony koszt zakupu taboru
DYNAMICZNA	300 kW podczas jazdy, 80 kW podczas postoju	WYSOKIE	WYSOKA	Brak konieczności zatrzymania pojazdów na czas ładowania, większa elastyczność, mniejsza pojemność baterii	Wysokie nakłady inwestycyjne

Źródło: opracowanie własne

3.3 Analiza dostępnych technologii baterii oraz ekonomiczne aspekty ich wykorzystania

W pojazdach elektrycznych najczęściej stosowane są akumulatory złożone z ogniw litowo-jonowych (li-ion)¹¹. Wykorzystanie litu uzasadnione jest jego najwyższym potencjałem elektrycznym (4,05 V). Ogniwa z tego materiału charakteryzują się wysoką gęstością energii na poziomie 200 Wh/kg i 400 Wh/L. Atutem jest także szeroki zakres temperatur pracy: od -40 do +60 °C. Od innych technologii baterie li-ion odróżniają się także: dużą liczbą cykli pracy wynoszącą od setek do dziesiątek tysięcy, brakiem efektu pamięci oraz niewielkim samorozładowaniem (10-15 razy mniejszym od akumulatora kwasowo-ołowiowego).

Nieustannie trwają jednak badania nad poprawieniem właściwości ogniw. Skupiają się one na zmianach składu ich poszczególnych elementów, dzięki czemu powstają różne warianty ogniw. Różnice w składzie decydują o właściwościach użytkowych i eksploatacyjnych. Obecnie najczęściej wykorzystywane są akumulatory oparte na następujących związkach LiNiMnCoO_2 (NMC), LiFePO_4 (LFP) oraz $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO).

Do najważniejszych parametrów akumulatorów należą: gęstość energii (ilość energii znajdująca się w określonej objętości lub masie), zakres temperatur pracy, prądy pracy, liczba cykli oraz cena.



Gęstość energii

Analiza gęstości energii pozwala ocenić różnice poszczególnych technologii ze względu na objętość i masę przypadającą na tę samą ilość energii. Im gęstość wyższa, tym w bateriach tej samej wielkości, znajduje się więcej energii. Będzie ona różna dla samych ogniw i dla gotowego pakietu baterijnego, co jest spowodowane obecnością w zasobniku, poza ogniwami, dodatkowych elementów elektrycznych, elektronicznych, mechanicznych i pomiarowych. W ramach każdego typu ogniw istnieje wiele produktów różnych wytwórców o odbiegających od siebie parametrach.

Ogniwa litowo-jonowe

- stosowane w akumulatorach autobusów elektrycznych
- wysoka gęstość energii
- szeroki zakres temperatur pracy
- duża liczba cykli pracy
- brak efektu pamięci
- niewielkie samorozładowanie

Porównanie przykładowych gęstości energii dla ogniw litowo-jonowych

Typ ogniwa	Gęstość energii w jednostce masy [Wh/kg]	Gęstość energii w jednostce pojemności [Wh/l]
LTO	100	200
LFP	119	299
NMC	200	580

Źródło: opracowanie własne na podst.: Industrial Lithium-ion Battery Toshiba Rechargeable Battery SCiB, lipiec 2017 r.; Cegasa Lithium-Ion LFP 3.2/3.2 26650 LFP CELL Datasheet; Specification of product for Lithium-ion rechargeable cell Model name: INR18650-29E, Samsung SDI Co., maj 2014 r.; Panasonic Datasheet for NCR18650b 3400 mAh ver.13.11 R1, 2017

W SKRÓCIE

¹¹ M. Koniak, Wpływ warunków pracy pakietów trakcyjnych na eksploatację autobusów z napędem elektrycznym, [w:] „Przegląd Komunikacyjny” nr 2, 2017



Zakres temperatur pracy

Zarówno ładowanie, jak i rozładowanie ogniwa litowego, związane jest z zachodzącym w nim procesem chemicznym. **Każdy z tych procesów ma swoje własne wymagania temperaturowe, które muszą być bezwzględnie respektowane.** W innym razie akumulatory mogą ulec zniszczeniu w związku z przyspieszonym starzeniem, a nawet potencjalnym zapłonem. **Najodporniejszymi ogniwami przystosowanymi do pracy w bardzo niskiej temperaturze są ogniwa LTO.** Ogniwa LFP charakteryzują się podobnymi właściwościami. Ogniwa NMC posiadają duże ograniczenie eksploatacyjne spowodowane brakiem możliwości ładowania poniżej zera stopni Celsjusza.

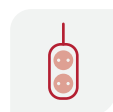
Przykładowe zakresy temperatur pracy akumulatorów dla rozładowania i ładowania

Typ ogniwa	Zakres temperatur pracy (rozładowanie)	Zakres temperatur pracy (ładowanie)
LTO	-30 ÷ +55°C	-30 ÷ +55°C
LFP	-20 ÷ +58°C	-20 ÷ +58°C
NMC	-20 ÷ +60°C	0 ÷ +45°C

Źródło: opracowanie własne na podst.: Industrial Lithium-ion Battery Toshiba Rechargeable Battery SCiB, lipiec 2017 r.; Specification of product for Lithium-ion rechargeable cell Model name: INR18650-29E, Samsung SDI Co., maj 2014 r.; Panasonic Datasheet for NCR18650b 3400 mAh ver. 13.11 R1, 2017; A123 Systems ALM 12V7 User's Guide 406017-001 Rev 06, kwiecień 2012 r.

Należy pamiętać, że wskazane temperatury dotyczą ogniw, a nie temperatury powietrza wokół pojazdu. Jest to niezwykle istotne ze względów eksploatacyjnych, ponieważ akumulator podczas normalnej pracy podgrzewa się. Spowodowane jest to przepływem prądu podczas oddawania energii na ruch pojazdu i odbierania jej w czasie hamowania. Dzięki temu możliwa jest praca akumulatora w niższych temperaturach.

Eksploatacja akumulatorów litowych w ustalonych zakresach temperatur musi uwzględniać **dopuszczalny prąd pracy** w danej temperaturze. Przykładowo: dla akumulatora LFP, który w temperaturze 20°C może być ładowany prądem 10 A, w temperaturze 0°C prąd ładowania wynosi 4,6 A, a dla -20°C już tylko 0,9 A. Oznacza to 8-krotny wzrost czasu ładowania¹².



Prądy pracy

O dopuszczalnych prądach dla ładowania i rozładowania podawanych dla temperatury około 20°C informuje **prąd pracy baterii**. Jest on przedstawiany jako krotność liczby C, np. 4C. Prąd C (1C) jest prądem jednogodzinnym, czyli takim, który akumulator powinien ładować przez jedną godzinę od 0 do 100% pojemności lub w godzinę rozładować się od 100 do 0% pojemności. W podanym przykładzie 4C, jest to prąd 4 razy większy od jednogodzinnego, czyli taki, który rozładowuje akumulator całkowicie w czasie czwartej części godziny, tj. 15 minut. Natomiast prąd C2, gdzie liczba znajduje się za znakiem C, to prąd 2 razy mniejszy od prądu jednogodzinnego.

Przykładowe zakresy prądów pracy akumulatorów dla rozładowania i ładowania

Typ ogniwa	Prąd pracy (rozładowanie)	Prąd pracy (ładowanie)
LTO	3C	3C
LFP	6C	2C
NMC	2C	1C

Źródło: opracowanie własne na podst.: Industrial Lithium-ion Battery Toshiba Rechargeable Battery SCiB, lipiec 2017 r.; Specification of product for Lithium-ion rechargeable cell Model name: INR18650-29E, Samsung SDI Co., maj 2014 r.; Panasonic Datasheet for NCR18650b 3400 mAh ver. 13.11 R1, 2017; A123 Systems ALM 12V7 User's Guide 406017-001 Rev 06, kwiecień 2012 r.

Analiza danych z powyższej tabeli pozwala stwierdzić, że technologią stworzoną do szybkiego ładowania są ogniwa LTO. Istnieje jednak wiele możliwości wykorzystania akumulatorów, które nie posiadają tak dobrych parametrów. W przypadku dużych zasobników energii możliwe jest osiągnięcie wysokich prądów ładowania, ponieważ nawet parametr 1C wymaga w ich przypadku dużej mocy. Przykładowo: akumulator o parametrach 600 V i 250 kWh pozwala na uzyskanie 417 Ah. Tak więc ładowarka musi dostarczyć prąd o wartości ponad 400 A, by ładować akumulator ze znamionową mocą. W przypadku ładowania takiego akumulatora, gdy jest on rozładowany w 20%, czas ładowania wynosi zaledwie 12 minut do 90%, a taka eksploatacja (w ograniczonym zakresie pojemności) wydłuża jego żywotność.

¹² <http://www.scib.jp/en/product/cell.htm>, dostęp w dniu 26/06/2018 r.



Liczba cykli pracy

Ważnym parametrem dla oceny ekonomicznej inwestycji w pojazdy elektryczne, ale dość trudnym do porównania, jest **liczba cykli pracy**. Wynika to z faktu, że producenci podają ten parametr dla różnych głębokości rozładowania i wartości prądu pracy, a nie jest możliwe proste porównanie liczby cykli wykonanych dla 80% rozładowania, do takich, które były wykonane do 100% pojemności. Przykładowo: dla 100% rozładowania dla poszczególnych technologii liczba cykli wynosi: LTO – 20 000¹³, LFP – 1400¹⁴, NMC – 500¹⁵.

W analizie omawianego parametru należy wziąć pod uwagę także przewidywany sposób korzystania z baterii. Zazwyczaj większa ich efektywność wiąże się z wyższą ceną. Jednak w pewnych przypadkach można kupić tańsze akumulatory i z powodzeniem eksploatować je przez lata. Jest to możliwe, gdy eksploatacja pojazdu zaplanowana jest na relatywnie niewielkie rozładowania akumulatora (20-30% pojemności znamionowej). W takim przypadku liczba cykli dla niepełnych ładowań zwiększa się do kilku tysięcy także dla akumulatora typu NCA.



Ceny

Różnice cen pomiędzy technologiami są znaczne i sięgają ponad 100%. **Oczywiście droższe ogniwo zapewnia dłuższy czas jego eksploatacji. Dobierając technologię należy jednak wziąć pod uwagę wymianę akumulatora np. po pięciu latach na nowocześniejszy, o większej pojemności i tańszy (przewidując postęp i spadek cen w branży producentów ogniw).** Dobór określonego typu baterii powinien być poprzedzony wielowariantową analizą ich eksploatacji w określonych warunkach. Umożliwi to optymalny dobór źródła zasilania do obsługi danej linii i zadania, a w konsekwencji optymalizację kosztów obsługi.



Zastosowania poszczególnych technologii baterii w zależności od systemu ładowania

W zależności od systemu ładowania można wyróżnić następujące zastosowania poszczególnych technologii baterii: **przy ładowaniu nocnym, prądem o niskiej wartości, stosowane są baterie o dużej gęstości energii.** Wynika to z konieczności jak największego zwiększenia ich pojemności, szybkość ładowania odgrywa rolę drugorzędną. Z tego powodu, w tym przypadku, najczęściej stosowane są baterie NMC. Przy technologiach szybkiego ładowania, np. „opportunity charging”, bądź ładowaniu dynamicznym, kluczowa jest moc ładowania. Dlatego wówczas stosowane są baterie o dużej gęstości mocy, a więc głównie technologia LTO.

Dobór właściwego akumulatora uzależniony jest od wielu parametrów, takich jak¹⁶:

- objętość przy założonej pojemności,
- waga przy założonej pojemności,
- wpływ warunków klimatycznych na jego eksploatację,
- wymagania i ograniczenia związane z prądami ładowania,
- liczba cykli pracy,
- kalendarzowy czas życia.

Dodatkowo należy uwzględnić specyfikę eksploatacji taboru elektrycznego, jaką zakłada wprowadzający go operator. Wśród parametrów, które należy tu wyróżnić, znajdują się:

- miejsca ładowania, tzn. czy planowane jest ładowanie na krańcach z wykorzystaniem szybkich ładowarek, czy ładowanie podczas postoju w zajezdni,
- długość trasy między zaplanowanymi ładowaniami, w tym ewentualnej drogi, jaką musi pokonać pojazd, by dojechać z miejsca ładowania na trasę kursowania linii.

¹³ <http://www.scib.jp/en/product/cell.htm>, dostęp w dniu 26/06/2018 r.

¹⁴ Cegasa Lithium-Ion LFP 3.2/3.2 26650 LFP Cell Datasheet

¹⁵ Specification Of Product for Lithium-ion rechargeable cell Model name: INR18650-29E, Samsung SDI Co., maj 2014 r.

¹⁶ M. Koniak, A. Czerepicky, Selection of the battery pack parameters for an electric vehicle based on performance requirements, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol 211, 2017

3.4 Możliwości wykorzystania infrastruktury ładowania dla innych pojazdów

Infrastruktura ładowania jest niezbędna w przypadku wymiany floty autobusów ze spalinowych na elektryczne. Nawet jeden taki pojazd wymaga inwestycji w stację ładowania, zapewniającą mu gotowość do wykonywania zadań transportowych.

Stacje, w zależności od strategii ładowania, można ustawić w zajezdni, na krańcach lub w obydwu miejscach. Stacje znajdujące się w zajezdni, z racji niedostępnej publicznie lokalizacji, naturalnie mogą być wykorzystywane tylko do uzupełniania energii w autobusach. Stacje zlokalizowane na terenie ogólnodostępnym, gdy nie są realizowane kursy, mogą zostać udostępnione np. służbom komunalnym, jednostkom samorządu terytorialnego czy przedsiębiorcom. Przykładowo, kraniec z szybką ładowarką obsługuje tylko dzienne linie autobusowe. Charakter pracy umożliwia więc komercyjne wypełnienie pojawiającej się luki w dobowej eksploatacji. Dodatkowo, w miastach funkcjonuje wiele służb realizujących usługi samochodami ciężarowymi, na których możliwe jest zainstalowanie pantografu lub szyn kontaktowych do pantografu opuszczanego z góry, które mogłyby wykorzystać istniejącą infrastrukturę ładowania autobusów.

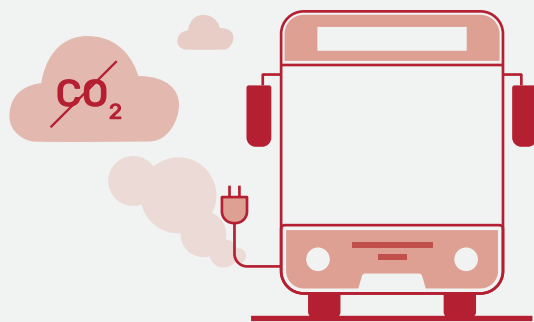
Mogłaby być to firma sprzątająca ulice, której pojazdy przed wyjazdem lub po powrocie ze zleconych zadań uzupełniałyby tam energię. Innym rozwiązaniem byłoby współdzielenie stacji z pojazdami obsługującymi odbiór nieczystości. One również rozpoczynają pracę wcześniej rano i mogłyby korzystać z szybkich ładowarek komunikacji miejskiej jeszcze przed rozpoczęciem kursowania autobusów dziennych lub przed porannym szczytem przewozowym.

Nie ulega wątpliwości, że rozpatrzenie możliwości współdzielenia istniejących stacji ładowania i znalezienie rozwiązań zapewniających synergię różnych podmiotów obsługujących pojazdy elektryczne leży w interesie zarówno miast, jak i tych podmiotów. Z jednej strony przemawiają za tym aspekty techniczne i ekonomiczne, jak wykorzystanie dostępnej infrastruktury stacji ładowania. Z drugiej może to sprzyjać przełamaniu bariery wejścia w usługi komunalne przedsiębiorstw z flotą zasilaną prądem elektrycznym. **Należy pamiętać, że na gminach od 2020 r. będzie ciążył obowiązek zlecania usług transportowych podmiotom z określonym udziałem taboru zeroemisyjnego.**

Główne impulsy rozwoju rynku autobusów elektrycznych

IMPULSY

1 Dążenie do poprawy stanu środowiska

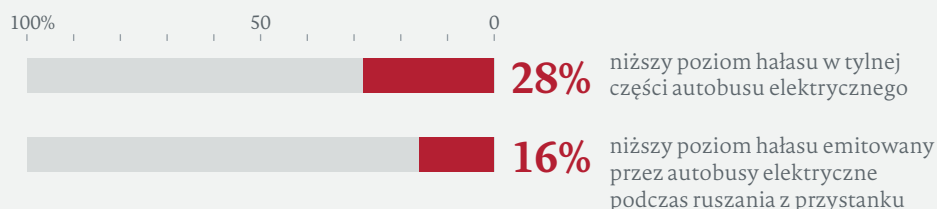


Brak emisji
w miejscu użytkowania
autobusu elektrycznego

2 Redukcja poziomu natężenia hałasu



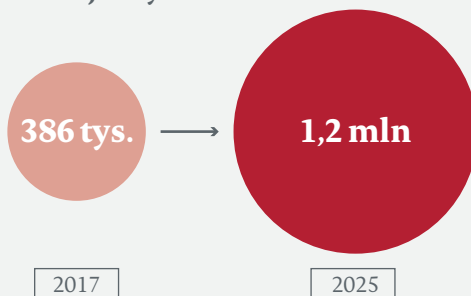
Niższy poziom hałasu w porównaniu
z autobusem spalinowym



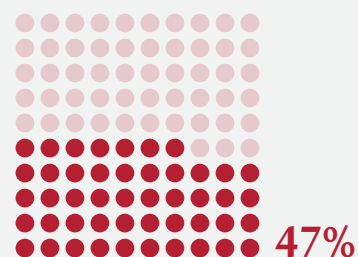
3 Polityka oparta na elektromobilności

Do 2025 r. autobusy elektryczne mają
stanować połowę światowej floty

Łączna liczba autobusów
z napędem elektrycznym
wzrośnie do tego czasu
ponad trzykrotnie



Udział zelektryfikowanych
autobusów w światowej flocie
osiągnie wówczas poziom



Źródło: Bloomberg New Energy Finance, Solaris Bus & Coach

4 Niższe całkowite koszty posiadania (TCO)

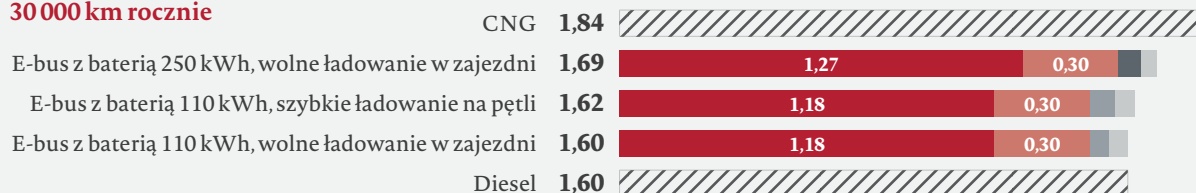
Obecnie średnie całkowite koszty posiadania (TCO) autobusów elektrycznych są niższe niż ich odpowiedników zasilanych olejem napędowym i sprężonym gazem ziemnym

TCO w dolarach na km

■ Koszty zakupu pojazdu ■ Koszty paliwa
■ Pozostałe koszty operacyjne ■ Koszty infrastruktury

MAŁE MIASTO

30 000 km rocznie

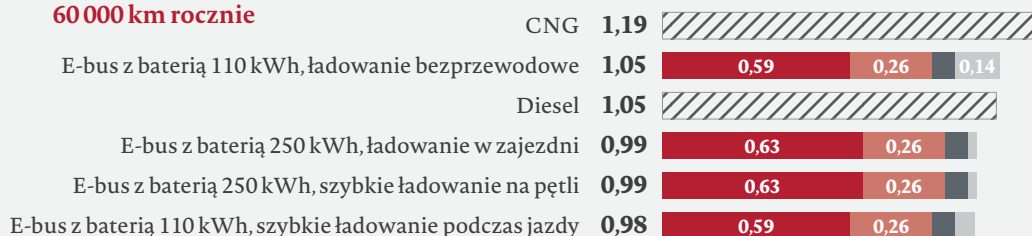


WNIOSEK

E-bus z baterią 110 kWh, który ładuje się raz na dobę w zajezdni jest najtańszym rozwiązaniem pod względem TCO

ŚREDNIE MIASTO

60 000 km rocznie

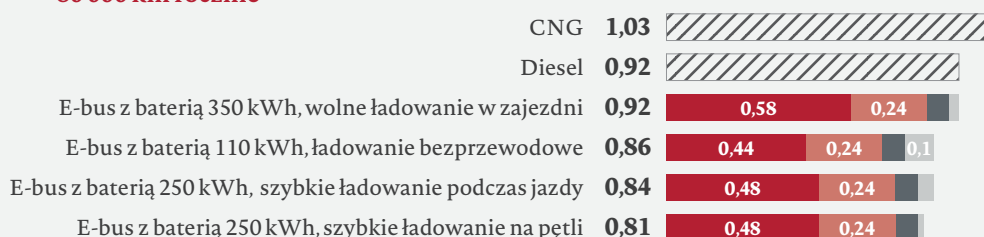


WNIOSEK

E-bus z baterią 110 kWh, który ładuje się podczas jazdy za pomocą pantografu na trzech przystankach i raz na dobę korzysta z wolnej ładowarki w zajezdni jest najtańszym rozwiązaniem pod względem TCO

DUŻE MIASTO

80 000 km rocznie



WNIOSEK

E-bus z baterią 250 kWh, który ładuje się raz na dobę w zajezdni i doładowuje baterie na pętli jest najtańszym rozwiązaniem pod względem TCO

Podane wyniki mogą się zmieniać w zależności od takich czynników, jak: ceny oleju napędowego, gazu ziemnego i energii elektrycznej czy wysokości dotacji ze strony władz

(dane za 2017 r., USA)

Jak wynika z porównania rocznych kosztów eksploatacji autobusu o napędzie dieslowskim oraz elektrycznym w ramach unijnego projektu Eliptic (Electrification of public transport in cities – Elektryfikacja transportu publicznego w miastach), efektywność ekonomiczna autobusu elektrycznego ujawnia się w pełni przy dobowych przebiegach rzędu **275 km i więcej** (ok. 85 000 km rocznie).

Źródło: Bloomberg New Energy Finance

Największe wyzwania rynku autobusów elektrycznych

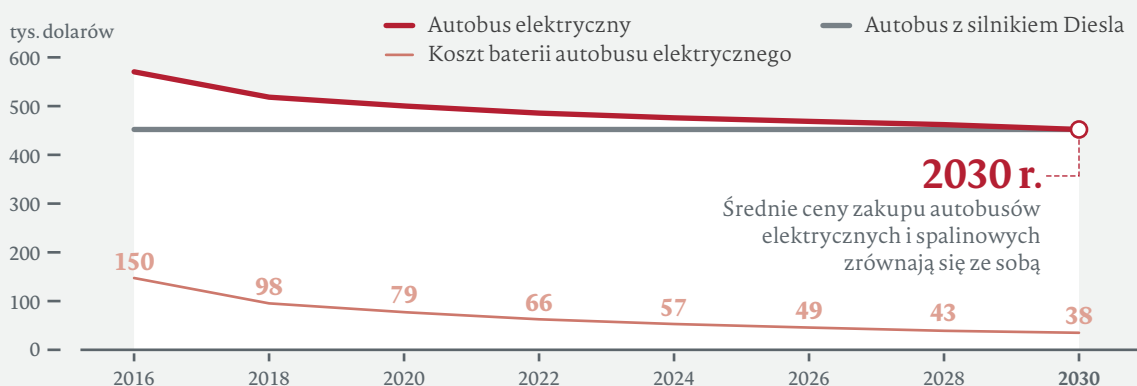
WYZWANIA

1 Koszty zakupu

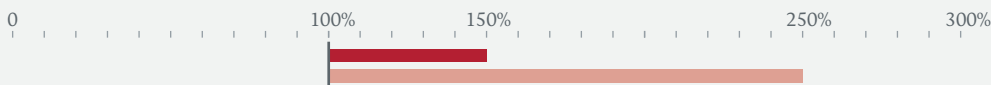
Cena zakupu autobusów elektrycznych jest obecnie wyższa niż pojazdów zasilanych olejem napędowym, jednak za ich wyborem przemawiają nie tylko zalety środowiskowe i eksploatacyjne, ale również niższe koszty użytkowania i konserwacji. Wraz ze wzrostem podaży i spadkiem cen akumulatorów, który w ostatnich latach postępuje bardzo dynamicznie, e-busy będą stały się coraz tańsze.

EUROPA

Porównanie średniej ceny zakupu autobusów elektrycznych i spalinowych w Europie wraz z prognozą spadku cen



POLSKA



150-250% ceny autobusu z silnikiem wysokoprężnym stanowiły średnio ceny autobusów elektrycznych w Polsce (na podstawie wyników przetargów z 6 miast w Polsce w latach 2014-2017)

2 Zasięg

Obecnie dostępne technologie baterii umożliwiają osiągnięcie zasięgu autobusu elektrycznego na poziomie **150-200 km**. Przy założeniu, że pojemność baterii wynosi 240 kWh, autobus posiada ogrzewanie paliwowe, a zużycie energii elektrycznej wynosi ok. 1 kWh/km dla pojazdu 12-metrowego, to zasięg może być **większy niż 200 km**.

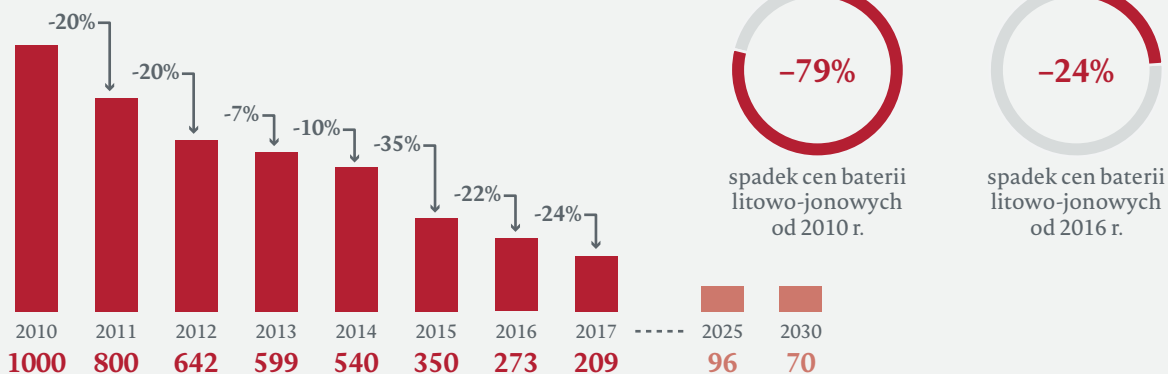
Dalsze zwiększenie zasięgu możliwe jest poprzez zastosowanie dodatkowego doładowywania w ciągu dnia w stacjach ładowania, zlokalizowanych najczęściej na pętlach końcowych.

Dlatego efektywnym sposobem wdrażania elektromobilności jest równoczesny zakup e-busów oraz budowa infrastruktury umożliwiającej doładowywanie pojazdów na pętlach. Dzięki takiej infrastrukturze pojazdy elektryczne mają na tyle długi zasięg, że osiągają wartości pracy eksploatacyjnej pozwalające na zrekompensowanie kosztów nabycia pojazdu poprzez intensywną eksploatację. Dodatkowo gęsta sieć ładowarek pozwala znacznie obniżyć pojemność baterii, co z kolei zmniejsza koszt zakupu samego autobusu elektrycznego.

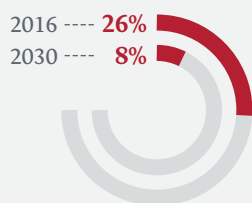
3 Prognozy spadku cen

Podobnie jak w przypadku elektrycznych samochodów osobowych, ceny baterii litowo-jonowych są głównym czynnikiem wpływającym na koszty zakupu e-busów. Stopniowo, wraz z postępującym rozwojem technologii, stają się one jednak coraz niższe, wpływając na spadek cen e-busów.

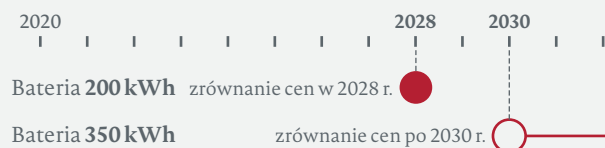
Średnie ceny baterii litowo-jonowych (USD/kWh)



Wraz z upływem czasu ceny baterii litowo-jonowych będą miały coraz mniejszy wpływ na koszty zakupu autobusów elektrycznych:

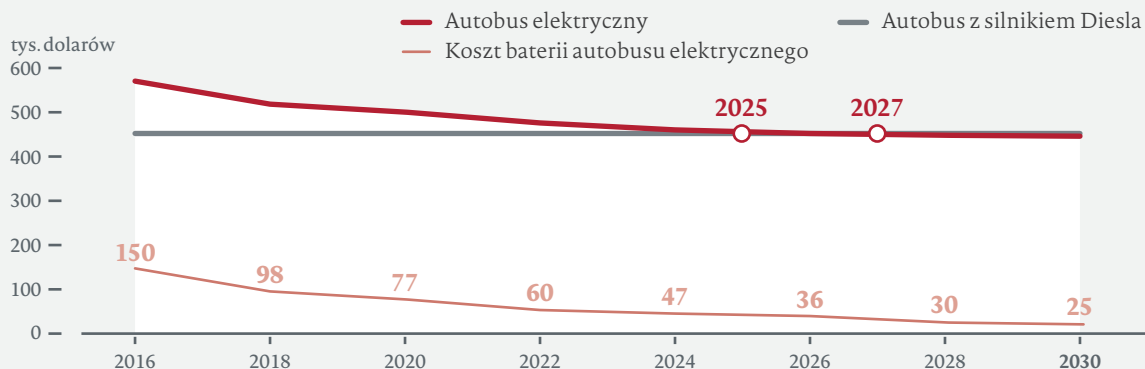


Im większa bateria, tym dłużej dany model autobusu elektrycznego będzie pozostawał droższy od swojego spalinowego odpowiednika:



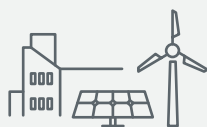
2025-2027 r.

Średnie ceny zakupu autobusów elektrycznych i spalinowych zrównają się ze sobą jeszcze szybciej niż w 2030 r., przy założeniu, że tempo wzrostu popytu na elektryczne autobusy ulegnie gwałtownemu przyspieszeniu



4 Sieci elektroenergetyczne

Rozwój elektromobilności przyczyni się do wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną i do obciążenia sieci elektroenergetycznej



Przewidywane są inwestycje w zakresie mocy wytwórczych, w tym odnawialnych źródeł energii



Wdrażane są także nowoczesne technologie sterowania oraz zarządzania siecią energetyczną (rozwiązania smart)



A red-tinted photograph of a city street scene. On the left, a large, leafy tree stands in front of a building. To the right, a multi-story building with classical architectural features, including arched windows and a balcony, is visible. A white car is parked on the street in the foreground. The overall scene is captured in a monochromatic red hue.

Ekonomiczne aspekty elektryfikacji publicznego transportu zbiorowego

4 Ekonomiczne aspekty elektryfikacji publicznego transportu zbiorowego

4.1 Czynniki, które należy wziąć pod uwagę przy zakupie i eksploatacji autobusów elektrycznych

Rozpatrując wprowadzenie autobusów elektrycznych do transportu miejskiego, należy uwzględnić nakłady inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne i zewnętrzne jako elementy analizy kosztów i korzyści różnych wariantów obsługi miasta autobusami elektrycznymi w porównaniu ze spalinowymi.

Nakłady inwestycyjne obejmują tabor i infrastrukturę służącą do ładowania autobusów elektrycznych oraz przystosowanie zajezdni do ich eksploatacji. Koszty o charakterze eksploatacyjnym wiążą się głównie z amortyzacją, źródłem zasilania pojazdów oraz materiałami, a zewnętrzne z wpływem na stan powietrza, hałas i kongestię.

Kluczowe czynniki ekonomiczno-finansowe oraz uwarunkowania związane z zakupem i eksploatacją autobusów elektrycznych

Nakłady inwestycyjne na zakup autobusów elektrycznych		Nakłady inwestycyjne na budowę infrastruktury do ładowania autobusów elektrycznych (trasa i zajezdnia)	
		Nakłady inwestycyjne na przystosowanie zajezdni	Koszty wynikające z zatrudnienia lub przekwalifikowania pracowników obsługi technicznej pojazdów elektrycznych
Koszty eksploatacji pojazdów elektrycznych w całym okresie ich użytkowania, w tym przewidywane koszty energii elektrycznej i wzrost sprawności baterii		Koszty eksploatacji infrastruktury zasilania/ładowania autobusów elektrycznych	
Dotychczasowe doświadczenia w zakresie eksploatacji pojazdów elektrycznych	Koszty i korzyści dla różnych wariantów obsługi autobusami elektrycznymi i spalinowymi	Koszt pozyskania kapitału na zakup e-busów i budowę infrastruktury oraz zachęty podatkowe (obowiązujące i postulowane)	Koszty zewnętrzne eksploatacji autobusów elektrycznych

Źródło: opracowanie własne

Zastosowanie autobusów zeroemisyjnych wiąże się ze zmniejszeniem ponoszonych kosztów bieżącej eksploatacji, wynikających głównie z niższych kosztów energii w porównaniu do paliw, a także zużyciem materiałów, co po przedstawieniu uzasadnienia, także należy brać pod uwagę.

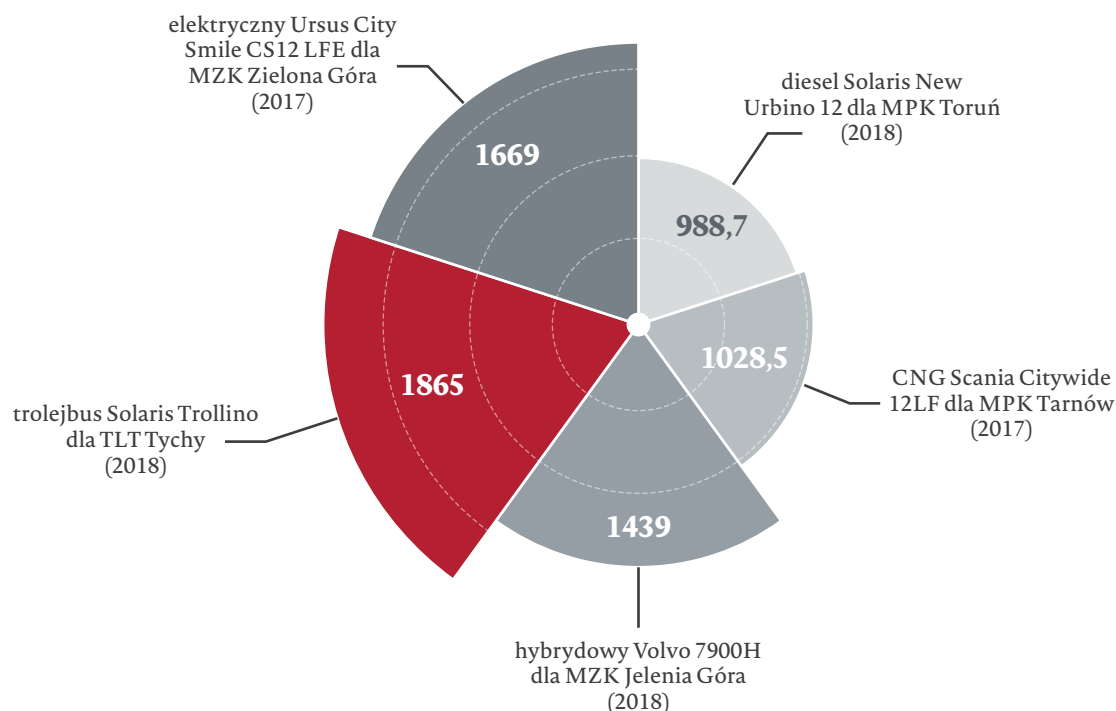
Podobnie w przypadku kosztów utrzymania i remontów, co przy uwzględnieniu rosnącego wieku i stanu obecnego taboru oraz infrastruktury, wpływa na uwarunkowania finansowo-ekonomiczne. Operatorzy i organizatorzy w znacznym stopniu korzystają ponadto ze środków pomocowych w ramach wsparcia w zakresie zakupu autobusów elektrycznych.

4.2 Nakłady inwestycyjne na zakup pojazdów elektrycznych

Różnice pomiędzy kosztem zakupu pojazdu z silnikiem spalinowym a elektrycznym niwelowane są dzięki bezzwrotnym środkom unijnym i krajowym, o których szerzej w dalszej części rozdziału.

Na obecnym etapie rozwoju rynku wsparcie to jest o tyle celowe, że ceny autobusów elektrycznych i trolejbusów wyposażonych w dodatkowy napęd bateryjny są wyższe od ich odpowiedników z napędem tradycyjnym (autobusów z silnikami Diesla i trolejbusów bez baterii umożliwiających jazdę poza siecią trakcyjną). Ceny autobusów elektrycznych stanowią średnio 150-250% ceny autobusów z silnikiem wysokoprężnym.

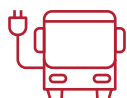
Porównanie przykładowych cen zakupu pojazdów o długości 12 m w latach 2017-2018 [tys. PLN]



Źródło: opracowanie własne

Analizując ceny pojazdów transportu publicznego kupowane w ostatnich latach w Polsce, można zauważyć wyraźny związek pomiędzy ceną jednostkową a wielkością zamówienia. Poza liczbą pojazdów na cenę wpływają głównie indywidualne wymagania zamawiającego. Im bardziej rozbudowane, tym wyższa cena pojazdu (wyposażenie, gwarancje, szybka dostawa, systemy ładowania etc.).

Wysokość ofert składanych w wybranych postępowaniach przetargowych



AUTOBUSY ELEKTRYCZNE

12 metrów	Włocławek	3 szt., 2018	Solaris, 2 285 000 PLN netto [z systemem ładowania]
	Poznań	6 szt., 2018	Solaris 2 198 000 PLN netto [z systemem ładowania]
	Ostrołęka	2 szt., klasa MIDI, 2018 r.	SOR 1 864 000 PLN netto, Ursus 2 099 000 PLN netto
	Zielona Góra	47 szt., 2018	Ursus 1 688 962,1 PLN netto, Solaris 1 747 823,4 PLN netto
	Nowy Sącz	2 szt., 2018	Ursus 3 079 500 PLN netto [z systemem ładowania]
	Szczecin	11 szt., 2018	Solaris 3 650 000 PLN netto; konsorcjum Ursus i Bogdan Motors 2 830 000 PLN netto
	Katowice	5 szt., 2018	Ursus 1 680 605 PLN netto
18 metrów	Poznań	15 szt., 2018	Solaris 3 130 000 PLN netto [z systemem ładowania]
	Katowice	5 szt., 2018	Solaris 2 649 000 PLN netto



TROLEJBUSY Z BATERIĄ TRAKCYJNĄ

Standardowy	Lublin	10 szt., 2018	Solaris 1 900 000 PLN netto, Ursus 1 767 000 PLN netto
Przegubowy	Lublin	15 szt., 2018	Ursus 1 847 000 PLN netto, Solaris 2 280 000 PLN netto

Źródło: opracowanie własne

W analizach kosztów i korzyści należy także uwzględnić liczbę niezbędnych pojazdów w ruchu dla tych samych linii, które dotychczas obsługiwane były taboru wyposażonym w silniki spalinowe. Konieczność przeprowadzania doładowań w trakcie pracy eksploatacyjnej może wymusić zmiany rozkładów jazdy i zwiększyć zapotrzebowanie na pojazdy w ruchu. Ponadto, w niektórych przypadkach, wzrost masy pojazdu, wynikający z montażu baterii, może oznaczać mniejszą liczbę miejsc w autobusie.

Przygotowując specyfikację istotnych warunków zamówienia, należy dokładnie przeanalizować celowość wyposażania pojazdów z punktu widzenia ich wpływu na koszty eksploatacyjne, a przede wszystkim na komfort podróży pasażerów. Nieuzasadnione względami eksploatacyjnymi i niewynikające z oczekiwań pasażerów wyposażenie nie tylko podnosi cenę pojazdu, ale także ogranicza konkurencję ze strony oferentów. W rezultacie, wpływa to na wzrost ceny, a w skrajnym przypadku powoduje przekroczenie kwoty przewidzianej na realizację zamówienia. W analogiczny sposób na cenę pojazdu oddziałuje termin realizacji. Zbyt krótki podnosi ceny ofert i skutecznie ogranicza konkurencję.

Planując zakupy taboru elektrycznego, należy mieć także na uwadze konieczną rezerwę taborową, ponieważ liczba codziennie użytkowanych pojazdów jest zawsze mniejsza niż liczba jednostek danego rodzaju taboru na stanie przedsiębiorstwa.

4.3 Nakłady inwestycyjne na budowę infrastruktury

Nieodłącznym elementem systemu transportu elektrycznego jest infrastruktura do ładowania. W zależności od warunków eksploatacyjnych lokalizację ładowarek należy zaplanować:

- wyłącznie w zajezdni,
- w zajezdni i na przystankach krańcowych lub pośrednich.

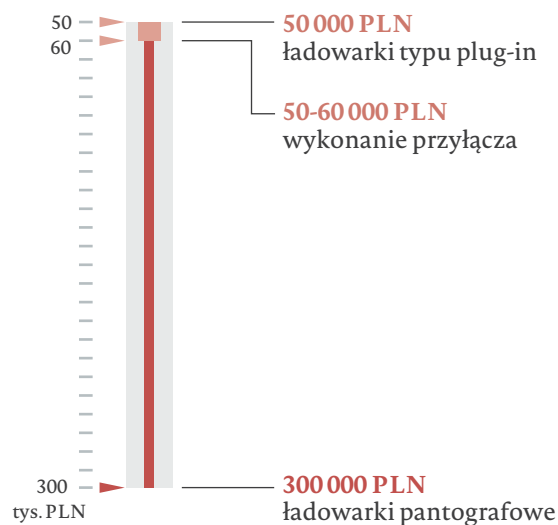
Możliwa jest także budowa niewielkich odcinków sieci trakcyjnej w sytuacji doładowywania pojazdów w trakcie ruchu na trasie, ale jest to rozwiązanie drogie i wymagające dokładnych analiz uwzględniających szereg uwarunkowań lokalnych.

Ceny ładowarek wahają się od 50 tys. PLN netto, w odniesieniu do ładowarek typu plug in, do ok. 300 tys. PLN netto w przypadku pantografowych ładowarek szybkiego ładowania. Należy także uwzględnić koszt wykonania przyłącza (ok. 50-60 tys. PLN netto, choć w niektórych sytuacjach może być wyższy).

Liczba i rodzaj ładowarek muszą być dobrane w taki sposób, aby zapewnić nieprzerwane świadczenie usług przewozowych. Planowanie infrastruktury ładowania pojazdów „na styk” jest działaniem zarówno nieefektywnym (pozorne oszczędności), jak i nieracjonalnym (należy przewidywać możliwość wystąpienia awarii, uszkodzenia, przerwy w dostawie prądu w danym rejonie miasta), prowadzącym do zaprzestania obsługi, w sytuacji, gdy pojazd powinien doładować się w określonym miejscu na trasie.

Urządzenia do ładowania pojazdów transportu publicznego są obiektami infrastrukturalnymi, których lokalizacja wymaga uzgodnień, pozwoleń, wykonania stosownego projektu, uzyskania warunków podłączenia do sieci energetycznej, a więc poniesienia kosztów z tym związanych, choć może odbywać się to na zasadach preferencyjnych. Dodatkowo, należy mieć na uwadze, czy sieć energetyczna jest wystarczająca do szybkiego ładowania dużej liczby autobusów. Ponadto w zakresie budowy infrastruktury, analogicznie do zakupu pojazdów, w określonych przypadkach należy uwzględnić koszt pozyskania kredytu.

Przybliżone koszty infrastruktury



Źródło: opracowanie własne

4.4 Nakłady inwestycyjne na przystosowanie zajezdni

Zajezdnie, poza wyposażeniem w urządzenia do ładowania pojazdów, muszą zostać przystosowane do obsługi pojazdów zasilanych elektrycznie. **Nakłady na wyposażenie zajezdni obsługującej pojazdy o napędzie elektrycznym związane są w głównej mierze z:**

- rozbudową aparatury pomiarowo-diagnostycznej dla urządzeń elektrycznych, w tym zwłaszcza zasobników energii i silników elektrycznych,
- zakupem komputerów i oprogramowania diagnostycznego,
- przeszkoleniem załogi,
- budową podestów do urządzeń elektrycznych umieszczanych na dachu pojazdu, przede wszystkim odbieraków prądu z sieci trakcyjnej lub ładowarki,
- zakupem mobilnych stacji ładowania wykorzystywanych podczas przeglądów i napraw pojazdów,
- wykonywaniem specjalistycznych czynności, np. badania siły nacisku pantografu, stopnia jego zużycia itp.,
- przebudową części rozdzielczej zajezdni i zapewnieniem dodatkowej mocy dla ładowarek.

Zajezdnie wykorzystywane do postoju i serwisowania autobusów elektrycznych nie muszą być wyposażone w generujące koszty wyciągi spalin czy zlewarki olejów silnikowych i paliwa. Wykorzystywana w nich infrastruktura, jak np. kanały i wjazdy, także nie wymaga wielowymiarowego dostosowania.

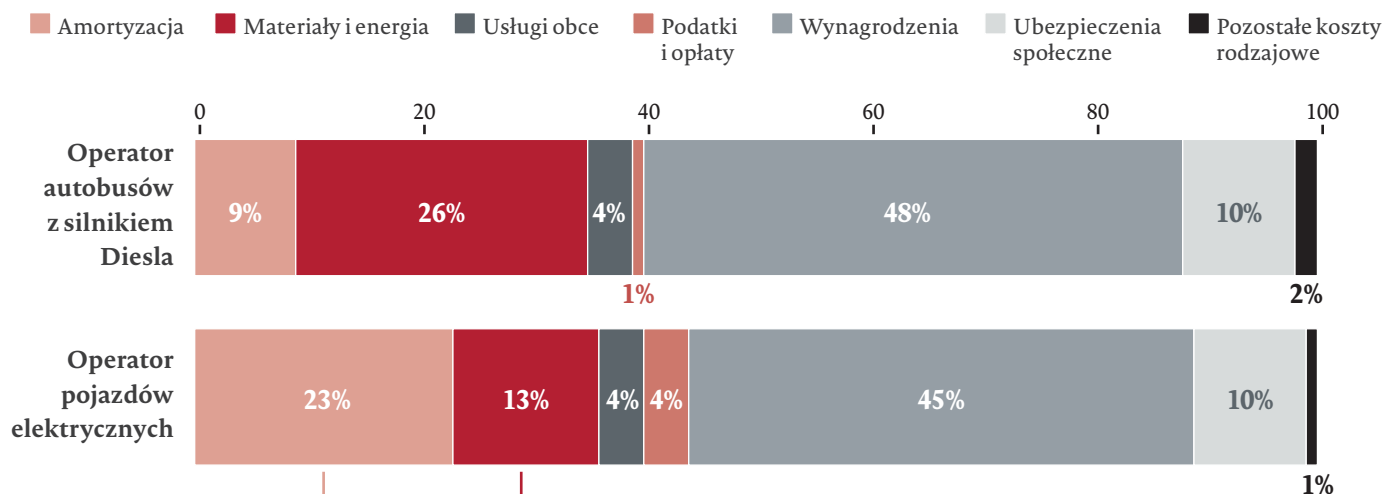


4.5 Koszty eksploatacji pojazdów elektrycznych

W celu porównania wariantów obsługi przewozowej pojazdami elektrycznymi i spalinowymi, należy zestawić koszty wynikające z ich eksploatacji w układzie rodzajowym. Na potrzeby raportu przeanalizowano strukturę kosztów dwóch przedsiębiorstw transportu miejskiego w Polsce eksploatujących w 2018 roku pojazdy spalinowe i elektryczne.

Różnice w kosztach dla wariantów obsługi pojazdami elektrycznymi i spalinowymi wystąpiły przede wszystkim w pozycjach: amortyzacja oraz materiały i energia (źródło zasilania pojazdów oraz oleje i smary). Zużycie pozostałych materiałów eksploatacyjnych (klocki hamulcowe, których zużycie może być mniejsze przy zastosowaniu rekuperacji, a także opony, elementy zawieszenia, żarówki etc.), w przypadku pojazdów elektrycznych i spalinowych, nie różniły się w sposób istotny.

Porównanie struktury kosztów operatorów eksploatujących pojazdy spalinowe i elektryczne



Jednostkowy koszt zakupu paliwa/energii do zasilania pojazdów w przeliczeniu na 1 kWh wyniósł dla przedsiębiorstwa obsługującego komunikację autobusami spalinowymi 0,926 zł/kWh, a elektrycznymi – 0,360 zł/kWh. Większe korzyści można osiągnąć dzięki połączonym zakupom energii przez samorząd miejski i jednostki należące do niego, w tym operatorów transportu. W przypadku energii wykorzystywanej przez ładowarki zlokalizowane w zajezdniach koszty jej zakupu zmniejszają się także w rezultacie wykorzystania taryf nocnych. Kolejnym sposobem na zmniejszenie kosztów zużycia energii w pojazdach elektrycznych jest wyposażenie ich w urządzenie do rekuperacji, czyli odzyskiwania energii przy hamowaniu pojazdu.

Wariant obsługi autobusami elektrycznymi charakteryzuje się wyższą amortyzacją ze względu na wyższą wartość początkową pojazdów oraz aktywniejszą politykę odtwarzania taboru przez operatora.

Źródło: opracowanie własne na podst. badanych przedsiębiorstw transportu miejskiego

4.6 Koszty eksploatacji infrastruktury

Utrzymanie i przeglądy punktów ładowania, w zależności od zawartej z dostawcą umowy, mogą stanowić koszty wynagrodzenia oraz zużycia materiałów i energii (umowa dostawy) lub usług obcych (umowa usługi). Przeglądy techniczne punktów ładowania wykonywane są co najmniej raz w roku, oprócz tego na bieżąco dokonywana jest inspekcja wizualna i reagowanie w przypadku wystąpienia nieprawidłowości funkcjonowania lub awarii. Z danych przedsiębiorstw eksploatujących autobusy elektryczne wynika, że koszt przeglądu jednego punktu ładowania może wynosić od kilkuset do ponad tysiąca złotych w zależności od rodzaju punktu ładowania i zawartej umowy.

Zmiana profilu przedsiębiorstwa w wyniku wymiany taboru z pojazdów spalinowych na elektryczne lub zwiększenie udziału e-busów w taborze wymaga także zatrudnienia lub przekwalifikowania, w tym przeszkolenia, pracowników obsługi technicznej (np. kwalifikacje SEP do obsługi urządzeń i instalacji do 1 kV) oraz kursów dla kierowców obsługujących pojazdy elektryczne. **Są to jednak oczywiste koszty związane z wdrażaniem nowych technologii.** Podobne wiążą się z koniecznością dokonywania inspekcji pojazdów elektrycznych przez jednostki dozoru technicznego oraz dostosowaniem stacji obsługi i kontroli pojazdów do badania tego rodzaju pojazdów.

Udział kosztów eksploatacji infrastruktury zasilania pojazdów elektrycznych stanowi znaczącą pozycję w odniesieniu do przedsiębiorstw eksploatujących pojazdy zasilane z sieci trakcyjnej. Nawet jeżeli bieżące utrzymanie, naprawy i remonty sieci trakcyjnej są wyłączone z funkcji realizowanych przez operatora, ich koszty należy uwzględnić w analizie efektywności ekonomiczno-finansowej. Udział kosztów utrzymania infrastruktury (sieci trakcyjnej) wynosi około 10% całkowitych kosztów przedsiębiorstwa (udział ten można uznać za reprezentatywny, o ile stan infrastruktury nie wymaga modernizacji).

4.7 Koszty zewnętrzne eksploatacji pojazdów elektrycznych

Działalność transportowa przyczynia się do rozwoju społeczno-ekonomicznego, ale także powoduje koszty zewnętrzne, które nie są wliczone do rachunku kosztów własnych przedsiębiorstw funkcjonujących na tym rynku¹⁷. W transporcie publicznym, w analizach obsługi różnymi rodzajami transportu, najczęściej porównuje się koszty zewnętrzne związane z: emitowaniem zanieczyszczeń, hałasem, stratami czasu (kongestia) i wypadkami. **Elektromobilność zmniejsza koszty zewnętrzne, które obciążają całe społeczeństwo, w szczególności w zakresie poziomu zanieczyszczenia powietrza, hałasu i kongestii.**

W analizach społeczno-ekonomicznych wykonywanych dla projektów inwestycyjnych współfinansowanych przez UE wykorzystywany jest „Kalkulator emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego”, zamieszczony na stronie internetowej Centrum Unijnych Projektów Transportowych. Przelicza on wysokość emisji zanieczyszczeń w oparciu o wskaźniki emisyjności dla miksu energetycznego Polski. Istnieje możliwość obniżenia podanych wskaźników w sytuacji, gdy dostawcą energii jest producent czystszej energii elektrycznej, ale tylko wówczas, jeśli energia nie jest pobierana z ogólnej sieci elektroenergetycznej. W polskich warunkach dotyczy to energii z elektrowni wodnych, farm wiatrowych i elektrociepłowni gazowych. Producenci pojazdów elektrycznych, w specyfikacji technicznej, podają zużycie energii elektrycznej (MWh lub KWh) w trakcie pracy eksploatacyjnej, tj. w przeliczeniu na 1 km. Zużycie to w warunkach rzeczywistej eksploatacji (konkretne warunki terenowe, atmosferyczne, wykorzystanie zdolności przewozowej, zakres korzystania z wyposażenia zasilanego energią elektryczną) będzie się różnić od podawanego przez producentów. Stąd też uzasadnione jest, w ramach wykonywanych analiz, poddawanie pojazdów testom w różnych warunkach eksploatacyjnych i opieranie się na danych gromadzonych w czasie prób testowych.

¹⁷ S. Huderek-Glaspka, Efekty zewnętrzne transportu: aspekty teoretyczne, Katedra Mikroekonomii, Wydział Zarządzania, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu [w:] „Zeszyty Naukowe. Problemy Transportu i Logistyki”, Uniwersytet Szczeciński 2014, Nr 25, s. 83-97

W zakresie oszczędności czasu i ograniczenia kongestii, należy zauważyć, że oszczędności takie pojawią się głównie w przypadku jednoczesnego wprowadzenia preferencji w ruchu dla pojazdów transportu zbiorowego na liniach, na których użytkowane będą autobusy elektryczne (Strefy Czystego Transportu, buspasy, uprzywilejowana sygnalizacja). W takim przypadku także i koszty wprowadzenia opisanych udogodnień powinny być uwzględnione w analizie wariantu z taborom elektrycznym.

W praktyce wysokość kosztów zewnętrznych zależy od wielu, często trudnych do zmierzenia, czynników powodujących trudności metodologiczne powszechnie akceptowalnego obliczenia. Dla projektów inwestycyjnych realizowanych w Polsce przyjmuje się często wartość jednostkowych kosztów zewnętrznych przedstawionych w Niebieskiej Księdze – Sektor transportu publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach.

4.8 Porównanie kosztów i korzyści dla różnych wariantów obsługi

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych wymaga opracowania przez jednostki samorządu terytorialnego analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Analiza ma na celu sprawdzenie, czy wprowadzenie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, będzie wiązało się z osiągnięciem korzyści społeczno-ekonomicznych.

W świetle Ustawy, przedmiotowy dokument powinien zawierać w szczególności:

- analizę finansowo-ekonomiczną,
- oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją substancji szkodliwych dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi,
- analizę społeczno-ekonomiczną uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.

W analizie, jeżeli jej wynik wskazuje na zasadność wykorzystania w publicznym transporcie zbiorowym autobusów zeroemisyjnych, powinny się ponadto znaleźć następujące kwestie wynikające z wymogów dokonania zmian w planie transportowym:

- wyznaczenie linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych wraz z planowanym terminem rozpoczęcia ich użytkowania,
- określenie geograficznego położenia infrastruktury ładowania wraz z miejscami jej przyłączenia do sieci elektroenergetycznej.



Podstawą do opracowania analizy powinny być dane dotyczące obecnego stanu komunikacji miejskiej, w tym dane kosztowe, oraz identyfikacja dwóch scenariuszy działań: realizacji zamierzeń inwestycyjnych (scenariusz „z projektem”) oraz ich zaniechania (scenariusz „bez projektu”), który nie oznacza całkowitego zaniechania ponoszenia nakładów inwestycyjnych, lecz jedynie zaniechanie przedsięwzięcia inwestycyjnego (przy utrzymaniu ciągłości funkcjonowania komunikacji miejskiej i związanym z tym zakresem działań odtworzeniowych dotyczących taboru). Obligatoryjnymi częściami analizy kosztów i korzyści są: analiza finansowa służąca sprawdzeniu efektywności finansowej projektu oraz społeczno- -ekonomiczna, która dotyczy efektów inwestycji dla społeczeństwa, gospodarki oraz środowiska naturalnego (nieuwzględnionych w analizie finansowej z powodu braku przepływów pieniężnych). Sposobem wykonania analizy społeczno-ekonomicznej jest sporządzenie bilansu korzyści i kosztów w wersji opisowej, który będzie miał charakter analizy jakościowej. Efekty inwestycji dla społeczeństwa oraz w zakresie oddziaływania na środowisko można również wyrazić kwotowo – za pomocą policzalnych parametrów i ich monetyzacji. Ostatnim elementem analizy korzyści i kosztów powinno być badanie wrażliwości i ryzyka. Przepisy ustawy nie wymagają wprost przeprowadzania tej analizy, jednak zwyczajowo w analizach projektów transportowych, wskaźniki efektywności finansowej i społeczno-ekonomicznej są takiej analizie poddawane. Pierwsza ma na celu zbadanie skutków finansowych dla projektu w przypadku braku spełnienia przyjętych założeń, a druga określić możliwe czynniki ryzyka podczas realizacji i eksploatacji projektu.

W kontekście opisanych uwarunkowań oraz doświadczeń w zakresie analiz wykonywanych na użytek projektów unijnych w sektorze transportu publicznego proponuje się, aby analiza kosztów i korzyści obejmowała:

- identyfikację wariantów, na którą składałyby się:
 - charakterystyka aktualnego stanu systemu komunikacji miejskiej będącego przedmiotem analizy,
 - charakterystyka eksploatowanego taboru,
 - wskazanie możliwych scenariuszy inwestycji taborowych,
 - przygotowanie danych wejściowych do opracowania analizy;
- analizę finansową;
- analizę społeczno-ekonomiczną;
- analizę wrażliwości i ryzyka;
- wynik analizy – porównanie wariantów oraz wnioski.

Do przygotowywania analizy korzyści i kosztów można wykorzystać opracowanie „Zasady opracowywania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych”¹⁸.

→ Więcej o analizie kosztów i korzyści w Rozdziale 2: Prawne aspekty elektryfikacji komunikacji miejskiej w Polsce

¹⁸ M. Gromadzki, Praktyczny przewodnik dla samorządów, IGKM, Warszawa, 2018 r.



4.9 Źródła finansowania zakupu pojazdów i budowy infrastruktury

W Polsce podstawowym źródłem zakupu taboru, zarówno w przypadku zwiększeń stanu parku taborowego, jak i odnowy pojazdów eksploatowanych, są środki własne przewoźników i operatorów wspomagane środkami organizatorów publicznego transportu zbiorowego. Operatorzy i organizatorzy w znacznym stopniu korzystają ze środków pomocowych przy zakupie taboru zeroemisyjnego i infrastruktury ładowania.

Głównym obszarem zainteresowania zakupem nowych pojazdów zeroemisyjnych jest komunikacja miejska organizowana przez jednostki samorządu terytorialnego. Prywatni przewoźnicy regionalni nie wykazują obecnie zainteresowania nabywaniem takich pojazdów, przede wszystkim z powodu braku ogólnodostępnej infrastruktury ładowania, ale także z powodu kosztów zakupu. Wraz z rozwojem rynku i spadkiem cen pojazdów należy się jednak spodziewać zwiększonego zainteresowania wykorzystaniem pojazdów zeroemisyjnych także przez nich.

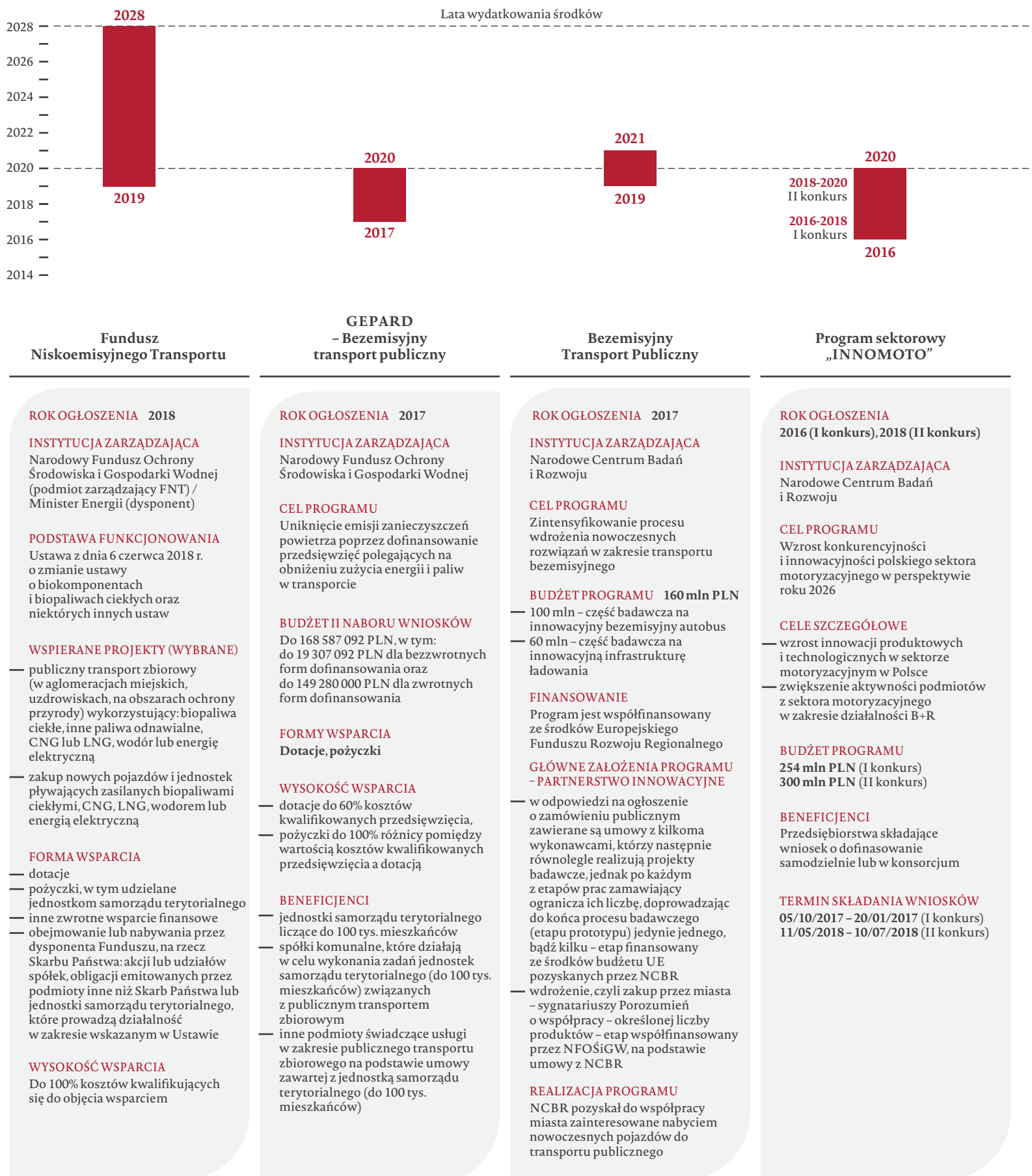
W dokumentach rządowych wymienia się następujące potencjalne źródła finansowania pojazdów zeroemisyjnych i infrastruktury zapewniającej ich funkcjonowanie¹⁹:

- **Fundusz Niskoemisyjnego Transportu** podlegający Ministrowi Energii; operatorem konkursów będzie Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- **Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej**,
- **Program Bezemisyjny Transport Publiczny**, w ramach którego Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, wraz z samorządami, będzie występowało jako zamawiający w postępowaniu publicznym mającym na celu wyłonienie ośrodków badawczych i projektowych (projekt i budowa prototypu nowego autobusu elektrycznego dostosowanego cenowo i jakościowo do potrzeb miast),
- **fundusze unijne** – Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko (6.1 Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach), a także PO Polska Wschodnia (2.1 Zrównoważony transport miejski) i Regionalne Programy Operacyjne.

¹⁹ <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/finansowanie-autobusow-elektrycznych-z-trzech-zrodel-57064.html>

Mapa finansowania zakupu pojazdów ekologicznych i budowy infrastruktury

WYBRANE FORMY WSPARCIA



2020 2018	2020 2015	2020 2014	2020 2014
Akcelerator elektromobilności	Polska Wschodnia – Zrównoważony transport miejski	Program Infrastruktura i Środowisko – rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach	RPO – Regionalne Programy Operacyjne – Transport miejski
ROK OGŁOSZENIA 2017 INSTYTUCJA ZARZĄDZAJĄCA Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości CEL PROGRAMU Zwiększenie podaży projektów w obszarze elektromobilności poprzez pomoc mikro- lub małym przedsiębiorcom w zdobyciu pierwszego/przełomowego zlecenia w branży elektromobilności, które będzie odpowiadało na potrzeby klienta biznesowego TERMIN SKŁADANIA WNIOSKÓW 15/03/2018 – 05/04/2018 BUDŻET PROGRAMU 10 mln PLN REALIZACJA PROGRAMU Nawiązanie współpracy pomiędzy startupami a średnimi i dużymi przedsiębiorstwami skutkujące komercjalizacją innowacyjnych rozwiązań proponowanych przez startupy w odpowiedzi na zidentyfikowane w toku programu potrzeby odbiorców technologii FINANSOWANIE — środki z grantu mogą zostać przeznaczone na pokrycie 100% kosztów: usług doradczych, zatrudnienia ekspertów i mentorów na rzecz uczestników programu akceleratornego, pomocy w formie pieniężnej przyznawanej odbiorcom ostatecznym — środki z grantu mogą zostać przeznaczone na pokrycie 50% kosztów operacyjnych: organizację networkingu, organizację naboru i ocenę uczestników programów akceleratornych oraz rozliczanie i monitorowanie projektu, działania informacyjno-promocyjne projektu; pozostałe maksymalnie 50% musi zostać zapewnione jako wkład finansowy odbiorców technologii MAKS. CZAS TRWANIA PROJEKTU 24 miesiące	ROK OGŁOSZENIA 2014 INSTYTUCJA ZARZĄDZAJĄCA Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości CEL PROGRAMU Zwiększenie wykorzystania transportu miejskiego w miastach wojewódzkich i ich obszarach funkcjonalnych BUDŻET PROGRAMU 440 mln euro BENEFICJENCI — miasta wojewódzkie Polski Wsch., w tym w porozumieniu z jst zlokalizowanymi na obszarze funkcjonalnym miasta wojewódzkiego lub obszarze realizacji ZIT miasta wojewódzkiego, w tym z innymi podmiotami — związki i stowarzyszenia jst zlokalizowanych na obszarze funkcjonalnym miasta wojewódzkiego lub obszarze realizacji ZIT miasta wojewódzkiego, w skład których wchodzi miasto woj. WSPIERANE PROJEKTY Kompleksowe projekty z zakresu tworzenia nowych lub rozbudowy istniejących ekologicznych, zintegrowanych sieci transportu miejskiego, w skład których wchodzi m.in. takie zadania, jak: — budowa/przebudowa sieci autobusowych, trolejbusowych i tramwajowych wraz z zakupem niskoemisyjnego taboru — budowa/przebudowa niezbędnej infrastruktury na potrzeby transportu publicznego, w tym intermodalnych dworców przesiadkowych — wdrożenie nowych, rozbudowa lub modernizacja istniejących systemów telematycznych na potrzeby komunikacji miejskiej WYSOKOŚĆ WSPARCIA Do 85% wydatków kwalifikowanych Min. wkład własny: 15% wydatków kwalifikowanych	ROK OGŁOSZENIA 2014 INSTYTUCJA POŚREDNICZĄCA Centrum Unijnych Projektów Transportowych (w latach 2014-2020 odpowiada za wdrażanie POIiŚ w zakresie projektów transportowych) CEL PROGRAMU Rozwój niskoemisyjnego transportu zbiorowego w miastach SKŁADANIE WNIOSKÓW 14/12/2018 – 31/01/2019 w formie papierowej i elektronicznej zgodnie z Regulaminem lub listem poleconym z dopiskiem na kopercie: „wniosek o dofinansowanie do konkursu nr „POIiŚ.6.1/1/18” (C UPT.00-844 Warszawa, Pl. Europejski 2) BUDŻET PROGRAMU 300 mln PLN WSPIERANE PROJEKTY — elektryfikacja wybranych linii komunikacji miejskiej; pełna lub częściowa wymiana taboru o napędzie innym niż elektryczny na autobusy elektryczne lub trolejbusy wyposażone w niezależne elektrochemiczne źródło zasilania — zakup nowych autobusów elektrycznych wraz z niezbędną infrastrukturą ładowania — zakup nowych trolejbusów wyposażonych w niezależne elektrochemiczne źródło zasilania wraz z niezbędną infrastrukturą BENEFICJENCI — jst (w tym ich związki i porozumienia) — miasta woj. i ich obszary funkcjonalne oraz działające w ich imieniu jednostki organizacyjne i spółki specjalnego przeznaczenia, — operatorzy publicznego transp. zbiorowego — zarządcy infrastruktury służącej transportowi miejskiemu — spółki powołane w celu prowadzenia działalności polegającej na udostępnianiu taboru (np. wynajem, leasing) służącego świadczeniu usług publicznych w ramach wykonywania zadań własnych jst w zakresie publicznego transportu zbiorowego WYSOKOŚĆ WSPARCIA Poziom dofinansowania: 85% Min. wkład własny: 5% dla jst lub jednostki podległej	ROK OGŁOSZENIA 2014 INSTYTUCJA ZARZĄDZAJĄCA Regiony / Minister Inwestycji i Rozwoju Oprócz programów wsparcia funkcjonujących na poziomie krajowym dostępne są także Regionalne Programy Operacyjne przeznaczone dla poszczególnych województw. Samorządy otrzymały szerokie kompetencje związane z przygotowaniem i realizacją RPO. Szczegółowe informacje na temat zasad udzielania wsparcia w ramach tych programów dostępne są na stronie internetowej: funduszeuropejskie.gov.pl





Strategie elektryfikacji floty pojazdów komunikacji miejskiej

5 Strategie elektryfikacji floty pojazdów komunikacji miejskiej

5.1 Wybór i optymalizacja linii do elektryfikacji

Głównym celem publicznego transportu zbiorowego jest realizowanie założeń polityki zrównoważonej mobilności. W tym kontekście najważniejsze znaczenie ma utrzymanie lub wzrost udziału osób podróżujących komunikacją miejską. Elektromobilność powinna być wdrażana jako jeden z elementów poprawiających ofertę transportu w mieście, a obsługa pojazdami elektrycznymi postrzegana jako wzrost jakości oferty przewozowej.

Z funkcjonalnego punktu widzenia elementami oceny jakości oferty przewozowej są: linia, rozkład jazdy, przystanek oraz pojazd, a także bilet, kanał dystrybucji i informacja. Wprowadzenie do obsługi autobusów elektrycznych może w szczególności wpłynąć na cztery pierwsze elementy.

Przed wszystkim obsługa pojazdami elektrycznymi nie powinna stanowić przesłanki do zmiany trasy, jeżeli nie znajduje to uzasadnienia w zgłaszanych potrzebach przewozowych. Ewentualna zmiana trasy nie może pogorszyć odczuwanej jakości obsługi, przede wszystkim związanej z czasem podróży. Atrybutami transportu publicznego, które mają największe znaczenie dla pasażerów i determinują wybór środka transportu są: bezpośredniość, punktualność, dostępność i częstotliwość. Dlatego zmniejszenie częstotliwości kursowania pojazdów ze względu na konieczność wydłużenia postojów w celu doładowania baterii jest działaniem nie do zaakceptowania przez pasażerów. Nie należy także brać pod uwagę możliwości zmniejszenia liczby przystanków na trasie tylko po to, żeby poprawić parametry eksploatacyjne, dążąc do zmieszczenia się w jednym cyklu ładowania baterii.

Skrócenie trasy, np. w wyniku rezygnacji z zajazdów do obsługi obszarów oddalonych od głównych tras, część pasażerów zaakceptuje jako rozwiązanie zmniejszające czas podróży, jednak pogorszona zostanie dostępność usług dla pasażerów korzystających z kursów realizowanych po wydłużonej trasie. Z powyższego wynika, jak ważna jest dokładna analiza linii przeznaczonych do elektryfikacji, w szczególności w zakresie zakupu pojazdów o określonych parametrach, infrastruktury oraz samego doboru tras.

W rozkładach jazdy pojazdów transportu publicznego przewidziane są tzw. czasy wyrównawcze, które dotyczą postoju pojazdów na przystankach końcowych i pętlach. Czas wyrównawczy ma na celu umożliwienie punktualnego odjazdu z przystanku krańcowego, w sytuacji, gdy pojazd przyjechał opóźniony w wyniku np.: korków, zdarzeń drogowych, remontów etc. Zaplanowany w rozkładzie 10-minutowy postój na przystanku krańcowym może więc w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego skrócić się do 2-3 minut. Takie przypadki należy uwzględnić przy planowaniu alokacji autobusów elektrycznych na poszczególnych trasach. Kolejnym uwarunkowaniem związanym z eksploatacją pojazdów elektrycznych jest optymalizacja czasu pracy pojazdu i kierowcy. W rezultacie jej wprowadzenia jeden pojazd w ciągu dnia może obsługiwać różne linie. Taką sytuację należy uwzględnić przy planowaniu lokalizacji infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego. Nie oznacza to konieczności wyposażania wszystkich przystanków krańcowych na liniach obsługiwanych przez pojazd elektryczny w stacje ładowania, ponieważ niektóre zadania będą mogły zostać obsłużone bez konieczności doładowania baterii. **Odpowiedni plan lokalizacji ładowarek musi być więc integralnym elementem alokacji pojazdów na liniach.**

Pojazdy elektryczne są sprawniejsze na trasach, na których występuje zróżnicowane ukształtowanie terenu. Lepiej niż autobusy z silnikami spalinowymi radzą sobie z pokonywaniem wzniesień, ale przede wszystkim nie wydzielają zwiększonych ilości szkodliwych związków przy wjeździe. Wzrasta co prawda zużycie energii przy pokonywaniu wzniesień, ale pojazdy z rekuperacją odzyskują energię przy zjazdach (do 60-70% zużytej przy podjeździe). Konieczność pokonywania wzniesień musi być jednak uwzględniona w bilansie zapotrzebowania na energię dla autobusu, gdyż może wpływać na konieczność zastosowania baterii o większej pojemności.

Warunki eksploatacji pojazdów zmieniają się także w zależności od pory roku. O ile obciążenie baterii wykorzystaniem ogrzewania w okresach zimowych i klimatyzacji w okresach letnich nie zmienia w istotny sposób bilansu energetycznego pojazdu, o tyle wraz z następowaniem krótszych dni wydłuża się czas włączania oświetlenia wewnątrz pojazdu. Nowoczesne autobusy elektryczne opcjonalnie wyposażone są w oświetlenie diodowe, co zmniejsza zużycie poboru mocy w okresach jesienno-zimowych. Z czasem pojemność energetyczna baterii maleje, co także trzeba mieć na względzie przy alokacji pojazdów na liniach. Trwałość baterii jest uzależniona od: jej rodzaju, producenta, liczby cykli rozładowania i ładowania, sposobu ładowania, temperatury i innych warunków eksploatacji. Szczegóły w tym zakresie podawane są w karcie technicznej baterii, a wpływ wymienionych czynników na efektywną eksploatację powinien być ustalany przy udziale ekspertów.

Komfort podróży pojazdem elektrycznym nie powinien odbiegać od komfortu podróży autobusem z silnikiem spalinowym. Utrzymanie co najmniej tego samego poziomu komfortu w pojeździe elektrycznym jest związane z wyposażeniem pojazdu w analogiczne urządzenia, jakimi dysponuje pojazd spalinowy, który jest zamieniany na elektryczny.

Zdecydowanymi zaletami pojazdów elektrycznych w stosunku do spalinowych z punktu widzenia pasażerów są:

- cicha praca silnika,
- lepsze przyspieszenie, dające poczucie, że pojazd porusza się szybciej,
- nienarażanie oczekujących na przystanku na wdychanie spalin z układu wydechowego.

Zalety pojazdów elektrycznych stanowią wartość dodaną, poprawiając komfort podróży transportem publicznym. Określone znaczenie ma także postrzeganie elektromobilności w transporcie publicznym jako wyrazu nowoczesności miasta i dbałości o jego wizerunek. W związku z powyższym do obsługi pojazdami elektrycznymi z napędem bateryjnym szczególnie predystynowane są:

- obszary o znaczeniu turystycznym, rekreacyjnym, ekologicznym,
- ulice o gęstej zabudowie mieszkaniowej zlokalizowanej np. w śródmieściu,
- obszary o walorach zabytkowych, nowe osiedla mieszkaniowe.

Ze względów ekonomicznych pojazdy elektryczne powinny być przeznaczone przede wszystkim do obsługi zadań całodziennych, całotygodniowych i całorocznych²⁰. Jako pojazdy droższe od autobusów z silnikiem Diesla, **powinny przejeżdżać w ciągu dnia i roku możliwie jak największą liczbę kilometrów.** Bez względu bowiem na sposób finansowania transportu publicznego, pojazd transportu publicznego zarabia wtedy, gdy jeździ na trasie. Przy realizacji tego założenia kluczowa jest wydajność baterii mierzona liczbą kilometrów, które można zrealizować bez ich doładowania. W miastach, w których funkcjonuje duża liczba połączeń bezpośrednich, charakteryzujących się relatywnie długimi trasami, obsługa pojazdami elektrycznymi zasilanymi wyłącznie z baterii wiąże się z większymi obostrzeniami niż w miastach, w których dominują linie o krótkich trasach obsługujące połączenia z przesiadkami. W tym drugim przypadku liczba ładowań może być większa, przy jednoczesnym mniejszym rozładowaniu baterii (krótsze odcinki jazdy). Na liniach bezpośrednich czas jazdy pomiędzy doładowaniami jest dłuższy, a liczba ładowań mniejsza. Z drugiej strony, trasy linii bezpośrednich w części przebiegają poza obszarem kongestii, co oznacza mniejsze zużycie energii oraz to, że czas potrzebny na ładowanie może być dłuższy ze względu na fakt, że linie bezpośrednie z reguły są liniami o niskiej częstotliwości kursowania (obsługują obszary peryferyjne). Nowoczesne stacje ładowania o mocy 150-450 kW umożliwiają przy tym naładowanie prawie całkowicie rozładowanej baterii w czasie ok. 10 min²¹.

²⁰ Wyjątkiem jest obsługa: obszarów chronionych ekologicznie, miejsc turystyki i rekreacji, uzdrowisk

²¹ <https://www.abb-conversations.com/pl/2016/03/blyskawiczne-ladowanie-autobusow-elektrycznych> (dostęp 19/06/2018 r.)

Które linie elektryfikować?

Utrzymanie
lub wzrost udziału osób
podróżujących, poprawa
komfortu jazdy

Dlatego obsługa pojazdami elektrycznymi
nie może pogorszyć odczuwanej przez
pasażerów jakości oferty przewozowej, na
którą w głównej mierze składają się:

LINIA	ROZKŁAD JAZDY	PRZYSTANEK	POJAZD
Obsługa pojazdami elektrycznymi nie powinna stanowić przesłanki do zmiany trasy, jeżeli nie jest to uzasadnione w zgłaszanych potrzebach przewozowych Ewentualna zmiana trasy nie może pogorszyć odczuwalnej jakości obsługi, przede wszystkim związanej z czasem podróży	Zmniejszenie częstotliwości kursowania pojazdów ze względu na konieczność wydłużenia postojów, w celu doładowania baterii, nie powinno mieć miejsca	Nie należy brać pod uwagę możliwości zmniejszenia liczby przystanków na trasie tylko po to, żeby poprawić parametry eksploatacyjne, dążąc do zmieszczenia się w jednym cyklu ładowania baterii	Komfort podróży nie powinien ulec zmianie, co jest związane z wyposażeniem pojazdu elektrycznego w urządzenia analogiczne do tych, jakimi dysponuje pojazd spalinowy

Ze względów ekonomicznych droższe pojazdy elektryczne powinny pokonywać jak największą liczbę kilometrów i być przeznaczone do obsługi zadań całodziennych, całotygodniowych i całorocznych – pojazd transportu publicznego zarabia wtedy, kiedy jeździ

Charakterystyka aglomeracji

Istotnym parametrem funkcjonalności autobusów elektrycznych jest **wydajność baterii** mierzona liczbą kilometrów, które pojazd można pokonać w ciągu dnia bez ich doładowywania

OBSŁUGIWANIE TRAS E-BUSAMI JEST

Najbardziej korzystne w miastach, w których dominują **linie o krótkich trasach**, obsługujące połączenia z przesiadkami, gdzie liczba ładowań jest większa, przy jednoczesnym mniejszym rozładowaniu baterii

Mniej optymalne w miastach, w których funkcjonuje duża liczba połączeń bezpośrednich, charakteryzujących się relatywnie długimi trasami

Trasy bezpośrednie często przebiegają poza obszarem kongestii, gdzie zużycie energii jest mniejsze

Dostępny jest dłuższy czas na ładowanie (linie o niskiej częstotliwości kursowania, obsługujące obszary peryferyjne)

Nowoczesne stacje ładowania o mocy 150-450 kW umożliwiają naładowanie prawie całkowicie rozładowanej baterii w czasie ok. 10 min

Dodatkowe przesłanki wykorzystania pojazdów z napędem elektrycznym:



Obsługa obszarów o znaczeniu turystycznym, rekreacyjnym, ekologicznym, etc.



Obsługa ulic o gęstej zabudowie mieszkaniowej



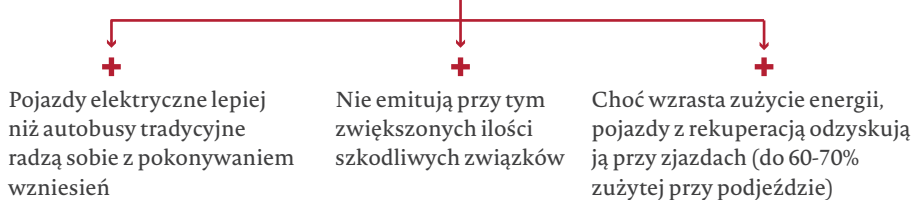
Obsługa obszarów zabytkowych



Obsługa nowych osiedli mieszkaniowych

Ukształtowanie terenu

Konieczność pokonywania wzniesień w codziennym ruchu musi zostać uwzględniona w bilansie zapotrzebowania na energię autobusu, gdyż może wpływać na konieczność zastosowania baterii o większej pojemności



Warunki pogodowe

Eksplatacja pojazdów elektrycznych zmienia się w zależności od pory roku



Baterie

Z czasem pojemność energetyczna baterii maleje, co trzeba uwzględnić przy alokacji pojazdów na liniach



TRWAŁOŚĆ BATERII JEST UZALEŻNIONA OD:

- rodzaju
- producenta
- liczby cykli rozładowania i ładowania
- sposobu ładowania
- temperatury
- innych warunków eksploatacji

Szczegóły w tym zakresie podawane są w karcie technicznej baterii, a wpływ wymienionych czynników na efektywną eksploatację powinien być ustalany przy udziale ekspertów

Atrybuty transportu publicznego, które mają największe znaczenie dla pasażerów i determinują wybór środka transportu:

BEZPOŚREDNIOŚĆ
PUNKTUALNOŚĆ
DOSTĘPNOŚĆ
CZĘSTOTLIWOŚĆ

Elektromobilność powinna być postrzegana jako jeden z elementów poprawiających funkcjonowanie transportu publicznego, a nie cel sam w sobie

Optymalizacja

Uwarunkowaniem związanym z eksploatacją pojazdów elektrycznych jest **optymalizacja czasu pracy pojazdu i kierowcy**.

W rezultacie jej wprowadzenia, jeden pojazd w ciągu dnia może obsługiwać różne linie

Nie oznacza to konieczności wyposażania wszystkich przystanków krańcowych w stacje ładowania, ale **odpowiedni plan lokalizacji ładowarek** musi być integralnym elementem alokacji pojazdów na liniach

Czasy wyrównawcze

W rozkładach jazdy przewiduje się **czasy wyrównawcze, które dotyczą postojów na przystankach krańcowych i pętach**. Mają one na celu umożliwienie punktualnego odjazdu w sytuacji wcześniejszego opóźnienia

Ewentualny brak możliwości doładowania w wyniku czasu wyrównawczego należy koniecznie uwzględnić przy planowaniu alokacji pojazdów elektrycznych na poszczególnych liniach

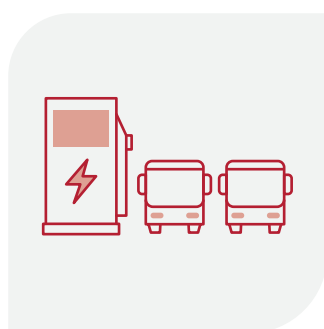
Oferta

Zalety e-busów stanowią wartość dodaną, poprawiając komfort podróży. **Określone znaczenie ma więc odpowiednie komunikowanie zalet elektromobilności w zakresie przewag poszczególnych linii**

Zelektryfikowana linia to wyraz nowoczesności i dbałości o klientów, które powinny się przekładać na atrakcyjność oferty i zwiększenie liczby pasażerów korzystających z komunikacji miejskiej

5.2 Determinanty wyboru systemu ładowania pojazdów elektrycznych

Optymalizacja obsługi pojazdami elektrycznymi polega na maksymalizowaniu korzyści eksploatacyjnych, w tym ekonomiczno-finansowych i pozaeksploatacyjnych przy utrzymaniu co najmniej niezmienionej jakości obsługi.



Ładowanie w zajezdni

W ostatnich latach nastąpił znaczny postęp technologiczny w zakresie napędzania pojazdów energią elektryczną. Baterie litowo-jonowe posiadają obecnie odpowiednią pojemność i z powodzeniem stosowane są jako jedyne lub uzupełniające źródło energii w pojazdach publicznego transportu drogowego.

Moc ładowarek zlokalizowanych w zajezdniach z reguły nie przekracza 60-80 kW. Umożliwiają one ładowanie baterii po zakończeniu pracy pojazdu. **Zaletą ładowarek o niewielkich wymaganiach mocy jest możliwość ich zasilania z sieci energetycznej niskiego napięcia²².** Ładowarki o niewielkich mocach mogą być również montowane w pojazdach, choć w kontekście rosnących kosztów osobowych, ze względu na długi czas ładowania, obniża to efektywność ekonomiczną autobusów elektrycznych. Dzięki nim możliwe jest ładowanie przy wykorzystaniu ogólnie dostępnej sieci energetycznej, np. poprzez typowe gniazda trójfazowe²³. **Stanowi to dodatkowe zabezpieczenie w przypadku konieczności doładowania pojazdu w trakcie jego eksploatacji z przyczyn, których nie można było przewidzieć.**

Determinanty wyboru linii i alokacji pojazdów elektrycznych do obsługi poszczególnych zadań są jednocześnie czynnikami decydującymi o wyborze sposobu ładowania pojazdów. Konfiguracja systemu ładowania decyduje o sprawności i efektywności obsługi transportowej pojazdami elektrycznymi wyposażonymi w napęd bateryjny.

Z eksploatacyjnego punktu widzenia ograniczenie się wyłącznie do ładowarek zlokalizowanych w zajezdniach jest możliwe w małych miastach, w których funkcjonuje transport miejski obsługiwany przez relatywnie niewielką liczbę pojazdów (od kilku do kilkunastu), a dzienna praca eksploatacyjna pojazdów realizowana w ramach zadania nie wymaga doładowania baterii. Jest to jednak działanie o niższej efektywności ekonomicznej. **Liczba stanowisk ładowania powinna wówczas odpowiadać liczbie pojazdów elektrycznych na stanie.**

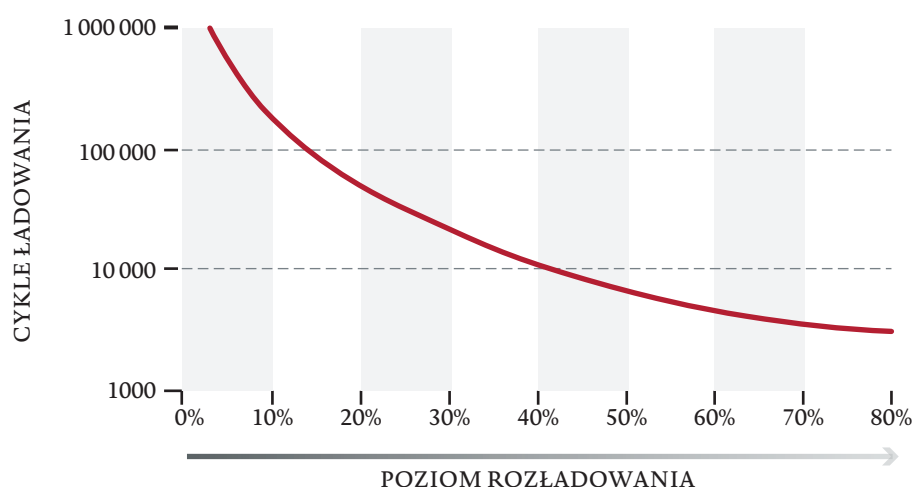
Przy dużej liczbie pojazdów istotna jest kwestia związana z dostarczeniem energii do zajezdni. Im większy stopień rozładowania baterii, tym mniejsza jej żywotność mierzona liczbą cykli ładowania. To powoduje, że stosowanie wyłącznie ładowania w zajezdniach po zakończeniu pracy pojazdu, przy wysokim stopniu rozładowania baterii, może zwiększyć koszty eksploatacyjne związane z koniecznością wymiany zasobników energii.

Słabą stroną systemu ładowania baterii opartego wyłącznie na urządzeniach instalowanych w zajezdniach (małej mocy), których duża pojemność ma zapewnić realizację całodziennego zadania bez konieczności ładowania, jest masa. Dla baterii o pojemności 300 kWh może wynieść ona od 3 do 4 ton, co w przeliczeniu na wagę przeciętnego pasażera odpowiada 40-60 osobom.

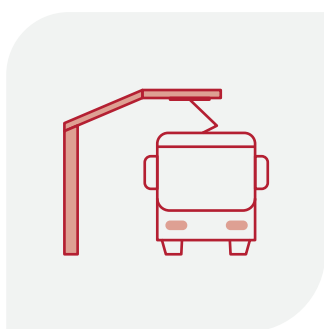
²² W Kobos, P. Chudzik, Dostarczanie energii do autobusu elektrycznego, [w:] „Autobusy”, 2017 nr 1-2, s. 49

²³ A. Guziński, M. Adamowicz, J. Kamiński, Pojazdy elektryczne – rozwój technologii. Układy ładowania i współpraca z siecią elektroenergetyczną, „Automatyka, Elektryka, Zakłócenia”, Infotech 2012 r.

Zależność pomiędzy poziomem rozładowania baterii a liczbą cykli ładowania
(baterie litowo-jonowe)



Źródło: M. Andersson, *Energy storage solutions for electric bus fast charging stations Cost optimization of grid connection and grid reinforcements*, Praca Dyplomowa, Uniwersytet w Uppsali, 2016 r.



Ładowanie na przystankach

Rozproszony system ładowania oparty na urządzeniach lokalizowanych punktowo w sieci komunikacyjnej ogranicza bądź eliminuje wady scentralizowanego rozwiązania opartego na ładowarkach zainstalowanych w zajezdni.

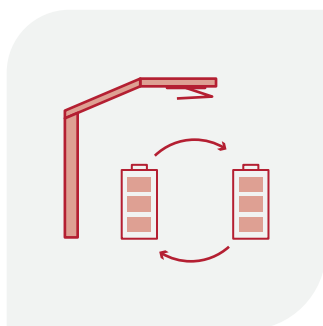
Ładowarki instalowane w ramach systemu rozproszonego mogą być instalowane na przystankach krańcowych i pośrednich. Ładowarki instalowane na przystankach krańcowych umożliwiają doładowanie pojazdu po każdym kursie, o ile rozkład jazdy przewiduje czas postoju na pętli (tylko w nielicznych przypadkach funkcjonują linie, dla których nie przewiduje się postoju na jednym z przystanków krańcowych – tzw. linie okrężne). Linie realizujące bezpośrednie połączenia średnicowe (przez zagrożony kongestią obszar śródmiejski) oraz obsługujące obszary podmiejskie muszą mieć zapewniony dłuższy czas postoju w celu doładowania baterii.

Decydując się na system doładowania rozproszonego, można eksploatować baterie o mniejszej pojemności, uzyskując w ten sposób oszczędności związane z ciężarem zasobnika energii, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia zużycia energii w porównaniu do pojazdów wyposażonych w baterie o dużej pojemności (250-350 kWh).

Pojemność baterii powinna być tak dobrana, żeby nie następowało jej znaczne rozładowanie w czasie jednego kursu (skraca to żywotność zasobnika i powoduje wzrost kosztów).

Ładowanie baterii na przystankach krańcowych urządzeniami o mocy powyżej 200 kW wymaga podłączenia do sieci energetycznej średniego napięcia, co podwyższa koszty inwestycyjne, ale zapewnia wzrost efektywności eksploatowanego taboru (np. przy mocy 400 kW).

Odmianą systemu ładowania rozproszonego jest ładowanie na przystankach pośrednich. Oparcie systemu ładowania wyłącznie na tym rozwiązaniu wymagałoby instalowania urządzeń ładowania na wielu przystankach, co podniosłoby koszty przedsięwzięcia i niosło za sobą ryzyko przerwania ciągłości usług w sytuacji wystąpienia awarii. Ponadto należy pamiętać, że na jeden przystanek, nawet w warunkach koordynacji rozkładów jazdy, zwłaszcza w godzinach szczytu przewozowego, może podjeżdżać więcej niż jeden pojazd, co wymaga instalowania odpowiedniej liczby stanowisk do ładowania i rozwiązania problemu zwiększonego poboru mocy w takiej sytuacji.



Pozostałe rozwiązania

Alternatywnym rozwiązaniem w stosunku do ładowania akumulatorów autobusów elektrycznych jest ich wymiana. Rozwiązanie takie umożliwia nieobciążanie sieci energetycznej w okresie największego poboru energii i zapewnia akumulatorom optymalne warunki ładowania (temperatura, czas i moc), co wpływa na ich żywotność. Czas wymiany jest relatywnie szybki i nie powinien przekraczać 10 min.

W przypadku miast posiadających system transportu trolejbusowego bądź tramwajowego możliwe jest zastosowanie ładowania dwuprzewodowego, które odbywa się bezpośrednio z sieci trakcyjnej (w przypadku sieci tramwajowej konieczna jest modyfikacja). Takie rozwiązanie zwiększa koszty pojazdu, jednak pozwala na minimalizację kosztów inwestycyjnych oraz na znaczną elastyczność systemu.

Dla linii transportowych o bardzo dużej częstotliwości kursowania, o interwałach 10 min. lub mniejszych, w szczególności obsługiwanych taborem przegubowym, uzasadnione jest zastosowanie ładowania dynamicznego za pomocą trolejbusowej sieci trakcyjnej, która pokrywa 30-40% trasy. Takie rozwiązanie zalecane jest głównie dla miast eksploatujących sieć tramwajową, a także miast wprowadzających szybkie systemy transportu autobusowego (ang. Bus Rapid Transit, BRT).

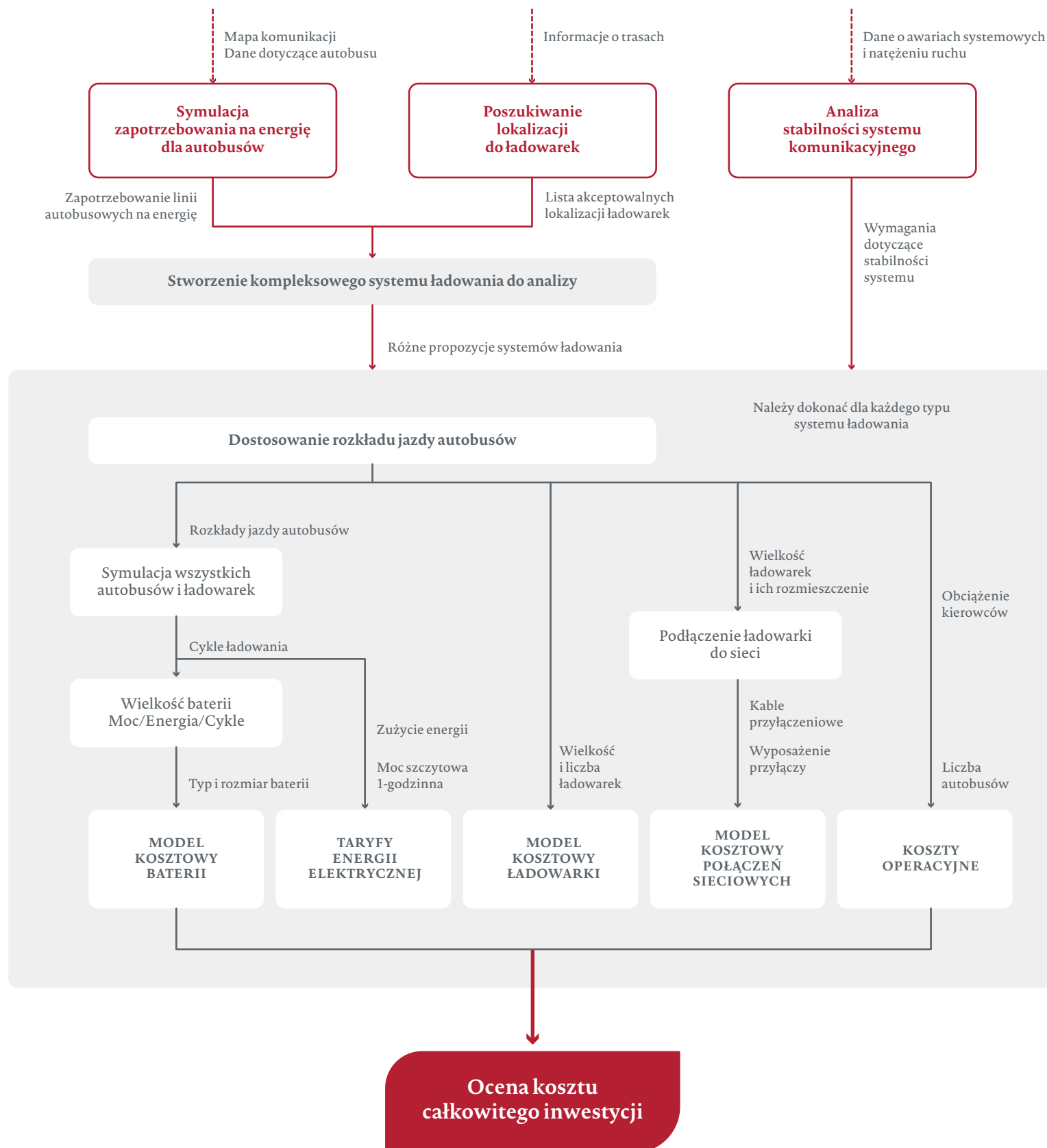


Analiza

Docelowa konfiguracja systemu ładowania powinna być przedmiotem dokładnej analizy uwzględniającej parametry funkcjonowania każdej linii i poszczególnych zadań. Na poniższym wykresie przedstawiono algorytm optymalizacji sposobu funkcjonowania transportu publicznego, w tym systemu ładowania.

Odrębną kwestią, wymagającą szczegółowych analiz technicznych, jest możliwość wykorzystania infrastruktury zasilania pojazdów elektrycznych transportu publicznego do ładowania innych pojazdów elektrycznych (samochodów osobowych, dostawczych, służb etc.). Należy bowiem wspierać rozwój pojazdów elektrycznych, ale w co najmniej takim samym stopniu, jak działania prowadzące do zmian zachowań transportowych mieszkańców, w rezultacie których osiągnięte zostaną wszystkie cele zrównoważonej mobilności.

Optimalizacja obsługi transportem publicznym opartym na autobusach elektrycznych



Źródło: E. Bramson, K. Staroński, S. Wesołek, *Autobusy elektryczne - kompendium informacji dla operatorów i użytkowników stojących przed wyzwaniem stworzenia systemu komunikacji aglomeracyjnej opartej o autobusy elektryczne*, Aviotech Electric, Warszawa, 2017 r., s. 8. [za]: O. Olsson, A. Grauers, S. Pettersson, *Method to analyze cost effectiveness of different electric bus systems*, EVS29 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, Montreal, 2016 r.

Stacje szybkiego ładowania lokalizowane na pętlach mogą być potencjalnie wykorzystywane jako główny element modułu ładowania różnych pojazdów elektrycznych, przy zastrzeżeniu konieczności zainstalowania oddzielnych urządzeń odpowiednich do ładowania innych pojazdów niż pojazdy transportu publicznego. Do rozwiązania w takim przypadku pozostaje kwestia lokalizacji stanowisk ładowania innych pojazdów (niekolidującej z ruchem pojazdów komunikacji miejskiej, niestwarzającej zagrożenia dla pasażerów i pieszych i niepogarszającej warunków oczekiwania na pojazdy transportu publicznego) oraz odpłatności za wykorzystaną energię.

Takie rozwiązania zwiększają efektywność i optymalizują wykorzystanie infrastruktury ładowania. Istnieje także możliwość wykorzystania elementów sieci trakcyjnej do zasilania punktów ładowania innych pojazdów niż pojazdy transportu publicznego.

Podsumowanie kryteriów wyboru systemu ładowania

SYSTEM ŁADOWANIA	DETERMINANTY WYBORU
Ładowanie nocne	Niewielkie systemy transportowe
	Linie o nieznacznej intensywności wykorzystania taboru, np. tylko w szczytach komunikacyjnych
Szybkie ładowanie – „opportunity charging”	Linie o szerokim zakresie czasowym obsługi i intensywności funkcjonowania uzasadniającej budowę stacji ładowania na przystankach krańcowych
Ładowanie dynamiczne (IMC)	Linie o bardzo dużej częstotliwości kursowania oraz obsługiwane taborom wielkopojemnym
	Dodatkowym argumentem jest eksploatacja systemu tramwajowego, a przede wszystkim trolejbusowego
Ładowanie dwuprzewodowe	Miasta eksploatujące sieć tramwajową pokrywającą się z liniami autobusowymi w dogodnych miejscach do ładowania

Źródło: opracowanie własne

5.3 Analiza techniczno-operacyjna elektryfikacji miejskiego transportu publicznego

Rozważając zakup autobusów elektrycznych, należy rozpatrywać go łącznie z zakupem zasobników energii (baterii) oraz wybranego systemu ładowania.

Ze względu na wyższe ceny autobusów elektrycznych i potrzebę inwestowania w tworzoną dopiero infrastrukturę ładowania są one nabywane niemal wyłącznie z dofinansowaniem ze środków zewnętrznych. Zakres niezbędnych do przeprowadzenia analiz określany jest w warunkach konkursowych konkretnych programów.

Można go zilustrować na przykładzie niezbędnego zakresu analizy techniczno-operacyjnej na potrzeby aplikowania o dofinansowanie w Działaniu 6.1 – Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach w ramach Osi Priorytetowej VI – Rozwój niskoemisyjnego transportu zbiorowego w miastach w Programie Operacyjnym Infrastruktura i Środowisko na lata 2014-2020.²⁴

Wymagana w przywołanym konkursie analiza powinna uwzględniać co najmniej niżej wyspecyfikowane parametry i zmienne²⁵.

Linie komunikacji miejskiej wybrane do elektryfikacji

A | Parametry linii

- długość
- dodatkowo, przy pierwszym i ostatnim obiegu, długość dojazdu z zajezdni (bazy transportowej) do przystanku końcowego
- liczba przystanków
- czas przejazdu pomiędzy przystankami końcowymi w normalnych warunkach
- czas przejazdu pomiędzy przystankami końcowymi w godzinach szczytu
- czas przejazdu pomiędzy przystankami końcowymi w godzinach szczytu po zastosowaniu możliwych do wdrożenia usprawnień ruchu

Jeśli czas przejazdu w godzinach szczytu jest znacznie dłuższy niż w warunkach normalnych, to należy sprawdzić możliwość podjęcia działań na rzecz skrócenia tego czasu (buspasy, ustawienie świateł drogowych i inne).

- uwarunkowania postojów ze względu na przepisy o czasie pracy kierowców
- czas postoju na przystankach końcowych, a jeśli planowane jest doładowywanie baterii na innych przystankach, to również czas postoju na pozostałych przystankach
- potencjalne sytuacje konkurencji pojazdów między sobą o dostęp do punktu ładowania na przystankach, w tym na przystankach końcowych (pętlach autobusowych), jeśli linie wybrane do elektryfikacji stykają się ze sobą
- potencjalne potrzeby w zakresie modyfikacji przebiegu linii ze względu na uwarunkowania związane z doładowywaniem baterii (lokalizacja stacji ładowania) lub potrzebą skrócenia czasu jazdy na doładowaniu

²⁴ Nabór wniosków od 14/12/2018 do 31/01/2019 r.

²⁵ Niezbędny zakres analizy techniczno-operacyjnej na potrzeby aplikowania o dofinansowanie w Działaniu 6.1 – Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach w ramach Osi Priorytetowej VI – Rozwój niskoemisyjnego transportu zbiorowego w miastach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2014-2020

B | Charakterystyka popytu i potrzeb przewozowych na linii

- Średnia dobową liczbą pasażerów na poszczególnych odcinkach międzyprzystankowych
- Średnia liczba pasażerów na poszczególnych odcinkach międzyprzystankowych w godzinach szczytu
- Średnia liczba pasażerów na poszczególnych odcinkach międzyprzystankowych poza godzinami szczytu
- Odcinki międzyprzystankowe z największym zapotrzebowaniem w godzinach szczytowych i pozaszczytowych wraz z liczbą pasażerów
- Odcinki międzyprzystankowe, na których linia objęta projektem pokrywa się z innymi liniami komunikacji miejskiej i które „wspólnie” obsługują pasażerów
- Średnia liczba pasażerów na poszczególnych odcinkach międzyprzystankowych, którą beneficjent szacuje jako przypisaną do linii (tj. pasażerów niemających możliwości skorzystania z linii alternatywnych) w godzinie szczytu
- Średnia liczba pasażerów na poszczególnych odcinkach międzyprzystankowych, którą beneficjent szacuje jako przypisaną do linii poza godzinami szczytu

C | Pojemność baterii i zużycie energii

- Pojemność nominalna baterii możliwa do zastosowania w pojazdach elektrycznych
- Zużycie energii na jazdę w normalnych warunkach z uwzględnieniem nachyleń terenu – jeśli dotyczy
- Możliwe przyczyny dodatkowego zużycia energii elektrycznej wynikające z uwarunkowań lokalizacji inwestycji (obsługa klimatyzacji/ogrzewania zależna od specyfiki warunków klimatycznych i pogodowych, nachylenia terenu – jeśli występują, kongestia w godzinach szczytu, inne)

W kolejnym kroku beneficjent powinien sprawdzić, jak może kształtować się zużycie energii elektrycznej w zależności od wystąpienia tych przesłanek (należy zakładać, że zużycie to nie jest wprost proporcjonalne do zużycia energii w pojazdach o napędzie konwencjonalnym).

- Zużycie energii na ogrzewanie
- Zużycie energii na klimatyzację
- Dodatkowe zużycie energii w sytuacji kongestii
- Energia potrzebna na wykonanie jednego obiegu (całe kółko – w obu kierunkach)
- Pojemność nominalna baterii, pojemność nominalna baterii w kolejnych latach okresu eksploatacji
- Poziom rezerwy baterii (do zużycia tylko w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnej oraz dodatkowo w pierwszym okresie funkcjonowania projektu z tytułu niepewności co do poziomów zużycia energii)
- Minimalny początkowy stan baterii do dyspozycji w momencie rozpoczęcia obiegu na linii

D | Pojazdy

Parametry pojazdów w momencie rozpoczęcia obsługi linii autobusami elektrycznymi:

- Długość i pojemność pojazdów elektrycznych dostępnych na rynku
- Długość i pojemność pojazdów elektrycznych o napędzie konwencjonalnym w posiadaniu operatora przewozów
- Możliwości w zakresie zwiększenia (zmniejszenia) pojemności baterii, a zwiększenia (zmniejszenia) pojemności autobusu
- Zasięg jazdy pojazdów elektrycznych na pełnym ładowaniu po odjęciu rezerwy
- Liczba cykli ładowania, po których należy wymienić baterię

Parametry po odtworzeniu (wymianie) baterii:

- Prognozowana pojemność nominalna baterii w momencie odtworzenia
- Zasięg jazdy pojazdów elektrycznych po zainstalowaniu nowej baterii na pełnym ładowaniu, łącznie z rezerwą i po odjęciu rezerwy

E | Stacje (punkty) ładowania

Stacje ładowania w zajezdni (bazie transportowej) – ładowanie normalne:

- Liczba punktów ładowania na stacji (przyłączy potrzebnych do obsługi liczby autobusów planowanych do zakupienia)
- Technologia ładowania
- Moc ładowania (stacja, poszczególne punkty)
- Szybkość ładowania
- Czas postoju autobusu w bazie w celu ładowania (część czasu przebywania autobusu w bazie może być poświęcona innym czynnościom, jak mycie, sprzątanie, drobne naprawy, itp.)
- Czas potrzebny do pełnego doładowania baterii

Stacje ładowania na obszarze obsługi komunikacyjnej (na pętlach autobusowych/przystankach krańcowych, pozostałych przystankach) – ładowanie szybkie:

Określenie liczby punktów ładowania jest potrzebne w sytuacji, gdy ta sama pętla (przystanek krańcowy) będzie punktem startu kilku linii obsługiwanych przez pojazdy elektryczne lub autobusy tej samej linii będą taktowane częściej niż wynosi czas ich postoju na czas ładowania.

- Technologia ładowania
- Moc ładowania (stacja, poszczególne punkty)
- Szybkość ładowania
- Czas ładowania na przystanku (należy założyć, że czas ładowania jest krótszy niż czas postoju na przystanku)
- Czas potrzebny do pełnego doładowania baterii autobusu

W przypadku trolejbusów przyjmuje się założenie, że na części linii jazda odbywa się z użyciem pantografu i w tym czasie ma miejsce doładowanie baterii.

F | Współzależności parametrów i zmiennych eksploatacyjnych

- Strategia obsługi pasażerów na liniach, w tym taktowanie autobusów (trolejbusów) i akceptowalne poziomy zapewnienia w powiązaniu z pojemnością autobusów
- Pojemność pojazdów i taktowanie pojazdów pozwalające na obsługę potrzeb w zakresie pracy przewozowej
- Dobowy rozkład jazdy uwzględniający potrzeby transportowe i strategię obsługi tych potrzeb
- Zasady ładowania (technika, czas, miejsce) a liczba potrzebnych autobusów, obiegowanie pojazdów obsługujących linię
- Koordynacja miejsca i czasu ładowania z rozkładem jazdy oraz wymogami w zakresie czasu pracy kierowców
- Roczny przebieg możliwy do wykonania przez jeden pojazd przy zastosowaniu planowanego systemu ładowania
- Rodzaje pojazdów ze względu na długość i ich liczba pozwalająca na obsługę planowanego rozkładu jazdy na linii w godzinach szczytu i pozaszczytowych

Można przyjąć założenie o takiej samej pojemności autobusów w ciągu całej doby lub o różnej pojemności autobusów w godzinach szczytu i pozaszczytowych, ze względu na mniejszą pojemność autobusów elektrycznych oraz inne niż w przypadku autobusów z napędem konwencjonalnym zasady ich obiegowania (uwarunkowane rozmieszczeniem stacji ładowania, ich mocą, czasem potrzebnym na doładowanie). W każdym przypadku należy sprawdzić, ile autobusów będzie potrzebnych do obsługi linii (w każdym jej wariantcie) pod względem wielkości autobusów i możliwego do zrealizowania rozkładu jazdy. Należy z góry założyć, że zapewnienie obsługi danej linii tą samą liczbą autobusów elektrycznych, co spalinowych, o tej samej długości i w tym samym rozkładzie jazdy, jest mało prawdopodobne.

G | Inne

- Infrastruktura przyłączeniowa oraz wydolność lokalnej sieci dystrybucji energii (w tym maksymalne napięcie)

Analizę należy wykonać dla każdego miejsca, w którym rozważane jest ustawienie stacji ładowania. Należy zwrócić szczególną uwagę na potrzeby techniczno-technologiczne stacji ładowania normalnego i stacji ładowania szybkiego. Określenie zakresu rzeczowego i niezbędnych kosztów inwestycji, zarówno po stronie własnej, jak i po stronie dystrybutora energii elektrycznej.

- Ewentualna dodatkowa funkcjonalność punktów ładowania szybkiego, np. możliwość ładowania samochodów osobowych, potrzeby technologiczne itp.

Należy określić zakres rzeczowy niezbędnych inwestycji w tym zakresie oraz związane z nimi nakłady.

- Niezbędne wyposażenie do ładowania mobilnego (w sytuacjach awaryjnych), pozostałe wyposażenie pojazdów posiadających stacje do ładowania mobilnego

H | Kwestie związane z budową stacji ładowania²⁶

Budowa stacji ładowania jest podobna do każdej inwestycji budowlanej i wymaga:

- pozyskania odpowiedniego terenu
- wystąpienia do operatora systemu dystrybucji energii elektrycznej o wydanie warunków przyłączeniowych

W wielu przypadkach przyłączenie do sieci energetycznej jest skomplikowane, bo sieć może być już przeciążona. Może to nieść ze sobą wysokie koszty inwestycji związanej z przyłączeniem, dlatego najpierw trzeba dokonać analizy, czy w danej lokalizacji jest zasadność budowy stacji ładowania. Wydanie warunków przyłączeniowych jest bezpłatne, niemniej wymagane jest zgromadzenie wszystkich dokumentów (m.in. prawa do dysponowania nieruchomością).

- przygotowania projektu budowlanego i wykonawczego stacji ładowania
- dokonania zgłoszenia inwestycji bądź wystąpienia o zgodę na budowę

Punkty ładowania nie wymagają zgody na budowę i wystarczy samo zgłoszenie, ale należy to potwierdzić w stosownym urzędzie. Ponadto, jeśli np. stacja ładowania ma być zasilana z sieci 15 kV, to trzeba zbudować stację transformatorową, co wymaga uzyskania pozwolenia na budowę.

- realizacji przedsięwzięcia i jej odbioru

Należy pamiętać, że zakład energetyczny ma dość długie terminy na doprowadzenie energii. Część samorządów aktywnie uczestniczy w konsultacjach z lokalnym dystrybutorem energii, warto więc jak najszybciej wejść w ten dialog, co może znacząco skrócić czas przyłączenia.

5.4 Efektywność ekonomiczna autobusów elektrycznych

Modelowanie efektywności ekonomicznej w unijnym projekcie Eliptic (Electrification of public transport in cities – Elektryfikacja transportu publicznego w miastach) oparte było na porównaniu rocznych kosztów eksploatacji autobusu o napędzie Diesla oraz elektrycznym. W rachunku kosztów (przeprowadzanym w euro, w cenach netto) uwzględniane były koszty pojazdu, baterii (nabycia oraz regularnej wymiany), innych czynności utrzymaniowych, energii – paliwa i /lub energii elektrycznej, infrastruktury (ładowarek w zajezdniach i na pętlach oraz sieci trolejbusowej), dodatkowe koszty personelu oraz zewnętrzne (emisji hałasu i zanieczyszczeń – CO, NMHC, NOx, PM10 i CO₂). Nie uwzględniano natomiast kosztów nieróżnicujących poszczególnych wariantów, takich jak: sprzątanie, kierowcy, zajezdnia itp.

Wyniki prezentowano zasadniczo dla 3 typów eksploatacji wyrażonej średnim, dobowym przebiegiem:

- **150 km dziennie** (47 tys. km rocznie²⁷), co oznacza eksploatację mało intensywną, typową dla małych miast lub mniej obciążonych schematów pracy pojazdów,
- **250 km dziennie** (78 tys. km rocznie), co stanowi ilustrację intensywnej eksploatacji, zasadniczo na zadaniach kursujących od wczesnego rana do późnego wieczora lub o względnie wysokich prędkościach,
- **350 km dziennie** (110 tys. km rocznie), co przekłada się na bardzo intensywną eksploatację, obecnie praktycznie niespotykaną i przyjętą jako rozwiązanie krańcowe. W przypadku odpowiedniej organizacji jest ona możliwa do osiągnięcia na wybranej puli zadań przewozowych.

²⁶ Ten fragment nie stanowi niezbędnego zakresu analizy techniczno-operacyjnej na potrzeby aplikowania o dofinansowanie w Działaniu 6.1 – Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach w ramach Osi Priorytetowej VI – Rozwój niskoemisyjnego transportu zbiorowego w miastach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2014-2020

²⁷ Przy założeniu eksploatacji 315 dni w roku

Wyniki analizy okazały się korzystne i wskazały, że z reguły efektywność ekonomiczna autobusu elektrycznego ujawnia się przy dobowych przebiegach rzędu 275 km i więcej (ok. 85 tys. km rocznie). Jest to przebieg wysoki, ale możliwy do osiągnięcia przy odpowiednim planowaniu służb – w szczególności przy wyborze do obsługi autobusami elektrycznymi takich zadań, które realizowane są 7 dni w tygodniu, od wczesnych godzin rannych do późnych godzin nocnych. Powyższe wyniki nie uwzględniają postępu technologicznego w zakresie baterii oraz możliwego obniżenia ceny autobusu elektrycznego w związku z masową produkcją.

Najbardziej efektywnym sposobem wdrażania elektromobilności, w przypadku braku infrastruktury trolejbusowej, okazał się równoczesny zakup autobusów elektrycznych oraz budowa infrastruktury umożliwiającej doładowywanie pojazdów na pętach. Dzięki takiej infrastrukturze pojazdy elektryczne mają na tyle długi zasięg, że osiągają wartości pracy eksploatacyjnej pozwalające na zrekompensowanie wyższych kosztów nabycia pojazdu poprzez intensywną eksploatację. Dodatkowo zaś gęsta sieć ładowarek pozwala znacznie obniżyć pojemność baterii, co z kolei zmniejsza tę pozycję kosztową²⁸.

Należy podkreślić, że w zależności od specyfiki lokalnej sieci, może to oznaczać zasadność typowania do obsługi pojazdami elektrycznymi lub obsługę na wybranych liniach, zadań całotygodniowych pojazdami elektrycznymi, zaś pozostałych – pojazdami spalinowymi.

W związku z powyższym, modelowanie efektywności ekonomicznej wdrożenia autobusów elektrycznych w konkretnym mieście powinno być wykonywane z uwzględnieniem specyfiki lokalnej. W szczególności koniecznym elementem modelowania jest identyfikacja lub stworzenie, w wyniku rekonstrukcji rozkładów jazdy, służb o wysokich przebiegach z możliwością budowy infrastruktury ładowania (wspólne pętle lub odcinki tras). W niektórych przypadkach zasadne (niewielki przyrost kosztów) może być zwiększenie przebiegu niektórych służb, np. poprzez dodanie kursów w międzyszczytce, wcześniej rano, wieczorami lub w weekendy. Zwiększy to atrakcyjność oferty transportu publicznego i może przyczynić się do pozyskiwania dodatkowych pasażerów w dłuższym okresie czasu²⁹.

²⁸ M. Wolański, M. Wołek, A. Jagiełło, Jak analizować efektywność finansową i ekonomiczną napędów alternatywnych? „Biuletyn Komunikacji Miejskiej” 2018 r., nr 148, s. 6-12

²⁹ Ibidem





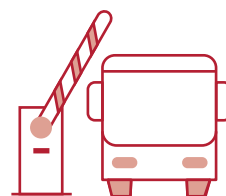
Korzyści i ograniczenia elektryfikacji publicznego transportu zbiorowego

6 Korzyści i ograniczenia elektryfikacji publicznego transportu zbiorowego

6.1 Korzyści i ograniczenia eksploatacyjne

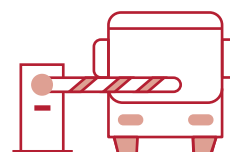
Korzyści eksploatacyjne

- Wjazd do Stref Czystego Transportu (autobusy elektryczne to kluczowy komponent dla tworzenia i eksploatacji stref)
- Lepsze parametry pracy i sprawność elektrycznych układów napędowych
- Niższe koszty operacyjne (bez uwzględniania amortyzacji), w tym niższe koszty energii w porównaniu do paliw
- Wyższy komfort podróży (lepsze: przyspieszenie, zdolność do pokonywania wzniesień)
- Większa funkcjonalność w gęstej zabudowie, obszarach turystycznych i zabytkowych
- Możliwość wykorzystania infrastruktury do ładowania przez inne pojazdy, np. świadczące usługi komunalne
- Prostsza konstrukcja e-busów (mniej części, rzadsze awarie, łatwiejszy serwis i konserwacja)
- Mniejsze ryzyko awarii pojazdu w ruchu
- Łatwe uruchomienie pojazdu w niskich temperaturach
- Eliminacja niebezpieczeństwa wybuchu i zmniejszenie zagrożeń pożarowych
- W przypadku kolizji lub usterki brak zanieczyszczenia wyciekami paliw lub olejów
- Mniej technologii „brudnych” w ramach obsługi i serwisu (zasilanie w paliwa, wymiana olejów)



Ograniczenia eksploatacyjne

- Konieczność eksploatacji na wybranych trasach
- Ograniczone możliwości wykorzystywania na długich trasach, szczególnie podmiejskich
- Ryzyko rozładowania baterii w warunkach wysokiej kongestii (w sytuacji źle zaplanowanego rozkładu jazdy)
- Konieczność zapewnienia czasu postoju na doładowanie
- Możliwa mniejsza pojemność pasażerska pojazdu
- Konieczność adaptacji pomieszczeń zajezdni i jej wyposażenia
- Konieczność pozyskania pracowników obsługi z nowymi umiejętnościami
- Obowiązek wyposażenia w dodatkowe urządzenia ochronne i diagnostyczne, narzędzia pracy



6.2 Korzyści i ograniczenia środowiskowe

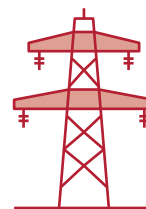
Korzyści środowiskowe

- Brak emisji zanieczyszczeń w miejscu użytkowania autobusu elektrycznego, a w związku z tym zmniejszenie niskiej emisji z transportu w mieście
- Znacznie mniejsza emisja hałasu na zewnątrz i wewnątrz pojazdu, co wpływa na komfort jazdy
- Brak spalin na przystanku, a więc większy komfort podróży
- Zmniejszenie obciążenia ulic w związku z użytkowaniem taboru elektrycznego, co ma szczególne znaczenie dla pozostałych użytkowników dróg (hałas, spaliny)
- W przypadku awarii lub kolizji brak zanieczyszczenia środowiska związanego z wyciekami paliw i olejów



Ograniczenia środowiskowe

- Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną
- Inne ograniczenia, w porównaniu do pojazdów z silnikami na olej napędowy, w zasadzie nie występują



6.3 Korzyści promocyjne

Korzyści promocyjne

- Wejście do grona samorządów aktywnych w obszarze zrównoważonego transportu w dłuższej perspektywie stwarza:
- wizerunek miasta dbającego o środowisko naturalne
 - wzrost poziomu życia mieszkańców
 - komfort przemieszczania się po mieście
 - atrakcyjną ofertę przewozową, która zachęca mieszkańców do korzystania z transportu publicznego
 - wzrost walorów turystycznych miasta
 - zainteresowanie wyborem miasta jako miejsca zamieszkania





Identyfikacja
najważniejszych
czynników ryzyka

7 Identyfikacja najważniejszych czynników ryzyka

7.1 Analiza ryzyka

Podjęcie optymalnie zaprojektowanych działań w zakresie elektryfikacji publicznego transportu zbiorowego wymaga opracowania analizy ryzyka, która jest narzędziem służącym przede wszystkim określeniu poziomu niepożądanego wpływu na funkcjonowanie komunikacji miejskiej. W pierwszym etapie analizy należy ocenić potencjalne zagrożenia. Proces ten przeprowadza się w oparciu o sformalizowaną strukturę, identyfikując źródła ryzyka i dokonując jego klasyfikacji. Zarządzanie ryzykiem polega na podejmowaniu decyzji i realizacji działań, których celem jest opanowanie lub ograniczenie ewentualnych efektów negatywnych. Etapem końcowym zarządzania ryzykiem jest kontrola rezultatów podjętych działań.

RODZAJE RYZYKA I SPOSOBY PRZECIWDZIAŁANIA

RODZAJ RYZYKA (ZAGROŻENIA)

Nowe technologie bateryjne o relatywnie krótkim okresie wykorzystania w zakresie świadczenia usług przewozowych

Wzrost cen energii elektrycznej

Wzrost popytu na energię elektryczną

Awarie sieci energetycznej

- Brak możliwości ulokowania urządzeń ładowania na trasie
- Brak możliwości ruchu pojazdów przekraczających określoną wysokość (dotyczy autobusów elektrycznych z odbierakami prądu umieszczonymi na dachu)

ZAKRES ODDZIAŁYWANIA	EWENTUALNE SKUTKI	PRZECIWDZIAŁANIE (NA POZIOMIE ORGANIZATORA TRANSPORTU)
Niezawodność usług transportowych	— Przerwanie ciągłości świadczenia usług — Wzrost kosztów przedsiębiorstw przewozowych — Utrudnienie realizacji celów zrównoważonej mobilności	— Wykorzystanie technologii sprawdzonych w zróżnicowanych warunkach eksploatacyjnych — Utrzymywanie określonego poziomu dywersyfikacji taboru wg kryterium źródeł zasilania
Koszty produkcji usług transportowych	— Wzrost kosztów przedsiębiorstw przewozowych — Wzrost dofinansowania transportu z budżetu jednostki samorządu terytorialnego	— Optymalizacja strategii ładowania — Wspólne zakupy energii — Utrzymywanie określonego poziomu dywersyfikacji taboru wg kryterium źródeł zasilania
Koszty produkcji usług transportowych	Wzrost cen energii	— Optymalizacja strategii ładowania — Utrzymywanie określonego poziomu dywersyfikacji taboru wg kryterium źródeł zasilania
Niezawodność usług transportowych	— Przerwanie ciągłości świadczenia usług — Pogorszenie jakości świadczonych usług	Utrzymywanie określonego poziomu dywersyfikacji taboru wg kryterium źródeł zasilania
Zasięg usług (przy określonym poziomie rozwoju technologii)	— Brak możliwości świadczenia usług — Zmiana trasy wydłużająca czas przejazdu lub dojścia do przystanku — Pogorszenie jakości usług	— Przebudowa infrastruktury tam, gdzie jest to możliwe — Utrzymywanie określonego poziomu dywersyfikacji taboru wg kryterium źródeł zasilania





Dobre praktyki elektromobilności w miastach

8 Dobre praktyki elektromobilności w miastach

8.1 Dobre praktyki elektryfikacji transportu miejskiego w Polsce

Drogowy tabor elektryczny jest eksploatowany w komunikacji miejskiej w Polsce od wielu lat. Pomimo, że do 2015 r. składały się na niego wyłącznie trolejbusy, mamy bogate doświadczenia tym zakresie. Obecnie polskie samorządy, poszukując innowacji i optymalizacji, elektryfikują publiczny transport zbiorowy w nowej postaci – elektrycznych autobusów.



GDYNIA

Trolejbusy w Gdyni pojawiły się po raz pierwszy we wrześniu 1943 r., a niewiele później, bo w 1947 r., uruchomiono linię do Sopotu. Sieć komunikacji trolejbusowej w Gdyni jest od lat 70. ubiegłego wieku systematycznie rozbudowywana, a gdyński operator (PKT Sp. z o.o.) we własnym zakresie przebudowywał używane autobusy na trolejbusy, montując w nich dodatkowy napęd bateryjny. W 2016 r. uruchomiono na terenie miasta pierwszą stacjonarną stację ładowania baterii poza zajezdnią (na pętli trolejbusowej na os. Fikakowo w Wielkim Kacku). W obecnym horyzoncie finansowania, ze wsparciem środkami UE, Miasto Gdynia także położyło nacisk na rozwój taboru zeroemisyjnego. W ramach projektu „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Gdyni poprzez zakup ekologicznego taboru” realizowany jest m.in. zakup 30 trolejbusów z dodatkowym napędem pozwalającym na przejazd kilkudziesięciu kilometrów bez podłączenia do sieci trakcyjnej. W wyniku rozstrzygniętego przetargu, trolejbusy te dostarczy Solaris, przy czym 14 pojazdów standardowych (o długości 12 m) będzie posiadało baterie o pojemności 58 kWh, a 16 przegubowych (18 m) – 87 kWh. **Trolejbusy będą więc mogły na znaczących częściach swoich tras funkcjonować jak autobusy elektryczne.**

Miasto Gdynia planuje także wykorzystanie istniejącej sieci trolejbusowej jako źródła zasilania autobusów elektrycznych, czyli w technologii zasilania In Motion Charging. W ramach projektu „Obniżenie zużycia energii i paliw w transporcie publicznym w Gdyni poprzez zakup bezemisyjnego taboru z napędem elektrycznym” przewiduje się zakup 6 autobusów elektrycznych o obniżonej pojemności baterii, wyposażonych w system rekuperacji energii. Pojazdy te będą funkcjonowały na 2/3 trasy jako autobusy elektryczne, aby na pozostałej jej części, po podłączeniu do trolejbusowej sieci trakcyjnej, wykonując pracę eksploatacyjną na linii, jednocześnie doładowywały baterie trakcyjne. Projekt ten realizowany jest w ramach programu „System zielonych inwestycji” (GIS – Green Investment Scheme), część 2 GEPARD – Bezemisyjny transport publiczny”, ze wsparciem z NFOŚiGW.

Ponadto, w marcu 2018 r., Miasto Gdynia podpisało z Grupą Lotos S.A. list intencyjny w sprawie dostaw czystego wodoru do zasilania pojazdów komunikacji miejskiej.



LUBLIN

W Lublinie pierwszymi pojazdami elektrycznymi na podwoziu autobusowym były trolejbusy, które funkcjonują w tym mieście od lipca 1953 r. Po wieloletnim okresie rozwoju, ale także niekiedy ograniczania sieci trolejbusowej, w latach 2008-2014 wdrożono duży projekt rozbudowy sieci i wymiany oraz uzupełnienia taboru trolejbusowego. W ramach inwestycji wybudowano ponad 26 km nowej sieci trakcyjnej i zakupiono 70 trolejbusów z dodatkowym zasilaniem baterijnym, pozwalającym na przejazd min. 5 km bez podłączenia do sieci (50 szt.), a także pojazdów z generatorem napędzanym olejem napędowym (20 szt.), które po odłączeniu od sieci poruszają się podobnie do autobusów hybrydowych.

Pierwszy autobus elektryczny pojawił się w Lublinie w czerwcu 2015 r. – był to 12-metrowy Ursus E70110 Ekovolt. Pojazd wyposażony jest w klimatyzację, ogniwa fotowoltaiczne, automat biletowy, system informacji pasażerskiej oraz baterie o pojemności 120 kWh, które pozwalają na przejazd w warunkach eksploatacyjnych ok. 100 km trasy. Na jednym z przystanków krańcowych zainstalowano ładowarkę o mocy 200 kW, zasilaną z sieci trolejbusowej. Pierwsza trasa tego autobusu przebiegała przez śródmieście Lublina, a jej cechą charakterystyczną były duże różnice wzniesień (ponad 30 m na odcinku o długości ok. 6 km).



KRAKÓW

Kraków – jako pierwsze miasto w Polsce – wdrożył obsługę pasażerów autobusami elektrycznymi. W kwietniu 2014 r. uruchomiona została linia 154, z Dworca Kolejowego Kraków Główny do Prądnika Białego, obsługiwana autobusami testowymi Solaris Urbino 12 electric, AMZ City Smile CS10E oraz Rampini Carlo. W 2016 r. MPK S.A. w Krakowie zdecydowało się na zakup autobusu Solaris Urbino 12 electric, który wcześniej był pojazdem testowym. W tym samym roku zakupiono 4 autobusy Solaris Urbino 8,9LE, a rok później, kolejny autobus testowy – Solaris Urbino 12 electric. W 2017 r. w ramach projektu „Zakup niskoemisyjnych, niskopodłogowych autobusów oraz stacjonarnych automatów KKM do sprzedaży biletów w celu obsługi linii aglomeracyjnych” kupiono pierwszą większą partię autobusów elektrycznych: 17 szt. Solaris Urbino 12 electric oraz 3 szt. Solaris Urbino 18 electric.

Takie ukształtowanie terenu nie jest korzystne dla autobusów elektrycznych, z uwagi na brak możliwości odzyskania całości energii potencjalnej w procesie rekuperacji (zatrzymywania na przystankach, sprawność rekuperacji). **Bieżące koszty eksploatacji autobusu Ursus Ekovolt przez MPK – Lublin Sp. z o.o. okazały się o ok. 50% niższe niż analogicznego pojazdu z silnikiem Diesla.**

Zebrane doświadczenia wpłynęły na decyzję o zakupie dodatkowych autobusów elektrycznych na dość szeroką skalę. W ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia, w wyniku realizacji czterech projektów, w latach 2019-2020 przewiduje się zakup 32 autobusów elektrycznych. Kolejne 34 takie pojazdy mogą być zakupione w kolejnych latach bieżącej perspektywy finansowej UE w ramach dwóch projektów znajdujących się na liście rezerwowej. **Równoległe z zakupem taboru, na wybranych pętlach, zainstalowane zostaną ładowarki pantografowe. Niezależnie od powyższego, systematycznie dokonuje się zakupów trolejbusów wyposażonych w dodatkowy napęd baterijny.**

Autobusy wyposażone są w klimatyzację, automat biletowy, system informacji pasażerskiej i port USB. Pojazdy 12 m posiadają silniki o mocy 160 kW i baterie o pojemności 160 kWh, z kolei przegubowe – silniki o mocy 240 kW i baterie 200 kWh. W ramach tego samego projektu wybudowano infrastrukturę do ładowania: złącza plug-in o mocy 40 kW w zajezdni (obecnie jest ich 28) oraz 5 stacji pantografowych o mocy 250 kW – 2 w zajezdniach autobusowych i 3 na terenie miasta. Udział autobusów elektrycznych we flocie pojazdów drogowych w Krakowie wynosi obecnie ok. 5%. **Miasto jednak do 2025 r. planuje osiągnięcie 30% udziału autobusów elektrycznych we flocie autobusów, korzystając m.in. ze wsparcia w ramach rządowego Programu E-bus. W tym celu, w czerwcu 2018 r., podpisano porozumienie z NCBiR przewidujące zakup przez Kraków aż 150 autobusów zeroemisyjnych oraz przetestowanie co najmniej 11 pojazdów w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych.**



WARSZAWA

W Warszawie, pierwszymi pojazdami z napędem elektrycznym na podwoziu kołowym, były trolejbusy, których eksploatację rozpoczęto w 1946 r. Linie trolejbusowe funkcjonowały w stolicy do 1973 r. W latach 1982-1995 istniała linia trolejbusowa do Piaseczna. **Aktualnie miasto nie zamierza powracać do komunikacji trolejbusowej, a planowany rozwój taboru zeroemisyjnego oparty będzie na autobusach elektrycznych.**

W ramach przygotowań do eksploatacji autobusów elektrycznych przez MZA Sp. z o.o. w Warszawie przeprowadzono ich testy w 2012 r. Zakup pierwszych autobusów elektrycznych rozpoczęto w 2014 r., kiedy to ogłoszono przetarg na dostawę 10 szt. pojazdów 12-metrowych. **W 2015 r. MZA Sp. z o.o. wprowadziły do użytkowania 10 szt. autobusów Solaris Urbino 12 electric, a w 2017 r., w wyniku rozstrzygniętego przetargu, zakupiono kolejne 10 szt. autobusów elektrycznych Ursus CS12E. W 2018 r. tabor powiększył się o 10 dodatkowych autobusów Solaris Urbino 12 electric.**



JAWORZNO

Na ulice Jaworzna pierwszy autobus elektryczny wyjechał w kwietniu 2015 r. Był nim niskopodłogowy Solaris Urbino 12 electric wyposażony w system informacji pasażerskiej, klimatyzację, monitoring, automat biletowy, Wi-Fi oraz gniazda USB. Pojazd jest napędzany silnikiem o mocy 160 kW i został wyposażony w baterie 4x40 kWh. Jednocześnie, w zajezdni operatora (PKM Sp. z o.o.) uruchomiono punkt ładowania stacjonarnego o mocy 90 kW, a na pętli na Osiedlu Stałym, pantografową stację ładowania szybkiego o mocy 190 kW.

Bardzo pozytywne doświadczenia z eksploatacji autobusu elektrycznego skłoniły władarzy miasta do podjęcia decyzji o dokonywaniu zakupów dla potrzeb komunikacji miejskiej pojazdów wyłącznie z takim napędem. Decyzja ta jest konsekwentnie wdrażana w życie.

Początkowo autobusy elektryczne ładowane były wyłącznie na zajezdni „Woronicza”, ale w 2017 r. zainstalowano pierwszą ładowarkę pantografową na pętli autobusowej przy ul. Spartańskiej. **Docelowo zaplanowano instalację 19 ładowarek pantografowych na wybranych pętlach.** Pierwsze autobusy elektryczne w Warszawie osiągnęły stosunkowo niskie zużycie energii – ok. 1,03 kWh/km dla autobusu o długości 12 m i 1,39 kWh/km – dla autobusu 18-metrowego, przy olejowym ogrzewaniu wnętrza.

W październiku 2017 r. MZA Sp. z o.o. podpisały umowę o dofinansowanie projektu zakupu aż 130 przegubowych autobusów elektrycznych w ramach programu pn. „Zakup taboru autobusowego (130 niskopodłogowych autobusów niskoemisyjnych) wraz z infrastrukturą towarzyszącą”, współfinansowanego przez Unię Europejską. Dostawę tych pojazdów przewiduje się w 2019 i 2020 r. Dla potrzeb ich obsługi uruchomiona zostanie nowa zajezdnia przy ul. Redutowej. Autobusy elektryczne kierowane będą do obsługi linii w centrum miasta, w szczególności prowadzących przez Trakt Królewski. MZA Sp. z o.o. ogłosiły przetarg nieograniczony na zakup 130 autobusów elektrycznych w październiku 2018 r.

Od lipca 2016 r., we współpracy z Tauron S.A., rozpoczęto w Jaworznie eksploatację chińskiego autobusu Yutong E12LF. W 2016 r. operator, w ramach realizacji projektu „Zakup elektrycznego taboru autobusowego wraz z systemem inteligentnego zarządzania flotą, wraz z budową centralnej stacji ładowania i wymiany baterii oraz rozproszonych stacji szybkiego ładowania baterii w mieście Jaworzno”, ogłosił największy w tamtym okresie w Polsce przetarg na dostawę 16 nowych autobusów elektrycznych. Jednocześnie ogłoszono przetarg na dostawę 6 sztuk 12-metrowych autobusów elektrycznych o mocy 130 kW z technologią szybkowymienialnych akumulatorów (10 minut) w postaci wyjmowanych kaset. Aktualnie PKM Sp. z o.o. w Jaworznie eksploatuje: 24 autobusy elektryczne Yutong, 6 z wymienialnymi kasetami, 4 Solaris Urbino 12 electric z silnikiem o mocy 160 kW i bateriami 160 kWh, 9 przegubowych Solaris Urbino 18 electric o mocy 240 kW z bateriami 240 kWh i 4 Solaris Urbino 8,9 LE electric o mocy 160 kW z bateriami 160 kWh.

Autobusy są niskopodłogowe, z systemem informacji pasażerskiej, klimatyzacją, Wi-Fi i portami USB. Wyposażone zostały w złącza plug-in oraz ładowanie pantografowe.

W rezultacie, w lipcu 2018 r., ponad 1/3 taboru (24 z 69 autobusów) PKM Sp. z o.o. w Jaworznie posiadała napęd elektryczny.

Na terenie zajezdni operatora wybudowano strefę ładowania dla 8 pojazdów jednocześnie oraz 3 stanowiska pantografowe. Dodatkowe 2 stanowiska pantografowe zainstalowano również w wybranych lokalizacjach na terenie miasta.

W 2017 r. miasto Jaworzno podpisało umowę na dofinansowanie ze środków UE projektu „Zakup elektrycznego taboru autobusowego wraz z systemem inteligentnego zarządzania flotą pojazdów”, w ramach którego planowany jest zakup kolejnych 20 autobusów elektrycznych (5 midi i 15 o długości 12 m) oraz budowa 2 stacji szybkiego ładowania na terenie miasta i stacji w zajezdni.

Elektryfikacja floty autobusowej traktowana jest przez samorząd Jaworzna jako komponent szerszego programu poprawy warunków życia w mieście i innowacyjności. Jaworzno planuje także elektryfikację pojazdów służb miejskich i taksówek oraz podejmuje działania sprzyjające rozwojowi innych ekologicznych form przemieszczania się np. realizuje budowę rowerowej autostrady łączącej północno-zachodnie osiedla z centrum. **W czerwcu 2018 r. Miasto Jaworzno podpisało z Ministerstwem Infrastruktury oraz Narodowym Centrum Badań i Rozwoju list intencyjny w sprawie powstania strefy do testów prototypów autonomicznych pojazdów transportu publicznego w ramach programu Bezemisyjny Transport Publiczny**, a rok wcześniej list intencyjny dotyczący współpracy w zakresie potencjalnego powstania w tym mieście pierwszego testowego odcinka hyperloopa. W listopadzie 2018 r. koncern energetyczny Tauron uruchomił w Jaworznie pierwszą w Polsce stację wymiany baterii autobusowych.



ZIELONA GÓRA

Miasto Zielona Góra od kilku lat prowadziło analizy dotyczące wprowadzenia autobusów elektrycznych do komunikacji miejskiej. W październiku 2017 r. podpisano umowę o dofinansowanie ze środków UE projektu „Zintegrowany system niskoemisyjnego transportu publicznego w Zielonej Górze”, w ramach którego przewiduje się m.in. zakup 47 szt. autobusów elektrycznych o długości 12 m, przebudowę zajezdni z jej dostosowaniem do obsługi pojazdów elektrycznych oraz budowę infrastruktury elektroenergetycznej dla zasilania tych autobusów wraz z przebudową pętli.

W 2017 r. MZK Zielona Góra przeprowadził przetarg na zakup 47 szt. autobusów elektrycznych, w wyniku którego zakupione zostały pojazdy Ursus City Smile 12 LFE. Autobusy te wyposażone są w klimatyzację, system informacji pasażerskiej, automat biletowy i system zliczania pasażerów.

W tym samym roku przeprowadzono przetarg na dostawę i montaż stacji ładowania autobusów elektrycznych, w skutek czego w 2018 r. uruchomionych zostało 12 stacji (dwu- i czterowyjściowych) o mocy od 400 do 800 kW na terenie miasta oraz w zajezdni), a także 28 stacji wolnego ładowania o mocy 40 i 80 kW, również zlokalizowanych w zajezdni.

Po zrealizowaniu tych dostaw Miasto Zielona Góra będzie posiadało autobusy elektryczne stanowiące aż 60% taboru autobusowego w komunikacji miejskiej, co do 2019 r. będzie najwyższym wynikiem w Polsce w segmencie miast eksploatujących więcej niż 10 pojazdów elektrycznych.

8.2 Dobre praktyki w elektryfikacji indywidualnego transportu samochodowego – car-sharing

Elektryfikacja taboru rozwija się w Polsce równolegle z ideą samochodów współdzielonych (ang. car-sharing), która wpisuje się w założenia ekologicznej ekonomii współdzielenia (ang. sharing economy) polegającej na łączeniu osób (najczęściej z wykorzystaniem współczesnych technologii), umożliwiając im wspólne korzystanie z aktywów, zasobów, czasu, umiejętności lub kapitału, bez przekazywania praw własności do nich³⁰. Ekonomia współdzielenia odciska swoje piętno na rynku transportu miejskiego nie tylko poprzez car-sharing, lecz również pozostałe formy mobilności współdzielonej (ang. shared mobility), takie jak: bikesharing, scootersharing, carpooling oraz ridesourcing³¹.

Jako car-sharing należy rozumieć zorganizowane, współdzielone użytkowanie pojazdów samochodowych. Tym samym samochody współdzielone należy postrzegać jako alternatywę dla posiadania samochodu osobowego na własność (pozwalającą ograniczyć koszty stałe posiadania samochodu osobowego oraz związaną z tym odpowiedzialność), a także jako uzupełnienie oferty transportu publicznego (zwłaszcza w sytuacjach, gdy przejazd samochodem osobowym jest preferowany lub konieczny).

Szacuje się, że przeciętnie samochód osobowy wykorzystywany jest przez niespełna 10% czasu (średnio przez półtorej osoby), pozostałe ponad 90% stojąc bezużytecznie. Następstwem tego jest wysoka terenochłonność indywidualnego transportu samochodowego, której negatywne konsekwencje są szczególnie zauważalne w obszarach silnie zurbanizowanych. Ocenia się, że 1 pojazd wdrożony do systemu car-sharingowego zastępuje od 4 do 8 samochodów osobowych, ograniczając tym samym zapotrzebowanie na przestrzeń. Zmniejszeniu ulega również emisja zanieczyszczeń (ze względu na niższy przeciętny wiek samochodów w systemach car-sharingowych, a tym samym spełnianie wyższych norm ekologicznych względem samochodów indywidualnych), zwłaszcza przy wykorzystywaniu do car-sharingu samochodów elektrycznych.

Usługi car-sharingu świadczone mogą być według jednego z trzech modeli. W modelu klasycznym, zwanym też stacjonarnym (ang. round-trip), zarówno początek, jak i koniec użytkowania samochodu współdzielonego znajduje się w tym samym miejscu. Model jednokierunkowy (ang. one-way), umożliwia zwrot wypożyczonego pojazdu w innym miejscu (wciąż jednak miejsca zwrotu ograniczone są do wcześniej przewidzianych w tym celu punktów). Natomiast w modelu swobodnym (ang. free-floating) wypożyczenie i zwrot samochodu odbywać się może w dowolnym punkcie (w zasięgu funkcjonowania systemu). Kolejny użytkownik znajduje bowiem wolny samochód na mapie aplikacji mobilnej.

Obecnie największy w Polsce system car-sharingowy oparty o samochody elektryczne funkcjonuje we Wrocławiu (Vozilla).

³⁰ B. Sztokfisz, Gospodarka współdzielenia – pojęcie, źródła, potencjał, „Zeszyty Naukowe / Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie” nr 6, 2017, s. 90-93

³¹ M. Wołek, Car sharing as an element of sustainable urban mobility: some conclusions for Polish cities, „Transport Economics and Logistics”, nr 70, 2017, s. 68



W celu zachęcenia mieszkańców do korzystania z samochodów współdzielonych w niektórych samorządach pozwala się ich użytkownikom korzystać z przestrzeni miejskiej, np. miejsc parkingowych na preferencyjnych warunkach (Wrocław). Osoby korzystające z samochodów współdzielonych nie ponoszą również kosztów związanych z płatnymi strefami parkowania. Opłaty te ponoszone są w imieniu użytkowników przez operatorów car-sharingu.

Rozwój technologii samochodów elektrycznych sprzyja rozwojowi usług elektrycznego car-sharingu, co przekłada się na wzrost liczby miast, w których prowadzone są testy pilotażowe przed wdrożeniem systemów do regularnej eksploatacji.

Wciąż jednak większość obecnie funkcjonujących systemów car-sharingowych w Polsce opartych jest na samochodach konwencjonalnych, przede wszystkim ze względu na brak ogólnodostępnej infrastruktury do ładowania samochodów elektrycznych oraz niższy koszt zakupu konwencjonalnych, co przekłada się na niższy poziom cen usług, a tym samym większe zainteresowanie samochodami współdzielonymi. W przypadku tych systemów elektromobilność traktowana jest jako model docelowy, który możliwy będzie do osiągnięcia po zdobyciu odpowiedniej pozycji rynkowej oraz popularności zbudowanej na tańszych usługach realizowanych samochodami o napędzie konwencjonalnym. Technologia, która również stosowana jest w car-sharingu, co widać na przykładzie polskich wdrożeń, są samochody hybrydowe.

Systemy car-sharingowe oparte na samochodach elektrycznych stanowią ważny element rozwoju elektromobilności w Polsce, wpływają na poprawę jakości powietrza w miastach, jak również stanowią platformę promocji zarówno samorządów (pod względem innowacyjności na forum krajowym i międzynarodowym), jak i producentów samochodów elektrycznych (zwiększając ich widoczność na ulicach miast). Elektromobilność oraz samochody współdzielone wpisują się także w koncepcje smart cities i zrównoważonego rozwoju, których istotnym elementem jest elektryfikacja transportu zbiorowego.

8.3 Dobre praktyki elektryfikacji transportu miejskiego w innych miastach UE



LONDYN

Londyn, jedna z największych europejskich metropolii, od lat boryka się z wyzwaniami w zakresie transportu i jakości powietrza. Wprowadzenie opłat za wjazd do centrum w 2003 r. stanowiło wyraz rewolucyjnego podejścia w kwestii dostępności przestrzeni miejskiej dla samochodu osobowego. W 2008 r. wprowadzono również Strefę Niskiej Emisji (Low Emission Zone) obejmującą obszar tzw. Wielkiego Londynu (Greater London).

Miasto posiada rozległą sieć transportu autobusowego obejmującą: 675 linii (w tym ponad 120 całodobowych), 19 tys. przystanków i 50 terminali autobusowych. Podaż w wymiarze 490 mln wozokilometrów³² zapewniana jest przez ponad 9500 autobusów, z czego 3/4 stanowią pojazdy piętrowe; 1/3 z nich to pojazdy hybrydowe, 73 elektryczne, a dla 10 paliwem jest wodór³³.

Wysoki udział autobusów hybrydowych wynika z dotychczasowych ograniczeń technologicznych związanych z elektryfikacją pojazdów piętrowych, które dominują w obsłudze transportowej Londynu.

Pomimo wysokiego udziału pojazdów nisko- i zeroemisyjnych, władze dążą do dalszego ograniczania emisyjności londyńskiego sektora transportu publicznego. W 2013 r. autobusy miejskie odpowiadały za 10% emisji CO₂ i 20% emisji tlenków azotu sektora transportu w Londynie³⁴. W Strategii Transportu za cel postawiono m.in. osiągnięcie całkowitej zeroemisyjności floty autobusowej do 2037 r. (w przypadku nowych samochodów do 2040 r., a dla całego systemu transportowego do 2050 r.). W związku z tym od 2018 r. do eksploatacji wprowadzane są jedynie pojazdy hybrydowe, elektryczne lub na wodór. Utworzenie w 2019 r. strefy o bardzo niskiej emisji (Ultra Low Emission Zone) spowoduje wprowadzenie dalszych ograniczeń dla samochodów o napędzie spalinowym³⁵.

Funkcjonowanie strefy jest również przyczyną, dla której w centralnej części miasta od 2020 r. będą mogły być wykorzystywane jedynie piętrowe autobusy hybrydowe z silnikiem Diesla spełniającym normę Euro 6, a wszystkie 300 autobusów jednopiętrowych będzie pojazdami zeroemisyjnymi (elektrycznymi lub na wodór)³⁶.

Realizacja tak ambitnie nakreślonych celów w zakresie zeroemisyjności wymaga wprowadzenia na szeroką skalę pojazdów elektrycznych, a w sytuacji znacznego obniżenia kosztów – napędzanych wodorem. Pełna elektryfikacja transportu autobusowego w Londynie oznacza jednak wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną równą rocznemu jej zużyciu przez londyńskie metro (ok. 1 TWh).

Jednym z największych jednorazowych zakupów autobusów elektrycznych w Europie było pozyskanie 51 pojazdów BYD-Alexander Dennis Ltd. (ADL). Przynależą one do zajezdni autobusowej Waterloo, wyposażonej w 43 punkty ładowania. Operator autobusowy, który wygrał przetarg (Go-Ahead London) wystąpił do dystrybutora energii elektrycznej o przyłącze o mocy 2,5 MW, by zapewnić odpowiednie parametry ładowania dla wszystkich pojazdów³⁷.

2 SPOŚRÓD 43 ŁADOWAREK W ZAJEZDNI WATERLOO W LONDYNIE



Fot. M. Wołek

³² Dane za lata 2014-2015, na podst.: *London's Bus Contracting and Tendering Process. Transport for London*, s. 4, <http://content.tfl.gov.uk/uploads/forms/lbsl-tendering-and-contracting.pdf>

³³ Bus Fleet Audit, 30th June 2017

³⁴ Travel in London. Report 10, s. 160

³⁵ Mayor's Transport Strategy: Supporting Evidence. Outcomes Summary Report. July 2017, s. 45

³⁶ <https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2015/july/more-than-50-all-electric-buses-to-enter-service-in-london>

³⁷ <http://www.transportengineer.org.uk/transport-engineer-features/londons-low-carbon-electric-bus-garage/173547>

Cechą charakterystyczną elektryfikacji transportu autobusowego w Londynie jest grupowanie pojazdów w ramach konkretnych linii (np. 507, 521 i 360). Ułatwia to eksploatację, ale również szacowanie korzyści środowiskowych. Przykładowo, w wyniku pełnej elektryfikacji 2 linii autobusowych, nr 507 i 521, ograniczono emisję CO₂ o 408 ton, a tlenków azotu o 10 ton rocznie³⁸. Proces elektryfikacji przebiegał stopniowo. Rozpoczęto go od wprowadzenia do eksploatacji 6 autobusów, w pełni elektryfikując obie linie po 5 miesiącach. Operatorem na obu liniach jest wspomniany Go-Ahead London na bazie 5-letniego kontraktu (od 2016 r.). Zanim zdecydowano się na zakup 51 pojazdów BYD ADL Enviro 200, operator Go-Ahead London przez 2 lata testował 2 autobusy chińskiego producenta BYD, poddając je znacznej modyfikacji we współpracy ze szkockim Alexander Dennis Ltd. Pojazdy wyposażone są w baterię umożliwiającą, wg producenta, przejechanie ok. 190 km bez konieczności ładowania.

W 2018 r. kolejna, czwarta, linia autobusowa (nr 153) została w pełni zelektryfikowana³⁹ z wykorzystaniem 11 autobusów BYD ADL Enviro 200EV o długości 10,8 m⁴⁰ i mocy 180 kW. Od 2019 r. rozpocznie się proces elektryfikacji autobusów piętrowych.



OBERHAUSEN

Oberhausen jest średniej wielkości miastem o powierzchni 77 km² liczącym 212 tys. mieszkańców. Położone jest w silnie zurbanizowanym Zagłębiu Ruhry. Operatorem transportu publicznego jest przedsiębiorstwo STOAG, które wykonuje przewozy z wykorzystaniem autobusów i tramwajów. Te ostatnie, po likwidacji w latach 60. ub. wieku, przywrócono do eksploatacji w 1996 r.

Roczna praca eksploatacyjna komunalnego operatora STOAG wynosi 8,9 mln wozokilometrów (1 linia tramwajowa – 0,41 mln i 27 dziennych linii autobusowych – 8,51 mln). W 2017 r. przewieziono 34,8 mln pasażerów⁴¹. Na tabor składa się 6 tramwajów oraz 118 autobusów, w tym 2 hybrydowe MAN Lion's City Hybrid (od 2012 r.) oraz 2 elektryczne Solaris Urbino electric (od 2015 r., we współpracy ze związkiem transportowym Verkehrsverbund Rhein-Ruhr). Kolejna dostawa autobusów elektrycznych planowana jest na koniec 2018 r.

AUTOBUSY BYD-ALEXANDER DENNIS LTD. W ZAJEJDNI WATERLOO



Fot. M. Wołek

Przykład Londynu wskazuje, że elektryfikacja publicznego transportu publicznego powinna mieć silne wsparcie w mechanizmach prawnych ograniczających dostęp do najcenniejszych i najbardziej atrakcyjnych części miasta dla pojazdów wysokoemisyjnych.

Elektryfikacja taboru autobusowego powinna być realizowana stopniowo, a pojazdy elektryczne powinny być grupowane na zadaniach w taki sposób, aby optymalnie wykorzystywać infrastrukturę ładowania.

W pierwszym etapie elektryfikacji niezwykle trudne jest uzyskanie dobowych przebiegów potwierdzających ekonomiczną efektywność autobusów elektrycznych. Dopiero wprowadzenie większej liczby pojazdów i zapewnienie wysokiej dostępności infrastruktury ładowania pozwala na uzyskanie korzyści eksploatacyjnych i środowiskowych.

Niskopodłogowe i wyposażone w klimatyzację autobusy Solaris eksploatowane są na liniach nr 962 oraz 966. Ładowanie autobusów odbywa się z sieci tramwajowej na przystanku Sterkrade (linia 962) lub z podstacji tramwajowej za pomocą pantografu na przystanku Neumarkt, z wykorzystaniem ładowarki o mocy 200 kW (linia 966). Takie rozwiązanie spowodowane było dążeniem do uniknięcia konieczności nocnego ładowania w zajezdni.

ŁADOWANIE AUTOBUSU SOLARIS URBINO ELECTRIC NA PRZYSTANKU NEUMARKT, OBERHAUSEN



Fot. M. Wołek

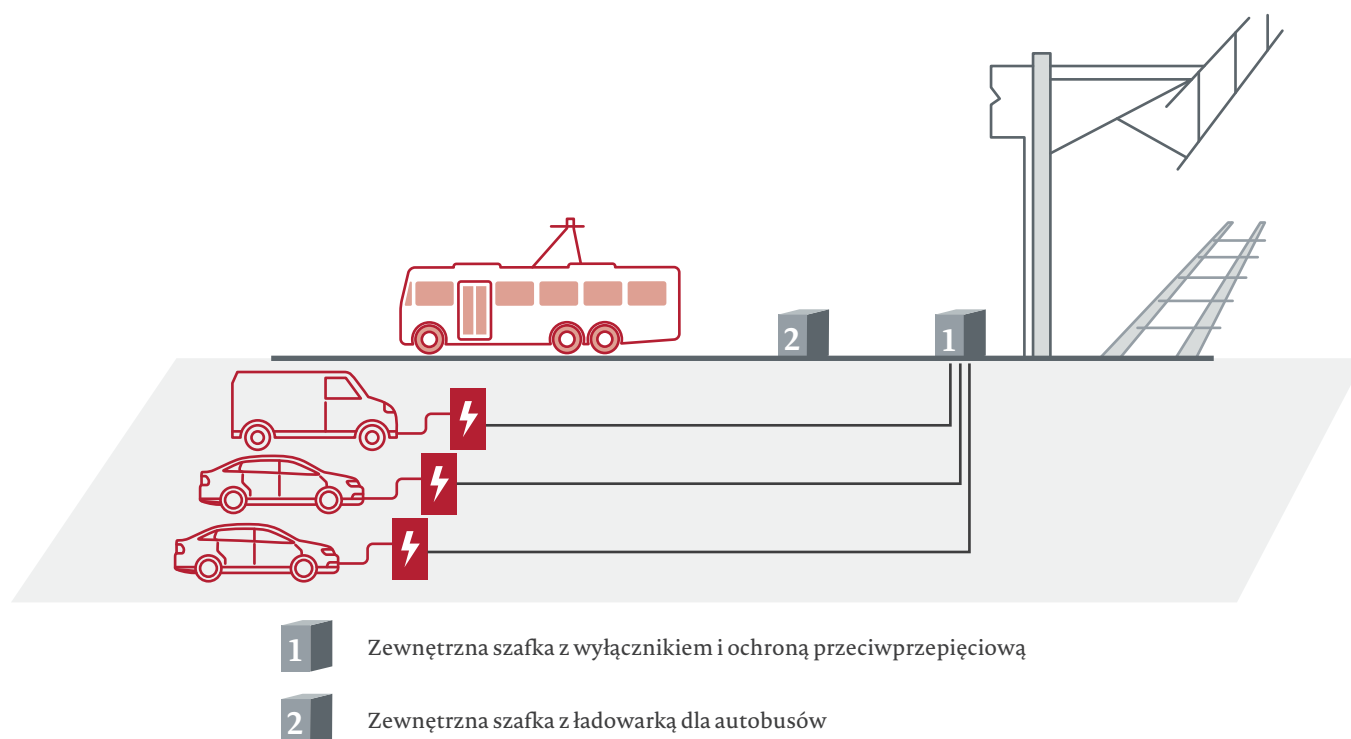
³⁸ <https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2015/july/more-than-50-all-electric-buses-to-enter-service-in-london>

³⁹ <http://www.transportengineer.org.uk/transport-engineer-news/fourth-london-bus-route-goes-fully-electric/168419/>

⁴⁰ <https://www.electrans.co.uk/11-byd-adl-e-buses-enter-london-service/>

⁴¹ STOAG Geschäftsbericht 2017. STOAG Stadtwerke Oberhausen GmbH, Oberhausen 2018, s. 4

Schemat systemu ładowania pojazdów elektrycznych z wykorzystaniem sieci tramwajowej na stacji kolejowej Sterkrade, Oberhausen



- 1** Zewnętrzna szafka z wyłącznikiem i ochroną przeciwprzepięciową
- 2** Zewnętrzna szafka z ładowarką dla autobusów

Linia 962 ma długość 15,6 km, a czas przejazdu autobusu wynosi ok. 47 minut, natomiast czas ładowania – 10 minut. W trakcie dnia roboczego autobus elektryczny wykonuje 310 km. Z kolei trasa linii 966 liczy 13,3 km, czas przejazdu autobusu to 43 minuty, czas ładowania pojazdu wynosi 10 minut, a dobowy przebieg sięga 170 km.

Ładowanie odbywa się poprzez ładowarkę o mocy 220kW, choć zimą 25kW przeznaczonych jest na zasilanie zasobnika ciepła. Dystans możliwy do pokonania bez ładowania kształtuje się pomiędzy 19,3 a 28,9 km latem i 17,1 do 25,7 km zimą. Dodatkowo na stacji kolejowej Oberhausen-Sterkrade od listopada 2017 r., funkcjonują 3 szybkie ładowarki dla samochodów elektrycznych o mocy 50kW, zasilane z sieci tramwajowej (750V prądu stałego). Dotychczas nie pobierano opłat za ładowanie pojazdów.

Wzrost skali wykorzystania autobusów elektrycznych w Oberhausen jest silnie uzależniony od programów wsparcia na poziomie landu oraz federalnym. Władze federalne pokrywają do 80% różnicy w kosztach zakupu między autobusem elektrycznym a pojazdem z silnikiem Diesla. Dotychczasowe doświadczenia, płynące z eksploatacji 2 autobusów, są jednoznacznie pozytywne. W 2017 r. zaoszczędzono 17 tys. litrów oleju napędowego, co przełożyło się na oszczędności rzędu 6,5 tys. euro (przy 45% wskaźniku gotowości technicznej). Tak niska wartość w 2017 r. spowodowana była koniecznością przeszkolenia pracowników oraz udostępnianiem pojazdów na potrzeby wizyt studyjnych). Przeniesieniem barierą okazała się infrastruktura ładowania (choć należy dodać, że wykorzystywana była istniejąca infrastruktura tramwajowa), natomiast niezbędne okazało się dodatkowe szkolenie kierowców i personelu technicznego, co w pierwszym etapie miało wpływ na obniżenie się wskaźnika gotowości technicznej autobusów elektrycznych. Ponadto, trasa każdej linii autobusowej charakteryzuje się innymi parametrami, które strategia elektryfikacji transportu publicznego powinna brać pod uwagę.

Załącznik A

Wykaz przepisów i opracowań dotyczących elektromobilności w komunikacji miejskiej

PRZEPISY POLSKIE

- Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317);
- Ustawa z dnia 6 czerwca 2018 r. o zmianie ustawy o biokomponentach biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2018 r., poz. 1356);
- Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (tekst jednolity Dz. U. z 2017 r., poz. 286, z późn. zm.);
- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (tekst jednolity Dz. U. z 2017 r., poz. 2136 z późn. zm.);
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (tekst jednolity Dz. U. z 2016 r. poz. 2022);
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 marca 2011 r. w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U. nr 65 z 2011 r. poz. 344)

OPRACOWANIA POLSKIE

- Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta, opracowanie CUPT Warszawa, 2016 r. (cupt.gov.pl);
- Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r. (mos.gov.pl);
- Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych, opracowanie CUPT, grudzień 2014 r. (cupt.gov.pl, dostęp: 31/05/2018 r.);
- Zasady opracowywania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Praktyczny przewodnik dla samorządów, IGKM, Warszawa, 2018 r.

Załącznik B

Elektromobilność w świetle dokumentów strategicznych UE

Pakiet klimatyczno-energetyczny UE (2009)

- Obniżenie emisji gazów cieplarnianych o 20% do 2020 r. w porównaniu do 1990 r. z możliwością podniesienia tego celu do 30% w przypadku osiągnięcia globalnego porozumienia klimatycznego
- Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w finalnym zużyciu energii brutto do 20% w 2020 r.
- Wzrost efektywności energetycznej o 20% do 2020 r.

Biała Księga (2011)

- Redukcja emisji o 20% do 2050 r. w stosunku do 2008 r. oraz o 60% do poziomu z 1990 r.
- Zmniejszenie o połowę liczby pojazdów o napędzie konwencjonalnych do 2030 r.
- Stworzenie z centrów miast obszarów bezemisyjnych dla logistyki do 2030 r.

Ramy polityki w zakresie klimatu i energii do roku 2030 (aktualizacja pakietu klimatyczno-energetycznego) (2014)

- Redukcja emisji gazów cieplarnianych do 40% poniżej poziomu z 1990 r.
- Minimalny docelowy udział energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym użyciu energii w UE podniesiony do poziomu 27% w 2030 r.
- Zwiększenie o co najmniej 27% efektywności energetycznej

Energetyczna Mapa Drogowa 2050 (2012)

- Wyznaczenie ściśle określonych norm w zakresie efektywności energetycznej, jakie osiągnąć powinny kraje członkowskie UE do 2050 r.
- Redukcja emisji gazów cieplarnianych do 2050 r. o 80-95%

Czysta energia dla transportu: europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych (2013)

- Zarekomendowanie wykorzystania energii elektrycznej w transporcie drogowym pasażerskim i towarowym bliskiego zasięgu oraz transporcie kolejowym

Pakiet na rzecz mobilności w miastach (2013)

- Wskazanie na konieczność podejmowania działań o charakterze kompleksowym wpisanych w szerszy kontekst strategii rozwoju obejmującej również sektor transportu

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (2014)

— Wskazanie istotnego znaczenia elektromobilności dla osiągnięcia celów Unii w dziedzinie klimatu i energii na 2020 r.

Strategia Niskoemisyjnej Mobilności Komisji Europejskiej (2016)

— Bardziej efektywny system transportowy
— Niskoemisyjne, alternatywne źródła energii na potrzeby transportu
— Pojazdy niskoemisyjne i bezemisyjne

Clean Mobility Package (CMP) Komisji Europejskiej (2017)

— Ustalenie norm emisji CO₂ dla nowych samochodów osobowych i dostawczych w latach 2021-2030
— Średni poziom emisji CO₂ dla nowych pojazdów powinien być o 30% niższy w 2030 r. w porównaniu do poziomu z 2021 r.

Pakiet środków Komisji Europejskiej dotyczących bezpieczeństwa transportu, zautomatyzowanej i bezemisyjnej mobilności (2018)

— Propozycja norm emisji CO₂ dla samochodów ciężarowych

↓
Podsumowanie strategii Unii Europejskiej w sektorze transportu:

dążenie do zwiększenia zakresu wykorzystania technologii zero- i niskoemisyjnych

Załącznik C

Wykaz norm technicznych dotyczących punktów i stacji ładowania

1 | **PN-EN ISO 15118-1:2015-09** – wersja angielska; pojazdy drogowe
Interfejs komunikacji pomiędzy pojazdem a siecią
Część 1: Informacje ogólne oraz definicje przypadków użycia

W normie określono komunikację pomiędzy pojazdami elektrycznymi a stacjami ładowania.

2 | **PN-EN ISO 15118-2:2016-06** – wersja angielska; pojazdy drogowe
Interfejs komunikacji pomiędzy pojazdem a siecią
Część 2: Wymagania dla sieci i protokołów aplikacji

W normie określono zasady komunikacji pomiędzy pojazdami o napędzie elektrycznym (BEV) lub pojazdami hybrydowymi Plug-in (Plug-in hybrid electric vehicle).

3 | **PN-EN ISO 15118-3:2016-06** – wersja angielska; pojazdy drogowe
Interfejs komunikacji pomiędzy pojazdem a siecią

W normie określono wymagania dla warstwy fizycznej i warstwy łącza danych dla architektury wysokiego poziomu, bezpośrednio pomiędzy pojazdami o napędzie elektrycznym (BEV) lub pojazdami hybrydowymi Plug-in (PHEV), w oparciu o technologię komunikacji przewodowej oraz stacjonarną infrastrukturę ładowania pojazdów elektrycznych (ESVE), wykorzystywane dodatkowo przy podstawowym sygnalizowaniu. Określono wymianę wszelkich informacji pomiędzy wszystkimi elementami zaangażowanymi w wymianę energii elektrycznej. ISO 15118 (wszystkie części) stosuje się do ładowania przewodowego.

4 | **PN-EN ISO 17409:2017-03** – wersja angielska; pojazdy z napędem elektrycznym
Połączenie z zewnętrznym źródłem zasilania
Wymagania bezpieczeństwa

W normie określono wymagania bezpieczeństwa dotyczące połączeń przewodzących pojazdów drogowych z napędem elektrycznym z zewnętrznym źródłem zasilania za pośrednictwem wtyczki lub gniazda ładowania. Norma ma zastosowanie do pojazdów z napędem elektrycznym wyposażonych w obwody elektryczne o napięciu klasy B. Może być również stosowana do motocykli i skuterów, jeżeli nie istnieją normy dotyczące tych rodzajów pojazdów.

5 | **PN-HD 60364-7-722:2016-05** – wersja angielska; instalacje elektryczne niskiego napięcia
Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji

Wymagania szczegółowe zawarte w normie odnoszą się do obwodów (instalacji) przeznaczonych do zasilania pojazdów elektrycznych w celu ich ładowania sposobami od 1 do 4 określonymi w normie EN 61851 oraz ochrony dla zapewnienia bezpieczeństwa podczas zwrotnego zasilania elektrycznością z pojazdu elektrycznego do sieci publicznej.

6 | **PN-EN 61851-1:2017** – system przewodowego ładowania pojazdów elektrycznych
Norma dotyczy pokładowego i stacjonarnego wyposażenia przeznaczonego do ładowania elektrycznych pojazdów drogowych znormalizowanymi napięciami zasilania prądu przemiennego (wg IEC 60038) do 1000 V i napięciami zasilania prądu stałego do 1500 V oraz wyposażenia przeznaczonego do zasilania energią elektryczną urządzeń pomocniczych w pojeździe, jeśli takie są wymagane, podczas przyłączania do sieci zasilającej.

7 | **PN-EN 61851-21-1:2018-02** – system przewodowego ładowania pojazdów elektrycznych
Wymagania EMC dotyczące przyłącza przewodowego zasilania prądem przemiennym/prądem stałym pokładowych ładowarek pojazdów elektrycznych

W normie IEC 61851, razem z Częścią 1. IEC 61851-1:2010, podano wymagania dotyczące przyłącza przewodowego zasilania prądem przemiennym lub prądem stałym dla pojazdów elektrycznych (EV). Odnosi się to wyłącznie do pokładowych zespołów ładowania badanych zarówno w kompletnym pojeździe lub przy badaniach na poziomie elementów systemu ładowania (ESA – podzespoły elektroniczne). Dokument obejmuje wymagania w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) dla pojazdów o napędzie elektrycznym, w jakimkolwiek trybie ładowania podczas dołączenia do napięcia zasilającego.

8 | **PN-EN 61851-23:2014-11** – system przewodowego ładowania pojazdów elektrycznych
Stacja ładowania pojazdów elektrycznych prądu stałego
Cyfrowe przesłanie danych pomiędzy stacją prądu stałego ładowania elektrycznych pojazdów drogowych i pojazdem elektrycznym w celu kontroli ładowania prądem stałym

Niniejsza część IEC 61851, łącznie z IEC 61851-1:2010, podaje wymagania dotyczące stacji ładowania pojazdów elektrycznych (EV) prądu stałego dla przewodowego połączenia z pojazdem, przy napięciu wejściowym prądu przemiennego lub prądu stałego do 1000 V prądu przemiennego oraz do 1500 V prądu stałego zgodnie z IEC 60038.

9 | **PN-EN 62196-2:2017-06** – wersja angielska
Wtyczki, gniazda wtyczkowe, złącza pojazdowe i wtyki pojazdowe
Przewodowe ładowanie pojazdów elektrycznych

Norma dotyczy wtyczek, gniazd wtyczkowych, nasadek i wtyków pojazdowych ze stykami tulejkowo-kołkowymi o znormalizowanych konfiguracjach, zwanych dalej „wyrobami”. Norma dotyczy podstawowych wyrobów sprzęgających do zasilania pojazdu, jak podano w IEC 62196-1, i przewidzianych do stosowania w systemach ładowania przewodowego w obwodach wyszczególnionych w IEC 61851-1:2010.

10 | **PN-EN 62660-1:2011** – wersja angielska; baterie wtórne do napędu elektrycznych pojazdów drogowych

W normie określono właściwości eksploatacyjne i badanie żywotności wtórnych baterii litowo-jonowych używanych do napędu pojazdów elektrycznych, w tym pojazdów elektrycznych napędzanych wyłącznie bateriami (BEV) i pojazdów elektrycznych hybrydowych (HEV). Celem niniejszej normy jest specyfikacja procedur i warunków badań, służących do uzyskania podstawowych charakterystyk baterii litowo-jonowych do napędu pojazdów elektrycznych, z uwzględnieniem: pojemności, mocy właściwej, energii właściwej, czasu przechowywania i żywotności cyklicznej. W niniejszej normie ustalono standardowe procedury badawcze i warunki badań podstawowych właściwości użytkowych baterii litowo-jonowych stosowanych do napędu pojazdów elektrycznych.

O Autorach

Prof.dr hab. Olgierd Wyszomirski

Ekspert w dziedzinie transportu miejskiego. Od 1991 r. nieprzerwanie pełni funkcję kierownika Katedry Rynku Transportowego na Wydziale Ekonomicznym Uniwersytetu Gdańskiego. W latach 1992-2018 był dyrektorem Zarządu Komunikacji Miejskiej w Gdyni, obecnie na stanowisku zastępcy dyrektora. Jest autorem i współautorem wielu publikacji i opracowań eksperckich na temat restrukturyzacji transportu miejskiego, wykorzystania badań marketingowych dla kształtowania oferty przewozowej czy rozwoju transportu trolejbusowego. Pełnił funkcję eksperta w projektach unijnych, takich jak TROLLEY, TIDE i CIVITAS DYN@MO.

Dr Marcin Wołek

Adiunkt w Katedrze Rynku Transportowego na Wydziale Ekonomicznym Uniwersytetu Gdańskiego. W latach 1998-2018 był radnym Miasta Gdyni, zajmując się zagadnieniami finansów samorządowych, strategią rozwoju i mobilnością miejską ze szczególnym uwzględnieniem transportu elektrycznego. Z ramienia UG pełnił funkcję kierownika projektów: TROLLEY (Central Europe Programme), TIDE, CIVITAS DYN@MO (FP7) oraz ELIPTIC (H2020). Obecnie realizuje projekt TROLLEY 2.0 (H2020). W latach 2005-2008 przewodniczył Komisji Transportu Związku Miast Bałtyckich (Union of Baltic Cities). Jest także konsultantem w dziedzinie transportu, zrównoważonej mobilności miejskiej i strategii rozwoju jednostek samorządu terytorialnego.

Mgr Aleksander Jagiełło

Asystent w Katedrze Rynku Transportowego na Wydziale Ekonomicznym Uniwersytetu Gdańskiego. Swoje zainteresowania naukowe koncentruje wokół elektromobilności w publicznym transporcie zbiorowym. Jest autorem kilku publikacji w tej dziedzinie. Jest również współautorem planu mobilności miejskiej dla Gdyni, wykonanego w ramach projektu CIVITAS DYN@MO. Obecnie na UG realizuje projekt TROLLEY 2.0 w ramach Programu Horyzont 2020.

Mgr inż. Marcin Koniak

Asystent na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej, absolwent Wydziału Elektrycznego, kierunku Elektrotechnika, specjalności Elektroenergetyka. Związany z magazynowaniem energii od 2008 r., kiedy to obronił pracę magisterską *Dobór zasobnika energii do instalacji fotowoltaicznej połączonej z siecią elektroenergetyczną*. W 2010 r. był pracownikiem naukowym w E.ON Energy Research Center na uniwersytecie technicznym RWTH Aachen. Kierownik projektu w ramach międzynarodowego programu Era-Net Transport. Autor analiz i ekspertyz w zakresie: technologii i starzenia zasobników energii, doboru akumulatorów do floty autobusów miejskich, czy zastosowania stacjonarnego magazynu energii do zasilania stacji ładowania pojazdów elektrycznych.

Dr inż. Mikołaj Bartłomiejczyk

Adiunkt na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, w Katedrze Inżynierii Elektrycznej Transportu. Od 2003 r. pracuje w Przedsiębiorstwie Komunikacji Trolejbusowej w Gdyni. Swoje zainteresowania naukowe koncentruje na bezszynowych pojazdach elektrycznego transportu miejskiego. Jest autorem wielu artykułów i opracowań na temat zużycia energii elektrycznej w transporcie publicznym oraz systemów zasilania trakcji elektrycznej w transporcie. Wiedzę praktyczną i teoretyczną pogłębiał na stażach w Czechach, Rosji i na Słowacji, a także realizując projekty CIVITAS DYN@MO i ELIPTIC.

Dr hab. Krzysztof Grzelec, prof. UG

Ekspert w dziedzinie transportu miejskiego, pracownik Uniwersytetu Gdańskiego w Katedrze Rynku Transportowego. Od 1992 r. nieprzerwanie pracownik ZKM w Gdyni. Autor i współautor ponad 100 publikacji dotyczących problematyki funkcjonowania i ekonomiki transportu zbiorowego oraz projektów badawczo-wdrożeniowych dotyczących efektywności systemów transportowych. Współuczestniczył w realizacji programu Trolley (Program Interreg IV B Central Europe).

Mgr Marcin Gromadzki

Ekonomista, projektant systemów publicznego transportu zbiorowego i zarazem pasjonat w tej dziedzinie. Specjalizuje się w projektach optymalizacji podaży usług publicznego transportu zbiorowego sporządzanych na podstawie przeprowadzonych wcześniej kompleksowych badań popytu lub/i preferencji oraz zachowań komunikacyjnych użytkowników tego transportu lub szerzej – mieszkańców danego obszaru. Projekty te zakładają pełną koordynację ruchu pojazdów różnych linii w skali całej sieci komunikacyjnej, co skutkuje wymierną poprawą jakości funkcjonowania danej sieci komunikacyjnej i z reguły przekłada się na wzrost liczby pasażerów lub/i przychodów. Jest jednym z najpopularniejszych autorów planów transportowych wymaganych ustawą o publicznym transporcie zbiorowym oraz innych dokumentów strategicznych dla publicznego transportu zbiorowego, których ma w swoim dorobku kilkadziesiąt.



Polski Fundusz Rozwoju

PFR to grupa instytucji finansowych i doradczych dla przedsiębiorców, samorządów i osób prywatnych inwestująca w zrównoważony rozwój społeczny i wzrost gospodarczy kraju. Razem tworzymy praktyczne rozwiązania dla wspólnego sukcesu i bezpiecznej przyszłości

Departament Programów Sektorowych

Polski Fundusz Rozwoju S.A., obok innych instytucji, podjął się koordynacji projektów związanych z pięcioma, tzw. **Programami Flagowymi**, wskazanymi w Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego rozwoju, związanymi z sektorami:



Celem działań PFR jest przyspieszenie rozwoju tych sektorów poprzez realizację oraz wsparcie w różnych rolach projektów służących usuwaniu barier w rozwoju rynku wewnętrznego oraz wsparciu polskich firm w budowaniu silnych marek za granicą.

W ramach PFR S.A. działania te realizuje **Departament Programów Sektorowych** identyfikujący instytucje, instrumenty i projekty konieczne do wzmacniania polskiej gospodarki. Departament współpracuje w tym celu z: przedsiębiorcami, samorządami, instytucjami Grupy PFR oraz z wieloma innymi instytucjami finansowymi i administracją publiczną.

Departament realizuje własne projekty oraz wspiera w różnych formach działania innych instytucji. Projekty te wymagają angażowania wielu partnerów, czym przełamują silosowość działania instytucji, pozwalają budować synergię i komplementarność wynikającą z ich współdziałania, w tym w szczególności Instytucji z Grupy PFR.

Departament akceleroje flagowe sektory, budując synergię instrumentów finansowych Grupy PFR i tworząc w ten sposób jeden z najbardziej pożądanych rodzajów kapitału na rynku finansowym, tzw. Smart Money.

Departament Inwestycji Samorządowych (DIS)

Jest komórką PFR S.A., która zarządza Funduszem Inwestycji Samorządowych, dokonującym inwestycji kapitałowych w spółki samorządowe.

Departament oferuje wsparcie analityczne na rzecz samorządów i spółek komunalnych realizujących inwestycje oraz odpowiada za projekty Partnerstwa Publiczno-Prywatnego (PPP) realizowane z udziałem samorządów. W ramach Pakietu Wsparcia Miast Średnich, DIS sporządził 150 prognoz i analiz przedinwestycyjnych. Analizy wykazały, że 75% samorządów w Polsce jest na granicy wartości maksymalnej Indywidualnego Wskaźnika Zadłużenia, a w obliczu ryzyka wzrostu stóp procentowych wobec kurczącej się dostępności dotacji, a także po zmianie brzmienia art. 243 Ustawy o finansach publicznych, samorządy mogą mieć problemy z pozyskaniem środków na rozwój. DIS oferuje możliwość nieodpłatnej konsultacji pod kątem możliwości ustrukturyzowania potrzeb inwestycyjnych i poszukiwania źródeł sfinansowania ich ze środków zwrotnych, w tym kapitałowych FIS.

Aktualnie DIS realizuje, we współpracy z Ministerstwem Inwestycji i Rozwoju, Program PPP Pakietowego.

Korzyści

Produkty kapitałowe FIS realizują misję rozwojową, modele inwestycyjne Funduszu są dostosowane do specyfiki sektora spółek samorządowych, a inwestycje Funduszu mają charakter terminowy, pozostawiając władztwo majątkowe w samorządach.

Współpraca samorządu z FIS bazuje na praktykach stosowanych przez sektor prywatny w zakresie kreowania wartości przy inwestycjach. Fundusz oferuje atrakcyjny koszt kapitału.

Zapraszamy samorządy, które posiadają wstępną koncepcję instytucjonalno-prawną i poszukują finansowania do kontaktu z Departamentem Inwestycji Samorządowych.



Infolinia: 800 800 120 lub +48 22 703 43 00

Największa organizacja branżowa
zajmująca się kreowaniem rynku
elektromobilności i paliw
alternatywnych w Polsce

Integrujemy polskie i zagraniczne
firmy z wielu branż, które wspólnie
działają na rzecz ukształtowania
odpowiedniego otoczenia
gospodarczego niezbędnego dla
**rozwoju zero- i niskoemisyjnych
technologii w transporcie**

Napędzamy elektromobilność!



Wiedza na temat rynku

Monitorujemy rynek EV
w Polsce i Europie oraz zmiany
w legislacji na poziomie krajowym
i europejskim. Dostarczamy
informacje, analizy i statystyki
kluczowe dla rozwoju biznesu



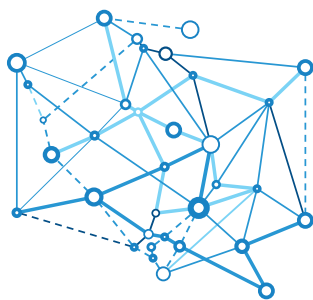
Aktywny dialog branżowy

Zabiegamy o lepsze prawo,
reprezentując firmy wobec
administracji publicznej. Bierzymy
aktywny udział w konsultacjach
społecznych, opiniujemy projekty
aktów prawnych



Promocja EV i edukacja

Wydajemy raporty, realizujemy
badania i kampanie społeczne.
Organizujemy konferencje.
Zwiększamy wiedzę i budujemy
świadomość społeczną
w zakresie ekologicznego
transportu



ELEKTRO MOBILNOŚĆ W PRAKTYCE

Szkolenia certyfikowane **pspa**



pspa

POLSKIE STOWARZYSZENIE
PALIW ALTERNATYWNYCH

member of

AVERE

The European Association
for Electromobility

Obowiązki polskich samorządów w świetle Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych

CYKL BEZPŁATNYCH SZKOLEŃ DLA JEDNOSTEK SAMORZĄDU TERYTORIALNEGO

ZGŁOŚ SWOJĄ GMINĘ:

ELEKTROMOBILNOSCWPRAKTYCE.PL

PSPA.COM.PL

ORPA.PL

ELEKTROMOBILNI.PL





Treść niniejszej publikacji jest własnością PFR. Publikacja nie stanowi rekomendacji lub porady inwestycyjnej ani jakiegokolwiek formy doradztwa lub oferty w myśl artykułu 66 §1 kodeksu cywilnego. Informacje zawarte w publikacji są aktualne na dzień jej udostępnienia. Publikacja jest formą skróconą i nie zawiera wszystkich informacji dotyczących działalności prowadzonej przez podmioty z Grupy PFR, dlatego materiał ten nie powinien być interpretowany w oderwaniu od komentarza ustnego.

PFR nie ponosi odpowiedzialności za wykorzystanie informacji zawartych w publikacji oraz za możliwe konsekwencje jakichkolwiek działań podjętych w oparciu o dostarczone w niej informacje. Do rozpowszechniania na zasadach licencji Creative Commons (CC) do zastosowań niekomercyjnych.



