

Jak wspierać elektromobilność?

Partnerami raportu są Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. i PKN ORLEN S.A.

Warszawa, październik 2019 r.

Autorzy: Łukasz Czernicki, Magdalena Maj, Maciej Miniszewski

Współpraca: Bartosz Sobik

Redakcja merytoryczna: Piotr Arak

Redakcja: Jakub Nowak, Małgorzata Wieteska

Projekt graficzny: Anna Olczak

Współpraca graficzna: Liliana Gałązka, Tomasz Gałązka, Grzegorz Piechnik

Skład i łamanie: Sławomir Jarząbek

Polski Instytut Ekonomiczny

Al. Jerozolimskie 87

02-001 Warszawa

© Copyright by Polski Instytut Ekonomiczny

ISBN 978-83-66306-39-4

Spis treści

Wykaz akronimów	4
Kluczowe wnioski	5
Kluczowe liczby	7
Wprowadzenie	8
Transport prywatny.....	10
Środki transportu	10
Rynek samochodów w Polsce	17
Doświadczenia innych krajów we wspieraniu e-mobilności ..	21
Infrastruktura ładowania.....	27
Bariery w Polsce.....	30
Możliwości wsparcia.....	32
Transport publiczny	36
Środki transportu	36
Transport publiczny w Polsce	37
Doświadczenia innych krajów we wspieraniu e-mobilności ..	40
Bariery w Polsce.....	47
Możliwości wsparcia	47
Bibliografia	49
Spis wykresów, tabel i grafik	54

Wykaz akronimów

AC – Alternating Current

B+R – Badania i rozwój

BEV – Battery Electric Vehicle

DC – Direct Current

KSE – Krajowy System Elektroenergetyczny

OSD – Operator systemu dystrybucyjnego

UTO – Urządzenie transportu osobistego

V2G – Vehicle-to-Grid

Kluczowe wnioski

Elektromobilność to światowy megatrend. Głównym bodźcem do jej rozwoju jest chęć niezależnienia się od paliw ropopochodnych i ograniczenie emisji bezpośrednich z pojazdów, co może przyczynić się do poprawy jakości powietrza na danym obszarze. Jednym z filarów polityki społeczno-gospodarczej Unii Europejskiej jest zrównoważony rozwój ukierunkowany na gospodarkę niskoemisyjną, której częścią jest elektromobilność. Dla Polski jest to ważne zarówno z powodów środowiskowych, jak i bezpieczeństwa energetycznego.

Jak mądrze wspierać elektromobilność?

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę opisanania możliwości rozwoju *e-mobility* w Polsce w sposób zrównoważony. Taki sposób rozwoju elektromobilności wiąże się z dwoma aspektami. Po pierwsze polityka wspierania *e-mobility* powinna w minimalnym stopniu zakłócać naturalne procesy rynkowe i jednocześnie w jak najmniejszym stopniu angażować środki publiczne. Po drugie zrównoważony rozwój elektromobilności zakłada możliwie największą inkluzywność nowych technologii w transporcie kołowym – innymi słowy adaptacja *e-mobility* w społeczeństwie powinna być przeprowadzana szeroko, tak aby elektromobilność stała się dostępna dla jak największego grona odbiorców.

Transport publiczny trzonem sektora elektromobilności w Polsce. Przy obecnie stosunkowo wysokich cenach aut elektrycznych, inkluzywność rozwoju elektromobilności można osiągnąć najpewniej przez rozwój transportu zbiorowego. Ceny autobusów elektrycznych znacznie przekraczają ceny spalinowych, stąd konieczne są dotacje, aby co najmniej zrównać koszt zakupu pojazdów obu rodzajów. W koncepcję rozwoju elektromobilności w tym obszarze wpisują się również trolejbusy. Zasadnym wydaje

się wspieranie tego środka transportu w miastach, w których istnieje odpowiednia infrastruktura.

Brak uzasadnienia dla szeroko zakrojonego wspierania zakupu aut elektrycznych na tym etapie rozwoju rynku. Ze względu na strukturę rynku motoryzacyjnego w Polsce (średnia cena kupowanych aut na rynku wtórnym to 30 tys. PLN; tylko ok. 30 proc. nowych aut kupują osoby prywatne), niedostatecznie rozwiniętą jakościowo infrastrukturę ładowania (długi czas ładowania) i ilościowo (mała liczba stacji) oraz specyfikę aut elektrycznych (niewielki zasięg) oferta sprzedaży e-samochodów obecnie jest skierowana do wąskiej grupy odbiorców indywidualnych, którzy mogą sobie pozwolić na zakup wciąż jeszcze droższych pojazdów elektrycznych oraz posiadają możliwość ładowania akumulatorów w domu. Dlatego na tym etapie rozwoju rynku wsparcie zakupu aut elektrycznych przez osoby prywatne nie wydaje się wskazane i powinno być ograniczone ze względu na inne inwestycje i ulgi sektora publicznego w obszarze elektromobilności.

Wspieranie użytkowania aut elektrycznych. Jedną z barier rozwoju elektromobilności jest lęk przed nieznaną technologią. Korzystanie ze współdzielonych aut elektrycznych, tzw. *e-carsharing*, może być sposobem na poznanie nowej technologii. Ponadto rozwój koncepcji współdzielenia aut elektrycznych mógłby przyczynić się do wytworzenia rynku wtórnego e-samochodów. Obecnie tylko część floty firm *carsharingowych* w Polsce jest zelektryfikowana (do 20 proc.). Biorąc pod uwagę powyższe argumenty sensownym wydaje się wypracowanie modelu wsparcia skierowanego do przedsiębiorstw *carsharingowych* działających na rynku, który będzie stanowił bodziec do zwiększania udziału aut elektrycznych w ich flocie.

Jednym z możliwych sposobów na popularyzację aut elektrycznych, który jednocześnie spełnia kryterium inkluzywności, jest tworzenie preferencyjnych zasad użytkowania e-samochodu służbowego do celów prywatnych. Skierowanie wsparcia właśnie w tym obszarze wydaje się słuszne z następujących względów: 70 proc. nowo zakupionych aut na rynku to auta firmowe, problem niedostatecznie rozwiniętej infrastruktury ładowania w mniejszym stopniu dotyczy firm niż osób prywatnych, wysoka cena oraz ograniczony zasięg aut elektrycznych nie muszą stanowić bariery dla firm.

Korzyści pozafinansowe uważa się za istotne czynniki przy podejmowaniu decyzji o zakupie auta elektrycznego. Z tego tytułu warto podkreślić, że planowane wprowadzenie takich udogodnień dla kierowców e-aut jak: korzystanie z bus-pasów, darmowe parkowanie czy wjazd do stref niskoemisyjnych jest wysoce pożądane.

Konieczność wsparcia infrastruktury stacji ładowania samochodów elektrycznych. Istnienie rozwiniętej infrastruktury ogólnodostępnych stacji ładowania jest czynnikiem, który znacząco wpływa na tempo rozwoju elektromobilności w danym kraju – świadczą o tym przykłady Portugalii czy Szwajcarii. Powstające obecnie stacje ładowania nie przynoszą i w perspektywie średnioterminowej nie będą przynosić korzyści finansowych ich operatorom. Dlatego zasadnym jest utworzenie mechanizmów wsparcia budowy i działania ogólnodostępnych stacji ładowania samochodów elektrycznych na terenie całego kraju, jak np. stworzenie

specjalnej taryfy dystrybucyjnej. Koniecznym wydaje się również uproszczenie procedur administracyjnych związanych z budową stacji ładowania (m.in. przez ograniczenie problemu pozyskiwania danych technicznych od operatorów systemów dystrybucyjnych).

Nastawienie pracowników administracji publicznej jako jedna z istotnych barier w rozwoju elektromobilności. Sceptyczne podejście osób zatrudnionych w administracji publicznej do zagadnień związanych z pojazdami elektrycznymi jest ważnym czynnikiem wpływającym na tempo adaptacji *e-mobility* w sektorze publicznym. Liczne grono ekspertów, z którymi odbyliśmy rozmowy podkreśla, że pracownicy sektora publicznego w Polsce niejednokrotnie wykazują się brakiem elementarnej wiedzy o elektromobilności, co wpływa negatywnie na rozwój *e-mobility*. Warto rozważyć stworzenie podręcznika inwestycji w obszarze elektromobilności przez administrację.

Tempo rozwoju *e-mobility* będzie zależać od cen energii elektrycznej. Zwiększenie liczby pojazdów elektrycznych oraz inne czynniki niezależne od tego procesu mogą przyczynić się w perspektywie krótko- i średnioterminowej do wzrostu cen prądu. Koszty eksploatacyjne pojazdów elektrycznych znacząco wpływają na skalę popytu na te auta, dlatego spełnienie scenariusza wzrostu cen energii elektrycznej może w przyszłości stworzyć konieczność wprowadzenia mechanizmów rekompensujących podwyżki cen prądu dla użytkowników e-pojazdów.

Kluczowe liczby

64 proc.

aut zarejestrowanych w Polsce w 2018 r. stanowiły samochody używane

14 lat

średni wiek samochodu osobowego na polskich drogach w 2018 r.

72 proc.

stanowiły auta firmowe w sprzedaży nowych aut osobowych w 2018 r.

5 proc.

jedynie tyle w całym okresie posiadania auta to użytkowanie aktywne

17 proc.

elektryczne auta floty mobilności współdzielonej

505 proc.

szacowany wzrost liczby współdzielonych elektrycznych jednośladów (hulajnóg i skuterów) do 2025 r.

3

liczba ogólnodostępnych stacji ładowania w Polsce na 1000 km² w 2018 r.

47 proc.

podróży w Warszawie odbywa się z udziałem transportu publicznego w 2015 r.

198

liczba autobusów elektrycznych jeżdżących po polskich drogach w lipcu 2019 r.

52 proc.

tyle według prognoz będzie wynosić odsetek autobusów elektrycznych w Europie w 2030 r.

Wprowadzenie

Pojazd elektryczny jest wynalazkiem dość starym. Pierwsze samochody elektryczne pojawiły się już pod koniec XIX w., równoległe ze spalinowymi. Miały szansę zdominować rynek dzięki niskiemu poziomowi hałasu oraz zerowym emisjom bezpośrednim. Ponadto rozwój aut spalinowych był hamowany w tamtym okresie przez brak łatwego dostępu do benzyny i trudności w obsłudze pojazdów. Mimo długiego czasu ładowania i krótkich zasięgów (do kilkudziesięciu kilometrów), samochody elektryczne szybko zyskały na popularności, głównie wśród zamożnych mieszkańców miast. Ostatecznie o sukcesie aut z silnikiem o spalaniu wewnętrznym zdecydował rozwój koncernów naftowych, a co za tym idzie – stacji benzynowych, oraz wprowadzenie nowych rozwiązań technologicznych, ułatwiających ich użytkowanie. Ponadto masowa produkcja w fabrykach zapewniła znaczącą redukcję kosztów wytwarzania aut spalinowych (Brzozowski, 2018). Idea samochodów elektrycznych zaczęła odradzać się kilkakrotnie w drugiej połowie XX w., m.in w wyniku wahań cen ropy. Dopiero jednak w ostatnich latach, z jednej strony ze względu na szybkie postępy w rozwoju akumulatorów i technologii tranzystorowej, z drugiej pod wpływem stale rosnących wymagań emisyjnych, elektromobilność weszła do transportowego *mainstreamu*.

E-mobility w Polsce znajduje się w początkowej fazie rozwoju. W wielu krajach Europy Zachodniej, Ameryki Północnej i Azji notuje się znacznie większy odsetek pojazdów elektrycznych w całkowitej liczbie pojazdów. Rozwój *e-mobilności* w przypadku Polski stwarza przede wszystkim szansę na uniezależnienie się od fluktuacji na rynku ropy naftowej (w Polsce blisko 90 proc. energii zużywanej w transporcie pochodzi z ropy (Kościółek, Biały, 2018)) oraz na

zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza głównie w miastach (ze względu na zerową emisję bezpośrednią aut elektrycznych).

Dostrzegając korzyści z rozpowszechnienia elektromobilności oraz obserwując jej rozwój w innych krajach, autorzy niniejszego raportu próbują odpowiedzieć na pytanie, jaką strategię wobec tego rodzącego się megatrendu powinna obrać Polska. Nie chodzi tu jednak o wskazanie konkretnych rozwiązań, gotowych do implementacji, a raczej o rozważenie zasadniczych kwestii i zwrócenie uwagi na główne problemy wpływające na tempo rozwoju *e-mobility*.

W opracowaniu przyjęto dwa założenia. Po pierwsze potraktowano zagadnienie *e-mobility* holistycznie próbując znaleźć optymalne zasady polityki wspierania elektromobilności jako całości. Analiza w raporcie obejmuje zatem kołowe pojazdy pasażerskie zasilane energią elektryczną (z wyjątkiem wodorowych): pojazdy zbiorowe (autobusy i trolejbusy), samochody oraz jednoślady (hulajnogi, rowery, motorowery i motocykle, pojazdy typu UTO – urządzenia transportu osobistego). Wymienione środki transportu, z perspektywy użytkownika są często komplementarne i spełniają określoną rolę w codziennym przemieszczaniu się, dlatego warto, aby strategia wspierania *e-mobility* uwzględniała ten fakt. Po drugie w raporcie podjęto próbę zdefiniowania polityki zrównoważonego rozwoju elektromobilności w Polsce niezależnie od obecnie podejmowanych inicjatyw ze strony sektora publicznego.

Co oznacza zrównoważony rozwój elektromobilności w niniejszym opracowaniu? Po pierwsze chodzi o taką politykę wspierania *e-mobility*, która w jak najmniejszym stopniu będzie zakłócać naturalne procesy rynkowe i jednocześnie w jak najmniejszym stopniu będzie

angażować środki publiczne. Po drugie zrównoważony rozwój zakłada możliwie największą inkluzywność nowych technologii w transporcie kołowym – innymi słowy adaptacja *e-mobility* w społeczeństwie powinna być jak najszerza, tak aby elektromobilność stała się dostępna dla jak największego grona odbiorców.

Warto podkreślić również fakt, że zarówno technologia, jak i cały rynek pojazdów elektrycznych, podlegają bardzo dynamicznym przemianom. Niewykluczone, że w miarę rozwoju rynku oraz technologii zarys polityki wobec sektora *e-mobility* w Polsce przedstawiony w opracowaniu będzie wymagał aktualizacji (prace nad raportem zakończyły się pod koniec sierpnia 2019 r.).

Raport składa się z dwóch części o zbliżonej strukturze. W pierwszej szeroko opisano transport prywatny, a w drugiej – transport publiczny w kontekście kołowych pojazdów elektrycznych. W obu częściach autorzy najpierw dokonali przeglądu dostępnych środków transportu i infrastruktury ładowania, a następnie

poddali analizie stan pasażerskiego transportu prywatnego i publicznego w Polsce oraz strategię wspierania elektromobilności w wybranych krajach. Dokonana analiza oraz rozmowy z ekspertami pozwoliły na identyfikację barier dla rozwoju elektromobilności oraz wskazanie możliwych rozwiązań wspierających *e-mobility* w Polsce.

W raporcie nie omówiono problematyki wpływu elektromobilności na sektor motoryzacyjny w Polsce. Ze względu na dysruptywny charakter *e-mobility* dla tradycyjnych firm z branży motoryzacyjnej oraz na znaczenie całego sektora dla polskiej gospodarki, koniecznym wydaje się podjęcie również tej tematyki. W raporcie nie podjęto również kwestii B+R w obszarze elektromobilności. Obydwa zagadnienia wykraczają poza ramy niniejszego opracowania.

Raport powstał na podstawie danych ogólnodostępnych, wyników badań naukowych i opracowań dotyczących *e-mobility* oraz licznych rozmów z ekspertami, zarówno z sektora publicznego, jak i prywatnego.



Transport prywatny

Środki transportu

Pojazdy wyposażone jedynie w silnik elektryczny określane są jako w pełni elektryczne bądź czysto elektryczne (*Battery Electric Vehicle*, BEV), w przeciwieństwie do pojazdów hybrydowych, posiadających dwa rodzaje silników: spalinowy i elektryczny (*Hybrid Electric Vehicle*, HEV). Pojazdy elektryczne klasyfikuje się także ze względu na źródło energii używanej do napędzania silnika: energia zmagazynowana w akumulatorach (uprzednio bądź wytwarzana przez prądnice), energia generowana z innego źródła (ogniwa paliwowe, głównie wodorowe albo dodatkowy silnik spalinowy w przypadku hybryd) bądź energia uzyskana z bezpośredniego połączenia z siecią trakcyjną. To właśnie formy zasilania determinują w największym stopniu cechy pojazdów elektrycznych, takie jak zasięg, sprawność, koszty czy metody ładowania (Un-Noor i in., 2017).

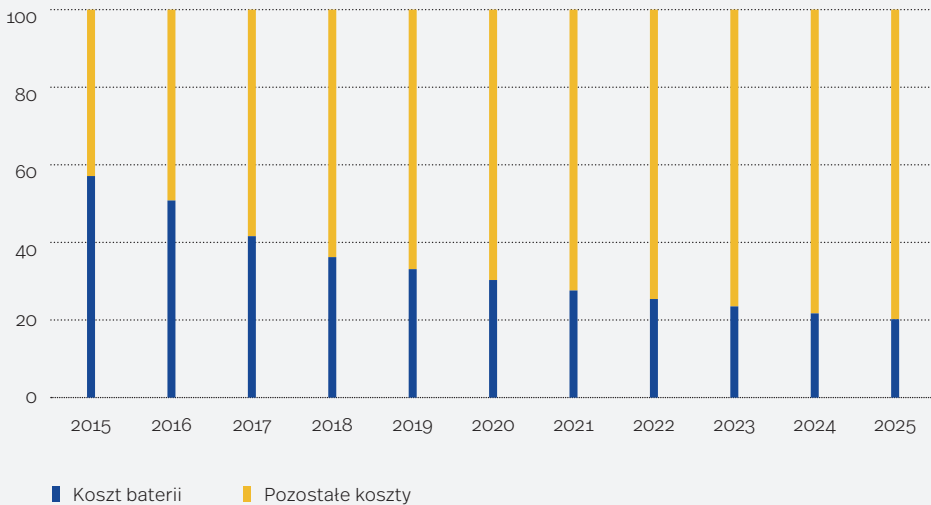
Pojazdy hybrydowe, z uwagi na podwójny napęd, mogą być uznawane jako technologia przejściowa między pojazdami spalinowymi a w pełni elektrycznymi. Z kolei przyszłość pojazdów o napędzie wodorowym, ze względu na specyfikę technologii oraz jej niedojrzałość w stosunku do tradycyjnych e-pojazdów, jest wciąż jeszcze mniej pewna. Oba typy pojazdów nie są przedmiotem niniejszego opracowania. Samochody w pełni elektryczne w niniejszym raporcie określane są również jako samochody elektryczne, auta elektryczne, e-auta, e-samochody lub BEV. Poza samochodami elektrycznymi w tym rozdziale omówiono inne rodzaje pojazdów elektrycznych, takie jak: pojazdy dwukołowe (motocykle, motorowery, rowery) i pojazdy rodzaju UTO.

Samochody

Jedną z głównych kwestii omawianych w kontekście aut elektrycznych jest ich zasięg, który zależy bezpośrednio od pojemności energetycznej baterii. Pojemność energetyczna jest podstawowym parametrem baterii określanym w kilowatogodzinach (kWh). Obecnie na jednym ładowaniu typowy samochód elektryczny może przejechać około 100-250 km, podczas gdy modele najwyższej klasy osiągają znacznie większe odległości: 300-500 km (Un-Noor i in., 2017). Analiza rynku modeli aut elektrycznych, które mają być dostępne w latach 2019-2022 wykazuje, że zasięg typowych aut elektrycznych ma mieścić się w granicach 200-400 km. E-samochody z zasięgiem powyżej 400 km mają być dostępne w przedziale cenowym od 150 tys. PLN do 300 tys. PLN (Bradley & Associates, 2019). Rzeczywisty zasięg auta elektrycznego podczas użytkowania zależy od stylu jazdy, konfiguracji auta, kondycji dróg, warunków pogodowych, rodzaju baterii i stopnia jej zużycia.

Znaczną część ceny auta elektrycznego stanowi koszt baterii (nawet do 50 proc. ceny). Ostatnio jednak można zaobserwować tendencję spadkową udziału baterii w całkowitej cenie zakupu auta. Według prognoz, do 2025 r. udział ten ma wynosić ok. 20 proc., co znacznie obniży cenę zakupu auta elektrycznego (Bullard, 2019). Już pod koniec tego roku na rynku mają się pojawić modele samochodów elektrycznych z szacowaną ceną poniżej 100 tys. PLN i zasięgiem ok. 265 km (według standardów WLTP (*Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicle*), jak Skoda Citigo iV (EV Database, 2019).

▼ Wykres 1. Prognoza spadku udziału kosztu baterii w cenie zakupu auta elektrycznego (w proc.)



Uwaga: cena dotyczy średniej wielkości auta osobowego i uwzględnia marżę oraz pozostałe koszty inne niż koszt produkcji.

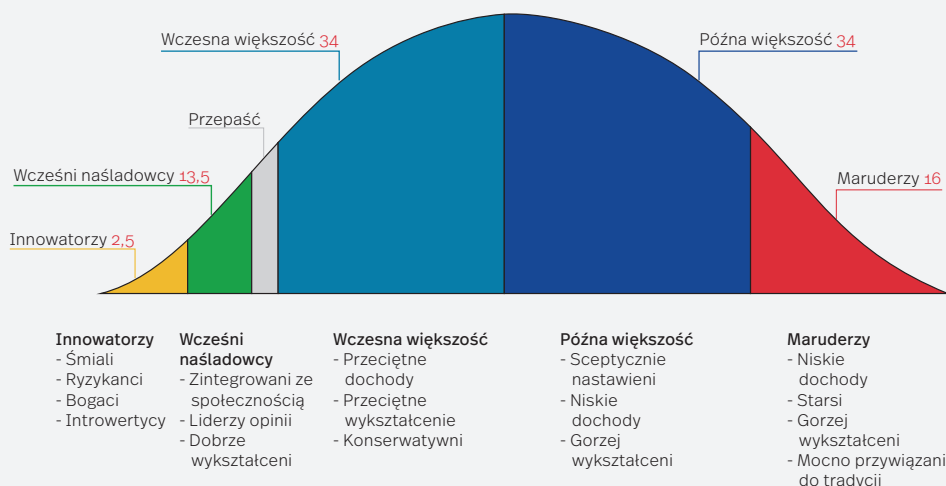
Źródło: opracowanie na podstawie: Bullard (2019).

Dzięki efektowi skali koszt najczęściej stosowanych akumulatorów litowo-jonowych w latach 2010-2016 spadał o około 20 proc. r/r (Curry, 2017). W wyniku tego możliwe staje się osiągnięcie większych zasięgów przy spadającej cenie auta elektrycznego. Dłuższy zasięg i niższa cena zwiększają atrakcyjność samochodów elektrycznych. Dzięki temu coraz więcej osób może kupować auta elektryczne i adaptacja technologii *e-mobility* przesunie się na wyższy poziom w modelu dyfuzji innowacji (infografika 1). Rynek samochodów elektrycznych nie różni się od innych rynków zaawansowanych technologii. Przy takim tempie rozwoju e-auta w końcu osiągną stosunek jakości do ceny, który pozwoli im konkurować z technologiami aut spaliniowych (Wiebe, 2018).

Pojazdy elektryczne rozwijają się także dynamicznie w segmencie aut dwuosobowych.

Obecnie już kilku największych producentów posiada w swoich ofertach takie samochody – np. Renault (Twizy), Seat (Minimo) czy Toyota (i-Road). Auta tego typu funkcjonują z wykorzystaniem baterii o małej pojemności (średnio 5-15 kWh), co przekłada się na krótszy zasięg (do 100 km). Fakt ten plasuje je w kategorii aut miejskich, które można kupić w bardziej przystępnej cenie niż e-auta produkowane na bazie standardowych karoserii, np. Renault Twizy jest dostępny już od 53 200 PLN (TWIZY, 2019). W Polsce także powstały konstrukcje aut tego typu, jak Triggo czy SAM. Model Triggo, o zmiennym rozstawie kół, łączy cechy motocykla i samochodu, zapewniając ułatwione poruszanie się po zatłoczonych ulicach oraz bezpieczeństwo podczas jazdy. Samochody dwuosobowe stanowią ciekawą opcję z perspektywy usług *carsharingowych* (Triggo, 2019).

▼ Infografika 1. Dyfuzja innowacyjności (w proc.)



Źródło: opracowanie na podstawie: Gwarda-Gruszczyńska (2017).

E-carsharing

W okresie posiadania auta jedynie 5 proc. czasu to użytkowanie aktywne. Przez większość czasu samochody stoją zaparkowane. *Carsharing* bądź tzw. „auto na minutę” czyli usługa wspólnego użytkowania samochodów osobowych, udostępnianych przez operatorów za opłatą, stanowi alternatywę dla posiadania auta. *Carsharing* cechuje znacznie większy współczynnik użycia aut, co wpływa na zmniejszenie negatywnego oddziaływania na środowisko przez samochody (Namazu i in., 2018). Globalny rynek współdzielenia samochodów w 2017 r. był wart około 1,3 mld EUR, a do 2024 r. ma wzrosnąć do ponad 9,2 mld EUR (GMI, 2019). Udział rynku europejskiego w światowym wynosi ponad jedną trzecią i jego wartość ma wzrosnąć do 3,3 mld EUR w 2024 r. (Graphical Research, 2018).

Liczba współdzielonych aut globalnie w 2020 r. ma wynieść nieco ponad 23 mln, a w 2025 r. – prawie 45 mln (Statista, 2018). Równie szybko będzie rozwijać się ten rynek w samej

Europie. Szacuje się, że do 2035 r. flota europejskiego rynku współdzielenia samochodów sięgnie 7,5 mln pojazdów. W 2018 r. wyniosła ona około 370 tys., co stanowi jedynie nieco ponad 0,1 proc. wszystkich aut osobowych w Europie, ale jest też prawie trzykrotnie większą wartością niż liczba aut współdzielonych w 2016 r. (Bright i in., 2018).

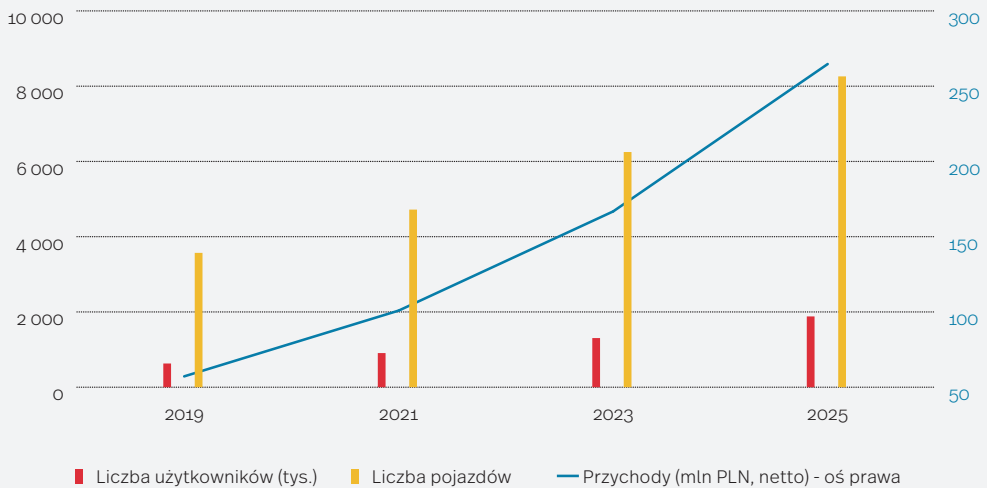
Obecnie w Polsce jest blisko 3,6 tys. samochodów na minutę, dostępnych w 12 miastach do dyspozycji około 6,6 mln mieszkańców. Szacuje się, że liczba użytkowników *carsharingu* sięga rzędu 630 tys. Spośród floty aut współdzielonych blisko co piąty samochód posiada napęd elektryczny. Liczba współdzielonych aut do 2025 r. ma wzrosnąć do blisko 8,3 tys. a liczba użytkowników do ponad 1,88 mln (Mobilne Miasto i Smartride.pl, 2019).

Korzystanie z *carsharingu* jest szczególnie uzasadnione ekonomicznie dla kierowców poruszających się autem na krótkich trasach, np. w mieście. Według badań jest to bardziej opłacalne niż posiadanie własnego auta przy

przebiegach nieprzekraczających 8 tys. km rocznie, czyli około 20 km dziennie. Dodatkowo analiza kosztów zakupu i eksploatacji samochodu elektrycznego wykazuje, że opłacalność użytkowania tego pojazdu wzrasta z jego

przebiegiem. Dlatego w obecnej chwili *e-car-sharing* może być optymalnym rozwiązaniem dla osób chcących używać auta elektrycznego na stosunkowo niedługich dystansach (Wolański, Pieróg, 2017).

Wykres 2. Polski rynek *carsharingu* w latach 2019-2025



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Mobilne Miasto i Smartride.pl (2019).

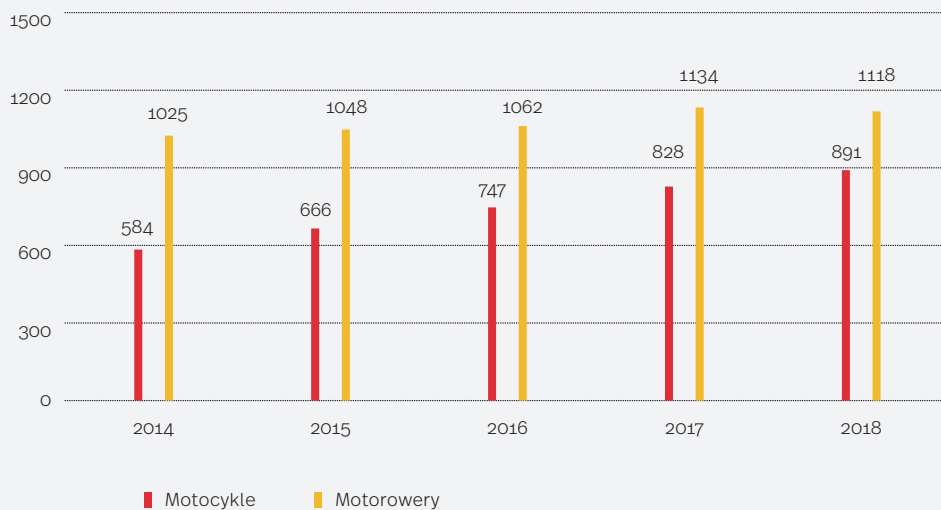
Pojazdy dwukołowe

Do pojazdów dwukołowych w tym raporcie zaliczono motocykle, motorowery (w tym skutery) i rowery.

W Polsce rośnie liczba zarejestrowanych motocykli i motorowerów, zarówno spalinowych, jak i elektrycznych. Na koniec 2018 r. było prawie 900 tys. motocykli, czyli o 7 proc. więcej niż rok wcześniej. Wzrost ten był jednak o 3 proc. niższy niż w 2017 r. Średni wiek motocykla w Polsce to 18,6 roku. Liczba motorowerów wyniosła na koniec 2018 r. blisko 1,1 mln, to jest o 1,3 proc. mniej niż w 2017 r. Średni wiek motoroweru to 13,4 roku (PZPM, 2019).

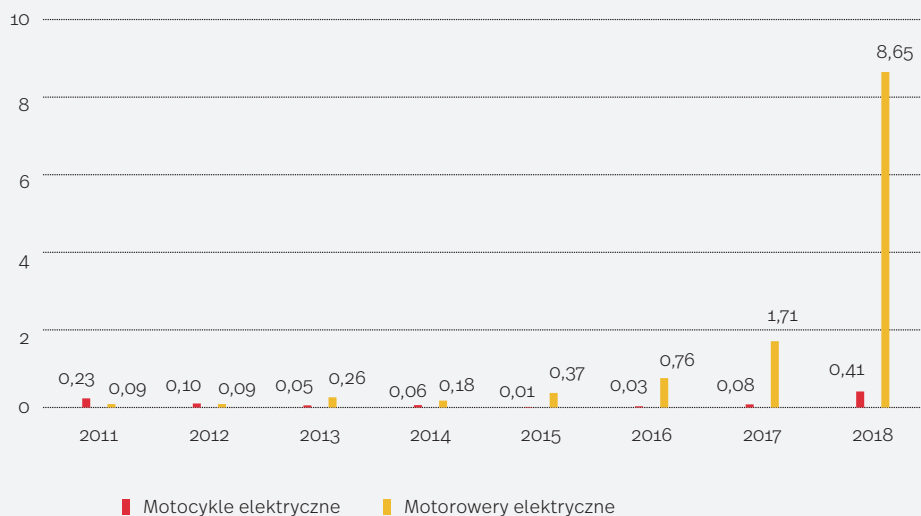
W ostatnim czasie w Polsce szczególnie widoczna jest większa popularność motorowerów elektrycznych: w ciągu ostatnich dwóch lat liczba rejestracji tego typu pojazdów wzrosła dwuipółkrotnie. W 2018 r. zarejestrowano prawie 1,5 tys. motorowerów elektrycznych z udziałem 8,6 proc. w ogóle rejestracji motorowerów, a sześć lat wcześniej zarejestrowano ich jedynie 53. Natomiast udział motocykli elektrycznych w ogóle rejestrowanych motocykli w Polsce wzrasta nieznacznie i niezmiennie jest poniżej 1 proc. W 2018 r. zarejestrowano 60 tego typu pojazdów, a w 2012 r. tylko 8 (ACEM, 2019).

▼ Wykres 3. Liczba motocykli i motorowerów w Polsce (stan na koniec roku, w tys.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: PZPM (2019).

▼ Wykres 4. Udział motocykli i motorowerów elektrycznych w całości rejestracji w Polsce (w proc.)



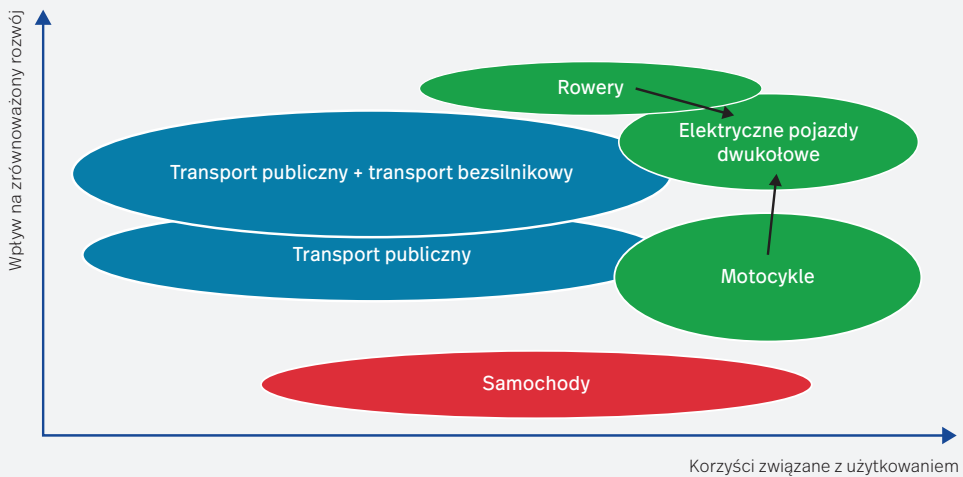
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: ACEM (2019).

W Unii Europejskiej udział motocykli elektrycznych w liczbie nowo rejestrowanych motocykli w 2018 r. wyniósł ok. 1 proc. Najwięcej elektrycznych motocykli zarejestrowano w Hiszpanii (2970), Francji (1526) oraz Holandii (809), a największy udział wśród wszystkich zakupionych motocykli odnotowano we Francji (6 proc.), Hiszpanii (2 proc.) i Austrii (1,2 proc.). W przypadku motorowerów elektrycznych ich udział we flocie nowo rejestrowanych motorowerów w UE w 2018 r. to blisko 15 proc. Spośród tego w wartościach bezwzględnych najwięcej motorowerów elektrycznych zarejestrowano we Francji (10 381), Belgii (10 248) i Holandii (7738). Największy odsetek rejestracji

motorowerów elektrycznych w tym okresie odnotowano w Belgii (48 proc.), Czechach (29 proc.) i Luksemburgu (28 proc.) (ACEM, 2019).

W Europie od 2015 r. na popularności zyskują usługi współdzielenia elektrycznych skuterków (*scootersharing*). W Polsce pierwsze tego typu usługi oferowano w 2017 r., a obecnie dostępne są w 18 miastach, z flotą ok. 1,5 tys. pojazdów. Liczba użytkowników współdzielenia skuterów elektrycznych to ponad 300 tys. Szacuje się, że do 2025 r. zarówno liczba użytkowników, jak i liczba pojazdów w usługach *scootersharingu* może wzrosnąć prawie osiem razy w stosunku do 2019 r. (Mobilne Miasto i Smartride.pl, 2019).

▸ **Infografika 2.** Jakościowa ocena wpływu różnych rodzajów transportu na zrównoważony rozwój i korzyści związane z ich użytkowaniem



Uwaga: przedstawione badanie dotyczy miejskich podróży o długości 2-10 km. Korzyści związane z użytkowaniem odnoszą się do czasu podróży danym środkiem transportu, możliwości parkowania w mieście i niezawodności pojazdów. Wpływ na zrównoważony rozwój w tym przypadku obejmuje równy dostęp, wydajność miejsca parkowania danego pojazdu, zanieczyszczenia powietrza, emisję CO₂, zużycie paliwa, hałas i aktywność fizyczną podróżnych. Wszystkie pojazdy poza elektrycznymi dwukołowcami są zasilane wewnętrznym silnikiem spalinowym. Wymiary owali na osiach wykresu odpowiadają wielkości wpływu na zrównoważony rozwój bądź skali korzyści związanych z użytkowaniem pojazdów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Bakker (2018).

Motocykl potrzebuje siedem razy mniej przestrzeni niż auto osobowe i jest bardziej wydajny energetycznie, nawet przy założeniu wyższego stopnia obciążenia samochodu (Bray i Hoyoak, 2015). Niemniej jednak, motocykle spalinowe to znaczne źródło zanieczyszczeń, hałasu i CO₂. Elektryczne pojazdy dwukołowe mają niższe koszty operacyjne niż tradycyjne pojazdy z silnikiem spalinowym o podobnych osiągnięciach i nie emitują zanieczyszczeń. Ulepszenie technologiczne baterii to jeden z kluczowych trendów na rynku dwukołowych pojazdów elektrycznych w najbliższych latach i jeden z głównych czynników wpływających na wyniki sprzedaży elektrycznych dwukołowców (Technavio, 2017).

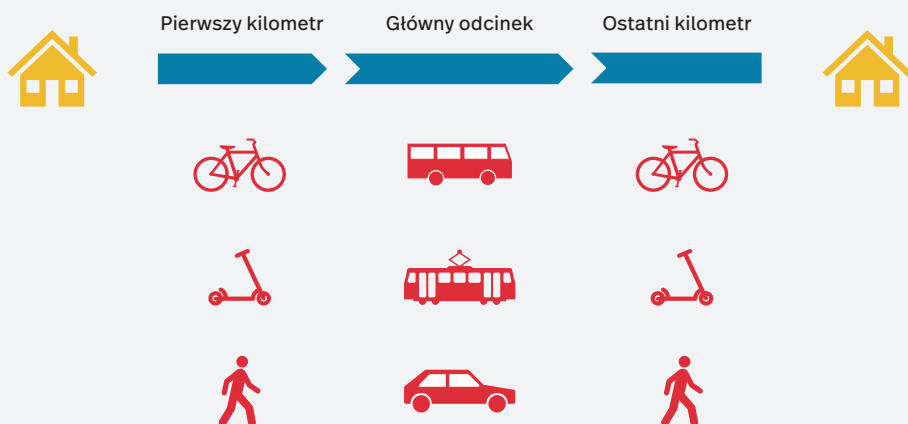
Większość podróży w miastach odbywa się na dystansie mniejszym niż 10 km, a wiele na mniejszym niż 5 km. Można zatem powiedzieć, że większość miejskich przejazdów może być pokonywana rowerem. Rower elektryczny przez wprowadzenie zasilania elektrycznego do wspomagania napędu może z jednej strony wydłużyć zasięg, z drugiej zaś umożliwić korzystanie z rowerów osobom o słabszej kondycji

fizycznej, przez redukcję niedogodności związanych z wzniesieniami, niską prędkością czy obciążeniem fizycznym. Jednocześnie rowery elektryczne mogą zastąpić podróże podejmowane innymi środkami transportu: motocyklami, samochodami czy transportem publicznym (Bakker, 2018).

Urządzenia transportu osobistego – UTO

Revolucja w transporcie widoczna jest przez rozwój pojazdów kategorii UTO. W projekcie nowelizacji ustawy Prawo o ruchu drogowym UTO zostało zdefiniowane jako „(...) urządzenie konstrukcyjnie przeznaczone do poruszania się wyłącznie kierującego znajdującego się na tym urządzeniu, o szerokości nieprzekraczającej w ruchu 0,9 m, długości nieprzekraczającej 1,25 m, masie nieprzekraczającej 20 kg, wyposażone w napęd elektryczny, którego konstrukcja ogranicza prędkość jazdy do 25 km/h” (Ministerstwo Infrastruktury, 2019). Do tych urządzeń zalicza się m.in. hulajnogi, deskorolki, pojazdy typu segway i monocykle.

▼ Infografika 3. Schemat pierwszego i ostatniego kilometra podróży



Źródło: opracowanie własne PIE.

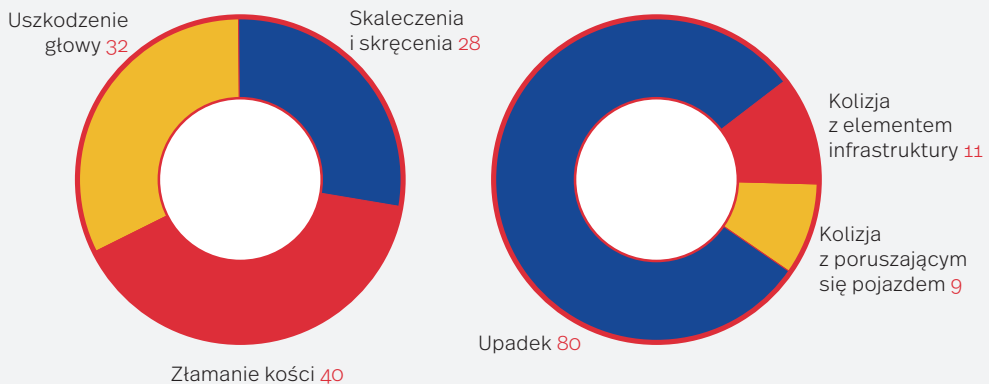
Pojazdy typu UTO, podobnie jak rowery czy ruch pieszcy, często pojawiają się w kontekście pojęcia pierwszej i ostatniej mili bądź pierwszej i ostatniego kilometra. Terminy te odnoszą się do początkowego i końcowego odcinka podróży w transporcie multimodalnym. Etap środkowy podróży – to główny odcinek drogi, który jest zazwyczaj pokonywany zasadniczym środkiem transportu, takim jak autobus, tramwaj czy samochód (Dąbek, 2013).

Pojazdy UTO, podobnie jak rowery czy skutery elektryczne, wpisują się w ekonomię współdzielenia (*sharing economy*). Dla użytkowników UTO ma tę przewagę nad rowerami, że może być pozostawione w dowolnym miejscu bądź w przypadku własności tego urządzenia, z powodu mniejszych gabarytów, łatwiej je przenieść.

W Polsce usługi współdzielenia hulajnóg dostępne są obecnie w 9 miastach z szacowaną liczbą ponad 7 tys. pojazdów. Do 2025 r. liczba użytkowników hulajnóg w usługach wynajmu na minutę może wzrosnąć z obecnych 220 tys. do 2,5 mln (Mobilne Miasto i Smartride.pl, 2019).

Odnotowuje się dużą liczbę wypadków z udziałem UTO. Dynamiczna jazda przy znacznych prędkościach może wpływać na stabilność – 80 proc wypadków z udziałem hulajnóg jest spowodowana przez upadek. Blisko jedna trzecia wypadków skutkuje uszkodzeniem głowy. Nałożenie kasku podczas jazdy hulajnogą pozwoliłoby uniknąć tego typu urazów. W Polsce dodatkową przyczyną wypadków jest brak określonych zasad poruszania się pojazdów UTO.

▸ **Wykres 5.** Najczęstsze rodzaje urazów (po lewej) i wypadków (po prawej) z udziałem hulajnóg elektrycznych (w proc.)



Źródło: opracowanie na podstawie: Polska Izba Ubezpieczeń (2019).

Rynek samochodów w Polsce

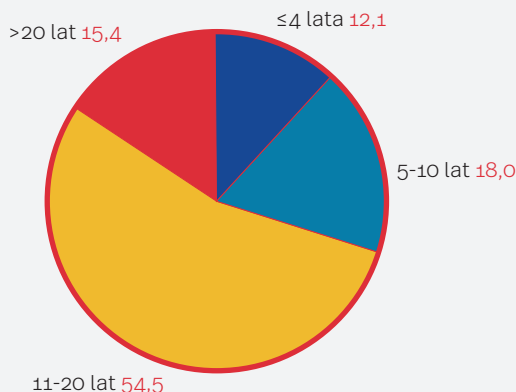
Analiza rynku samochodów osobowych w Polsce może pomóc zrozumieć preferencje

użytkowników i tym samym wesprzeć opracowanie strategii wspierania e-mobilności. Rynek ten w Polsce jest zdominowany przez pojazdy spalinowe. Na koniec 2018 r.

45 proc. wszystkich aut osobowych w Polsce stanowiły modele na benzynę, 40 proc. modele z napędem wysokoprężnym, a blisko 15 proc. modele spalające LPG. Według danych Polskiego Związku Przemysłu Motoryzacyjnego pozostałe rodzaje napędów (w tym elektryczny) są statystycznie pomijane. Jeśli chodzi o formę prawną właściciela, 91,4 proc. ogółu samochodów w Polsce należy do osób fizycznych, a pozostała część do firm. W przypadku aut w wieku do 4 lat, 47,6 proc.

należy do osób fizycznych, a 52,4 proc. do osób prawnych (PZPM, 2019). Jedyne nieco ponad 12 proc. samochodów w Polsce ma mniej niż 4 lata. Auta liczące od 11 do 20 lat stanowią 54,5 proc. całkowitej liczby samochodów, a powyżej 20 lat – 15,4 proc., czyli łącznie auta powyżej 10 lat stanowią ok. 70 proc. całej liczby aut osobowych w Polsce. W 2018 r. największą popularnością przy zakupie cieszyły się auta z rocznika 2007 (PZPM, 2019).

▼ Wykres 6. Struktura wieku parku samochodowego w Polsce w 2018 r. (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych PZPM.

Średni wiek samochodu na polskich drogach wynosi około 14 lat. Dla porównania wartość ta dla Niemiec to nieco ponad 9 lat, a dla Wielkiej Brytanii niecałe 8 lat. Średnia dla krajów Europy to 11 lat (wykres 7).

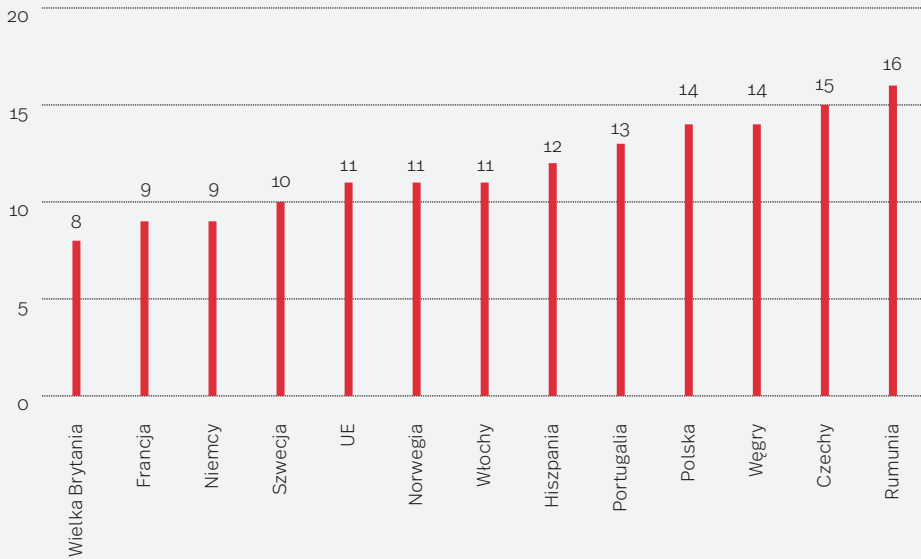
W Polsce w minionym roku kupiono około dwa razy więcej osobowych używanych aut niż nowych. Taka proporcja utrzymuje się od czasu wejścia Polski do Unii Europejskiej. Największe znaczenie dla kupującego ma cena pojazdu oraz znaczny spadek wartości

początkowej nowych aut w czasie. Według firm sprzedających osobowe auta używane, średnia cena zakupu auta w Polsce w 2018 r. wynosiła niecałe 17 tys. PLN (AAA Auto, 2019), a 65 proc. samochodów używanych zakupiono za kwotę poniżej 30 tys. PLN (OTOMOTO i SAMAR, 2019).

Ok. 80 proc. używanych samochodów importowano z zagranicy, w większości z Niemiec. Według europejskich standardów wyznaczających dopuszczalne poziomy emisji spalin

22,8 proc. samochodów osobowych spełnia- | – Euro 5, a jedynie 6,9 proc. najostrzejszą normę
to normę Euro 3, 42,1 proc. – Euro 4, 22,9 proc. | Euro 6 (PZPM, 2019).

» Wykres 7. Średni wiek samochodu osobowego w 2018 r. w krajach europejskich



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: ACEA (2018).

Niżej przedstawiono zestawienie kosztów zakupu i użytkowania auta spalinowego oraz elektrycznego. Do analizy przyjęto najpopularniejszy model auta spalinowego w 2018 r. wśród firm – Skoda Citigo oraz jej odpowiednik elektryczny wkrótce dostępny na rynku – Skoda Citigo-e (PZPM, 2019). Ceny zakupu aut oszacowano na podstawie informacji

dostępnych na portalach motoryzacyjnych. Roczny przebieg samochodu przyjęto na podstawie danych GUS. Dla uproszczenia przyjęto stałą pojemność akumulatora w aucie elektrycznym, a koszt ładowania oszacowano zakładając używanie ładowarki z gniazda domowego i szybkiej ładowarki komercyjnej w stosunku 3:1 (tabela 1).

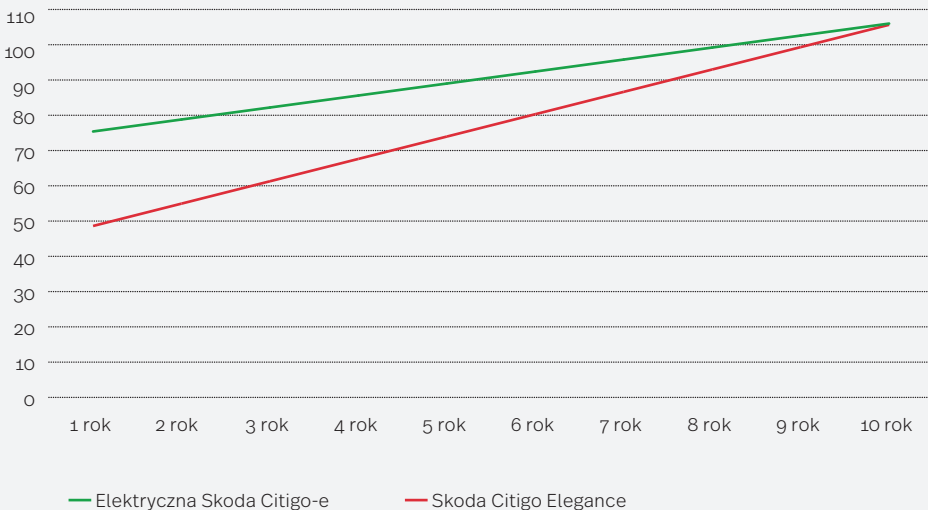


▼ Tabela 1. Porównanie kosztów zakupu i eksploatacji auta spalinowego i elektrycznego

Parametr	Skoda Citigo Elegance, 75 KM	Elektryczna Skoda Citigo-e, akumulator 36,8 kWh, 82 KM
Cena zakupu (PLN)	42 270	72 000
Spalanie (l/100 km) (kWh/100km)	5,5	16,4
Cena paliwa (PLN/l) cena prądu (PLN/kWh)	5,19	0,89
Zasięg (km)	1 000	265
Koszty eksploatacji (PLN/rok)	2 057	1 223
Przebieg (km/rok)	15 000	15 000
Czas analizy (lata)	10	10
Całkowity koszt po 10 latach (PLN)	105 658	106 001

Uwaga: przy obliczaniu kosztu eksploatacji wzięto pod uwagę średnie ubezpieczenie OC, okresowe badanie techniczne, dodatkowe naprawy, szacunkowe dodatkowe koszty (mycie, doraźne środki). W przypadku Skody Citigo-e było to OC, przegląd okresowy, wymiana płynu chłodzącego co 4 lata oraz wymiana klocków hamulcowych co 4 lata. W przypadku Skody Citigo Elegance OC, przegląd okresowy, wymiana oleju co 15 tys. km, wymiana tarczy sprzęgła co 45 tys. km oraz wymiana tarcz i klocków hamulcowych co 15 000 tys. km. Uśredniona cena prądu wynika z tygodniowego przebiegu przy 21 600 km rocznie, czyli 415 km, zasięgu 265 km oraz założenia, że na 3 ładowania w domu (dojazdy do pracy), wypadnie jedno na dalszą podróż do 500 km (szybkie ładowanie na stacji) – przy czym dana osoba średnio co drugi weekend, gdzieś wyjeżdża, bądź ma dalej do pracy, bądź musi szybko naładować auto. Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ogólnodostępnych informacji prasowych i danych producentów aut.

▼ Wykres 8. Porównanie kosztów zakupu i eksploatacji auta spalinowego i elektrycznego (w tys. PLN)



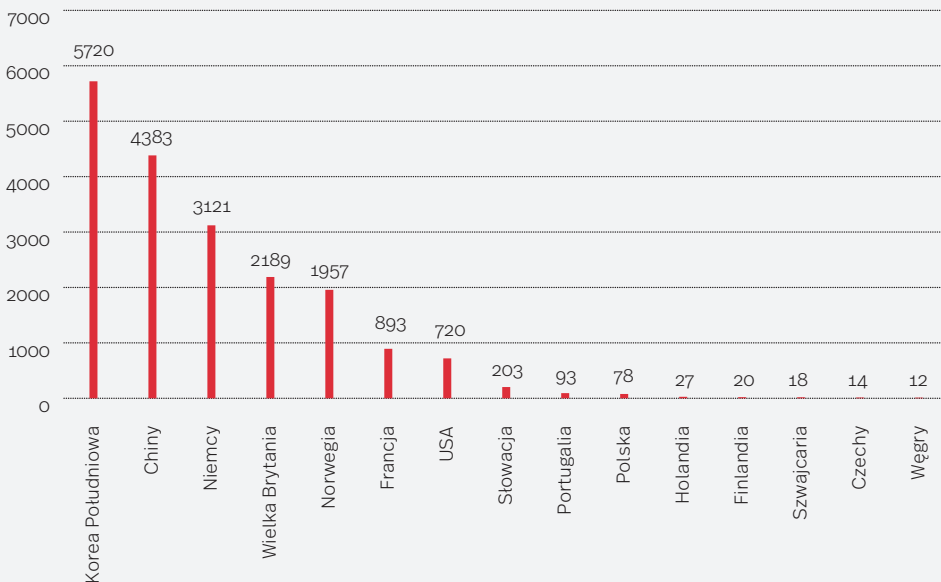
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie ogólnodostępnych informacji prasowych i danych producentów aut.

Doświadczenia innych krajów we wspieraniu e-mobilności

Wsparcie rozwoju elektromobilności możliwe jest na wielu płaszczyznach i w różnych formach, m.in. przez rozwój infrastruktury stacji ładowania, dotacje i ulgi na zakup pojazdów elektrycznych oraz mechanizmy stymulujące B+R w dziedzinie elektromobilności. Analiza działań różnych krajów wskazuje, że swoje wysiłki w rozwój *e-mobility* uzależniają one od sytuacji gospodarczej kraju, istniejącego przemysłu, rozwoju technologii, dostępnych surowców i źródeł energii, wpływu zanieczyszczeń powietrza na stan zdrowia mieszkańców, poziomu zamożności, a także świadomości społeczeństwa.

Biorąc pod uwagę szacunkowe środki przeznaczone na rozwój elektromobilności w 2018 r. obecnie liderami w tej dziedzinie są Korea Południowa i Chiny (wykres 9). Rząd Korei Południowej opracował 5-letni plan wydatkowania kwoty 27,7 mld EUR na rzecz elektromobilności; ma on umożliwić krajowi zajęcie silnej pozycji w gronie największych udziałowców rynku samochodów elektrycznych (IEA, 2018b). Z kolei w Chinach jeździ obecnie najwięcej na świecie samochodów elektrycznych – 951 tys. wobec 637 tys. w USA czy 194 tys. w Norwegii (IEA, 2018a). Prawie dwukrotnie mniej niż Korea wydają na rozwój *e-mobility* kolejne w zestawieniu Niemcy i Wielka Brytania. Na 5. miejscu znajduje się lider europejskiej elektromobilności – Norwegia (wykres 9).

▸ Wykres 9. Szacunkowe środki przeznaczone na rozwój elektromobilności w 2018 r. w wybranych krajach (w mln EUR)



Uwaga: na szacunkowe środki składają się zsumowane kwoty przeznaczone przez poszczególne kraje na rozwój elektromobilności w postaci finansowania badań i rozwoju, ulg i dotacji oraz inwestycji w infrastrukturę i wsparcie firm motoryzacyjnych, dostępne w dokumentach rządowych, materiałach prasowych oraz raportach specjalistycznych.

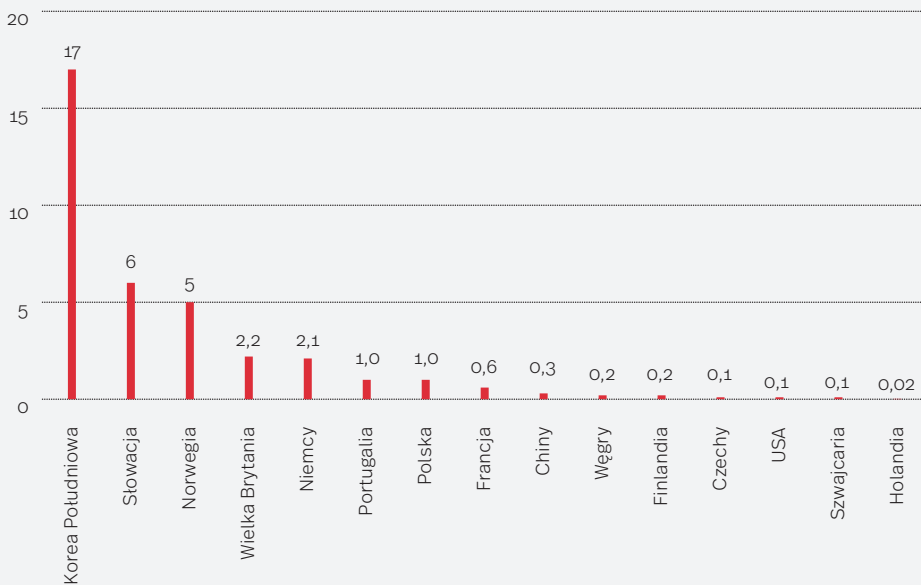
Źródło: opracowanie własne PIE.

Zarówno Stany Zjednoczone, jak i Chiny, mają obecnie rozwinięte ośrodki produkujące samochody elektryczne (BYD w Chinach, Tesla w USA). Tradycyjne przemysły motoryzacyjne w Korei Południowej, Niemczech oraz Francji wymagają nadal jeszcze większych nakładów, aby dostosować się do zmian na rynku wynikających z nowego trendu (wykres 9).

Korea Południowa w 2018 r. przeznaczyła najwięcej środków na rozwój elektromobilności zarówno w ujęciu bezwzględnym, jak i w stosunku do przychodów sektora finansów

publicznych. W krajach naszego regionu warto zwrócić uwagę na przykład Słowacji. Kraj ten w 2018 r. przeznaczył na wsparcie rozwoju elektromobilności większą sumę publicznych pieniędzy w relacji do przychodów sektora finansów publicznych niż Norwegia (wykres 10). W dużej mierze są to środki przeznaczone na rozwój infrastruktury ładowania. W 5-letnim planie rząd Słowacji na rozwój sieci ładowarek zaplanował 800 mln EUR, a na wsparcie fabryk baterii do pojazdów elektrycznych – 200 mln EUR (Szalai, 2017).

▼ **Wykres 10.** Wskaźnik wysokości środków przeznaczonych na rozwój elektromobilności w 2018 r. w stosunku do przychodów sektora finansów publicznych z 2017 r. w wybranych krajach (w promilach)



Źródło: przychody sektora finansów publicznych na podstawie: IMF (2019); opracowanie własne PIE.

Dzięki rządowym zachętom w postaci ulg i przywilejów dla aut elektrycznych, zakup samochodu elektrycznego w Norwegii jest zwykle tańszy niż pojazdu spalinowego (tabela 2).

Różnica cen wynika z obniżonego opodatkowania auta elektrycznego i braku konieczności uiszczenia podatku VAT (wynoszącego w Norwegii 25 proc.). Ponadto kupujący nie

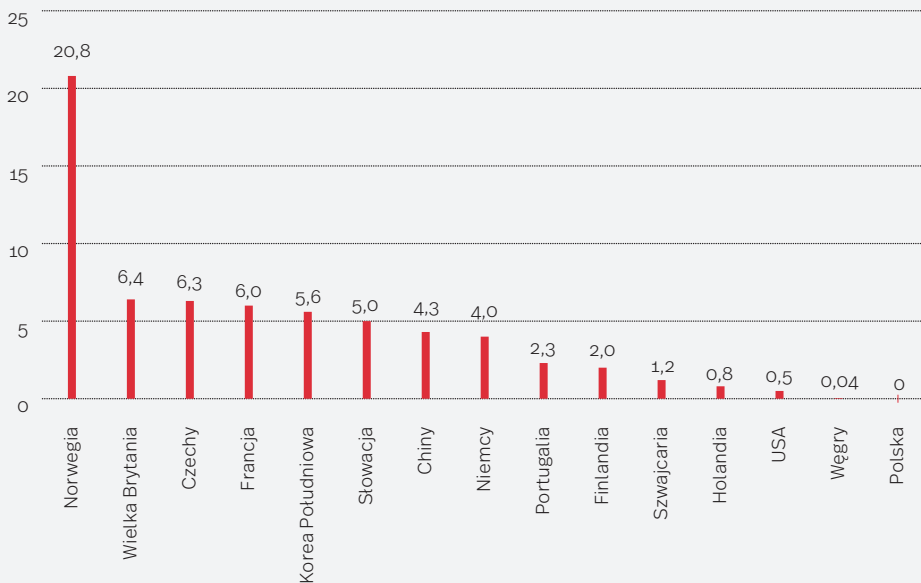
musi opłacać wysokiego podatku od zakupu | dwutlenku węgla i tlenków azotu oraz od masy samochodu, którego wartość zależy od emisji | auta.

▸ **Tabela 2.** Porównanie ceny samochodu spalinowego i elektrycznego w Norwegii (w EUR)

Parametr	Volkswagen Golf	Volkswagen e-golf
Cena importowa	23 434	34 600
Podatek za CO ₂	4 330	-
Podatek za NO _x	243	-
Cło za wagę	1 830	-
Opłata likwidacyjna	250	250
25 proc. VAT	5 858	-
Cena detaliczna	35 945	34 850

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Berman (2019).

▸ **Wykres 11.** Szacowana kwota dofinansowania/ulgi na jedno zakupione osobowe auto elektryczne w 2018 r. (w tys. EUR) w wybranych krajach

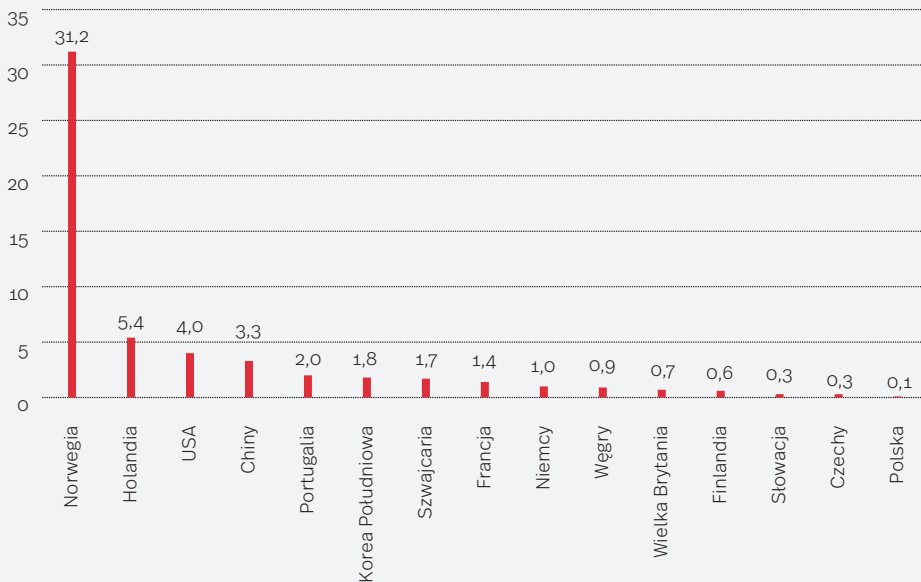


Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie informacji dostępnych w dokumentach rządowych, materiałach prasowych oraz raportach specjalistycznych.

Znaczne dofinansowanie zakupu aut elektrycznych daje Norwegii pozycję lidera wśród krajów europejskich pod względem udziału BEV w puli wszystkich zarejestrowanych samochodów osobowych w 2018 r. (wykres 12). W Holandii

niewiele ponad 5 proc. aut osobowych zarejestrowanych w 2018 r. to auta elektryczne. Warto zauważyć obecność w czołówce Szwajcarii oraz Portugalii, której PKB w przeliczeniu na jednego mieszkańca zbliżone jest do polskiego.

▾ Wykres 12. Udział rejestracji aut elektrycznych wśród aut osobowych zarejestrowanych w 2018 r. (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych EAFO.

Ciekawy model polityki wsparcia *e-mobility* obrała Szwajcaria, której strategia rządowa nie opiera się na dotowaniu zakupu aut, ale na opracowaniu optymalnych przepisów i warunków do rozwoju dla pojazdów elektrycznych i infrastruktury ładowania publicznego. Szwajcarski rząd zakłada, że upowszechnianie pojazdów elektrycznych powinno być napędzane przez siły rynkowe (IEA, 2019b). W grudniu 2018 r. w tym kraju podpisano plan działania na rzecz elektromobilności. Ponad 50 organizacji i firm z różnych branż podjęło współpracę w celu opracowania propozycji

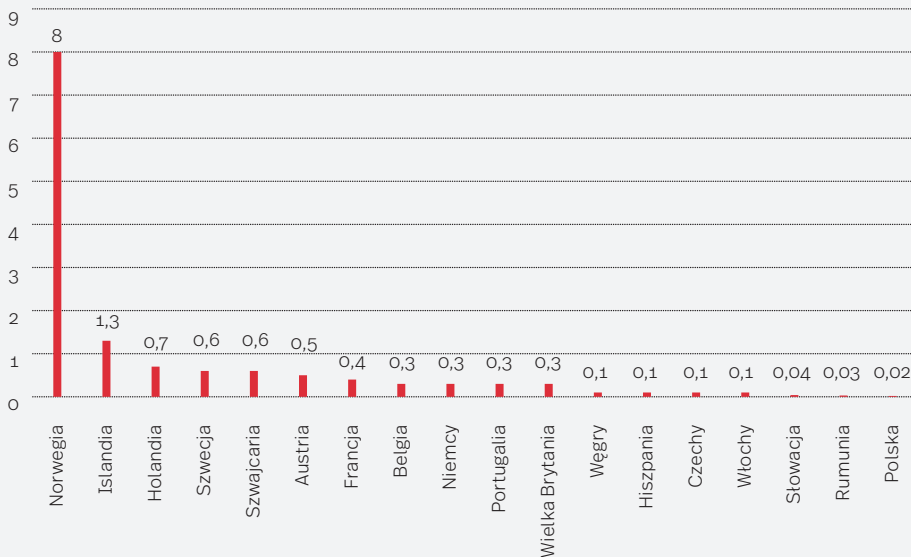
wsparcia sektora *e-mobility*. Dokument zawiera konkretne rozwiązania podzielone na trzy priorytetowe obszary działania: rozwój rynku pojazdów elektrycznych, realizację optymalnej infrastruktury ładowania oraz dostosowanie przepisów. Szwajcarski plan działania na rzecz elektromobilności w zakresie infrastruktury opiera się szczególnie na budowie szybkich ładowarek. Zadaniem Federalnego Urzędu Drogowego (FEDRO) jest utworzenie gęstej, ogólnokrajowej sieci stacji szybkiego ładowania w ciągu najbliższych kilku lat. Realizacja planu jest otwarta dla innych

organizacji i firm, które chcą się przyczynić do osiągnięcia zakładanego celu, jakim jest oddanie do użytku ok. 160 stacji szybkiego ładowania. W ramach prac nad projektem Szwajcarskie Stowarzyszenie Inżynierów i Architektów (SIA) opracowało nowe standardy i wymagania techniczne w zakresie planowania instalacji punktów ładowania w nowym budownictwie i przy remontach istniejących obiektów (IEA, 2019a).

Portugalia jest pierwszym europejskim krajem, który doprowadził do podpisania porozumienia, zakładającego utworzenie krajowej

sieci pojazdów bezemisyjnych – w tym elektrycznych – w ciągu trzech lat. W ramach porozumienia utworzono m.in. Sieć Mobilności Elektrycznej, która łączy różne punkty w Portugalii i umożliwia ładowanie pojazdów elektrycznych na podstawie specjalnej karty. Całość zarządzana jest przez podmiot o nazwie MOBI.E. Po dziesięciu latach od rozpoczęcia tej inicjatywy, oddano do użytku blisko 1,5 tys. stacji ładowania (IEA, 2019a). Warto zaznaczyć dla porównania, że w Portugalii jest jedynie 327 stacji benzynowych (Elepedia, 2018).

▼ Wykres 13. Udział aut elektrycznych w całej flocie aut osobowych w 2019 r. w krajach europejskich (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych EAFO.

Przykład Holandii, Szwajcarii oraz Portugalii dowodzi, że dofinansowanie zakupu aut elektrycznych w postaci dotacji bądź ulg podatkowych nie jest jedynym sposobem wpływającym na zwiększenie udziału aut elektrycznych w całej

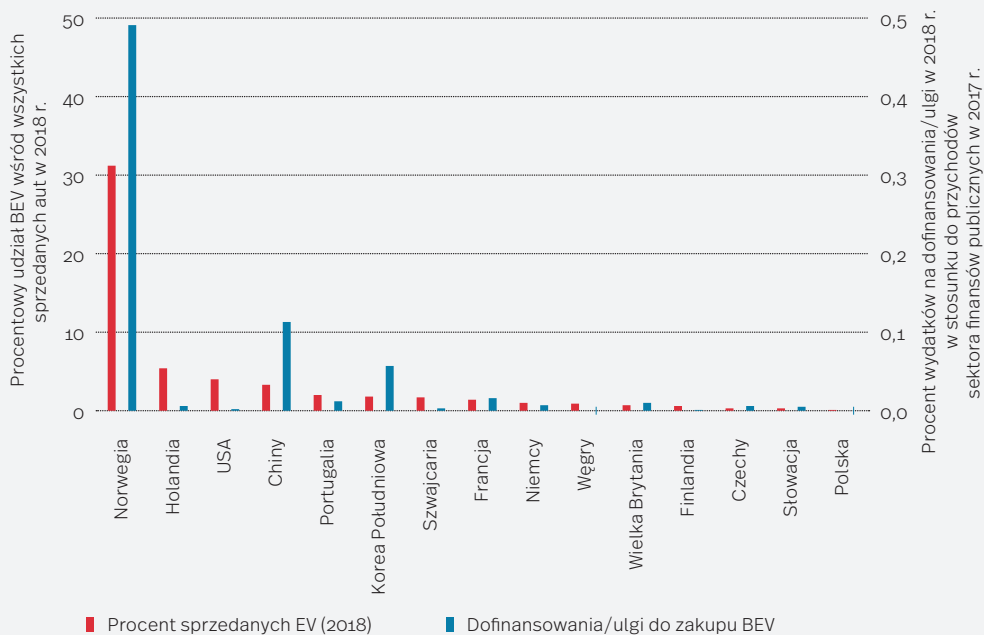
flocie aut osobowych. Nakłady finansowe wykorzystane w odpowiedni sposób na rozwój infrastruktury, dostosowanie przepisów oraz zwiększenie świadomości społecznej, mogą również znacząco przyczynić się do rozwoju *e-mobility*.

Holandia wydając 5 razy mniej niż Wielka Brytania zanotowała prawie 8-krotnie większy udział samochodów elektrycznych w całej flocie. Portugalia wraz ze Szwajcarią znajdują się w gronie takich krajów, jak Francja czy Niemcy, notujących między 1 proc. a 2 proc. udziału BEV w rynku (wykres 13). Szwajcaria i Portugalia wydały w sumie prawie 30 razy mniej niż Niemcy i Francja na rozwój elektromobilności w 2018 r. (wykres 10).

Najwięcej środków na ulgi przeznaczają kraje z wysoko rozwiniętym przemysłem

motoryzacyjnym, jak Chiny, Korea Południowa, Francja, Niemcy czy Wielka Brytania (wykres 14). Zdecydowanym liderem, zarówno w udziale aut elektrycznych we flocie samochodów w kraju, jak i w wysokości środków przeznaczanych na dofinansowania do zakupu samochodów elektrycznych w całej Europie, jest Norwegia (w postaci ulg przeznacza prawie 21 tys. EUR na jedno rejestrowane auto elektryczne w roku (Berman, 2019).

▼ Wykres 14. Szacowana kwota wydana na dofinansowania/ulgi do zakupu osobowych aut elektrycznych w stosunku do przychodów sektora finansów publicznych danego kraju w 2018 r. oraz udział BEV w sprzedaży wszystkich aut w kraju



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie informacji dostępnych w dokumentach rządowych, materiałach prasowych oraz raportach specjalistycznych.

Infrastruktura ładowania

W odróżnieniu od samochodów spalinowych, które mogą być tankowane tylko na stacjach benzynowych, auta elektryczne można ładować w różnych miejscach, w zależności od rodzaju dostępnej ładowarki. Wraz z rozwojem pojazdów elektrycznych postęp zachodzi także w technologiach ładowania. Obecnie główne kierunki rozwoju infrastruktury ładowania obejmują następujące metody:



ładowanie przewodowe (tzw. *plug-in*) – jest nieporównywalnie bardziej rozwinięte i częściej stosowane niż inne metody ładowania. Czas ładowania samochodu elektrycznego zależy od wielu czynników, w głównej mierze od rodzaju i parametrów technicznych ładowarki i przewodu (moc i natężenie prądu), ale także od modelu auta elektrycznego, zastosowanych w nim rozwiązań i właściwości, takich jak: rodzaj baterii czy system zarządzania baterią (*Battery Management System, BMS*). Ładowanie może odbywać się przy użyciu prądu przemiennego AC (*Alternating Current*) bądź stałego DC (*Direct Current*). Różne modele samochodów wyposażone są w rozmaite rozwiązania techniczne, które nie zawsze współpracują z danym typem ładowarki (ARF&McKinsey, 2014). Należy wziąć także pod uwagę, że przy większych mocach ładowarek zmniejszony czas ładowania będzie wiązał się ze zwiększonym kosztem usługi i skróceniem okresu życia baterii (Lunz, Sauer, 2015);



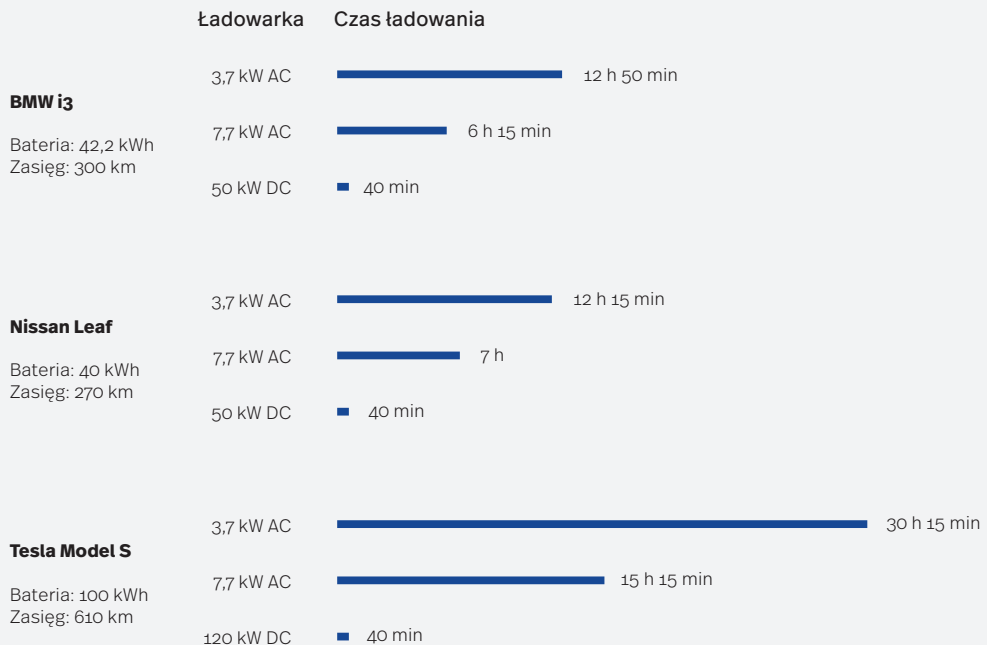
ładowanie indukcyjne (w fazie badań) – to sposób ładowania bezprzewodowego, zarówno w formie statycznej (na miejscu), jak i dynamicznej (podczas jazdy). Umożliwia przepływ energii elektrycznej

z ładowarki do pojazdu elektrycznego na zasadzie indukcji magnetycznej. Dzięki brakowi styków między pojazdem a ładowarką, metoda ta jest bezpieczniejsza niż ładowanie przewodowe. Wśród zalet tego rozwiązania wymienia się także łatwość użytkowania oraz brak konieczności dopasowania odpowiednich wtyczek do pojazdu. Głównymi wadami tego rozwiązania są wysokie koszty instalacyjne i nieuniknione straty energii związane z indukcyjnym przesyłem prądu (Ryan Collin, 2019);



wymiana akumulatorów – zastąpienie rozładowanego akumulatora naładowanym, ładowanie akumulatora ma miejsce się poza pojazdem. Proces wymiany może odbywać się w czasie nie dłuższym niż zatankowanie konwencjonalnego paliwa w samochodzie spalinowym. Stosowanie tej metody pozwala na ładowanie akumulatorów w sposób kontrolowany z uwzględnieniem wpływu na system elektroenergetyczny oraz stan degradacji baterii. Dotychczasowo wymiana akumulatorów była stosowana głównie w pilotażowej skali i nie osiągnęła w pełni komercyjnego sukcesu. Jako przyczyny podaje się głównie konieczność standaryzacji akumulatorów, brak komercyjnej rentowności i niepewność w zakresie niezawodności wymienianych baterii. Firmy motoryzacyjne implementujące te rozwiązania dla modeli samochodów elektrycznych to Tesla i chiński NIO. Wymiana baterii ma odbywać się na specjalnie do tego wyznaczonej stacji, która będzie w pełni zautomatyzowana. Metoda ta wydaje się być bardziej odpowiednia dla autobusów elektrycznych (Zajkowski, Seroka, 2017).

▼ Infografika 4. Czas ładowania wybranych modeli aut elektrycznych ładowarkami o różnych mocach



Uwaga: zasięg aut jest podany przez producentów i wyliczony na podstawie unijnego systemu homologacyjnego pomiaru zużycia energii WLTP. Rzeczywisty zasięg jest dużo niższy i zależy od różnych czynników, w tym: indywidualnego stylu jazdy, temperatury zewnętrznej, ogrzewania, klimatyzacji itp.

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Maric (2019).

Średni szacowany czas ładowania ładowarką o mocy 50 kW do zasięgu 100 km (przy założeniu prędkości jazdy ok. 100 km/h) to ponad 20 minut. Zwiększenie prędkości jazdy o połowę oznacza prawie dwukrotne zwiększenie zużycia energii elektrycznej. Biorąc pod uwagę konieczność oczekiwania na ładowanie, a czasem konieczność zjazdu z autostrady, jazda samochodem elektrycznym na dłuższych trasach w porównaniu do spalinowego jest obecnie mniej komfortowa i o ok. 25 proc. dłuższa (Gnann i in., 2018).

W Polsce pod koniec czerwca 2019 r. funkcjonowało 785 ogólnodostępnych stacji ładowania (1457 punktów), z czego 1/3 to stacje

szybkiego ładowania prądem stałym DC, a pozostałe to stacje ładowania prądem przemiennym AC o mocy nie większej niż 22 kW (PSPA, 2019). Plany operatorów sieci ładowania wskazują, że sytuacja ta ma się jednak zmieniać. W całej Polsce spółki prywatne czy energetyczne spółki skarbu państwa planują budowę szybkich i ultraszybkich stacji ładowania.

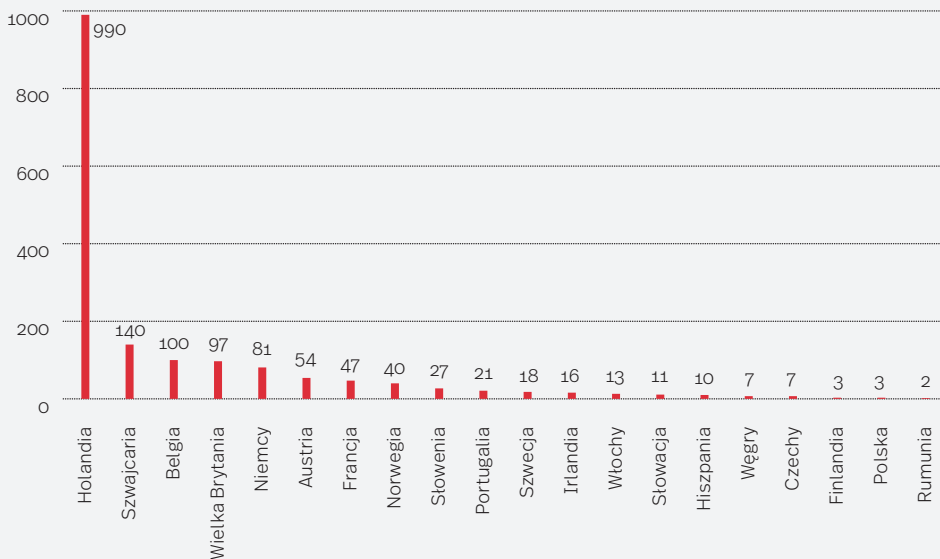
Infrastruktura ładowania jest kluczowym czynnikiem wpływającym na rozwój elektromobilności. Zgodnie z danymi EAFO w Polsce, podobnie jak w Wielkiej Brytanii i Finlandii, na jedno auto elektryczne przypadają trzy punkty ładowania. Mogłoby to sugerować dogodne warunki

do współistnienia sieci ładowarek oraz floty pojazdów. Wskaźnik ten nie odzwierciedla jednak właściwe poziomu rozwoju infrastruktury ładowania. Sieć ładowarek – oprócz wartości ilościowej – powinno charakteryzować także optymalne ich rozmieszczenie w obrębie danego kraju. Sieć stacji ładowania ma pozwalać na sprawne przejechanie trasy z pominięciem zjawiska *range anxiety*, wynikającego z obawy przed tym, że na pewnym odcinku drogi zabraknie energii elektrycznej na dalszą podróż (Jakobsson i in., 2016).

Parametrem lepiej obrazującym stan rozwoju infrastruktury stacji ładowania jest gęstość

rozmieszczenia ładowarek. Holandia (z liczbą 990 stacji na 1000 km²) plasuje się pod tym względem na pierwszym miejscu wśród krajów europejskich. Dla porównania w Polsce znajdują się 3 stacje ładowania na 1000 km². Jest to stosunkowo niski wynik (wykres 15). Wymagana gęstość stacji ładowania dla podróży po każdej trasie w kraju bez *range anxiety* zależy także od topografii danego kraju. Biorąc pod uwagę rozmieszczenie tras w Polsce, liczba istniejących stacji ładowania nie jest na tyle wystarczająca, żeby zapewnić komfortowe korzystanie z aut elektrycznych.

▸ Wykres 15. Liczba ogólnodostępnych stacji ładowania samochodów elektrycznych na 1000 km² w krajach europejskich



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych EAFO.

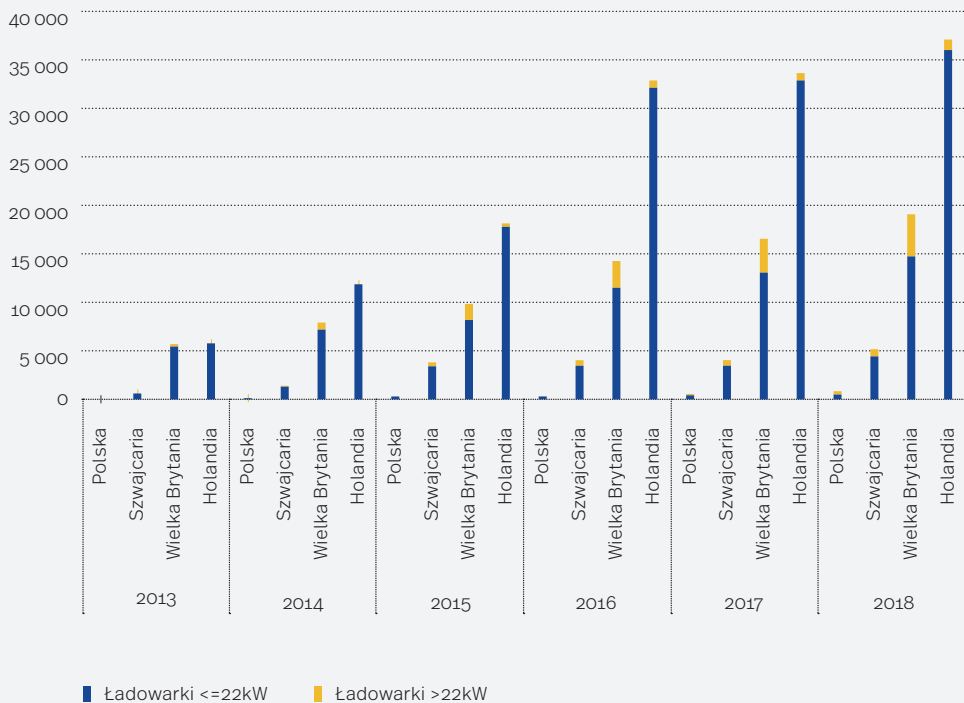
Ciekawym w kontekście rozwoju infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych, przykładem kraju pozaeuropejskiego jest Japonia. Już w 2016 r. liczba ładowarek w tym kraju

wyniosła 40 tys. i była większa niż liczba stacji benzynowych, których funkcjonowało wówczas ok. 34 tys. Dla porównania, w USA było zaledwie 9 tys. ładowarek dla samochodów

elektrycznych. Samorządy w Japonii zostały zobligowane do instalacji ładowarek co 15 km, tak by problem małego zasięgu samochodów elektrycznych nie stanowił bariery. Ponadto w zakresie ładowarek (także należących do

podmiotów prywatnych) zaimplementowano model *sharing economy*, znany np. z Airbnb czy Uber, pozwalający za opłatą na korzystanie z danej infrastruktury osobom trzecim (Gibson, 2018).

Wykres 16. Liczba ładowarek z podziałem na moce w wybranych krajach europejskich w latach 2013-2018



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych EAFO.

Bariery w Polsce

Lęk przed nową technologią i kosztami jej użytkowania

Konstrukcja aut elektrycznych przez zastosowanie innego napędu różni się znacznie od aut spalinowych. Obawy kierowców są związane

z serwisowaniem samochodów elektrycznych ze względu na nowe części i mechanizmy oraz wynikające z tego inne, nieznanne koszty. W świadomości potencjalnych użytkowników istnieje lęk związany z ograniczeniem zasięgu w porównaniu do aut tradycyjnych. Dla samochodów elektrycznych nie wytworzył się jeszcze rynek wtórny, co

uniemożliwia prognozowanie wartości auta przy jego sprzedaży. Nowe auta elektryczne szybko tracą na wartości, także z powodu tempa rozwoju technologii. Niepewność wywołuje również kwestia wymiany i zagospodarowania zużytych baterii. Wreszcie trudno jednoznacznie przewidzieć koszty ładowania aut elektrycznych w przyszłości. Według opinii licznych ekspertów ceny energii elektrycznej w Polsce będą wzrastać. Oprócz tego nie wiadomo, jak rozwinie się rynek stacji ładowania i jak będą kształtowały się ceny ustalane przez operatorów ładowarek.

Niedostateczne tempo rozwoju infrastruktury ładowania

W Polsce sieć ładowarek aut elektrycznych jest słabo rozwinięta. Nie wszyscy użytkownicy samochodów elektrycznych mają szansę na skorzystanie z przydomowej ładowarki. Liczba istniejących ogólnodostępnych ładowarek (szczególnie przy głównych ciągach komunikacyjnych) jest nadal niewystarczająca. Ponadto występują znaczne dysproporcje w liczbie punktów ładowania między aglomeracjami, a mniejszymi miastami i terenami wiejskimi. Między innymi w wyniku tego obecnie rozwój elektromobilności jest ograniczony głównie do największych miast. Istniejące ładowarki ogólnodostępne w większości nie są ładowarkami szybkimi czy ultraszybkimi, przez co czas przebycia trasy z koniecznością postoju na stacji jest dłuższy niż w przypadku aut tradycyjnych. W efekcie wpływa to na zmniejszenie atrakcyjności użytkowania samochodów elektrycznych w opinii kierowców.

Budowa stacji ładowania jest kosztownym, czasochłonnym i złożonym przedsięwzięciem. Do jej realizacji potrzeba licznych umów i zgód. W przypadku planu podłączenia do istniejącej sieci dystrybucyjnej konieczne jest uzyskanie umowy o przyłączenie. Realizacja umowy o przyłączenie często wiąże się z wieloma problemami, takimi jak: brak zgody właścicieli nieruchomości

dotyczącej wejścia na teren, konieczność uzyskania pozwoleń administracyjnych, ograniczenia w możliwości rozbudowy sieci (np. w pasach drogowych, co wynika z zapisów ustawy o drogach) czy brak regulacji umożliwiających pozyskanie tzw. prawa drogi dla nowych linii (brak ustawy o korytarzach przesyłowych). Formalną barierą utrudniającą dodatkowo proces budowy stacji ładowania jest problem z uzyskaniem danych o mocach istniejących przyłączy, do których potencjalnie stacja mogłaby przynależeć. Dane te są konieczne do podłączenia ładowarek do istniejących sieci elektroenergetycznych. Uzyskanie odpowiednich informacji dotyczących budowy stacji ładowania niejednokrotnie jest rozciągnięte w czasie bądź nawet niemożliwe.

Obecnie w wielu przypadkach projekt budowy stacji ładowania jest inwestycją nieoptycalną. Wysokość kosztów poniesionych na utrzymanie stacji jest niewspółmierna z dochodami z ładowania ubogiej jeszcze floty aut elektrycznych w Polsce. Dla operatorów ładowarek problemem są kontrakty dotyczące konieczności zakupu danego wolumenu energii, ponieważ nie zawsze jest on konsumowany w całości przez użytkowników stacji. Taryfy dystrybucyjne w obecnej postaci w Polsce także nie przystają do potrzeb rynku. Operatorzy stacji ładowania ponoszą koszty mocy zamówionej niezależnie od tego, czy kierowcy korzystają z ładowarek. Oznacza to także wyższe koszty ładowania auta na stacji, a to wpływa na ekonomikę jazdy – główny czynnik decydujący o atrakcyjności zakupu auta.

Wpływ rozwoju elektromobilności na system elektroenergetyczny

Rozwój infrastruktury ładowania jest uzależniony od jakości systemu elektroenergetycznego na danym obszarze. Ładowanie aut elektrycznych skutkuje wzrostem zapotrzebowania na energię oraz zwiększeniem obciążenia sieci elektroenergetycznych. Według większości

ekspertów rozwój elektromobilności w Polsce nie wpłynie znacząco na funkcjonowanie sieci przesyłowych najwyższych napięć, natomiast może zakłócić pracę sieci dystrybucyjnych średniego i niskiego napięcia, szczególnie w przypadku ładowania o dużych mocach w godzinach szczytu zapotrzebowania na energię. Podłączenie infrastruktury ładowania do sieci dystrybucyjnej musi zatem wiązać się z koniecznością podjęcia kosztownych modernizacji bądź rozbudowy sieci. Według OSD (operatorzy systemów dystrybucyjnych) modernizacje sieci niskiego i średniego napięcia obejmują: wymianę istniejących przewodów na linie o większej zdolności dystrybucyjnej, dobudowę dodatkowych obwodów, wymianę transformatorów na jednostki o większej mocy i dobudowę stacji transformatorowych, a także bieżące analizy parametrów jakościowych sieci.

Nie znając planu lokalizacji punktów ładowania trudno z wyprzedzeniem podjąć działania inwestycyjne związane z dostosowaniem sieci dystrybucyjnych do rozwoju stacji ładowania. Wykonanie modernizacji czy rozbudowy sieci dystrybucyjnych wymaga dopełnienia wielu formalności, co może wpływać na terminowość wykonania inwestycji. Otrzymanie pozwoleń od różnych podmiotów (pozwolenie na budowę, zgoda środowiskowa, pozwolenie od konserwatora zabytków) bądź osób fizycznych potrafi być mocno rozciągnięte w czasie, a żądane odszkodowania za zajęcie terenu czasem znacznie przekraczają zakładane wyceny. Z kolei wprowadzenie rozwiązań bilansujących podaż i popyt na energię będzie wymagało szeregu inwestycji oraz stworzenia regulacji prawnych. Obecnie prawo w Polsce nie przewiduje możliwości dwukierunkowego ładowania akumulatorów (V2G – *Vehicle to Grid*).

Brak regulacji dla UTO

Barierą dla rozwoju elektrycznych pojazdów indywidualnych typu *segway*, deskorolki czy hulajnogi są przestarzałe przepisy, które

nie definiują tych pojazdów ani zasad ich użytkowania. Coraz częściej dochodzi do wypadków z udziałem UTO i są to zdarzenia trudne do rozstrzygnięcia na płaszczyźnie prawnej, ze względu na brak odpowiednich regulacji. Jak pokazuje praktyka, pojazdy te nawet w bezruchu stwarzają utrudnienia dla użytkowników przestrzeni miejskiej, gdyż są pozostawiane często w nieodpowiednich miejscach. W wielu polskich miastach wciąż brakuje odpowiedniej infrastruktury do poruszania się tymi pojazdami, np. przez brak ścieżek czy zbyt wysokie krawężniki. Na skutek wymienionych aspektów, spora część społeczeństwa nieprzychylnie patrzy na rozwój elektromobilności w tym obszarze.

Możliwości wsparcia

E-carsharing

Korzystanie z *e-carsharingu* może oswojać użytkowników z technologią elektromobilności. Wiele osób po próbie użytkowania auta elektrycznego docenia zalety jazdy w porównaniu z tradycyjnymi autami. Usługi *carsharingowe* pozwalają w prosty sposób i bez większych zobowiązań skorzystać z samochodu o napędzie elektrycznym. Ponieważ zakup nowego auta elektrycznego jest znaczną inwestycją, łączy się ze sporym ryzykiem, dopóki nie zostanie osiągnięty parytet ceny do jakości samochodów elektrycznych, warto wspierać *e-carsharing* w celu zwiększenia popularności pojazdów elektrycznych. Metody wsparcia mogą obejmować użytkowanie samochodów, choćby przez wyznaczenie specjalnych miejsc parkingowych. Z uwagi na charakter parku samochodowego w Polsce oraz wynikające z tego możliwości i preferencje polskich kierowców wydaje się, że powstanie rynku wtórnego aut elektrycznych w dobrym stanie może wpłynąć na zwiększenie zainteresowania elektromobilnością. Dlatego zasadnym wydaje się stworzenie działań inicjujących rozpowszechnianie i wspieranie modeli

biznesowych opartych na współdzieleniu aut elektrycznych, szczególnie w miejscach, w których obecnie nie ma dostępu do tego typu usług.

Przywileje dla e-aut

Przez specyfikę struktury rynku aut w Polsce, stan rozwinięcia infrastruktury ładowania aut elektrycznych oraz ich wysokie ceny i mniejsze zasięgi w porównaniu do aut spalinowych, na tym etapie wydaje się nieuzasadnione wspieranie zakupu aut elektrycznych na szeroką skalę. Przy obecnej sytuacji na rynku, auta elektryczne mogłyby być dostępne jedynie dla wąskiej grupy odbiorców, dlatego zgodnie z zasadą inkluzywności i zrównoważonego rozwoju należałoby rozważyć kierowanie środków na inne obszary elektromobilności.

Z analizy rynku samochodowego w Polsce wynika, że nowe auta w głównej mierze są kupowane przez firmy, zatem to one mogą być najbardziej zainteresowane nabyciem aut elektrycznych. Problem ograniczonego zasięgu i ceny aut elektrycznych oraz kwestia niedostatecznej infrastruktury ładowania nie muszą dotyczyć przedsiębiorstw, gdyż te mogą posiadać swoje sieci ładowarek. W celu popularyzacji samochodów elektrycznych już dziś można rozważyć stworzenie preferencyjnych zasad użytkowania e-auta służbowego w celach prywatnych. Skierowanie wsparcia w tym obszarze, np. przez zwolnienie pracownika z konieczności kwalifikowania do świadczeń nieodpłatnych korzystania z elektrycznego samochodu służbowego do celów prywatnych – dzięki temu nie wzrosłyby przychody pracownika, a wraz z nimi koszty podatku dochodowego oraz składek do ZUS – zachęciłoby osoby zatrudnione do używania e-aut.

W początkowej fazie rozwoju elektromobilności warto podkreślić istotność pozafinansowych mechanizmów wsparcia dla nabywców aut elektrycznych, takich jak darmowe parkowanie, możliwość jazdy buspasem czy wjazd do stref niskoemisyjnych.

Infrastruktura ładowania

Wskazaniem jest wsparcie nierentownych jeszcze projektów budowy stacji ładowania w celu zwiększenia obszaru, na którym może się rozwijać elektromobilność. Szczególnie istotna wydaje się kwestia budowy ładowarek przy głównych ciągach komunikacyjnych (drogach krajowych, ekspresowych, autostradach) z naciskiem na budowę szybkich ładowarek o dużej mocy, które skracają czas oczekiwania na naładowanie auta. Wsparcie powinno różnić się w zależności od typu ładowarki, aby zachęcić inwestorów do rozbudowy sieci najszybszych ładowarek. Istotne jest także, aby stacje ładowania powstawały według opracowanej strategii, tak aby najlepiej zaspokajać potrzeby kierowców. Wykorzystanie danych z opomiarowanych stacji średniego i niskiego napięcia należących do operatorów systemów dystrybucyjnych (OSD) ułatwiłoby wskazywanie potencjalnych lokalizacji stacji ładowania. Do opracowywania planów rozwoju infrastruktury ładowania wraz z inwestorami powinny włączyć się samorządy, OSD, a także mieszkańcy. Proces budowy stacji ładowania angażuje wiele podmiotów i wymaga wielu formalności, dlatego celem powinno być ułatwienie przeprowadzania procedur, tak aby nie wpływały negatywnie na przebieg projektu. Przykładem usprawnienia, które można wprowadzić jest przyspieszenie czasu wydawania informacji (jak choćby danych o mocach przyłączy w istniejących instalacjach) i pozwoleń potrzebnych do budowy stacji. Aby wpłynąć na rentowność stacji i obniżyć koszty ładowania auta, szczególnie przy użyciu szybkich i ultraszybkich ładowarek, należy rozważyć udzielenie wsparcia operatorom stacji ładowania w zakresie dostosowania taryf dystrybucyjnych. Propozycja nowej taryfy powinna powiązać opłaty dystrybucyjne jedynie z wolumenem energii, co pozwoli na dopasowanie profilu płatności za usługi dystrybucyjne do dynamiki rynku pojazdów elektrycznych.

Rozwój systemu elektroenergetycznego

Możliwe zwiększanie zapotrzebowania na moc przez wprowadzenie pojazdów elektrycznych powinno wiązać się z działaniami zmierzającymi do zapewnienia bezpieczeństwa systemów elektroenergetycznych. Budowa kilku miejskich stacji ładowania nie wpływa znacznie na działanie sieci dystrybucyjnych, jednak chcąc odpowiedzieć na rozwój elektromobilności w szerszym zakresie, trzeba założyć powstanie gęstej siatki ładowarek w odpowiednich miejscach i w związku z tym zaplanować inwestycje w systemie elektroenergetycznym. Według ekspertów, ułatwieniem przeprowadzania procesu modernizacji sieci dystrybucyjnych jest wprowadzenie specustawy o realizacji strategicznych inwestycji, analogicznie do ustawy, która obowiązuje dla sieci przesyłowych. Powiązanie budowy stacji ładowania z budową źródła wytwarzania energii elektrycznej dla zasilania tej stacji oraz ładowania pojazdów może ograniczać skutki wpływu infrastruktury ładowania na system elektroenergetyczny. Lokalizowanie tych źródeł bezpośrednio przy odbiorcach energii – w tym przypadku stacjach ładowania – może odciążać sieci.

Zarządzanie bilansowaniem energii jest jednym ze sposobów wsparcia systemu elektroenergetycznego w obliczu rozwoju elektromobilności. Zagrożeniem dla Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) jest zwiększanie poboru mocy w godzinach szczytu, dlatego ładowanie pojazdów elektrycznych można przesunąć na godziny w dolinie zapotrzebowania na energię, np. przez wprowadzenie specjalnej, dwustrefowej taryfy na prąd dla właścicieli pojazdów elektrycznych ze szczególnie niskimi stawkami w nocy. W okresie rozwoju elektromobilności należy także rozważyć wprowadzenie tzw. dynamicznych taryf, które zapewnią zmienność cen prądu w zależności od potrzeb systemu elektroenergetycznego. Dzięki temu możliwe będzie ładowanie pojazdu po znacznie niższych

stawkach w momencie spadku zapotrzebowania na moc, natomiast w momentach szczytowego obciążenia sieci wysokie ceny będą zmniejszały popyt na usługę ładowania, przez co takie ładowarki nie będą się przyczyniały do jeszcze większego zużycia energii. Taka usługa może mieć istotne znaczenie dla systemu dystrybucyjnego szczególnie w okresie letnim, gdy co roku występują rekordowe szczytowe zapotrzebowania na moc w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym.

W rosnącym parku aut elektrycznych można upatrywać szansy w technologii V2G (pojazd-sieć) dla bilansowania podaży i popytu na energię elektryczną. W tej technologii samochód elektryczny funkcjonuje jako mobilny magazyn energii, który po podłączeniu pobiera i oddaje energię do sieci w czasie dogodnym dla operatora systemu dystrybucyjnego zgodnie z warunkami umowy. Dla poprawy warunków zarządzania systemem elektroenergetycznym można stosować także magazynowanie bezpośrednie. Wyeksploatowane akumulatory z aut elektrycznych, które przez zmniejszenie swojej pojemności znacząco skróciły zasięg jazdy, mogą służyć jako magazyny na stacji ładowania. Rozwiązanie takie pozwala wprowadzić pewną niezależność od systemu elektroenergetycznego w zarządzaniu stacją. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie maksymalnej mocy stacji ładowania niezależnie od mocy dostępnej w sieci elektroenergetycznej.

Koszty eksploatacyjne pojazdów elektrycznych znacząco wpływają na skalę popytu na te auta, dlatego spełnienie scenariusza wzrostu cen energii elektrycznej może w przyszłości stworzyć konieczność wprowadzenia mechanizmów rekompensujących podwyżki cen prądu dla użytkowników e-pojazdów.

UTO i pojazdy dwukołowe

Konieczne jest stworzenie regulacji dotyczących użytkownika elektrycznych pojazdów

indywidualnych, także tych określanych mianem UTO, czyli m.in. hulajnóg, deskorolek czy pojazdów typu *segway*. Pojazdy te powinny być zdefiniowane w ruchu drogowym i poruszać się na określonych zasadach w wyznaczonych miejscach. Istotne jest, aby regulacje wspomagały rozwój tego typu pojazdów także na terenach pozamiejskich. W przypadku współdzielenia tych urządzeń konieczne jest zadbanie o odpowiednie miejsca parkowania przez ich wydzielenie w konkretnych obszarach bądź nakaz egzekwowania przez firmy odpowiedzialne obowiązku pozostawiania tych pojazdów w odpowiednich miejscach.

Potrzebne działania w zakresie wsparcia elektrycznych pojazdów dwukołowych, takich jak rowery, skutery czy motocykle obejmują także zaplanowanie budowy nowej lub przeznaczenie (dostosowanie) istniejącej infrastruktury do poruszania się tych pojazdów. Strategia promocji pojazdów elektrycznych powinna opierać się na inicjowaniu zmian istniejących nawyków za pomocą inicjatyw pracodawców zachęcających do skorzystania z pojazdów elektrycznych w drodze do i z pracy.



Transport publiczny


Środki transportu

Autobusy


Akumulatory montowane w autobusach obecnie to w większości przypadków ogniwa litowo-jonowe. Zazwyczaj ich pojemność wynosi od 60 do 300 kWh, choć wprowadza się już rozwiązania o pojemności do 500 kWh. W celu wydłużenia zasięgu stosuje się metody optymalizacji pracy urządzeń pojazdu, np. podczas procesu hamowania silnik elektryczny pracuje jako generator, odyskując i oddając energię do baterii akumulatorów (Dobrzycki, Filipiak, Jajczyk, 2017).


Większość producentów podaje średnie zużycie energii elektrycznej na kilometr w zakresie od około 1 kWh/km do 1,4 kWh/km dla autobusów 12-metrowych (i masie ok. 18 t) oraz do 1,8 kWh/km dla autobusów 18-metrowych (i masie ok. 28 t). W warunkach rzeczywistych wartości te, a tym samym i zasięgi autobusów elektrycznych, zależą od bardzo wielu czynników, takich jak styl jazdy kierowcy, obciążenie trasy, liczba przystanków, masa pasażerów, warunki pogodowe czy stosowanie klimatyzacji/ogrzewania (Bramson, Staroński, Wesolek, 2017).

Typowe metody ładowania autobusów elektrycznych obejmują:

 ładowanie przewodowe – przebiega podobnie jak w przypadku innych pojazdów ręcznie podłączanych do źródła mocy. Zazwyczaj ładowarka jest instalowana w zajezdni, co wymaga poniesienia stosunkowo niewielkich kosztów budowy odpowiedniej infrastruktury, a także zapewnia więcej elastyczności przy opracowywaniu tras przejazdów. Ładowanie w nocy umożliwia skorzystanie z niższych taryf energii i odbywa się

prądem stałym DC bądź przemiennym AC o mocy od 40-120 kW, a czas ładowania wynosi od 1-8 godzin, w zależności do mocy ładowania i pojemności baterii. Autobusy ładowane tą metodą w większości posiadają duże zestawy akumulatorów i są eksploatowane na dłuższych zasięgach;

 ładowanie przez pantograf – bezobstygowy sposób ładowania, który może odbywać się teoretycznie w dowolnym punkcie w mieście. W zależności od konfiguracji pantograf może być wysuwany ze stacji ładującej bądź z autobusu. Ładowanie przez pantograf zazwyczaj jest stosowane dla autobusów o mniejszej baterii i zasięgu. Ładowanie odbywa się prądem stałym o mocy od 175-450 kW w czasie od 5-20 min. Instalacja ładowarki pantografowej jest dość kosztowna, dlatego nie zaleca się przenoszenia jej w przypadku zmian tras przejazdów. Jedna ładowarka często służy do ładowania kilku autobusów i może być stosowana kompatybilnie do ładowania przewodowego;

 ładowanie indukcyjne – bezprzewodowy i bezstykowy sposób ładowania, który można stosować zarówno w zajezdni, jak i na trasie, w postaci pętli indukcyjnych wbudowanych w drogę w obrębie przystanku. Obok umieszcza się stację energetyczną, która dostarcza prąd do tej pętli. Jest to ładowanie szybkie, o stosunkowo dużej mocy, nawet do 250 kW. Sprawność tego sposobu ładowania jest trochę niższa niż ładowania przewodowego (90 proc. w stosunku do 95 proc.), a koszty infrastruktury znacznie większe. Ładowanie indukcyjne



służy typowo do obsługi kilku autobusów o średniej do dużej pojemności baterii; wymiana akumulatorów – metoda analogiczna do opisanej wymiany akumulatorów dla samochodów osobowych. Na świecie są już prowadzone projekty wykorzystujące tę metodę, także w sposób w pełni zautomatyzowany (Hanlin, Reddaway, Lane, 2018).

Koszt stworzenia floty autobusów elektrycznych jest obecnie znacznie większy niż autobusów spalinowych, same pojazdy są o 150-250 proc. droższe. Oprócz tego konieczna jest rozbudowa infrastruktury, która w najtańszej wersji (ładownice przewodowe w zajezdni) kosztuje ok. 200 tys. PLN. Zarówno koszt baterii, jak i infrastruktury ładowania systematycznie spada i można oczekiwać, że trend ten się utrzyma. Koszty eksploatacji autobusów zależą od cen prądu, a te są zmienne w czasie. Przy obecnej sytuacji na rynku, w czasie użytkowania autobusu elektrycznego otrzymuje się spore oszczędności w stosunku do autobusów tradycyjnych (McKinsey, 2018).

Trolejbusy

Pierwsze trolejbusy na świecie wprowadzono do eksploatacji już pod koniec XIX wieku; wyprzedziły one bateryjne autobusy elektryczne. Rozwój trolejbusów – analogicznie do rozwoju samochodów elektrycznych – został zahamowany przez rozwój autobusów spalinowych i spadek cen paliw ropopochodnych. Napęd w trolejbusach jest zapewniony dzięki silnikowi elektrycznemu, a moc jest pobierana głównie przez napowietrzną linię trakcyjną, a nie bezpośrednio z baterii. Trolejbusy współdziałają wiele korzyści i wyzwań z autobusami elektrycznymi, ale nie są tak obciążone wagą akumulatorów podczas jazdy. Z drugiej strony infrastruktura do obsługi tego typu pojazdów jest znacznie bardziej złożona i kosztowna w budowie oraz utrzymaniu. Często zwraca się uwagę, że infrastruktura trolejbusowa szpeci zabudowę. Obecnie

na popularności zyskują trolejbusy, które tylko podczas części jazdy muszą być podpięte do tracji, a uzupełnieniem ich zasilania jest zestaw niewielkich akumulatorów (Hanlin, Reddaway, Lane, 2018).

Specjalistyczne pojazdy komunalne

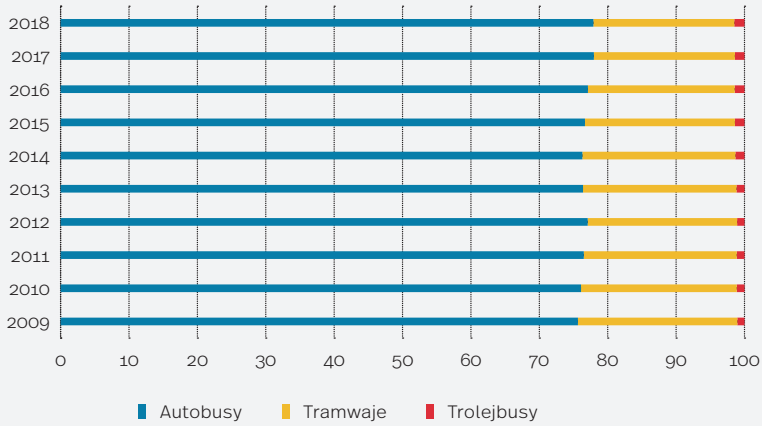
Funkcjonalność pojazdów specjalistycznych szczególnie wiąże się z możliwościami elektryfikacji. Przykładowo śmieciarki jeżdżą w trybie start-stop z około 300-800 przystankami podczas jednego kursu. Skutkuje to zwiększonym zużyciem paliwa, a także wzmożoną emisją pyłów powstałą przy ścieraniu klocków hamulcowych. W autach elektrycznych do hamowania głównie używa się silnika, dlatego system hamulcowy jest mniej obciążony. Dodatkowo energia odzyskana podczas hamowania silnikiem jest dostarczana do akumulatorów (Electrive, 2019). Technologie elektrycznych pojazdów komunalnych są stosowane na całym świecie, jednak jest to wciąż początkowa faza ich rozwoju. W Polsce dostępne już są pierwsze elektryczne śmieciarki czy zamiatarki uliczne, jednak nadal oferta elektrycznych pojazdów komunalnych nie jest wystarczająca do prowadzenia przetargów i uzupełniania floty o pojazdy tego typu.

Transport publiczny w Polsce

Flota miejskich autobusów w Polsce w 2018 r. liczyła nieco ponad 12 tys. pojazdów, nieznacznie mniej niż w 2017 r. Jest to pierwszy od 2014 r. spadek liczby tych pojazdów. Systematycznie za to rośnie liczba trolejbusów (5,5 proc. w tym samym okresie). Od 2009 r. do 2018 r. liczba trolejbusów zwiększyła się o 42 proc. Ich udział w całym taborze komunikacji publicznej w Polsce jest jednak niewielki – w 2018 r. wyniósł 1,5 proc. (wykres 17).

Systematycznie rośnie również udział autobusów elektrycznych w całej flocie transportu publicznego. W 2015 r. jeździło ich w Polsce 8, a już trzy lata później – około 100; w lipcu 2019 r.

▼ **Wykres 17.** Udział linii autobusowych, tramwajowych i trolejbusowych w liniach komunikacji miejskiej w Polsce w latach 2009-2018 (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych GUS.

▼ **Infografika 5.** Liczba zarejestrowanych autobusów elektrycznych w wybranych miastach Polski w lipcu 2019 r.



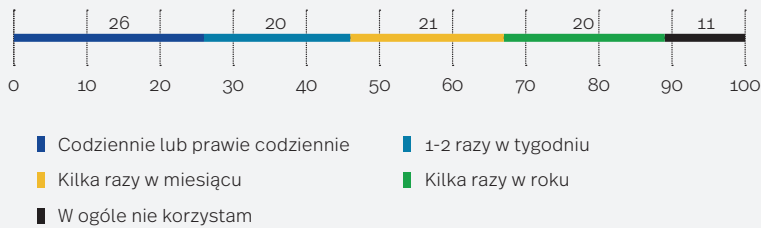
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: InfoBus.pl (2019).

według licznika infobus.pl było ich już 198. Mimo piątej co do wielkości w Europie, flota autobusów elektrycznych stanowi ok. 1 proc. wszystkich autobusów w Polsce (EAFO, 2019). W lipcu br. podpisano umowę na zakup 130 elektrycznych autobusów w Warszawie (Demiańczuk, 2019). NCBiR prowadzi program E-bus, w którym udział zadeklarowały 62 samorzady, planujące

zakup prawie 800 autobusów elektrycznych do 2020 r., a 1500 do 2023 r. (PAP, 2019).

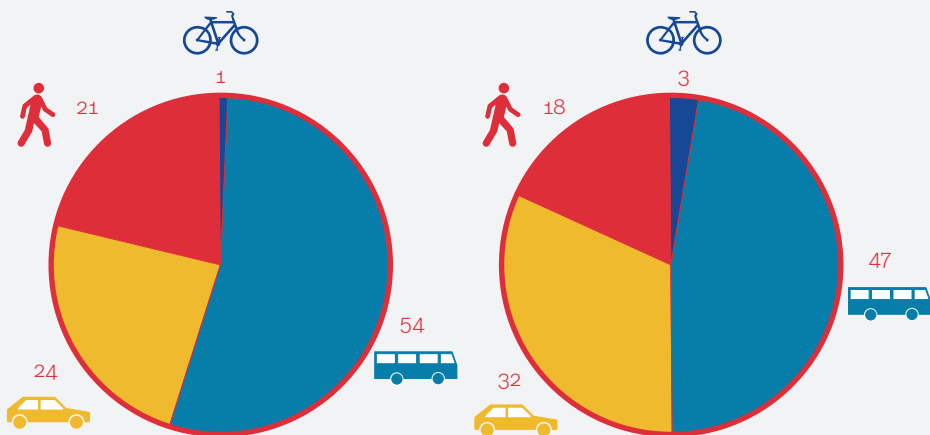
Wyniki badań dowodzą, że prawie 90 proc. mieszkańców Polski korzysta z transportu zbiorowego. Połowa badanych korzysta z transportu publicznego minimum raz w tygodniu, a tylko 11 proc. deklaruje, że w ogóle nie jeździ środkami transportu publicznego (wykres 18).

▼ **Wykres 18.** Badanie opinii mieszkańców Polski o częstotliwości użytkowania transportu publicznego (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Busradar.pl (2019).

▼ **Wykres 19.** Podział modalny podróży w Warszawie w 2005 r. (po lewej) i w 2015 r. (po prawej) (w proc.)



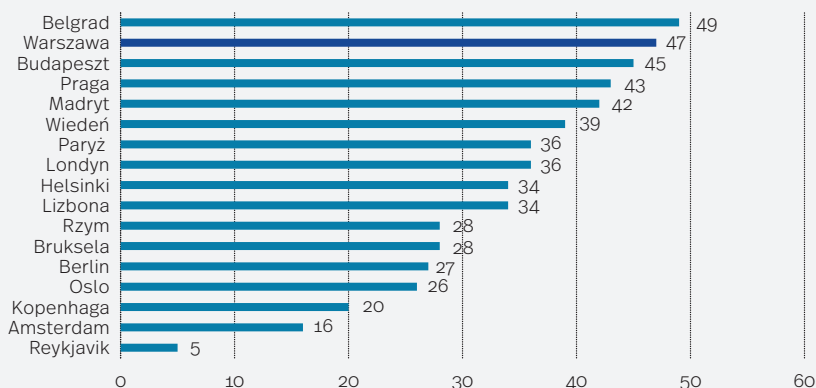
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Rokita (2017).

W przypadku Warszawy udział transportu publicznego we wszystkich przejazdach w mieście to prawie 50 proc. (wykres 19). W ostatnich latach widać jednak tendencję spadkową, zarówno w stolicy, jak i wielu innych miastach Polski (Rokita, 2017). Stosunkowo niskim udziałem wykazuje się ruch pieszy i rowerowy w Warszawie, szczególnie w porównaniu do krajów Europy Zachodniej. Popularność

rowerów, mimo że nadal niewielka, rośnie znacząco. W latach 2005-2015 udział podróży rowerem zwiększył się trzykrotnie, podczas gdy udział transportu publicznego zmalał o 7 proc. (wykres 19).

Co ciekawe, Warszawa pod względem udziału transportu publicznego w podróżach mieszkańców wypada stosunkowo dobrze na tle innych stolic europejskich (wykres 20).

➤ **Wykres 20.** Udział transportu publicznego w podróżach mieszkańców wybranych stolic europejskich w 2015 r. (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Rokita (2017).

Doświadczenia innych krajów we wspieraniu e-mobilności

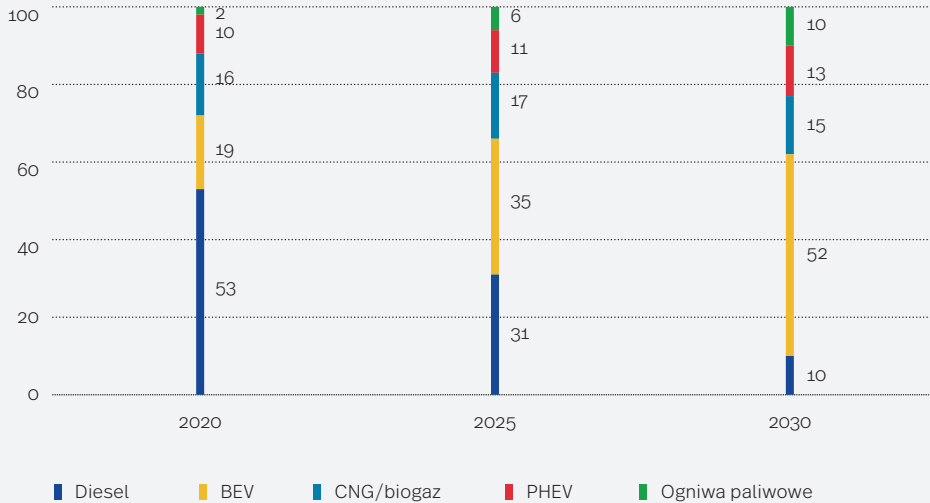
W 2018 r. na świecie użytkowano 425 tys. autobusów elektrycznych, z czego prawie 99 proc. w Chinach (McKerracher i in., 2019). Mimo spadku o 13,5 proc. w pierwszych trzech kwartałach w 2018 r., w Chinach sprzedano ogółem ponad 55 tys. e-autobusów, to jest o ponad 20 proc. więcej niż w 2017 r. (Sustainable Bus, 2018).

Chiny są obecnie liderem na rynku, zarówno pod względem eksploatacji, jak i produkcji e-autobusów. Każdego tygodnia na chińskie

drogi trafia ok. 9,5 tys. takich pojazdów. Dla porównania jest to osiem razy więcej niż liczba wszystkich eksploatowanych e-autobusów w 2018 r. w Europie (1,2 tys.).

Liczba autobusów tego rodzaju i ich udział wobec wszystkich autobusów na świecie rośnie. Eksperci przewidują, że w 2030 r. autobusy elektryczne będą stanowiły ok. 52 proc. całej floty autobusowej (wykres 21). Szacuje się, że w samych Chinach do 2025 r. będzie 600 tys. autobusów elektrycznych, czyli 120 razy więcej niż w Stanach Zjednoczonych w tym samym okresie (McKerracher i in., 2019).

▼ Wykres 21. Prognoza udziału autobusów w podziale na rodzaje napędu w całej flocie użytkowanych autobusów w Europie (w proc.)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: ZeEUS (2017)

Liczba elektrycznych autobusów w krajach UE rośnie dynamicznie od 2015 r. Do czołówki państw europejskich pod względem liczby elektrycznych autobusów na drogach należą Holandia, Wielka Brytania, Austria, Hiszpania oraz Polska (wykres 22). Biorąc pod uwagę złożone zamówienia również Francja dołącza do grona tych krajów. Eksperci wskazują, że do 2025 r. Polska będzie w posiadaniu trzeciej co do wielkości floty e-autobusów w Europie, zaraz za Francją i Wielką Brytanią. We Francji w styczniu 2018 r. rozpoczęto przetarg na zakup 1000 autobusów elektrycznych na łączną kwotę prawie 400 mln EUR, co jest największym tego typu trwającym projektem w Europie (Huisman, Vogelaar, Queromes, 2019).

Autobusy elektryczne kursują obecnie głównie w ośrodkach miejskich. W marcu 2018 r. burmistrz Londynu opublikował plan strategii dotyczącej transportu publicznego w mieście. Według niego do 2020 r. autobusy

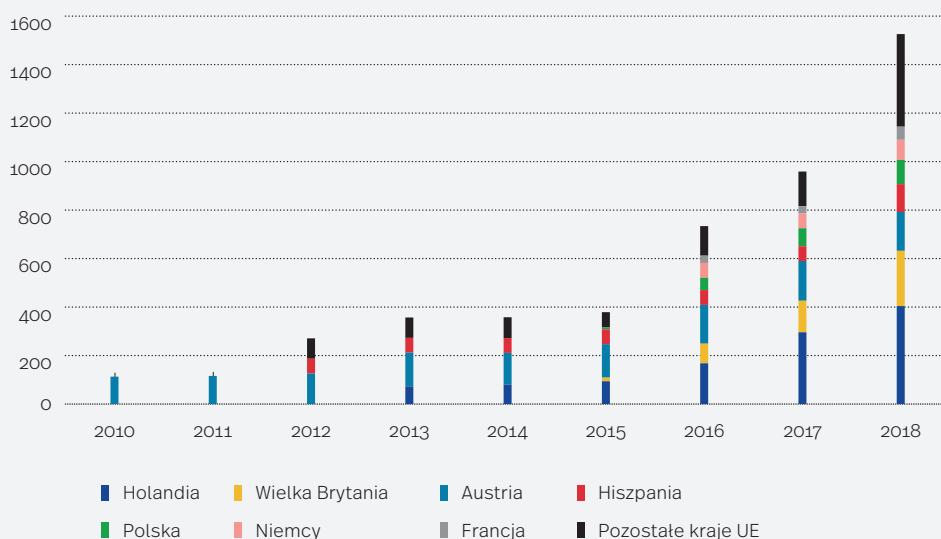
jednopoziomowe w centrum Londynu (ok. 200 sztuk) powinny być wyłącznie elektryczne (w tym także zasilane wodorem), a do 2037 r. już wszystkie autobusy (ok. 2,5 tys.) (Huisman, Vogelaar, Queromes, 2019). Zarząd transportu w Londynie zapewnił 53 mln EUR dopłat do 263 nowych autobusów elektrycznych (Bannon, 2019).

Na zwiększenie budżetu na dopłaty do autobusów elektrycznych o 180 mln EUR zdecydowały się ostatnio Niemcy. Całościowy budżet programu trwającego do 2022 r. wynosi 300 mln EUR. Taka decyzja niemieckiego ministerstwa środowiska wynika z dużego zainteresowania zakupem autobusów elektrycznych przez jednostki samorządowe (Manthey, 2019). Do tej pory programem dofinansowań objęto 11 miast, w tym Berlin, Hanower i Lipsk. Rząd niemiecki pokrywa 80 proc. różnicy w cenie autobusu elektrycznego i odpowiadającego mu diesla. Ponadto 40 proc. kosztów infrastruktury ładowania

i innych kosztów, takich jak szkolenia i dodatkowe wyposażenie, jest finansowane przez ministerstwo środowiska. Dla przykładu Aachen,

Bochum, Gelsenkirchen, Duisburg i Offenbach nad Menem otrzymają aż 14,3 mln EUR na zakup 70 autobusów elektrycznych (Hampel, 2019).

Wykres 22. Liczba autobusów elektrycznych w krajach UE w latach 2010-2018



Uwaga: na wykresie uwzględniono pojazdy należące do kategorii M2 (pojazdy stosowane do przewozu osób, mające więcej niż osiem miejsc siedzących poza miejscem siedzącym kierowcy i o masie maksymalnej nieprzekraczającej 5 ton) oraz M3 (pojazdy stosowane do przewozu osób mające więcej niż osiem miejsc siedzących poza miejscem siedzącym kierowcy i o masie przekraczającej 5 ton).

Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych EAFO.

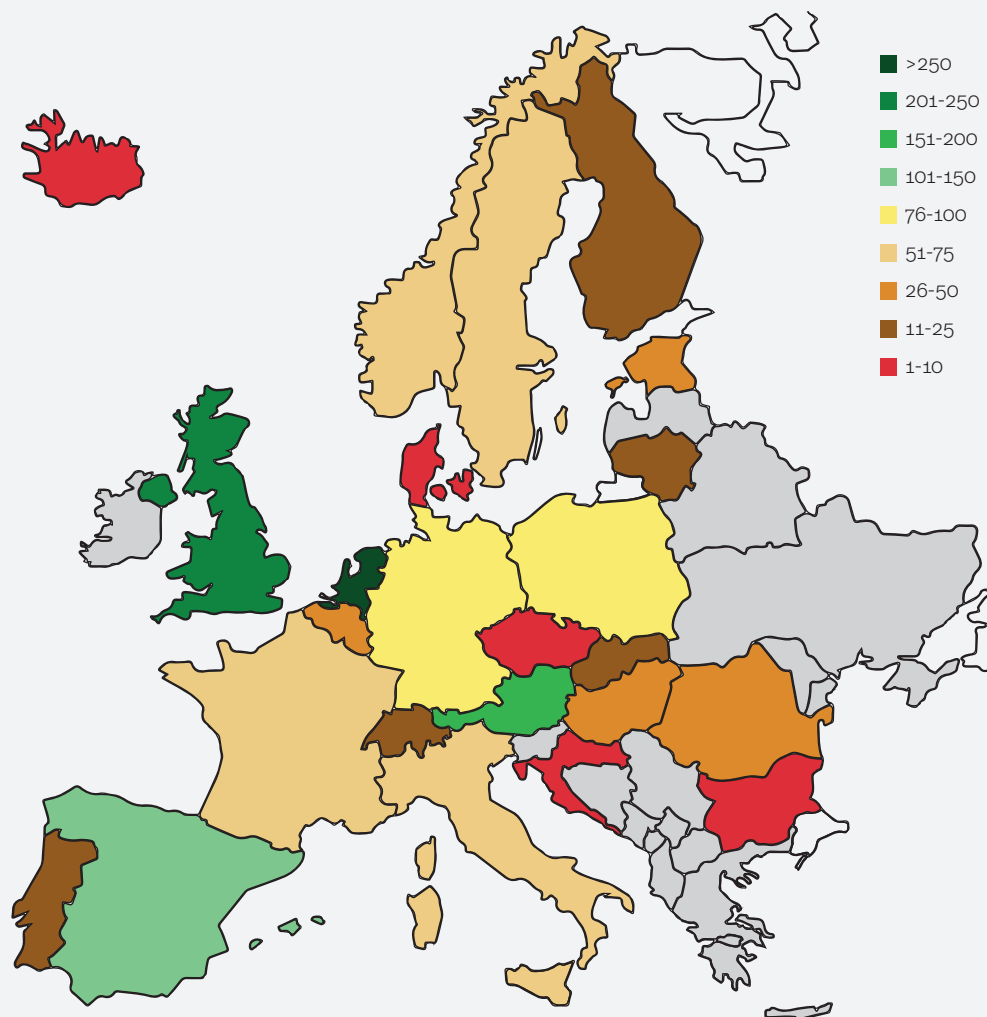
Węgry już w 2016 r. przeznaczyły blisko 4 mln EUR na zakup 20 elektrycznych autobusów i niezbędnej infrastruktury ładowania w Budapeszcie. Był to pierwszy krok rozwoju *e-mobility* w tym kraju (Evopro, 2016).

W 2018 r. największa funkcjonująca pojedyncza flota autobusów elektrycznych w Europie znajdowała się na lotnisku Amsterdam Schiphol w Holandii i służyła do połączenia komunikacyjnego okolicznych miejscowości z lotniskiem. Wprowadzono wtedy do użytku 100 nowych pojazdów, a do 2021 r. ma ich być prawie 260. Umowa na dostarczenie e-autobusów ma wartość

ok. 100 mln EUR rocznie przez 10 lat (Schiphol Group, 2018).

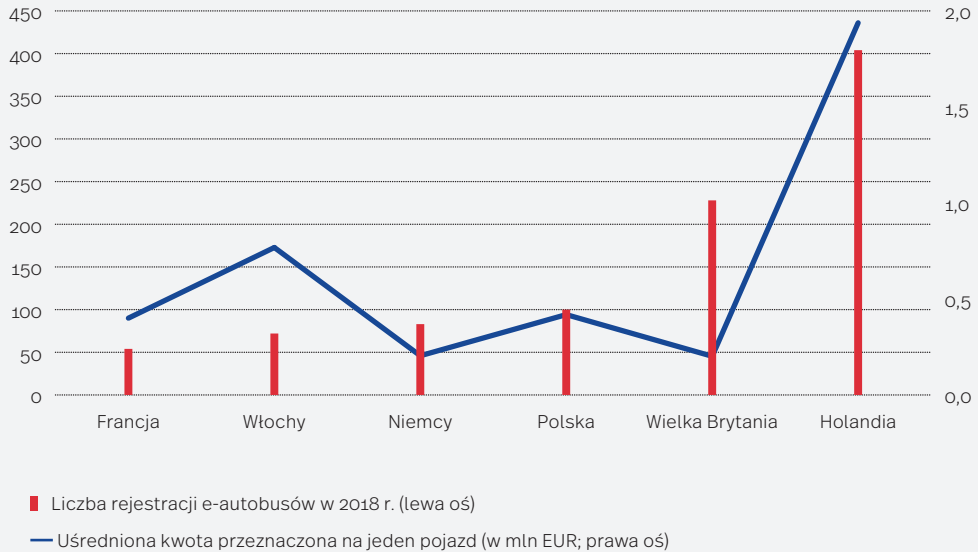
W ciągu najbliższych kilku lat zakup autobusów oraz rozwój infrastruktury w Holandii będzie dotowany średnio kwotą ok. 2 mln EUR, w przeliczeniu na jeden pojazd. Obecnie w tym kraju liczba zarejestrowanych autobusów elektrycznych wynosi prawie 400 sztuk. Według analizy średnie dofinansowanie zakupu autobusu elektrycznego w Polsce wyniosło blisko czterokrotnie mniej niż w Holandii, liczba autobusów elektrycznych jest w Polsce także proporcjonalnie niższa (wykres 23).

▼ Infografika 6. Liczba autobusów elektrycznych na drogach w wybranych krajach Europy w 2018 r.



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie danych EAFO.

▼ Wykres 23. Liczba rejestracji i wysokość dopłat do autobusów elektrycznych w wybranych krajach UE



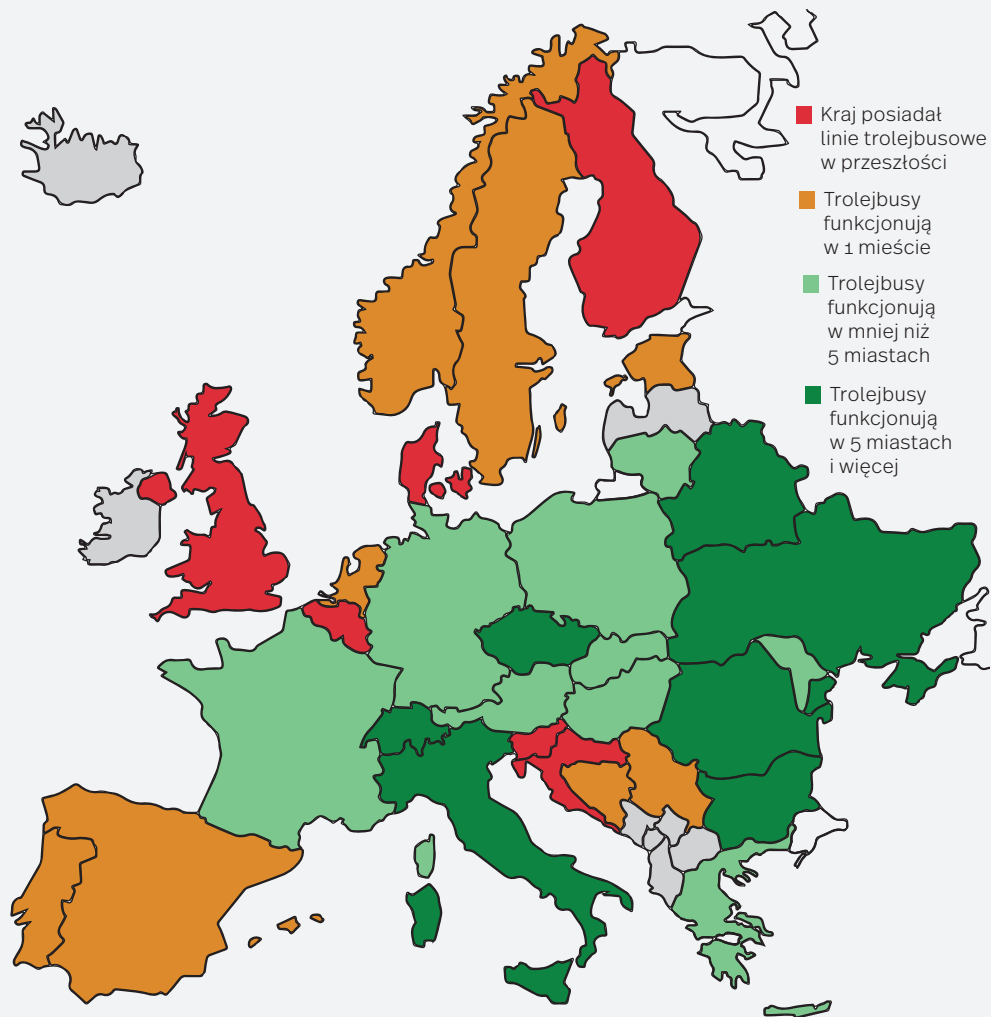
Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie informacji dostępnych w dokumentach rządowych, materiałach prasowych oraz raportach specjalistycznych.

Inwestowanie w nowe autobusy elektryczne to trend ogólnoświatowy, nie tylko europejski. Szczególnie duże nakłady finansowe na rozwój floty elektrycznych autobusów przewiduje rząd Indii, który w ramach programu rozwoju pojazdów elektrycznych i hybrydowych zatwierdził środki w wysokości ok. 330 mln EUR na zakup prawie 5,5 tys. autobusów elektrycznych w 64 miastach. Dodatkowo osiem firm przewozowych otrzymało 400 pojazdów dla ruchu międzystanowego, a sieć metra w Delhi zaopatrzone w 100 elektrycznych autobusów w celu ulepszenia dojazdu pasażerów do metra. Według ostatnich doniesień wydaje się, że środki na

zakup autobusów elektrycznych zostaną jeszcze zwiększone (Randall, 2019).

Obok autobusów w transporcie publicznym funkcjonują również trolejbusy. Są one wykorzystywane przede wszystkim w miastach, gdzie nie ma możliwości budowy sieci tramwajowej, a istnieje potrzeba funkcjonowania dodatkowego środka transportu. Wyraźnie jednak maleje popularność trolejbusów w Europie. Liczba miejscowości, w których użytkowano trolejbusy w 2018 r. spadła o 50 proc. względem 2012 r. Mimo tego w większości państw europejskich w 2018 r. co najmniej jedno miasto posiadało funkcjonującą linię trolejbusową (infografika 7).

▼ Infografika 7. Liczba miast z funkcjonującą linią trolejbusową w wybranych krajach Europy w 2018 r.

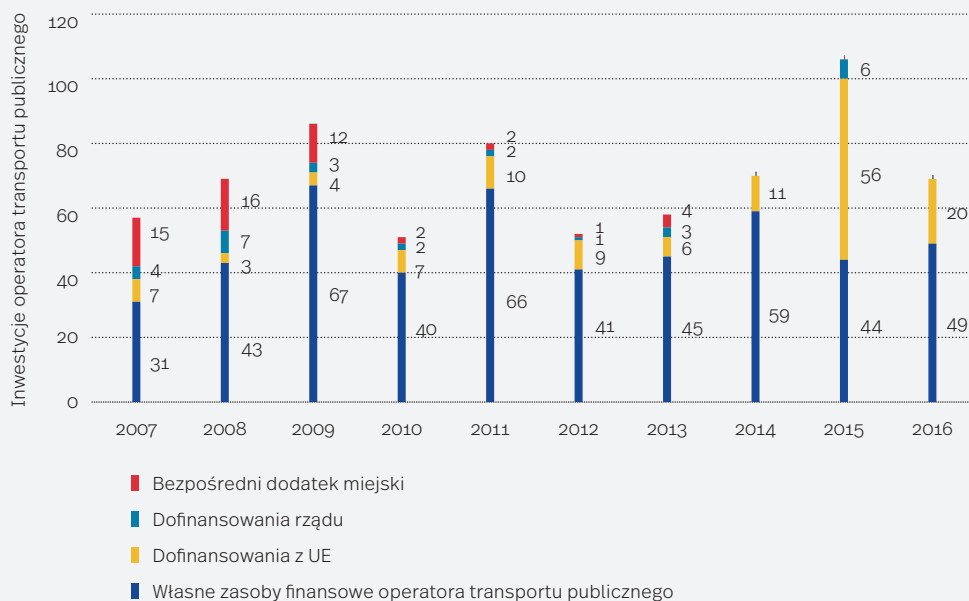


Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie informacji dostępnych w dokumentach rządowych, materiałach prasowych oraz raportach specjalistycznych.

Przykładem kraju rozwijającego linie trolejbusowe są Czechy. Obecnie w 14 miastach u naszych południowych sąsiadów wykorzystuje się ten rodzaj transportu publicznego. W sumie w Czechach jeździ 700 trolejbusów o średniej wieku prawie 11 lat. Eksperti wyliczyli, że rząd będzie musiał wygospodarować 670 mln EUR w celu osiągnięcia

zrównoważonego wieku trolejbusów i tramwajów. W latach 2007-2016 dofinansowanie rządu do elektrycznych pojazdów publicznych wyniosło 28 mln EUR. W tym samym czasie pozyskano na ten cel 133 mln EUR z Unii Europejskiej (Kohout, 2018), co razem z dofinansowaniem rządu stanowiło 23 proc. kosztów inwestycji (wykres 24).

▼ Wykres 24. Wydatki na linie trolejbusowe i tramwajowe w Czechach (oprócz Pragi) (w mln EUR)



Źródło: opracowanie własne PIE na podstawie: Kohout (2018).

Trolejbusy są szczególnie popularne za naszą wschodnią granicą. W 2016 r. rząd rosyjski zaakceptował przekazanie ok. 14 mln EUR dla producentów trolejbusów i tramwajów w celu odnowienia elektrycznych środków transportu w gminach. Planowano także dofinansowanie zakupu 110 nowych elektrycznych jednostek, w tym 80 trolejbusów (Globaltradealert.org ,

2016). W 2017 r. w Petersburgu ogłoszono przetarg na dostawę 15 trolejbusów. Zakup miał być realizowany w ramach dotacji. Maksymalna początkowa cena zakupu wynosiła ok. 3 mln EUR (UITP, 2017a).

W 2017 r. w Guangzhou w Chinach uruchomiono inteligentną linię trolejbusową, złożoną z 38 trolejbusów. Była to pierwsza linia

w mieście z własną aplikacją, zapewniającą pasażerom najświeższe informacje o rozkładach jazdy autobusów, godzinach odjazdu i przyjazdu, a nawet sugerowanych trasach i przesiadkach (Eguangzhou.gov.cn , 2017).

Bariery w Polsce

Nastawienie pracowników administracji publicznej

Jedną z przeszkód rozwoju *e-mobility* w Polsce jest nastawienie pracowników administracji publicznej. Liczne grono ekspertów, z którymi odbyliśmy rozmowy, wskazywało na sceptyczne podejście wielu osób pracujących w sektorze publicznym do elektromobilności. Nastawienie takie może być związane z obawą przed wprowadzaniem zmian, jakie technologia *e-mobility* niesie ze sobą. Oprócz tego często pracownikom administracji brakuje podstawowej wiedzy w dziedzinie elektromobilności. Opory przed inwestowaniem w autobusy elektryczne wynikają także z przekonania, że jest to stosunkowo droga inwestycja. Decydenci często nie znają wyliczeń dotyczących tańszej eksploatacji tych pojazdów, a także innych korzyści związanych z ich użytkowaniem, jak brak emisji bezpośredniej czy hałasu oraz poparcie opinii społecznej dla rozwoju elektromobilności.

Koszty zakupu autobusów elektrycznych i infrastruktury ładowania

Mimo pozytywnego nastawienia niektórych samorządów do tworzenia floty autobusów elektrycznych, ceny ofert nadal przekraczają ich możliwości finansowe. Podczas przetargów często kluczową rolę odgrywa cena zakupu produktu czy usługi. Jeśli autobusy elektryczne nadal są znacznie droższe od odpowiadających im autobusów spalinowych, trudno bez dofinansowań o szybką dyfuzję autobusów elektrycznych w Polsce. Niektóre miasta wstrzymują się

z zakupem autobusów elektrycznych czekając na spadek ich cen. Dodatkową barierą jest konieczność wybudowania kosztownej infrastruktury ładowania.

Wpływ ładowania autobusów na system elektroenergetyczny

Ładowanie pojazdów elektrycznych w szczytowych okresach zapotrzebowania na energię elektryczną może spowodować zaburzenia w działaniu systemu elektroenergetycznego, a nawet przerwy w dostawach energii. Ładowanie autobusów odbywa się przy znacznie wyższych mocach niż samochodów elektrycznych. Dlatego wraz z rozwojem floty autobusów elektrycznych, oprócz budowy nowych stacji ładowania, konieczne będą także inwestycje związane zarówno z przyłączaniem nowych ładowarek do sieci, jak i z rozbudową sieci elektroenergetycznych na różnych poziomach napięcia. Po stronie OSD proces ten będzie łączył się z analizą potencjalnych odbiorców pod kątem spełniania odpowiednich kryteriów jakościowych i niewprowadzania zakłóceń w sieci elektroenergetycznej.

Możliwości wsparcia

Dofinansowania zakupu autobusów

Zanim ceny autobusów elektrycznych zbliżą się do poziomu cen autobusów o tradycyjnym napędzie, m.in. dzięki rozwojowi rynku akumulatorów, wydaje się koniecznym dofinansowanie ich zakupu, aby liczba osobokilometrów przejechanych pojazdami elektrycznymi w Polsce wzrosła w najbliższym czasie. Koszty eksploatacji autobusów elektrycznych obecnie są mniejsze niż w przypadku transportu tradycyjnego. Rachunek ekonomiczny zakładający dofinansowanie do zakupu oraz tańsze użytkowanie autobusów elektrycznych może przekonać samorządy i mieszkańców do inwestycji w te środki transportu.

Użytkowanie pojazdów elektrycznych nie może odbywać się bez infrastruktury ładowania, która w przypadku autobusów elektrycznych wymaga szczególnie wysokich nakładów inwestycyjnych. Stąd rozbudowę floty należy rozważać kompleksowo i uwzględniać dofinansowanie także stacji ładowania. Dla każdego samorządu plan wdrażania elektrycznych autobusów powinien być indywidualny, różniąc się typami preferowanych autobusów i możliwymi do zastosowania sposobami ładowania. Dlatego dofinansowanie takiego przedsięwzięcia w każdym przypadku należy rozważać osobno.

Projekt budowy i obsługi sieci autobusów elektrycznych to spore przedsięwzięcie. Należy mieć świadomość, że samo wykonanie zamówienia na e-autobusy nie umożliwi ich efektywnego funkcjonowania. Niezbędne jest opracowanie szczegółowej analizy techniczno-ekonomicznej i strategii na przyszłość, które powinny zawierać m.in. liczbę i rodzaj planowanych autobusów, przystanki, wyznaczone trasy, możliwości ładowania, serwisowanie oraz koszty zakupu i eksploatacji w perspektywie. Zrównoważony rozwój powinien zakładać również optymalną wymianę taboru; należy unikać wycofywania z użytku autobusów spalinowych o dotychczasowym niewielkim okresie eksploatacji oraz spełniających zaostrome normy emisyjne.

Podnoszenie jakości wiedzy o elektromobilności w administracji publicznej

Konieczne jest przełamanie oporu przed wdrażaniem *e-mobility* wśród pracowników administracji publicznej, bez ich wsparcia i przekonania w tej dziedzinie trudno będzie o implementację nawet najlepszych regulacji i programów rozwoju. Dlatego zasadnym wydaje się rozważenie stworzenia możliwości edukowania decydentów w dziedzinie elektromobilności w formie warsztatów, wymiany doświadczeń z samorządami już użytkującymi takie pojazdy, czy stworzenie kompleksowego podręcznika inwestycji dla administracji publicznej w obszarze elektromobilności.

Rozwój systemu elektroenergetycznego

Ze względu na większe moce stacji ładowania autobusów i związane z ich pracą obciążenie systemu elektroenergetycznego, rozważania dotyczące wpływu i możliwości wsparcia elektromobilności w obszarze transportu prywatnego omówione w poprzednim rozdziale, odnoszą się nawet w większym stopniu do transportu publicznego.



Bibliografia

- AAA Auto (2019), *2,5 miliona ofert sprzedaży aut używanych w 2018 roku – Opel Astra królem rynku*, Auto-centrum AAA Auto, <https://www.aaaauto.pl/pl/informacje-prasowe/2-5-miliona-ofert-sprzedazy-aut-uzywanych-w-2018-roku-opel-astra-krolem-rynku/article.html?id=44929#> [dostęp: 2.09.2019].
- ACEA (2018), *ACEA Report Vehicles in use Europe 2018*, European Automobile Manufacturers Association, Bruksela, https://www.acea.be/uploads/statistic_documents/ACEA_Report_Vehicles_in_use-Europe_2017.pdf [dostęp: 2.09.2019].
- ACEM (2019), *Market Figures - ACEM - The Motorcycle Industry in Europe*, European Association of Motorcycle Manufacturers, Bruksela, <https://www.acem.eu/market-data-2018> [dostęp: 5.09.2019].
- ARF&McKinsey (2014), *Electric vehicles in Europe: Gearing up for a new phase?*, Amsterdam Roundtables Foundation i McKinsey, <https://www.mckinsey.com/featured-insights/europe/electric-vehicles-in-europe-gearing-up-for-a-new-phase> [dostęp: 13.09.2019].
- Bakker, S. (2018), *Electric Two-Wheelers, Sustainable Mobility and the City*, (w:) *Sustainable Cities – Authenticity, Ambition and Dream*, IntechOpen, <https://cdn.intechopen.com/pdfs/64214.pdf> [dostęp: 12.09.2019].
- Bannon, E. (2019), *New electric bus orders will nearly double numbers of zero-emission models on the UK's roads*, "Transport & Environment", <https://www.transportenvironment.org/press/new-electric-bus-orders-will-nearly-double-numbers-zero-emission-models-uk%E2%80%99s-roads> [dostęp: 12.09.2019].
- Berman, B. (2019), *Lessons From Norway: Dispatch From Electric Car Revolution*, InsideEVs, <https://insideevs.com/news/343106/lessons-from-norway-dispatch-from-electric-car-revolution/> [dostęp: 12.09.2019].
- Bramson, E., Staroński, K., Wesolek, S. (2017), *Autobusy elektryczne – Kompendium informacji dla operatorów i użytkowników stojących przed wyzwaniem stworzenia systemu komunikacji aglomeracyjnej opartej o autobusy elektryczne*, Aviotech, Warszawa, <https://aviotech.pl/files/95/Publikacje/5/Autobusy-elektryczne-Kompendium.pdf> [dostęp: 12.09.2019].
- Bray, D., Hoyoak, N. (2015), *Motorcycles in Developing Asian Cities: A Case Study of Hanoi*, Conference: 37th Australasian Transport Research Forum, Sydney, https://www.researchgate.net/publication/282332097_Motorcycles_in_Developing_Asian_Cities_A_Case_Study_of_Hanoi [dostęp: 2.09.2019].
- Bright, I. i in. (2018), *Car sharing unlocked*, ING Economics Department, https://think.ing.com/uploads/reports/ING_-_Car_sharing_unlocked.pdf [dostęp: 12.09.2019].
- Brzozowski, S. (2018), *Samochody elektryczne-rewolucja czy powtórka z historii?*, CIRE, <https://www.cire.pl/item,158564,2,0,0,0,0,samochody-elektryczne---rewolucja-czy-powtorka-z-historii.html> [dostęp: 12.09.2019].
- Bullard, N. (2019), *Electric Vehicle Battery Shrinks and So Does the Total Cost*, Bloomberg, <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2019-04-12/electric-vehicle-battery-shrinks-and-so-does-the-total-cost> [dostęp: 30.08.2019].

- Busradar.pl (2019), *Transportowe zwyczaje Polaków*, <https://www.busradar.pl/> [dostęp: 1.09.2019].
- Curry, C. (2017), *Lithium-ion Battery Costs and Market Squeezed margins seek technology improvements & new business models*, "Bloomberg New Energy Finance", <http://go.nature.com/2y19erv> [dostęp: 12.09.2019].
- Dąbek, A. (2013), *Pierwszy/ostatni kilometr w transporcie*, „Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie”, <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171271805> [dostęp: 12.09.2019].
- Demiańczuk, T. (2019), *130 zeroemisyjnych autobusów dla Warszawy*, Warszawa – oficjalny portal stolicy Polski, <https://www.um.warszawa.pl/aktualnosci/130-zeroemisyjnych-autobus-w-dla-warszawy> [dostęp: 2.09.2019].
- Dobrzycki, A., Filipiak, M., Jajczyk, J. (2017), *Zasilanie układów ładowania akumulatorów autobusów elektrycznych*, "Poznan University of Technology Academic Journals: Electrical Engineering", http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-33e5faof-cad3-4035-afoo-b5ee3addf6fb/c/dobrzycki_arkadiusz_zasilanie_g2_2017.pdf [dostęp: 12.09.2019].
- EAFO (2019), *AF Market Share New Registrations M2 M3*, European Alternative Fuels Observatory, <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m2-m3> [dostęp: 12.09.2019].
- Eguangzhou.gov.cn (2017), *Guangzhou opens smart trolleybus line*, oficjalna strona internetowa miasta Kanton w Chinach, http://www.eguangzhou.gov.cn/2017-05/31/c_78064.htm [dostęp: 12.09.2019].
- Electrive (2019), *Renault testing pre-series e-truck model in Lyon*, <https://www.electrive.com/2019/07/02/114974/> [dostęp: 3.09.2019].
- Elepedia (2018), *How to ensure nation wide-spread of electric cars? Portugal might have a solution*, <https://www.elepedia.com/how-to-ensure-nation-wide-spread-of-electric-cars-portugal-might-have-a-solution/> [dostęp: 2.09.2019].
- EV Database (2019), *Smart EQ for four price and specifications*, <https://ev-database.org/car/1190/Skoda-CITIGOe-iV> [dostęp: 31.08.2019].
- Evopro (2016), *The Hungarian Government Provides HUF 3.9 Billion to Purchase Electric Buses*, <http://www.evopro.hu/en/about/news/elektromos-buszok-beszerzesehz-nyujt-3-9-milliard-forintos-tamogatast-a-kormany> [dostęp: 2.09.2019].
- Gibson, R. (2018), *What Can We Learn From Japan About EV Adoption?*, <https://www.fleetcarma.com/can-learn-japan-ev-adoption/> [dostęp: 2.09.2019].
- Global Trade Alert (2016), *Russian Federation: State subsidies for the production of trolleybuses and tram wagons (ca. 15.34 million USD)*, <https://www.globaltradealert.org/intervention/14989/localisation-incentive/russian-federation-state-subsidies-for-the-production-of-trolleybuses-and-tram-wagons-ca-15-34-million-usd> [dostęp: 2.09.2019].
- GMI (2019), *Car Sharing Market*, Global Market Insights, <https://www.gminsights.com/pressrelease/carsharing-market> [dostęp: 12.09.2019].
- Gnann, T. i in. (2018), *Fast charging infrastructure for electric vehicles: Today's situation and future needs*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Elsevier Ltd, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920917305643> [dostęp: 12.09.2019].
- Graphical Research (2018), *Europe Car Sharing Market Statistics - Forecast Analysis Report 2024*, <https://www.graphicalresearch.com/industry-insights/1003/europe-car-sharing-market> [dostęp: 12.09.2019].

- Grupa Renault (2019), oficjalna strona internetowa Grupy Renault, <https://www.renault.pl/samochody/samochody-nowe/twizy.html> [dostęp: 11.09.2019].
- Gwarda-Gruszczczyńska, E. (2017), *Dyfuzja innowacji – następstwo komercjalizacji nowych technologii*, „Organizacja i Kierowanie”, <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171477287> [dostęp: 12.09.2019].
- Hampel, C. (2019), *Germany funds a further 70 electric buses*, <https://www.electrive.com/2019/07/02/germany-funds-a-further-70-electric-buses/> [dostęp: 2.09.2019].
- Hanlin, J., Reddaway, D., Lane, J. (2018), *Battery Electric Buses. State of the Practice*, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Atlanta, <https://www.nap.edu/catalog/25061/battery-electric-buses-state-of-the-practice> [dostęp: 12.09.2019].
- Huisman, R., Vogelaar, M., Queromes, A. (2019), *Electric bus fleets in Europe: three turbulent effects that will dominate in the rapid electrification of our public transport*, <https://www.accuracy.com/perspectives/electric-bus-fleets-europe-three-turbulent-effects-will-dominate-rapid-electrification-public-transport> [dostęp: 2.09.2019].
- IEA (2018a), *Global EV Outlook 2018*, International Energy Agency, <https://www.iea.org/gevo2018/> [dostęp: 12.09.2019].
- IEA (2018b), *Republic of Korea*, International Energy Agency, <https://www.iea.org/countries/Korea/> [dostęp: 12.09.2019].
- IEA (2019a), *Hybrid and Electric Vehicles. The Electric Drive Hauls*, International Energy Agency, <http://www.ieahev.org/> [dostęp: 12.09.2019].
- IEA (2019b), *Switzerland Policies and Legislation, Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement*, International Energy Agency, <http://www.ieahev.org/by-country/switzerland-policy-and-legislation/> [dostęp: 2.09.2019].
- IMF (2019), *World Economic Outlook Database April 2013*, International Monetary Fund, <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2019/01/weodata/index.aspx> [dostęp: 2.09.2019].
- InfoBus.pl (2019), *Polski rynek autobusów elektrycznych – lipiec 2019*, http://infobus.pl/polski-rynek-autobusow-elektrycznych-lipiec-2019_more_117202.html [dostęp: 11.09.2019].
- Jakobsson, N. i in. (2016), *Are multi-car households better suited for battery electric vehicles? - Driving patterns and economics in Sweden and Germany*, Transportation Research Part C: *Emerging Technologies*, Elsevier Ltd, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X16000371> [dostęp: 2.09.2019].
- Kohout, J. (2018), *The case of Plzeň, Czech Republic Short introduction to Public transport in Czech Republic*, PMDP, http://www.jaspersnetwork.org/download/attachments/24150814/8.Plzen_Kohout.pdf?version=1&modificationDate=1530205879000&api=v2 [dostęp: 2.09.2019].
- Kościółek, M., Biały, R. (2018), *Porównanie struktur zużycia paliw w transporcie lądowym w Polsce oraz wybranych krajach europejskich*, „Polityka Energetyczna”, <http://journals.pan.pl/dlibra/publication/122635/edition/106905/content> [dostęp: 12.09.2019].
- Lunz, B., Sauer, D.U. (2015), *Crystalluria – an overview*, Elsevier Ltd, <http://www.sciencedirect.com/topics/veterinary-science-and-veterinary-medicine/crystalluria> [dostęp: 2.09.2019].
- M.J. Bradley & Associates (2019), *Electric Vehicle Market Status*, <https://www.mjbradley.com/reports/electric-vehicle-market-status> [dostęp: 2.09.2019].

- Manthey, N. (2019), *Germany releases extra €180M to fund electric buses*, <https://www.electrive.com/2019/03/04/germany-releases-extra-e180m-to-fund-electric-buses/> [dostęp: 2.09.2019].
- Maric, P. (2019), *How Long Does it Take To Charge an Electric Car?*, <https://www.caradvice.com.au/743306/how-long-does-it-take-to-charge-an-electric-vehicle-how-does-an-ev-charge-plus-our-ev-glossary/> [dostęp: 5.09.2019].
- McKerracher, C. i in. (2019), *2019 EV Outlook*, "Bloomberg New Energy Finance", <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/> [dostęp: 2.09.2019].
- McKinsey (2018), *The European electric bus market is charging ahead, but how will it develop?*, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-european-electric-bus-market-is-charging-ahead-but-how-will-it-develop> [dostęp: 1.09.2019].
- Ministerstwo Infrastruktury (2019), *Projekt ustawy o zmianie ustawy Prawo o ruchu drogowym oraz ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dn. 30 lipca 2019 r.*
- Mobilne Miasto i Smartride.pl (2019), *Na Progu Przełomu. Raport Współdzielona Mobilność w Polsce*, <http://mobilne-miasto.org/2019/05/24/raport/> [dostęp: 2.09.2019].
- Namazu, M. i in. (2018), *Is carsharing for everyone? Understanding the diffusion of carsharing services*, Transport Policy, Elsevier Ltd, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X16306369> [dostęp: 2.09.2019].
- OTOMOTO i SAMAR (2019), *Internetowy samochód roku 2018. Motoryzacyjne marzenia i trendy na polskim rynku*, https://www.otomoto.pl/isr/otomoto_raport2018.pdf [dostęp: 2.09.2019].
- PAP (2019), *ARP łączy siły z RAFAKO. Spółki razem wystartowały w konkursie NCBiR*, <https://www.pap.pl/centrum-prasowe/501873%2Carp-laczy-sily-z-rafako-spolki-razem-wystartowaly-w-konkursie-ncbir.html> [dostęp: 2.09.2019].
- Polska Izba Ubezpieczeń (2019), *Nowa miejska mobilność. Co oznacza dla ubezpieczeń?*, <https://piu.org.pl/wp-content/uploads/2019/05/PIU-nowa-miejska-mobilnosc.pdf> [dostęp: 11.09.2019].
- PSPA (2019), *Licznik elektromobilności: w lipcu br. 6,3 tys. elektryków w Polsce*, <http://pspa.com.pl/licznik-elektromobilnosc-w-lipcu-br-63-tys-elektrykow-w-polsce> [dostęp: 11.09.2019].
- PZPM (2019), *Raportu Branży Motoryzacyjnej 2019/2020*, <https://www.pzpm.org.pl/Rynek-motoryzacyjny/Roczniki-i-raporty/Raport-branzy-motoryzacyjnej-2019-2020> [dostęp: 2.09.2019].
- Randall, C. (2019), *India approves subsidies for 5,600 electric buses*, <https://www.electrive.com/2019/08/14/india-approves-subsidies-for-almost-5600-electric-buses/> [dostęp: 12.09.2019].
- Rokita, M. (2017), *Intermodalna podróż*, e-biuletyn Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego 2014-2020, <http://03-2017.biuletyn.rpowm.eu/intermodalna-podroz/#page> [dostęp: 1.09.2019].
- Schiphol Group (2018), *Europe's largest electric bus fleet operates at and around Schiphol*, <https://news.schiphol.com/biggest-electric-bus-fleet-in-europe-at-and-around-schiphol/> [dostęp: 2.09.2019].
- Statista (2018), *Number of carpooling vehicles worldwide from 2015 to 2025*, <https://www.statista.com/statistics/867668/carpooling-vehicles-worldwide/> [dostęp: 12.09.2019].
- Sustainable Bus (2018), *Electric bus, main fleets and projects around the world*, <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/electric-bus-public-transport-main-fleets-projects-around-world/> [dostęp: 1.09.2019].

- Szalai, P. (2017), *Slovakia dragging its feet on EU clean mobility plan*, <https://www.euractiv.com/section/electric-cars/news/slovakia-dragging-its-feet-on-eu-clean-mobility-plan/> [dostęp: 2.09.2019].
- Technavio (2017), *Global Electric Two-wheelers Market 2017-2021*, <https://www.technavio.com/report/global-electric-two-wheelers-market> [dostęp: 12.09.2019].
- Triggo (2019), oficjalna strona internetowa Triggo S.A., <http://triggo.pl/#1> [dostęp: 11.09.2019].
- UITP (2017a), *Tender opened for St. Petersburg trolleybuses purchase*, International Association of Public Transport, Bruksela, <https://eurasia.uitp.org/tender-opened-st-petersburg-trolleybuses-purchase> [dostęp: 11.09.2019].
- UITP (2017b), *ZeEUS eBus Report. An updated overview of electric buses in Europe*, International Association of Public Transport, Bruksela, <http://zeeus.eu/uploads/publications/documents/zeeus-ebus-report-2.pdf> [dostęp: 11.09.2019].
- Un-Noor, F. i in. (2017), *A comprehensive study of key electric vehicle (EV) components, technologies, challenges, impacts, and future direction of development*, https://www.researchgate.net/publication/316753899_A_Comprehensive_Study_of_Key_Electric_Vehicle_EV_Components_Technologies_Challenges_Impacts_and_Future_Direction_of_Development [dostęp: 12.09.2019].
- Wiebe, J. (2018), *Will electric vehicles really create a cleaner planet?*, Thomson Reuters, <https://www.thomsonreuters.com/en/reports/electric-vehicles.html> [dostęp: 11.09.2019].
- Wolański, M., Pieróg, M. (2017), *E-mobilność: wizja i scenariusze rozwoju*, Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego, Sopot, <https://www.efcongress.com/sites/default/files/e-mobilnosc.pdf> [dostęp: 11.09.2019].
- Zajkowski, K., Seroka, K. (2017), *Przegląd możliwych sposobów ładowania akumulatorów w pojazdach z napędem elektrycznym*, „Technika”, <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-a28a150d-2960-4bfo-b5d8-5bb4c4fd73bb> [dostęp: 11.09.2019].

Spis wykresów, tabel i grafik

SPIS WYKRESÓW

✎ Wykres 1. Prognoza spadku udziału kosztu baterii w cenie zakupu auta elektrycznego (w proc.)	11
✎ Wykres 2. Polski rynek <i>carsharingu</i> w latach 2019-2025	13
✎ Wykres 3. Liczba motocykli i motorowerów w Polsce (stan na koniec roku, w tys.)	14
✎ Wykres 4. Udział motocykli i motorowerów elektrycznych w całości rejestracji w Polsce (w proc.)	14
✎ Wykres 5. Najczęstsze rodzaje urazów (po lewej) i wypadków (po prawej) z udziałem hulajnóg elektrycznych (w proc.)	17
✎ Wykres 6. Struktura wieku parku samochodowego w Polsce w 2018 r. (w proc.)	18
✎ Wykres 7. Średni wiek samochodu osobowego w 2018 r. w krajach europejskich	19
✎ Wykres 8. Porównanie kosztów zakupu i eksploatacji auta spalinowego i elektrycznego (w tys. PLN)	20
✎ Wykres 9. Szacunkowe środki przeznaczone na rozwój elektromobilności w 2018 r. w wybranych krajach (w mln EUR)	21
✎ Wykres 10. Wskaźnik wysokości środków przeznaczonych na rozwój elektromobilności w 2018 r. w stosunku do przychodów sektora finansów publicznych z 2017 r. w wybranych krajach (w promilach)	22
✎ Wykres 11. Szacowana kwota dofinansowania/ulgi na jedno zakupione osobowe auto elektryczne w 2018 r. (w tys. EUR) w wybranych krajach	23
✎ Wykres 12. Udział rejestracji aut elektrycznych wśród aut osobowych zarejestrowanych w 2018 r. (w proc.)	24
✎ Wykres 13. Udział aut elektrycznych w całej flocie aut osobowych w 2019 r. w krajach europejskich (w proc.)	25
✎ Wykres 14. Szacowana kwota wydana na dofinansowania/ulgi do zakupu osobowych aut elektrycznych w stosunku do przychodów sektora finansów publicznych danego kraju w 2018 r. oraz udział BEV w sprzedaży wszystkich aut w kraju	26
✎ Wykres 15. Liczba ogólnodostępnych stacji ładowania samochodów elektrycznych na 1000 km ² w krajach europejskich	29
✎ Wykres 16. Liczba ładowarek z podziałem na moce w wybranych krajach europejskich w latach 2013-2018	30
✎ Wykres 17. Udział linii autobusowych, tramwajowych i trolejbusowych w liniach komunikacji miejskiej w Polsce w latach 2009-2018 (w proc.)	38
✎ Wykres 18. Badanie opinii mieszkańców Polski o częstotliwości użytkowania transportu publicznego (w proc.)	39
✎ Wykres 19. Podział modalny podróży w Warszawie w 2005 r. (po lewej) i w 2015 r. (po prawej) (w proc.)	39

▼ Wykres 20. Udział transportu publicznego w podróżach mieszkańców wybranych stolic europejskich w 2015 r. (w proc.)	40
▼ Wykres 21. Prognoza udziału autobusów w podziale na rodzaje napędu w całej flocie użytkowanych autobusów w Europie (w proc.)	41
▼ Wykres 22. Liczba autobusów elektrycznych w krajach UE w latach 2010-2018	42
▼ Wykres 23. Liczba rejestracji i wysokość dopłat do autobusów elektrycznych w wybranych krajach UE	44
▼ Wykres 24. Wydatki na linie trolejbusowe i tramwajowe w Czechach (oprócz Pragi) (w mln EUR)	46

SPIS TABEL

▼ Tabela 1. Porównanie kosztów zakupu i eksploatacji auta spalinowego i elektrycznego	20
▼ Tabela 2. Porównanie ceny samochodu spalinowego i elektrycznego w Norwegii (w EUR)	23

SPIS GRAFIK

▼ Infografika 1. Dyfuzja innowacyjności (w proc.)	12
▼ Infografika 2. Jakościowa ocena wpływu różnych rodzajów transportu na zrównoważony rozwój i korzyści związane z ich użytkowaniem	15
▼ Infografika 3. Schemat pierwszego i ostatniego kilometra podróży	16
▼ Infografika 4. Czas ładowania wybranych modeli aut elektrycznych ładowarkami o różnych mocach	28
▼ Infografika 5. Liczba zarejestrowanych autobusów elektrycznych w wybranych miastach Polski w lipcu 2019 r.	38
▼ Infografika 6. Liczba autobusów elektrycznych na drogach w wybranych krajach Europy w 2018 r.	43
▼ Infografika 7. Liczba miast z funkcjonującą linią trolejbusową w wybranych krajach Europy w 2018 r.	45

Polski Instytut Ekonomiczny

Polski Instytut Ekonomiczny to publiczny *think tank* gospodarczy, którego historia sięga 1928 roku. Obszary badawcze Polskiego Instytutu Ekonomicznego to przede wszystkim handel zagraniczny, makroekonomia, energetyka i gospodarka cyfrowa oraz analizy strategiczne dotyczące kluczowych obszarów życia społecznego i publicznego Polski. Instytut zajmuje się dostarczaniem analiz i ekspertyz do realizacji Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, a także popularyzacją polskich badań naukowych z zakresu nauk ekonomicznych i społecznych w kraju oraz za granicą.