

Jerzy Janczewski*

Determinanty rozwoju elektromobilności. Wybrane kwestie

Wstęp

Elektromobilność to koncepcja zakładająca wykorzystanie ekologicznych, bez-emisyjnych samochodów elektrycznych zamiast samochodów zasilanych paliwami kopalnymi, która może być rozpatrywana w wymiarze miasta, regionu, kraju, kontynentu lub znacznie szerzej. Pojazdy te wymagają zastosowania nowych technologii, takich jak unowocześnione zasobniki energii elektrycznej (akumulatory), elektroniczne układy zasilania, aerodynamiczna budowa, lekkie materiały i integracja z siecią energetyczną. Samochody elektryczne potrzebują stacji ładujących, inteligentnych sieci cyfrowych i systemów sterowania siecią umożliwiających płynne podróżowanie przez różne kraje, popularyzacji wśród kierowców, integracji z pozostałymi środkami transportu oraz zaawansowanych rozwiązań logistycznych.

Rozwój pojazdów o napędzie elektrycznym jest dużym impulsem dla postępu zarówno w przemyśle motoryzacyjnym, jak i wielu innych przemysłach pracujących na jego rzecz. Jednocześnie technologia pojazdów z napędem elektrycznym w dużym stopniu przyczynia się do sprostania niektórym wyzwaniom, takim jak globalne ocieplenie klimatu, zależność od importu ropy naftowej i jej pochodnych, lokalne zanieczyszczenia powietrza oraz stabilizacja krajowych sieci elektroenergetycznych poprzez gromadzenie energii elektrycznej w akumulatorach samochodowych (Emilewicz, 2017: 9).

Trend proekologiczny, niższe koszty przemieszczania się, a także w dalszej perspektywie możliwość zasilania samochodów za darmo poprzez energię słoneczną mogą znacznie przyspieszyć, przynajmniej częściowe, ograniczenie użytkowania

* Dr inż. Jerzy Janczewski, adiunkt w Katedrze Systemów Transportu na Wydziale Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi.

tradycyjnego silnika spalinowego. Samochód dzięki temu powinien stać się bardziej przyjazny środowisku, korzystniejszy dla budżetu rodzinnego, mechanicznie mniej skomplikowany, prostszy w budowie i wymagający mniej czynności obsługowo-naprawczych. Obecnie już wszystkie liczące się na rynku firmy motoryzacyjne oferują swoim klientom samochody z silnikiem elektrycznym. Pojazdy te w niedalekiej przyszłości mogą dominować w transporcie, szczególnie na krótszych odcinkach, np. w miastach, ale także w dalszych podróżach. Wskazują na to osiągnięcia takich firm, jak Tesla lub Solaris – tej pierwszej w dziedzinie żywotności zasobników energii (baterii), zasięgu i malejącej ceny za pojazd elektryczny, a drugiej – w dziedzinie rozwoju i produkcji autobusów elektrycznych.

Celem artykułu jest prezentacja istotnych zagadnień elektromobilności i analiza najważniejszych czynników jej rozwoju zarówno w kontekście tradycyjnych pojazdów silnikowych, jak i pojazdów z napędem elektrycznym.

Wykorzystanie napędu elektrycznego w pojazdach samochodowych

Samochód elektryczny (EV – ang. *electric vehicle*) nie jest nowym osiągnięciem, gdyż był już znany i użytkowany ponad 150 lat temu i niejednokrotnie przewyższał swoimi możliwościami inne pojazdy (także spalinowe), np. bijąc rekordy najwyższych prędkości. W 1900 roku w Stanach Zjednoczonych tylko 22% pojazdów silnikowych było zasilanych benzyną, drugie miejsce przypadało napędom elektrycznym – 38%, zaś największy udział, bo 40%, miały wtedy silniki parowe (Śnigurski, 2017b: 10). Dostępność paliw naturalnych, ich wysoka wartość energetyczna i rozwój technologii spowodowały, że lepszymi osiągnięciami oraz walorami użytkowymi niż samochody elektryczne zaczęły charakteryzować się samochody spalinowe. Stąd też z różnych względów (zarówno ekonomicznych, technologicznych, jak i politycznych) samochody elektryczne straciły swoją pozycję na rynku motoryzacyjnym i zostały zepchnięte na peryferie przez samochody spalinowe. Taki stan rzeczy mimo podejmowania prób rozpowszechnienia samochodów elektrycznych utrzymywał się aż do końca ubiegłego stulecia. W tym czasie rozwijały się jedynie takie pojazdy z napędem elektrycznym, jak wózki golfowe, pojazdy specjalne czy środki transportu wewnętrznego (zob. <http://www.melex.pl/>; Dobrosławski, 2017a: 32–33). Ich pozycja stale jest silna i niczym niezagrożona, gdyż pojazdy takie przeznaczone są do przemieszczania się w obrębie zamkniętych obiektów, gdzie nie występuje problem pokonywania dalekich dystansów i możliwe jest ładowanie akumulatorów w bazie.

W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku z inicjatywy Kalifornijskiej Rady ds. Zasobów Powietrznych (California Air Resources Board – CARB) takie firmy, jak GM czy Toyota podjęły próbę wprowadzenia samochodów elektrycznych na rynek. W rezultacie wyprodukowały one łącznie ponad 2000 sztuk samochodów elek-

trycznych, planując dalszą już masową produkcję. Produkcja ta jednak nie doszła do skutku (zob. *Who Killed the Electric Car?*, 2006).

W roku 2017 sytuacja na rynku motoryzacyjnym uległa znacznym zmianom. Silniki spalinowe trudno jest jeszcze bardziej ulepszyć, tak aby dokonać znaczącego wzrostu ich sprawności. Ponadto samochody spalinowe muszą spełniać coraz ostrzejsze normy administracyjne związane z emisją spalin. Konsumpcja paliw płynnych przewyższa wydobycie ropy naftowej, coraz trudniej ją pozyskać, a różnica między popytem a jej podażą stale się zwiększa. Paliwa naturalne drożeją i ekonomicznie uzasadnione staje się stosowanie napędów elektrycznych. Duże znaczenie mają tutaj intensywne prace nad doskonaleniem baterii do pojazdów elektrycznych, które stają się lżejsze, szybciej można je naładować (nawet w kilka minut) i ze względu na rosnącą produkcję są z roku na rok tańsze.

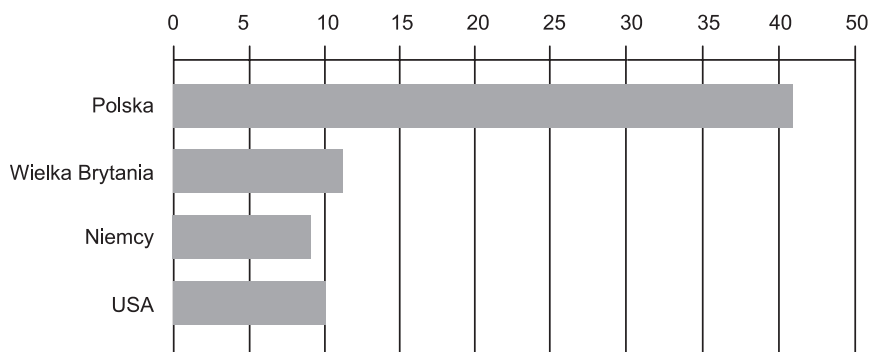
W najbliższej przyszłości (do 2025 roku) na rynku motoryzacyjnym powinny masowo pojawiać się małe miejskie samochody elektryczne o zasięgu poniżej 200 km. Wszystko wskazuje na to, że samochody te będą bardzo popłatne dla wykorzystujących je ludzi i firm operujących w obrębie miast. Najpopularniejsze samochody spalinowe średniej i wyższej klasy zostaną zastąpione samochodami elektrycznymi dopiero w nieco dalszej przyszłości. Powodem jest to, iż w tego typu pojazdach należy zastosować większą liczbę akumulatorów, aby wydłużyć zasięg do przynajmniej 300 lub 400 km, a to przede wszystkim przekłada się na o wiele wyższą ich cenę.

Także na rynku pojazdów użytkowych pojawiają się zmiany, a w niektórych zastosowaniach pojazdy elektryczne szybko wypierają spalinowe (zob. Dobrosławski, 2017b: 120–127). Przykładem są autobusy elektryczne, małe pojazdy dostawcze wykorzystywane w mieście przez firmy kurierskie i propozycje wykorzystania flot samochodów elektrycznych do zaopatrzenia miast (*An integrated perspective on the future of mobility, part 2: Transforming urban delivery*, 2017: 19). Niewątpliwie samochody i ciężarówki spalinowe dalekiego zasięgu będą przez długi czas najlepszym środkiem transportu nawet przy wysokich cenach paliwa, jednak wraz z rozbudowaniem infrastruktury do ładowania akumulatorów (stacji ładowania dużych mocy) i wprowadzeniem do produkcji na masową skalę akumulatorów o krótkim czasie ładowania i w tym obszarze za kilka lub kilkanaście lat powinny nastąpić duże zmiany. Na przykład firma Tesla zapowiada produkcję elektrycznego ciągnika siodłowego już w 2019 roku. Ciągnik ten będzie miał zasięg 800 km przy pełnym załadunku, który wynosi 36 ton, a 30 minut ma zajmować naładowanie do 80% jego akumulatorów (Pawlak, 2017).

Firmy motoryzacyjne zwiększają inwestycje w pojazdy elektryczne, ceny baterii spadają, normy emisji spalin obniżają się, rośnie też społeczne znaczenie elektromobilności. Nieuchronnie zatem pojazdy elektryczne staną się bardziej widoczne na drogach i w miastach. Obecnie nie jest już problemem odpowiedź na pytanie, czy należy elektryfikować transport drogowy, tylko jak szybko to zrobić. Według firmy McKinsey najważniejszymi uczestnikami rynku produkcji samochodów elektrycz-

nych w 2016 roku były Chiny, Japonia i Niemcy. Zaraz za nimi znalazły się USA i Korea. Natomiast w zakresie sprzedaży samochodów elektrycznych przoduje wiele innych, głównie wysokorozwiniętych państw. W rankingu najwyżej znajduje się Norwegia, dalej są Holandia, Francja, Chiny, Dania, Wielka Brytania, USA, Niemcy, Portugalia i Korea (*Elektromobilität: China vergrößert Vorsprung, Europa stagniert*, 2017). Według analiz firmy badawczej Frost & Sullivan w 2017 roku zostanie sprzedanych pół miliona samochodów napędzanych elektrycznie. Najszybciej rosnącymi rynkami zbytu są Europa i Chiny. W przeciągu kolejnych pięciu lat po światowych drogach powinno jeździć ok. 10 milionów takich pojazdów (*Rynek elektrycznych samochodów*, Forbes 2015, w: Polakowski, 2017: 161).

Jeszcze kilka lat temu nie przewidywano, że przemiana na rynku pojazdów będzie odbywać się tak szybko. Obecne prognozy wskazują, że przyszłość transportu drogowego, zwłaszcza na odległości około 300 km, może należeć głównie do napędu elektrycznego. O szybkości zmian świadczy prognozowana sprzedaż samochodów elektrycznych oraz propozycje dostosowywania regulacji prawnych. Na przykład Francja wprowadza do prawa budowlanego wymaganie, zgodnie z którym po 2018 roku każdy nowy dom (jedno- i wielorodzinny) ma być wyposażony w terminal ładowania samochodu elektrycznego. Rządy Norwegii, Holandii i Indii przygotowują regulacje całkowitego wycofania samochodów z silnikami spalinowymi z rynku sprzedaży nowych samochodów po 2025 roku, a Austria z inicjatywy parlamentu analizuje możliwość takiego zakazu już po 2020 roku. W przyjętej przez Radę Federalną Niemiec (Bundesrat) uchwale wzywa się Komisję Europejską, by najpóźniej od 2030 roku w całej Unii Europejskiej dopuszczać do ruchu jedynie bezemisyjne samochody osobowe (Polakowski, 2017: 147). Nie bez znaczenia pozostaje też cena samochodu elektrycznego, która dla przykładowej tesli 3 jest już porównywalna z tradycyjnym samochodem klasy premium. Elektryczna tesla 3 kosztuje około 124 tys. PLN, a klasyczne audi A4 około 133 tys. PLN. Stąd dla niektórych Europejczyków samochód elektryczny jest już dostępny za około 10 średnich miesięcznych wynagrodzeń (rys. 1).



Rysunek 1. Liczba średnich wynagrodzeń potrzebnych na zakup samochodu elektrycznego tesla 3

Źródło: Brzeziński, 2017b.

Elektromobilność w Polsce

W Polsce elektromobilność nabiera szczególnego znaczenia, a jej rozszerzenie stanowi jeden ze strategicznych projektów zapisanych w przyjętej przez rząd *Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju*. Strategia ta zakłada produkcję pojazdów o napędzie elektrycznym oraz budowę infrastruktury niezbędnej dla tego typu pojazdów, co m.in. pozwoli na stworzenie ekologicznego transportu publicznego w polskich miastach, np. projekty: *e-Bus* i *e-Car* (*Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju z akceptacją rządu*, 2017).

Cele dla rozwoju elektromobilności w Polsce określono w *Planie Rozwoju Elektromobilności* przygotowanym przez Ministerstwo Energii. Plan ten proponuje działania, które doprowadzą do upowszechnienia infrastruktury ładowania i pojazdów elektrycznych na polskich drogach, rozwoju przemysłu elektromobilności oraz stabilizacji sieci elektroenergetycznej.

Plan wyszczególnia trzy fazy rozwoju elektromobilności. Pierwsza faza to okres przygotowawczy, który potrwa do 2018 roku. Najważniejszym jego elementem jest przyjęcie ustawy o elektromobilności, inicjacja badań naukowych i skoncentrowanie finansowania publicznego. Druga faza (2019–2020) przewiduje zbudowanie infrastruktury zasilania pojazdów elektrycznych w wybranych aglomeracjach miejskich i zintensyfikowanie zachęt do zakupu tych pojazdów. W tej fazie oczekiwana jest też komercjalizacja wyników badań z obszaru elektromobilności oraz wdrożenie nowych modeli biznesowych upowszechnienia pojazdów elektrycznych. Trzecia faza (2020–2025) zakłada stopniowe osiąganie dojrzałości przez rynki elektromobilności i wycofywanie przez rząd instrumentów wsparcia (*Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce – Energia dla przyszłości*, 2017: 16–18; Zaręba, 2017).

W Polsce ważną rolę w rozwoju elektromobilności odgrywa Polski Fundusz Rozwoju, który kieruje realizacją programu *e-Bus*. Celem tego programu jest budowa systemu umożliwiającego powstanie rynku autobusów elektrycznych. Zamierzeniem programu jest stworzenie autobusu elektrycznego dostępnego cenowo, efektywnego w eksploatacji i dojrzałego technologicznie składającego się w dużej mierze z polskich komponentów. Polskie firmy produkujące autobusy elektryczne i cieszące się dobrą opinią użytkowników w Polsce, Europie i na świecie mogą stać się liderami w tym obszarze. Według danych z marca 2017 roku 49 polskich miast zadeklarowało wolę wdrażania elektromobilności i zakupu do 2020 roku 819 autobusów elektrycznych, przy czym w trakcie tych zakupów było już 321 autobusów.

W ramach programu rozwijania elektromobilności uruchamianych jest szereg programów konkursowych kierowanych do środowiska naukowego oraz do firm z sektora elektromobilności (zob. Nawrat, 2017; Benysek, 2017; *Program priorytetowy System zielonych inwestycji, GEPARD – Bezemisyjny transport publiczny*, 2017). Dodatkowo niektóre miasta ze wschodniej Polski otrzymały wsparcie w realizacji inwestycji rozwijających ekologiczną komunikację miejską (Hrymniak, 2017).

Ważną częścią Planu Rozwoju Elektromobilności w Polsce jest stworzenie i działalność spółki ElectroMobility Poland SA, którą w 2016 roku powołały cztery polskie koncerny energetyczne: PGE Polska Grupa Energetyczna SA, Energa SA, Enea SA oraz Tauron Polska Energia SA. Celem ElectroMobility Poland SA jest przygotowanie warunków dla rozwoju systemu elektromobilności w Polsce. Zamierzeniem spółki jest stworzenie nowoczesnego samochodu miejskiego wpisującego się w aktualne trendy motoryzacyjnego rozwoju pojazdów elektrycznych. W ramach inicjatywy *e-Car* spółka zorganizowała konkurs, którego celem było wyłonienie pięciu koncepcji elektrycznego pojazdu przyszłości stanowiących podstawę do produkcji prototypów polskiego samochodu elektrycznego. Kryteriami wyboru projektów były: ich wartość artystyczna, możliwość zbudowania i produkcji, ergonomia, efektywność energetyczna, innowacyjność i bezpieczeństwo (zob. *Stwórz z nami polski samochód elektryczny. Konkurs Electromobility Poland. Laureaci*).

W dalszych planach spółki jest otwarcie konkursu na budowę prototypów polskiego samochodu elektrycznego skierowanego do producentów pojazdów lub komponentów z branży samochodowej. Celem konkursu jest uzyskanie gotowych prototypów. Spółka ElectroMobility ogłosiła już wstępne założenia konkursu na prototyp. W listopadzie 2017 roku konsultowała je z potencjalnymi uczestnikami konkursu.

Wsparciem dla polskiego przemysłu bezemisyjnych pojazdów elektrycznych jest planowana ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych wprowadzająca wiele korzystnych rozwiązań dla kierowców, którzy zdecydują się na zakup samochodu elektrycznego. Będą to między innymi korzyści finansowe, jak obniżona akcyza i zwiększone odpisy amortyzacyjne, ale również takie korzyści, jak na przykład możliwość poruszania się samochodów elektrycznych po buspasach czy specjalne miejsca parkingowe w centrach miast oraz możliwość korzystania z darmowych parkingów. Zakłada się, że pakiet korzyści, który wprowadzi ustawa o elektromobilności pomoże rozwinąć rynek pojazdów elektrycznych (*W listopadzie ruszy konkurs na prototyp polskiego samochodu elektrycznego. Na światowym rynku jest nisza dla krajowych producentów*, 2017).

Determinanty rozwoju tradycyjnych i elektrycznych pojazdów samochodowych

Do najważniejszych wyznaczników rozwoju tradycyjnych pojazdów samochodowych należą: administracyjne ograniczanie emisji spalin, oszczędność paliwa, zastosowanie paliw zamiennych (alternatywnych), skojarzenie z silnikiem elektrycznym (hybryda), a także bezobsługowość i niezawodność. W przypadku samochodów wyłącznie z napędem elektrycznym są to: zasięg pojazdu, pojemność zasobnika energii (akumulatora), związany z tym koszt jego wyprodukowania i stosunek mocy do jego masy, ograniczona liczba punktów uzupełniania energii, czas tego uzupełniania, późniejsze wykorzystanie akumulatora, a na koniec jego recykling i powrot-

ne wprowadzenie do obiegu. Istotną zachętą dla zakupu pojazdu elektrycznego jest przede wszystkim relatywnie niska cena przemieszczania się w porównaniu z jego konwencjonalnym odpowiednikiem, następnie malejąca cena zakupu nowego pojazdu, a także regulacje administracyjne, na przykład parkowanie za darmo, możliwość korzystania z buspasów w miastach i wiele innych.

Choć powszechnie stosowany silnik spalinowy jest o wiele mniej efektywnym źródłem napędu w porównaniu do silnika elektrycznego, to nadal jest on stale unowocześniany i przystosowywany do spełnienia coraz bardziej rygorystycznych wymagań dotyczących ograniczenia emisji spalin. Ulepszenia polegają między innymi na optymalizacji technologii ograniczania tarcia, w tym nowych powłok powierzchniowych, technik odprowadzania ciepła, zaawansowanych smarów, inteligentnym zarządzaniu energią, optymalizacji układu spalania i elementów układu doprowadzania powietrza oraz zastosowania w pojazdach przenośnych systemów pomiaru emisji (*POWERFUL Report Summary*, 2015). Z kolei firma Nissan zapowiada, że w przyszłości silnik benzynowy będzie osiągał sprawność cieplną około 50% i już oferuje silnik benzynowy o porównywalnym do silnika wysokoprężnego zużyciu paliwa (Mroczek, 2017). Dodatkowo stale są prowadzone prace nad sztucznymi paliwami (Kościelniak, 2011), na przykład firma Bosch proponuje dla silników spalinowych nowe paliwo syntetyczne, tzw. eFuels, które po spaleniu całkowicie redukuje emisję do atmosfery dwutlenku węgla (Brzeziński, 2017a). Podobne prace prowadzi firma Audi (*Audi systematycznie rozbudowuje swoją strategię e-paliw*, 2017).

Najważniejszy wpływ na trendy w konstrukcji silników spalinowych mają administracyjne ograniczenia emisji spalin. Konieczność spełnienia tych wymagań wyzwala ciąg działań zarówno w obszarze nowych konstrukcji, jak i technologii oraz procesów¹. Takim przykładem może być idea downsizingu zakładająca zbudowanie silnika spalinowego zużywającego mało paliwa, osiągającego dużą moc, emitującego mało szkodliwych substancji i odznaczającego się wysoką trwałością. Założenia te, choć są oczywiste, to również są sobie przeciwstawne, gdyż nie można bez końca zmniejszać silnika, jednocześnie utrzymując jego moc, odpowiedni moment obrotowy, niskie zużycie paliwa oraz trwałość. Jakiś czas temu osiągnięto pułap downsizingu, poniżej którego silnik spalinowy jest już nieekonomiczny, drogi w produkcji, awaryjny i nietrwały. Z drugiej strony współczesny samochód staje się coraz większy, nierzadko cięższy, stąd na rynku od pewnego czasu obserwuje się zapowiedź trendu będącego całkowitym zaprzeczeniem idei downsizingu, czyli tzw. upsizing, gdzie zarówno same silniki, jak i ich pojemności wzrastają (Śnigurski, 2017a: 26, 31). Obecnie znaczące obniżenie zawartości szkodliwych substancji w spalinach (zarów-

¹ Trudności w spełnieniu wymagań ostatniej normy wyzwoliły w niektórych koncernach działania spoza obszaru prawa, np. afera Dieselgate. Zdaniem SDCM w cieniu tej afery dyskusje dotyczące przyszłych planów emisji dwutlenku węgla są bardzo emocjonalne. Pojazdy przedstawiane są w sposób zero-jedynkowy, te spalinowe są „złe” niezależnie od norm, jakie spełniają, z kolei pojazdy elektryczne są „dobre” niezależnie od skutków procesu produkcji energii elektrycznej i akumulatorów (*Ta decyzja zmieni przyszłość producentów części*, 2017).

no silników benzynowych, jak i wysokoprężnych) możliwe jest tylko wówczas, jeśli silniki te cofnie się częściowo w rozwoju, czyli gdy będą mniej wydajne, tj. będą zużywać więcej paliwa i emitować więcej dwutlenku węgla. Otwarte zatem pozostaje pytanie, w jaki sposób producentom tradycyjnych pojazdów samochodowych uda się spełnić kolejne obostrzenia norm emisji spalin zapowiadane po 2020 roku.

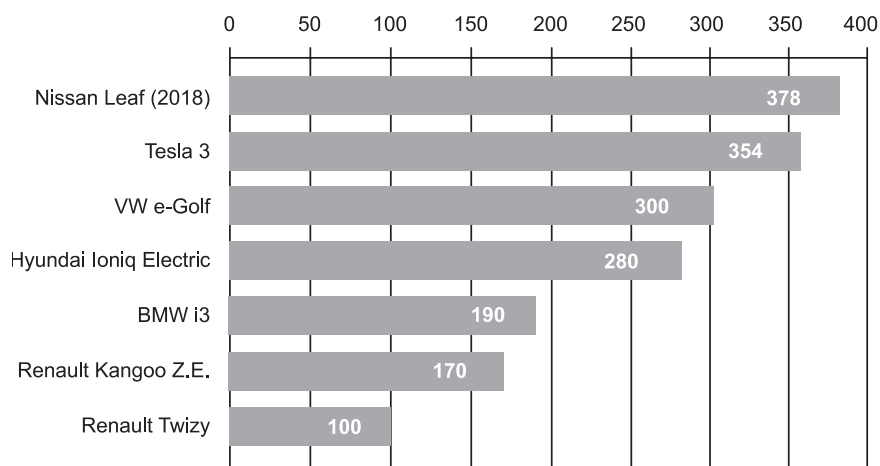
Interesującym rozwiązaniem jest skojarzenie w samochodach napędu spalinowego z napędem elektrycznym, popularnie zwane rozwiązaniem hybrydowym. Rozwiązanie to, podobnie jak stosowanie paliw alternatywnych, traktowane jest jako przejściowe w dążeniu do całkowitego wyeliminowania silnika spalinowego i zastąpienia go silnikiem elektrycznym. Obecnie ten sposób napędu cieszy się dużą popularnością wśród użytkowników, czego dowodem jest stale rosnąca sprzedaż samochodów hybrydowych (*Transport – wyniki działalności w 2016 roku*, 2017: 152).

Samochód hybrydowy korzysta z dwóch sposobów napędu i częściowo godzi ze sobą dwa skrajne wymagania, to pierwsze związane z zerową emisyjnością pojazdu w codziennym użytkowaniu (póki co na krótkich dystansach), a drugie to możliwość pokonywania długich odcinków. Samochody hybrydowe są znacznie oszczędniejsze od samochodów z napędem tradycyjnym, gdyż dostosowują właściwe źródło napędu do aktualnych wymagań kierowcy. W czasie jazdy miejskiej, przy dużej liczbie różnych manewrów oraz stosunkowo niewielkich prędkościach i dystansach korzystniejszy jest napęd elektryczny. Natomiast podczas pokonywania dłuższych odcinków z wysoką jednostajną prędkością (drogi ekspresowe, autostrady) lepszą ekonomiką cechuje się silnik spalinowy. Zastosowanie zaawansowanych systemów sterujących dodatkowo wspomaga dopasowanie udziału w napędzie jednostki elektrycznej i spalinowej do aktualnego zapotrzebowania energii. Wszystko to przyczynia się do uzyskania oszczędności paliwa i tym samym mniejszej emisji spalin.

Oprócz zalet pojazdy hybrydowe mają też wady, główną z nich jest relatywnie wyższa cena. Do budowy samochodu hybrydowego potrzebne są droższe komponenty, a akumulatory gromadzące energię zajmują dużo miejsca, co znacznie ogranicza przestrzeń ładunkową pojazdu i jednocześnie zwiększa jego masę. Proces ładowania z gniazdka (*plug in*) trwa od kilku do kilkunastu godzin. Problem stanowią także niskie temperatury, przy których akumulator traci około 50% pojemności, oraz żywotność samego akumulatora i późniejszy jego recykling. Należy zaznaczyć, że zarówno produkcja akumulatorów, jak i w rezultacie ich recykling znacznie obciążają środowisko naturalne.

Pojazdy w pełni elektryczne, tzw. zeroemisyjne, wykorzystują wyłącznie energię elektryczną. Silniki elektryczne nie są wspomagane spalinowymi ani do napędu pojazdu, ani do ładowania akumulatorów i wydają się prawie idealnym rozwiązaniem, gdyż mają prostszą budowę w porównaniu z silnikami spalinowym, a zatem niższy koszt produkcji i eksploatacji. Elektryczne napędy są łatwe w sterowaniu, posiadają duży moment obrotowy, dostarczają wysokich przyspieszeń i podczas hamowania korzystają z systemu rekuperacji energii. Podobnie jak w przypadku pojazdów

hybrydowych główną determinantą rozwoju napędów elektrycznych jest zasobnik energii, jego koszt i związany z tym zasięg samochodu. Koncerny samochodowe oferują różne rozwiązania, na przykład Renault proponuje dzierżawę baterii (Maj, 2013), Tesla osiągnęła już rekordowy zasięg 1000 km (Kulik, 2015), a akumulator grafenowy posiada krótki czas ładowania (*Baterie grafenowe*, 2016), lecz nadal jest w fazie rozwoju. Rzeczywisty zasięg samochodów elektrycznych stale się zwiększa, lecz w porównaniu z samochodami konwencjonalnymi nadal jest niezadowalający. Orientacyjne zasięgi niektórych samochodów elektrycznych pokazano na rysunku 2.



Rysunek 2. Zasięg samochodów elektrycznych według danych producenta

Źródło: Brzeziński, 2017b.

Współczesny samochód oprócz obowiązkowego oświetlenia posiada szereg innych udogodnień wymagających zasilania elektrycznego, takich jak klimatyzacja i ogrzewanie, systemy multimedialne i wiele innych. W niedalekiej perspektywie planuje się autonomiczny samochód elektryczny, którego systemy posiadają jeszcze większą potrzebę konsumpcji energii. Problemem staje się użytkowanie samochodu elektrycznego w strefach o chłodnym, a także umiarkowanym klimacie, gdy pojemność akumulatora maleje wraz ze spadkiem temperatury otoczenia. Do tego dochodzą niedogodności związane z czasem ładowania akumulatorów (tankowanie paliwem tradycyjnym trwa zaledwie chwilę), brakiem wystarczającej liczby punktów ładowań, standaryzacją itd. Ostatecznie w rozważaniach nad wyborem przez użytkownika samochodu elektrycznego czy tradycyjnego wciąż po stronie wad jest cena zakupu tego pierwszego i konieczność wymiany baterii co 8–10 lat, co wiąże się z wysokim kosztem, a w przyszłości może mieć także wpływ na obrót tymi autami na rynku wtórnym. Być może pewnym rozwiązaniem będzie późniejsze wykorzystanie w gospodarstwach domowych używanych akumulatorów jako domowych zasobników energii (*Dach solarny i Powerwall 2 Tesli*, 2016), pod warunkiem że rozpowszechni się idea energetyki rozproszonej. Stale aktualny jest problem recyklingu

pozostałości całkowicie zużytych akumulatorów, a wcześniej ich nieekologicznej i energochłonnej produkcji (zob. *Szokujący Raport. Samochody elektryczne nie są ekologiczne*, 2017). Ostatnim problemem, jakże istotnym, o którym jeszcze mało się mówi, jest pochodzenie energii elektrycznej. Jeśli nadal będzie pochodziła ona z paliw naturalnych, a nie ze źródeł odnawialnych, to w globalnym rozrachunku korzyści będą polegały wyłącznie na ograniczeniu nadmiernego rozproszenia sprawców emisji spalin do atmosfery, co jest istotne w dużych aglomeracjach i metropoliach lub kompleksach turystyczno-rekreacyjnych.

Zdaniem W. Szymalskiego (2017: 7) nie należy się spodziewać, że elektromobilność znacząco przyczyni się do rozwiązania problemów ekologicznych związanych z motoryzacją. W rzeczywistości poprawy można oczekiwać tylko w czterech obszarach spośród wielu, w których występuje bezpośrednio lub pośrednio negatywne oddziaływanie transportu na środowisko, a mianowicie: klimatu Ziemi, powietrza, hałasu (klimatu akustycznego) i wody. Pozostałe, czyli przestrzeń, życie ludzkie, zasoby naturalne, bioróżnorodność itp., będą prawdopodobnie nadal ulegały degradacji. Bez znaczących zmian powinno pozostać także oddziaływanie motoryzacji na straty czasu, zwłaszcza w dużych miastach.

W realnej perspektywie pozostaje jeszcze możliwość zastosowania ogniwa paliwowego i produkcja energii elektrycznej bezpośrednio w samochodzie. Takie rozwiązanie eliminuje wymienione ograniczenia związane z zasięgiem i produkcją zasobników energii elektrycznej, ale przysparza nowych problemów do rozwiązania, takich jak produkcja wodoru, jego bezpieczna dystrybucja i magazynowanie (zob. *Mirai. Nowa era w motoryzacji*, 2016).

Rozwój sektora pojazdów elektrycznych ogranicza również mentalność, przede wszystkim obawa przed zmianami i niekiedy niewłaściwe pojmowanie rezultatów innowacji. Tradycyjny przemysł paliwowy dostarcza nie tylko licznych stanowisk pracy, lecz zapewnia także wysokie wpływy do budżetów państw, stanowiąc tym samym wpływowe lobby. Popularyzacja pojazdów elektrycznych pociąga za sobą konieczność zmiany sposobu życia i postrzegania samochodu. Zmiana wynikająca z elektryfikacji transportu może być dla niektórych osób korzystna (elektryczne autobusy), pod warunkiem że z powodu relatywnie wysokiej ceny zakupu autobusu elektrycznego nie zdrożeją bilety komunikacji miejskiej, lecz wymagać będzie też więcej elastyczności, cierpliwości i zrozumienia (elektryczne samochody), gdyż przyzwyczajenia ludzi są ich drugą naturą.

Wprawdzie wsparcie dla modeli biznesowych, w których produkuje się i sprzedaje samochody elektryczne, jest już oczywiste, jednak póki co to producenci samochodów spalinowych i części do tych samochodów napędzają gospodarkę (*RAPORT: Rewolucja na drogach, czyli elektromobilność i carsharing*, 2017), a koncerny motoryzacyjne nadal inwestują w fabryki produkujące silniki spalinowe (*Daimler zbuduje fabrykę silników Mercedes w Jaworze kosztem 500 mln euro*, 2016; Kublik, 2017).

Polsce będzie bardzo trudno samodzielnie stworzyć nowe trendy na rynku elektromobilności, ponieważ jest to rynek całkowicie zdominowany przez zagraniczne

koncerny określające kierunki rozwoju i tym samym narzucające swoje warunki. Polska może jednak spróbować otworzyć kolejne nisze – typu mały, miejski pojazd elektryczny, jak planuje spółka ElectroMobility (*W listopadzie ruszy konkurs na prototyp polskiego samochodu elektrycznego...*, 2017). Warto skorzystać w tym przypadku z doświadczeń zachodnich sąsiadów. Przykładowo w Norwegii samochody elektryczne stanowią już większość sprzedaży nowych pojazdów. Holandia ogłosiła, że do 2025 roku zrezygnuje z rejestracji nowych samochodów spalinowych, podobnie, choć do roku 2040, zamierza uczynić Wielka Brytania.

Podczas gdy na wszystkich liczących się rynkach popyt na samochody elektryczne rośnie w mniejszym lub większym stopniu, w Polsce wciąż jest stagnacja w tym sektorze, gdyż póki co na polskich drogach jeździ mniej niż dwa tysiące samochodów wyłącznie elektrycznych (*Wszystkie pojazdy elektryczne zarejestrowane w Polsce w 2016 roku*, 2017). Ich liczba rośnie powoli i tym samym dystans Polski w stosunku do najbardziej rozwiniętych gospodarek cały czas się powiększa. Wielka Brytania przeznaczą na promocję elektromobilności 400 milionów funtów, z czego 100 milionów funtów na wsparcie sprzedaży tego typu pojazdów, tymczasem w Polsce wciąż brakuje stosownych ram prawnych. Chociaż rząd przyjął program rozwoju, według którego w 2025 roku na polskich drogach ma jeździć milion samochodów elektrycznych, to nie ma wciąż żadnych konkretnych form wsparcia dla tego programu. Będąca przedmiotem prac już od kilku miesięcy ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych nie jest pozbawiona wad. Brak jest na przykład przepisów przejściowych dla istniejącej infrastruktury. Sama ustawa również w małym stopniu stymuluje przedsiębiorców do inwestycji w tym obszarze (Traczyk, 2017). Są jednak i optymistyczne opinie opierające się na obecnej (2017) dynamice rynku motoryzacyjnego i niedawno przeprowadzonym badaniu ankietowym, z którego wynika, że 12% Polaków realnie planuje w najbliższym czasie zakup samochodu elektrycznego, a 31,5% wciąż się nad nim zastanawia (zob. *Co o elektromobilności sądzą Polacy?*, 2017; *Znikają kolejne bariery dla rynku samochodów elektrycznych. Rosnące zasięgi i coraz niższe ceny mogą wywołać boom zakupowy*, 2017).

Podsumowanie

Konieczność dbania o naturalne środowisko i tym samym coraz bardziej restrykcyjne normy emisji spalin spowodują, że zastępowanie napędów spalinowych napędami elektrycznymi staje się nieuchronne. Tradycyjne silniki spalinowe jeszcze przez wiele dekad mogą być nieodzowne w pojazdach używanych do dalekiego transportu towarów (transport morski, a nawet drogowy, trudno też będzie zelektryfikować transport lotniczy). Natomiast w krótkodystansowym transporcie indywidualnym szerokie zastąpienie silników spalinowych przez elektryczne to perspektywa zaledwie kilkunastu lat. Powszechnie stosowany silnik spalinowy jest stale unowocześniany i przystosowywany do spełnienia coraz bardziej rygorystycznych

wymagań dotyczących ograniczenia emisji spalin. Mimo że jest o wiele mniej efektywnym źródłem napędu w porównaniu do silnika elektrycznego, to nadal koncerny motoryzacyjne inwestują w budowę nowych fabryk do produkcji tych silników.

Bibliografia

- An integrated perspective on the future of mobility, part 2: Transforming urban delivery* (2017), McKinsey Center for Business and Environment, <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability%20and%20resource%20productivity/our%20insights/urban%20commercial%20transport%20and%20the%20future%20of%20mobility/an-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility.ashx> [dostęp: 27.11.2017].
- Audi systematycznie rozbudowuje swoją strategię e-paliw* (2017), <http://pim.pl/audi-systematycznie-rozbudowuje-swoja-strategie-e-paliw/> [dostęp: 12.10.2017].
- Baterie grafenowe* (2016), <http://www.bateriegrafenowe.pl/> [dostęp: 12.11.2017].
- Benysek G. (2017), *Bezemisjny transport publiczny – założenia merytoryczne*, NCBR, http://www.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2017_01/74e74a90d4088713fbd19b-56b962ffaa.pdf [dostęp: 10.11.2017].
- Brzeziński K. (2017a), *Idzie rewolucja! Silniki benzynowe przestaną emitować CO2!*, <https://www.autofakty.pl/aktualnosci/paliwo-syntetyczne-bosch/> [dostęp: 10.11.2017].
- Brzeziński K. (2017b), *Tesla Model 3 – za ile pensji możesz kupić e-sedana?*, https://www.autofakty.pl/aktualnosci/ile-kosztuje-tesla-model-3/?utm_source=Autofakty&utm_campaign=d477572f44-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_30c6fd06c0-d477572f44-342253729 [dostęp: 4.12.2017].
- Co o elektromobilności sądzą Polacy?* (2017), <http://www.orpa.pl/temat/badania/> [dostęp: 4.12.2017].
- Dach solarny i Powerwall 2 Tesli* (2016), <http://www.green-projects.pl/2016/11/dach-solarny-powerwall-2-tesla/> [dostęp: 9.10.2017].
- Daimler zbuduje fabrykę silników Mercedes w Jaworze kosztem 500 mln euro* (2016), https://www.money.pl/gielda/wiadomosci/artykul/daimler-zbuduje-fabryke-silnikow-mercedes-w-116_0_2074484.html [dostęp: 5.12.2017].
- Dobrosławski P. (2017a), *Mielecka wizytówka*, „Fleet. Napędy Alternatywne”, wydanie specjalne.
- Dobrosławski P. (2017b), *Czas na prąd*, „Fleet. Napędy Alternatywne”, wydanie specjalne.
- Elektromobilität: China vergrößert Vorsprung, Europa stagniert* (2017), <https://www.mckinsey.de/elektromobilitaet> [dostęp: 28.11.2017].

- Emilewicz J. (2017), *Szansa na rozwój*, „Fleet. Napędy Alternatywne”, wydanie specjalne.
- Hrymniak W. (2017), *Elektromobilność. Program Flagowy E-bus*, Polski Fundusz Rozwoju SA, <http://docplayer.pl/50245912-Elektromobilnosc-program-flagowy-e-bus-wlodzimirz-hrymniak-polski-fundusz-rozwoju-s-a-kierownik-programu-e-bus.html> [dostęp: 10.10.2017].
- Kościelniak P. (2011), *Naukowcy próbują produkować tanie sztuczne paliwo*, <http://www.rp.pl/artukul/637505-Nukowcy-probuja-produkowac-tanie-sztuczne-paliwo.html> [dostęp: 11.11.2017].
- Kublik A. (2017), *Toyota będzie produkować w Polsce silniki do aut hybrydowych. Kolejna inwestycja japońskiego koncernu na Dolnym Śląsku*, <http://wyborcza.pl/7,155287,22708490,toyota-bedzie-produkowac-w-polsce-silniki-do-aut-hybrydowych.html> [dostęp: 5.12.2017].
- Kulik W. (2015), *Tesla: auta elektryczne z zasięgiem 1200 km w 2020 roku*, <http://www.benchmark.pl/aktualnosc/tesla-auta-elektryczne-z-zasięgiem-1200-km-w-2020-roku.html> [dostęp: 11.09.2017].
- Maj M. (2013), *Samochód z wypożyczaną baterią i DRM – Renault sprzedaje coś takiego*, <http://di.com.pl/samochod-z-wypożyczana-bateria-i-drm-renault-sprzedaje-cos-takiego-49104> [dostęp: 15.10.2017].
- Melex.pl. Strona internetowa firmy Melex – producenta pojazdów elektrycznych, <http://www.melex.pl/> [dostęp: 5.12.2017].
- Mirai. Nowa era w motoryzacji (2016), <https://www.toyota.pl/new-cars/mirai/index.json> [dostęp: 1.09.2017].
- Mroczek S. (2017), *Silniki spalinowe – pogłoski o rychłej śmierci są przedwczesne*, <http://moto.onet.pl/silniki-spalinowe-pogloski-o-rychlej-smierci-sa-przedwczesne/0e6h9z> [dostęp: 6.12.2017].
- Nawrat A. (2017), *Nowe podejście NCBR do finansowania programów badawczych – założenia do programu na rzecz Bezemisyjnego Transportu Publicznego*, NCBR, http://www.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2017_01/74e74a90d4088713fbd19b56b962ffaa.pdf [dostęp: 10.10.2017].
- Pawlak K. (2017), *Pierwsza elektryczna ciężarówka Tesli zje konkurencję?*, <https://truckfocus.pl/nawosci/40069/pierwsza-elektryczna-ciezarowka-tesli-zje-konkurencje> [dostęp: 28.11.2017].
- Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce – Energia dla przyszłości* (2017), Ministerstwo Energii, Warszawa.
- Polakowski K. (2017), *Kierunki rozwoju rynku pojazdów elektrycznych*, [w:] J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), *E-mobilność: wizje i scenariusze rozwoju*, Europejski Kongres Finansowy, Centrum Myśli Strategicznych, Sopot, <http://www.efcongress.com/sites/default/files/e-mobilnosc.pdf> [dostęp: 28.11.2017].

- POWERFUL Report Summary* (2015), http://cordis.europa.eu/result/rcn/163424_en.html [dostęp: 10.10.2017].
- Program priorytetowy System zielonych inwestycji, GEPARD – Bezemisijny transport publiczny* (2017), <https://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/system-zielonych-inwestycji---gis/programy-priorytetowe/> [dostęp: 10.10.2017].
- RAPORT: Rewolucja na drogach, czyli elektromobilność i carsharing* (2017), http://www.polecosystem.pl/pl/news/raport-rewolucja_na_drogach-czyli_elektromobilnosc_i_carsharing/ [dostęp: 16.03.2018].
- Śnigurski P. (2017a), *Downsizing, czyli pojemne pojęcie*, „Fleet. Napędy Alternatywne”, wydanie specjalne.
- Śnigurski P. (2017b), *Koniec jednego, początkiem drugiego – o alternatywnych źródłach energii*, „Fleet. Napędy Alternatywne”, wydanie specjalne.
- Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju z akceptacją rządu* (2017), http://www.gospodarkamorska.pl/Stocznie_Offshore/strategia-na-rzecz-odpowiedzialnego-rozwoju-z-akceptacja-rzadu.html [dostęp: 12.12.2017].
- Stwórz z nami polski samochód elektryczny. Konkurs Electromobility Poland. Laureaci*, <http://konkurs.emobilitypoland.pl/#galeria> [dostęp: 5.12.2017].
- Szokujący Raport. Samochody elektryczne nie są ekologiczne* (2017), <http://motoryzacja.interia.pl/wiadomosci/producenti/news-szokujacy-raport-samochody-elektryczne-nie-sa-ekologiczne.nId.2411032> [dostęp: 7.10.2017].
- Szymalski W. (2017), *Elektromobilność – druga fala elektryfikacji transportu. Opracowanie dla Koalicji Klimatycznej*, http://www.chronmyklimat.pl/content/files/2017/Elektromobilnosc_druga_fala_elektryfikacji_transportu.pdf [dostęp: 7.12.2017].
- Ta decyzja zmieni przyszłość producentów części* (2017), https://motofocus.pl/informacje/nawosci/56838/ta-decyzja-zmieni-przyszlosc-producentow-czesci?utm_source=newsletter48&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter&utm_content=cala-branza-razem-w-jednym-miejscu [dostęp: 12.10.2017].
- Traczyk W. (2017), *Milion aut elektrycznych. Ale nie w Polsce*, https://www.autofakty.pl/aktualnosc/milion-aut-elektrycznych-ale-nie-w-polsce/?utm_source=Autofakty&utm_campaign=ae66f1c4ad-RSS_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_30c6fd06c0-ae66f1c4ad-342253729 [dostęp: 4.12.2017].
- Transport – wyniki działalności w 2016 roku* (2017), GUS, Warszawa.
- W listopadzie ruszy konkurs na prototyp polskiego samochodu elektrycznego. Na światowym rynku jest nisza dla krajowych producentów* (2017), <http://pim.pl/w-listopadzie-ruszy-konkurs-na-prototyp-polskiego-samochodu-elektrycznego-na-swiatowym-rynku-jest-nisza-dla-krajowych-producentow/> [dostęp: 10.10.2017].
- Who Killed the Electric Car?* (2006), <http://www.filmweb.pl/film/Who+Killed+the+Electric+Car-2006-295301/descs> [dostęp: 4.12.2017].

- Wszystkie pojazdy elektryczne zarejestrowane w Polsce w 2016 roku* (2017), <http://www.orpa.pl/wszystkie-pojazdy-elektryczne-i-hybrydowe-zarejestrowane-w-polsce-na-koniec-2016-r/> [dostęp: 5.12.2017].
- Zaręba P. (2017), *Ministerstwo Energii: Program elektromobilności. Działania na rzecz rozwoju przemysłu elektromobilności*, <http://wde.warszawa.pl/ministerstwo-energii-program-elektromobilnosci-dzialania-rzecz-rozwoju-przemyslu-elektromobilnosci/> [dostęp: 10.12.2017].
- Znikają kolejne bariery dla rynku samochodów elektrycznych. Rosnące zasięgi i coraz niższe ceny mogą wywołać boom zakupowy* (2017), <http://pim.pl/znikaja-kolejne-bariery-dla-ryнку-samochodow-elektrycznych-rosnace-zasiegi-i-coraz-nizsze-ceny-moga-wywolac-boom-zakupowy/> [dostęp: 5.12.2017].

Summary

The determinants of electromobility. Selected issues

The pro-ecological trend and lower costs of moving an electric car can significantly accelerate, and at least partially limit the use of a traditional car with an internal combustion engine. The car should become more environmentally friendly, more beneficial for the family budget, mechanically less complicated and easier to build. Currently, all major automotive companies on the market offer their customers cars with an electric engine. These vehicles may dominate in transport in the near future, especially on shorter distances, e.g. in cities but also on further journeys. The aim of this article is to present the important issues of electromobility and analyse the most important factors for its development in the context of traditional motor vehicles as well as vehicles with electric drive.

Keywords: electric car, conventional car, electromobility