



Kinga BOJDA<sup>1</sup>, Maciej SOŁTYSIK<sup>1</sup>

## **Wpływ elektromobilności na rozwój gmin i klastrów energii przy wykorzystaniu możliwości stymulacji cennikowej**

Streszczenie: Rozwój elektromobilności stanowi wyzwanie dla krajowego systemu elektroenergetycznego zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomiczno-rynkowym. Aktualnie istnieje niewiele analiz dotyczących określenia mocy niezbędnej do zasilania planowanej infrastruktury oraz oszacowania zachęt i korzyści ekonomicznych wynikających z modyfikacji systemu rozliczeniowego. Dokumentem determinującym regulacje prawne oraz obowiązek budowy stacji ładowania pojazdów dla określonych gmin jest Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317). Akt ten określa, że rozwój elektromobilności ze względu na powstawanie punktów ładowania z powodu specyfiki obejmującej nie tylko pojazdy indywidualne będzie odbywał się obszarowo. Miejscami, które w pierwszym etapie będą dedykowane dla wdrożenia koncepcji elektromobilności, będą gminy obejmujące duże aglomeracje. Dodatkowo, z uwagi na aspekt lokalny, rozwój elektromobilności może mieć miejsce na obszarach inicjatyw klastrów energii, które to przy wykorzystaniu polityki zwiększania świadomości energetycznej zmierzają w kierunku produkcji energii z lokalnych zasobów odnawialnych źródeł energii. Planowany rozwój elektromobilności zakłada systematyczny wzrost liczby samochodów elektrycznych spowodowany wprowadzaniem systemami wsparcia. Dynamizacja tego sektora może powodować zwiększanie się popytu na energię elektryczną. Ze względów systemu elektroenergetycznego ważnym czynnikiem determinującym poziom poboru energii w zależności od pory dnia może okazać się odpowiednie ukształtowanie cenników opłat za usługę ładowania. Odpowiednia stymulacja cennikowa może wpłynąć na zachowania odbiorców powodujące ładowanie samochodów w dolinie zapotrzebowania na energię. Celem artykułu jest scharakteryzowanie skali zjawiska elektromobilności w kontekście powstawania infrastruktury punktów ładowania wraz z możliwością stymulacji cennikowej wpływającej na profil zapotrzebowania na energię elektryczną. Istotne jest też uwzględnienie wyzwań i obowiązków gmin oraz klastrów energii z perspektywy wprowadzania elektromobilności.

Słowa kluczowe: elektromobilność, gminy, klastry energii, stymulacja cennikowa

<sup>1</sup> PSE Innowacje Sp. z o.o., Centrum Kompetencji Badania i Rozwój, Warszawa;  
e-mail: kinga.bojda@pse.pl; maciej.soltysik@pse.pl

## **The influence of electromobility on the development of municipalities and energy clusters using the possibility of pricing stimulation**

Abstract: The development of electromobility is a challenge for the power system in both technical and economic-market terms. As of today, there are no analyses to determine the power necessary to supply the planned infrastructure and to estimate the incentives and economic benefits resulting from the modification of the settlement method. The document determining the legal regulations and the obligation to build vehicle charging stations for specific municipalities is the *Act on Electromobility and Alternative Fuels*. This act estimates that the development of electromobility, due to the specifics including not only individual vehicles, will take place in certain areas. The places which in the first stage will be dedicated to the potential implementation of the concept of electromobility will be municipalities covering large agglomerations. In addition, due to the local aspect, the development of electromobility may take place in the areas of energy clusters' initiatives, which, using the policy of increasing energy awareness, are aimed at energy production from local renewable energy resources. The planned development of electromobility assumes a systematic increase in the number of electric cars caused by the introduction of support systems. The dynamization of this sector will cause an increase in the demand for electricity. Due to power system reasons, an important factor determining the level of energy consumption depending on the time of day may be an appropriate shape of the pricing for the charging service. Appropriate price list stimulation can affect the behavior of recipients, causing the charging of cars in the off-peak of electricity demand. The aim of the article is to characterize the scale of the phenomenon of electromobility in the context of the emergence of a charging points infrastructure along with the possibility of price-setting stimulation affecting the profile of energy demand. It is also important to consider the challenges and responsibilities of municipalities and energy clusters from the perspective of introducing electromobility.

Keywords: electromobility, municipalities, energy clusters, pricing stimulation

### **Wprowadzenie**

Jednym z czynników ożywienia gospodarczego kraju jest rozwój transportu. Zwiększająca się zamożność osób oraz rosnąca mobilność spowodowana rozbudową dróg i autostrad skutkuje wzrostem liczby samochodów. W 2016 roku na 1 000 Polaków przypadało 539 samochodów, co stanowi znaczącą różnicę w stosunku do państw Europy zachodniej (m.in. Francji, Szwecji, Belgii i Wielkiej Brytanii), gdzie wskaźnik ten jest istotnie mniejszy (BDL 2018a; EUROSTAT 2018). Obserwowany wzrost udziału pojazdów spalinowych w sektorze komunikacyjnym jest czynnikiem powodującym negatywne uzależnienie krajów europejskich od importu ropy naftowej. Rozwiązaniem tej sytuacji jest przyjęta w 2014 r. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych. Jej celem jest zmniejszenie udziału krajów Unii Europejskiej w imporcie ropy naftowej, wzrost neutralności klimatycznej transportu oraz ograniczenie szkodliwości sektora dla środowiska naturalnego (ME 2017b). Dodatkową kwestią przemawiającą na niekorzyść pojazdów spalinowych jest emisja zanieczyszczeń, która w perspektywie walki ze smogiem jest problemem niezwykle istotnym. Na jej poziom ma wpływ czas eksploatacji samochodów użytkowanych przez Polaków. Uśredniony wiek samochodu statystycznego obywatela ma 12 lat, co w porównaniu do nowych pojazdów z bardziej restrykcyjnymi normami emisji spalin negatywnie oddziałuje na otoczenie.

Aspektem wpisującym się w strategię zmniejszania użytkowania ropy naftowej oraz kwestie środowiskowe jest rozwój elektromobilności. Jest to kierunek obrany zarówno przez wiele krajów na świecie, jak i Polskę. Zwiększanie udziału pojazdów elektrycznych

i hybrydowych w sektorze komunikacji zbiorowej, jak i indywidualnej ma stać się impulsem do reindustrializacji gospodarki, poprawy jakości stanu środowiska oraz zwiększania innowacyjności regionów. Aspekty te mogą przyczynić się do rozwoju technologii i zaawansowanego przemysłu poprzez napływ nowych inwestorów do kraju o rozwiniętej sieci infrastruktury ładowania oraz pojazdów elektrycznych. Aby tak się stało, Polska musi zmierzyć się z ogromnym wyzwaniem dotyczącym zarówno wykonania analiz technicznych i ewentualnej modernizacji sieci, jak też stworzeniem odpowiedniego modelu ekonomicznego, budowy punktów ładowania oraz zwiększania udziału samorządów lokalnych w rozwijaniu koncepcji elektromobilności.

Szacuje się, że rozwój elektromobilności z powodu specyfiki obejmującej nie tylko pojazdy indywidualne będzie odbywał się obszarowo. Miejscami, które w pierwszym etapie będą dedykowane do potencjalnego zaimplementowania koncepcji, będą gminy obejmujące duże aglomeracje. Dodatkowo z uwagi na aspekt lokalny, rozwój elektromobilności może mieć miejsce na obszarach inicjatyw klastrów energii, które to przy wykorzystaniu polityki zwiększania świadomości energetycznej zmierzają w kierunku produkcji energii z lokalnych zasobów odnawialnych źródeł energii (OZE).

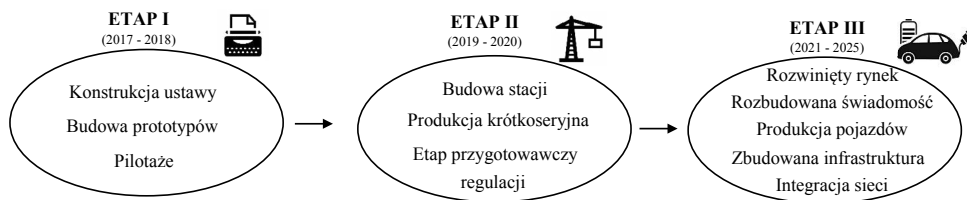
## 1. Etapy rozwoju elektromobilności

Rozwój elektromobilności w Polsce został podzielony na trzy etapy (ME 2017a). Pierwszy ma charakter preorientacyjny, którego celem oprócz przygotowania gruntu ustawodawczego oraz realizacji pilotażowych prototypów jest zwiększanie świadomości i wiedzy odnośnie do elektromobilności. W ramach etapu drugiego zakładana jest realizacja inwestycji na podstawie obserwacji z etapu pierwszego oraz określenie oczekiwań potencjalnych konsumentów. Planowany trzeci etap to faza docelowa, świadcząca o gotowości zarówno systemu elektroenergetycznego, systemów ładowania, jak i modeli biznesowych, które mają przyczynić się do propagacji mody na transport komunikacją elektryczną.

Według szacunków Ministerstwa Energii proces kształtowania się sektora elektromobilności w Polsce będzie długotrwały z powodu potrzeby zmierzenia się z pojawiającymi się barierami i wyzwaniami (Flasza i Matuszczyk 2018). W zależności od scenariuszy rozwoju określa się, że zmiana ta będzie następowała dynamicznie (Pijarski i Połecki red. 2018a). Etapy kształtowania elektromobilności w Polsce przedstawiono na rysunku 1.

Trwający etap I (2017–2018) jest fazą pilotażową mającą na celu rozpoczęcie zmian w świadomości społeczeństwa. Do końca roku 2018 oczekuje się na wykreowanie założeń rynku, co będzie miało przełożenie na intensyfikację działań dotyczących wprowadzania idei elektromobilności i rozwoju przemysłu opartego na pojazdach elektrycznych (ME 2017a). Dodatkowo przewidywane jest powstanie prototypu pojazdu dostosowanego do polskich realiów. Aktualnie realizowana jest również budowa próbnych instalacji punktów ładowania. Ważnym aspektem rozważanym w tym etapie jest kwestia dostosowania taryf i cenników za energię elektryczną.

W ramach etapu II (2019–2020) przewidywane jest (na podstawie zrealizowanych pilotaży z etapu I) określenie dobrych praktyk dotyczących komunikacji społecznej z zakre-



Rys. 1. Etapy kształtowania elektromobilności w Polsce, opracowanie własne na podstawie (ME 2017a)

Fig. 1. Stages of shaping electromobility in Poland

su elektromobilności. Na tej podstawie planowane jest wykreowanie modelu biznesowego oraz realizacja budowy punktów ładowania, według założeń określonych w Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317) (EPA 2018). Dodatkowo oczekuje się zwiększania udziału samorządów lokalnych w wykorzystaniu transportu niskoemisyjnego oraz systemów *car-sharing*. Przewidywana jest również realizacja krótkiej serii pojazdów elektrycznych na podstawie prototypów z etapu I. Etap II jest określany mianem fazy przygotowawczej (ME 2017a).

Celem etapu III jest doprowadzenie do postrzegania elektromobilności jako niezbędnego kierunku do rozwoju gmin, w odpowiedzi na zmieniające się uwarunkowania polityczne, społeczne, jak i środowiskowe. Oczekuje się, że przy redukcji bariery braku infrastruktury punktów ładowania zwiększona świadomość lokalna przyczyni się do wzrostu popytu na samochody elektryczne. W wysokiej fazie zaawansowania ma być również planowana produkcja polskich pojazdów elektrycznych przez lokalny przemysł motoryzacyjny. W trakcie trwania III fazy wyeliminowane mają zostać problemy dotyczące integracji z siecią elektroenergetyczną, tak aby po zakończeniu etapu rynek cechował się samodzielnością i konkurencyjnością (ME 2017a).

## 2. Infrastruktura punktów ładowania

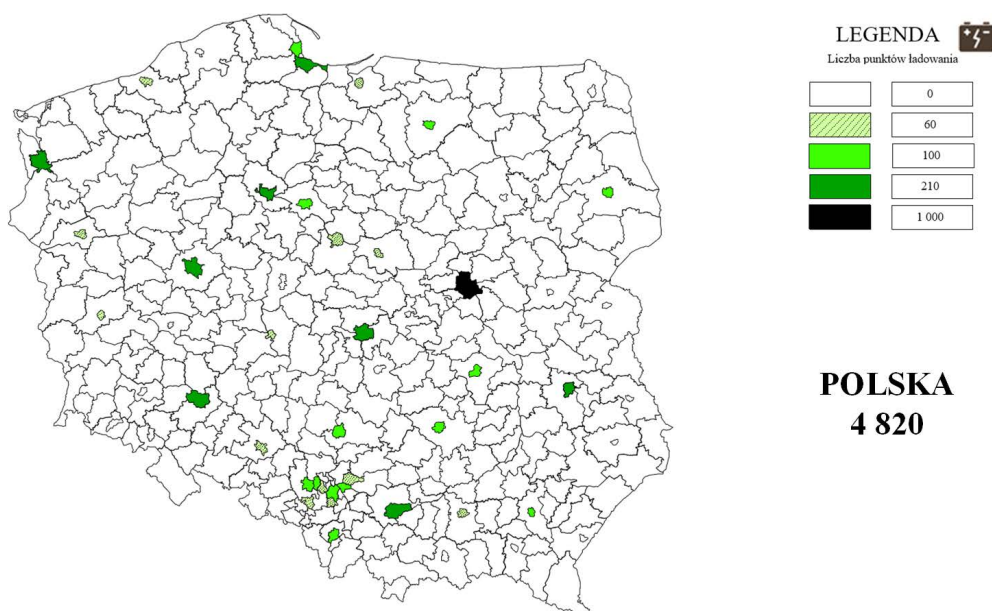
Rozwój elektromobilności musi opierać się na realizacji budowy punktów ładowania. Dokumentem determinującym ich powstawanie jest (EPA 2018) określająca kryteria budowy punktów ładowania w gminach do końca 2020 roku. Wymogi minimalnej liczby punktów ładowania w gminach przedstawione zostały na rysunku 2.

Na podstawie danych zawartych na rysunku 2, szacuje się, że powstanie ponad 4800 punktów ładowania w gminach miejskich wyszczególnionych na rysunku 3. Algorytm określający powstawanie infrastruktury punktów ładowania uwzględnia ich budowę w dużych miastach i aglomeracjach (kryterium liczby ludności) ze względu na sprzyjające warunki rozwojowe wynikające z problemów środowiskowych oraz planowanego rozwoju systemu *car-sharing*. Co najmniej 1000 punktów należy spodziewać się w Warszawie, 210 w największych miastach wojewódzkich takich jak: Kraków, Poznań, Szczecin, Wrocław, Lublin, Bydgoszcz, Gdańsk oraz Łódź. Dodatkowo oczekuje się znacznej rozbudowy infrastruktury

Punkty ładowania	1 000	210	100	60
Liczba mieszkańców	≥ 1 mln	≥ 300 tys.	≥ 150 tys.	≥ 100 tys.
Liczba zarejestrowanych samochodów	≥ 600 tys.	≥ 200 tys.	≥ 95 tys.	≥ 60 tys.
Liczba samochodów na 1000 mieszkańców	≥ 700	≥ 500	≥ 400	≥ 400

Rys. 2. Minimalna liczba punktów ładowania zainstalowanych do końca 2020 roku w gminach, opracowanie własne na podstawie (EPA 2018)

Fig. 2. The minimum number of charging points installed by the end of 2020 in municipalities



Rys. 3. Wizualizacja minimalnej liczby punktów ładowania przewidywanych do 2020 roku w gminach, opracowanie własne na podstawie (EPA 2018)

Fig. 3. Visualization of the minimal number of charging points forecasted by 2020 in municipalities

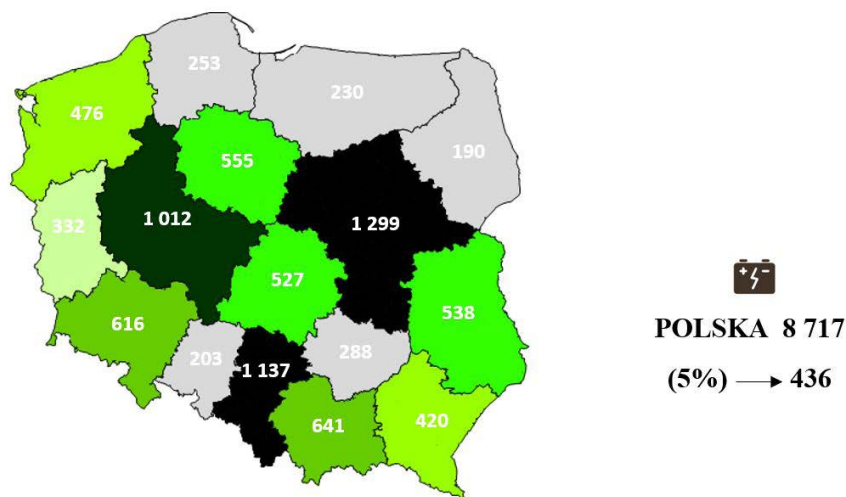
na obszarze Górnośląsko–Zagłębiowskiej Metropolii GZM, w tym w szczególności na terenie miast: Gliwice, Zabrze, Bytom, Ruda Śląska, Katowice, Sosnowiec, Dąbrowa Górnicza, Tychy.

Budowa powyżej zwizualizowanej liczby punktów ładowania, w podziale na gminy miejskie, jest kryterium koniecznym, określonym przez ustawę, dlatego do 15.01.2020 roku zarządcy obszarów terytorialnych są zobowiązani do sporządzenia raportu stanu ich budowy. W przypadku, gdy zagrożone będzie powstanie minimalnej liczby punktów, zrealizowany zostanie plan budowy stacji ogólnodostępnych (budowanych przez Operatorów Systemu Dystrybucyjnego OSD w zależności od obszaru działania).

Zgodnie z założeniem propagacji polityki elektromobilności w skali ogólnokrajowej, szacuje się, że budowa punktów ładowania może dotyczyć również fasad budynków użyteczności publicznej. Ma to związek z faktem, że (EPA 2018) determinuje zapewnienie przez organy administracyjne 10% udziału samochodów elektrycznych do 2020 roku oraz 20% do 2023 roku we flocie użytkowanych pojazdów. Przy założeniu budowy jednego punktu ładowania na każdym budynku administracyjnym, biorąc pod uwagę budynki gminne, powiatowe i wojewódzkie w Polsce oczekuje się powstania kolejnych 2876\* punktów ładowania w perspektywie do 2020 roku.

Ze względu na potrzeby użytkowników pojazdów elektrycznych (EPA 2018) warunkuje powstanie punktów ładowania wzdłuż sieci bazowej TEN-T (ang. *Trans-European Transport Networks*). Zobligowany do tego jest Generalny Dyrektor Dróg Krajowych i Autostrad, który jeszcze w 2018 roku musi opracować plan lokalizacji ogólnodostępnych stacji ładowania zlokalizowanych wzdłuż zarządzanych przez niego dróg. Punkty te mogłyby być rozmieszczone w pobliżu Miejsc Obsługi Podróżnych lub na stacjach benzynowych. W celu określenia potencjalnej skali rozwoju miejsc ładowania, na rysunku 4. przedstawiono szacunek liczby stacji benzynowych w roku 2020 z podziałem na województwa. Przy założeniu 5% współczynnika wykorzystania tych miejsc do instalacji punktów ładowania zlokalizowanych przeważnie wokół dróg szybkiego ruchu i autostrad, do 2020 roku szacuje się powstanie kolejnych 436 punktów ładowania.

Kolejnym kryterium powstawania punktów ładowania zarówno ze względu na doświadczenia zachodnie, jak i realne potrzeby społeczeństwa, jest powstawanie infrastruktury elek-



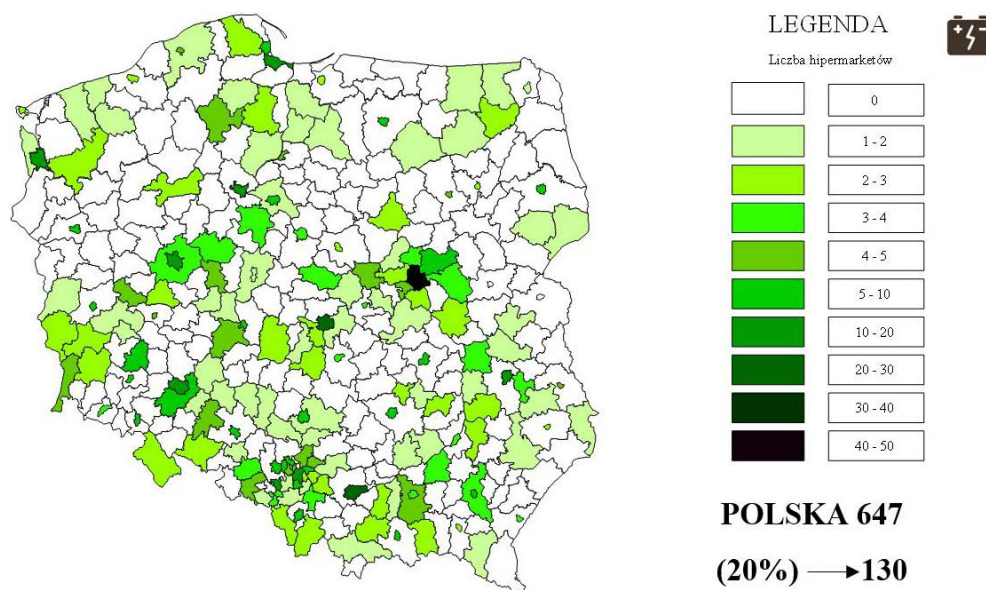
Rys. 4. Oszacowana liczba stacji benzynowych w 2020 roku z podziałem na województwa, opracowanie własne na podstawie (BDL 2018b)

Fig. 4. Forecasted number of petrol stations in 2020 by provinces

\* Założenie 2478 liczby gmin, 380 powiatów i 18 miast wojewódzkich.

tromobilności w sąsiedztwie hipermarketów\* oraz centrów handlowych (Xydas i in. 2016). Uregulowanie tego założenia będzie jednym z wniosków nowo opracowywanej dyrektywy Komisji Europejskiej, która zakłada, że do 2025 wszystkie sklepy wielkopowierzchniowe i biurowce będą musiały być wyposażone w punkty ładowania. Aktualnie w dużych miastach właściciele hipermarketów niejednokrotnie inwestują w budowę stacji ładowania, które są użytkowane przez odbiorców w momencie wykonywania zakupów. Możliwość zaoszczędzenia czasu podczas dokonywanego procesu ładowania zwiększa atrakcyjność z perspektywy odbiorców. Na podstawie prognozy zilustrowanej na rysunku 5, w perspektywie 2020 r. w Polsce będzie 647 sklepów wielkopowierzchniowych, co przy założeniu 20% udziału w budowie punktów ładowania, pozwoli na powstanie kolejnych 130 stacji ładowania.

Ze względu na to, że rozwój elektromobilności będzie realizowany nie tylko na podstawie wymiany samochodów osobowych na te o napędzie elektrycznym, ale również taboru komunikacyjnego, istotne do rozważenia jest powstawanie infrastruktury ładowania przy wykorzystaniu sieci pracującej na średnim napięciu, dedykowanej autobusom miejskim. W tabeli 1 przedstawiono liczbę autobusów konwencjonalnych w komunikacji miejskiej dla 28 miast (oraz GZM), dla których przewidywana jest budowa minimalnej liczby punktów ładowania (scharakteryzowana powyżej). Na podstawie założenia, że do 2020 roku 20%



Rys. 5. Oszacowana liczba hipermarketów w 2020 roku z podziałem na województwa, opracowanie własne na podstawie (BDL 2018b)

Fig. 5. Estimated number of hypermarkets in 2020 by provinces

\* Sklep o powierzchni powyżej 2500 m<sup>2</sup>.

TABELA 1. Liczba autobusów wraz z szacunkiem wymiany na elektryczne i powstania punktów ładowania w zależności od miast lub obszaru

TABLE 1. The number of buses with an estimation of the exchange for electric ones and the creation of charging points depending on the cities or area

Miasto/obszar	Liczba autobusów w taborze komunikacji	Liczba autobusów elektrycznych 20%	Szacunkowa liczba punktów ładowania
Kalisz	62	12	5
Włocławek	63	13	5
Koszalin	70	14	5
Gorzów Wielkopolski	72	14	5
Zielona Góra	76	15	5
Opole	90	18	5
Tarnów	94	19	5
Białystok	95	19	5
Rybnik	100	20	5
Elbląg	109	22	8
Kielce	111	22	8
Płock	114	23	8
Radom	120	24	8
Bielsko-Biała	136	27	8
Toruń	150	30	8
Bydgoszcz	155	31	8
Olsztyn	159	32	8
Rzeszów	187	37	8
Łódź	203	41	8
Lublin	227	45	8
Gdańsk	231	46	8
Gdynia	250	50	8
Częstochowa	258	52	10
Poznań	322	64	10
Szczecin	330	66	10
Wrocław	395	79	10
Kraków	640	128	10
Warszawa	1 787	357	15
KZK GOP	1 912	382	15
Suma	8 518	1 704	219

Źródło: opracowanie własne na podstawie stron internetowych przewoźników.



autobusów zostanie wymienionych na elektryczne, oczekiwać można powstania dodatkowych 219 punktów ładowania.

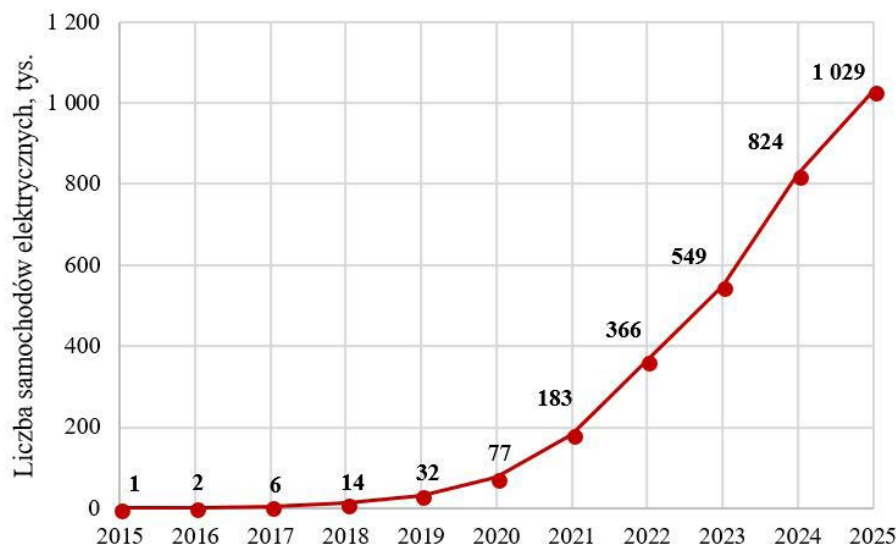
Oprócz wyszczególnionych w tabeli 1 miast posiadających rozbudowaną komunikację miejską potencjalnymi miejscami do zaimplementowania idei elektromobilności, a co za tym idzie, powstawania infrastruktury ładowania, są obszary zrzeszone wokół inicjatyw klastrów energii. Na podstawie doświadczeń są to miejsca często obejmujące kilka gmin do jednego powiatu, które zauważywszy potencjał lokalnych terenów zmierzają w kierunku produkcji energii z OZE oraz intensyfikacji działań proekologicznych. Pojawianie się autobusów elektrycznych na tych obszarach może być spowodowane chęcią zwiększenia promocji terenu lub działaniem na korzyść społeczeństwa, ze względu na dotychczasowy brak komunikacji zbiorowej. Oszacowanie liczby punktów ładowania w tym kontekście jest trudne, gdyż w początkowej fazie będą to przypadki nieliczne. Jednakże warto jest zwrócić uwagę, że przyszłościowo może być to kierunek rozwoju infrastruktury elektromobilności, ze względu na produkcję mocy do celów ładowania autobusów elektrycznych z odnawialnych źródeł.

Podsumowując wszystkie przedstawione kryteria, w perspektywie roku 2020 szacuje się powstanie około 8500 punktów ładowania, które zlokalizowane będą w dużych aglomeracjach, wokół dróg szybkiego ruchu, w pobliżu hipermarketów i centrów handlowych. Dodatkowym wariantem rozwoju może okazać się pojawianie punktów ładowania na obszarach klastrów energii.

### 3. Wyzwania

Przeobrażenie sektora transportu będzie wymagało zmierzenia się z wyzwaniami w kontekście wzrostu zapotrzebowania na energię. Według szacunków Ministerstwa Energii w perspektywie do roku 2025 będzie to między 2,3 a 4,3 TWh, w zależności od scenariusza rozwoju (ME 2017a; ME 2017b). Czynnikiem ten warunkowany będzie planowaną intensyfikacją udziału liczby samochodów elektrycznych oraz określeniem czasu ich ładowania w odniesieniu do krzywej obciążenia dobowego Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE). Dodatkowo przyrost liczby nieliniowych odbiorników w sieci będzie miał negatywny wpływ na jakość energii (Pijarski i Połecki red. 2018a). Ustawa o elektromobilności określa, że powstające punkty ładowania będą dzielić się według kryterium na punkty o normalnej mocy (do 22 kW) i dużej mocy (od 22 kW), co będzie odpowiadało technologiom szybkiego i wolnego ładowania (EPA 2018).

Dokonujące się zmiany na rynku energii elektrycznej, w tym potrzeba modyfikacji strony popytowej sprawiają, że szczególnie istotne staje się stworzenie bodźców, zachęt i mechanizmów stymulujących rozwój nowoczesnego społeczeństwa konsumpcyjnego (Czarnecka 2018). Ministerstwo Energii w dokumencie (ME 2017b) określa dwie potencjalne ścieżki rozwoju samochodów elektrycznych w polskim systemie. Jedną z nich przewiduje osiągnięcie aż 1 miliona samochodów elektrycznych w roku 2025 r., przy założeniu wprowadzanych systemów wsparcia, co przedstawiono na rysunku 6. Do systemów wsparcia zalicza się m.in.:



Rys. 6. Prognozowana liczba samochodów elektrycznych w Polsce (uwzględniająca mechanizmy wsparcia), opracowanie własne na podstawie (ME 2017b)

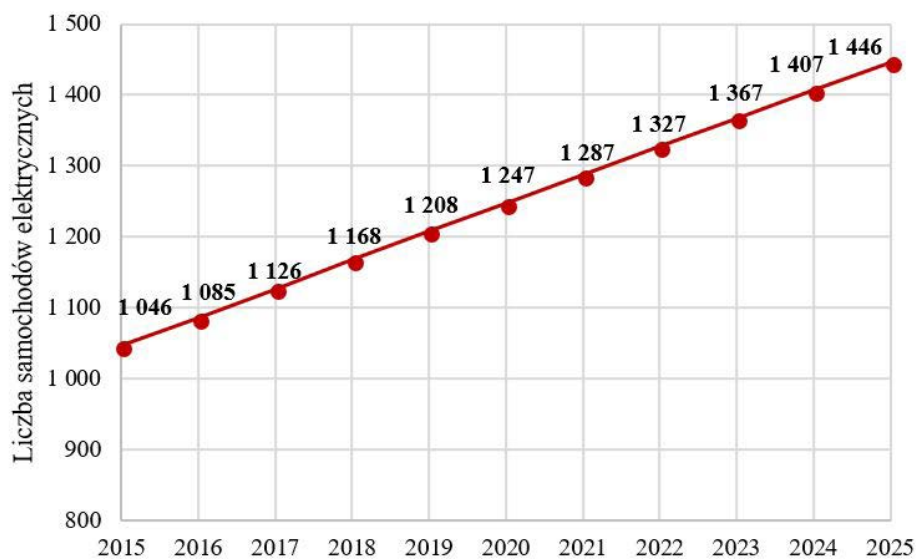
Fig. 6. Forecasted number of electric cars in Poland (including support mechanisms)

- zwolnienie z akcyzy oraz obniżenie stawki VAT na zakup osobowych pojazdów elektrycznych i pojazdów napędzanych wodorem,
- możliwość poruszania się pojazdów elektrycznych po wydzielonych strefach tzw. buspasach,
- powstawanie specjalnie dedykowanych miejsc parkingowych w centrach miast,
- wprowadzenie obowiązku wykorzystywania pojazdów niskoemisyjnych przez przedsiębiorstwa realizujące usługi publiczne.

Drugi scenariusz rozwoju nie uwzględnia możliwości pomocy ze strony rządowej, a przyrost liczby samochodów elektrycznych oszacowany został na podstawie dotychczasowego tempa przyrostu pojazdów. Wariant ten zilustrowano na rysunku 7.

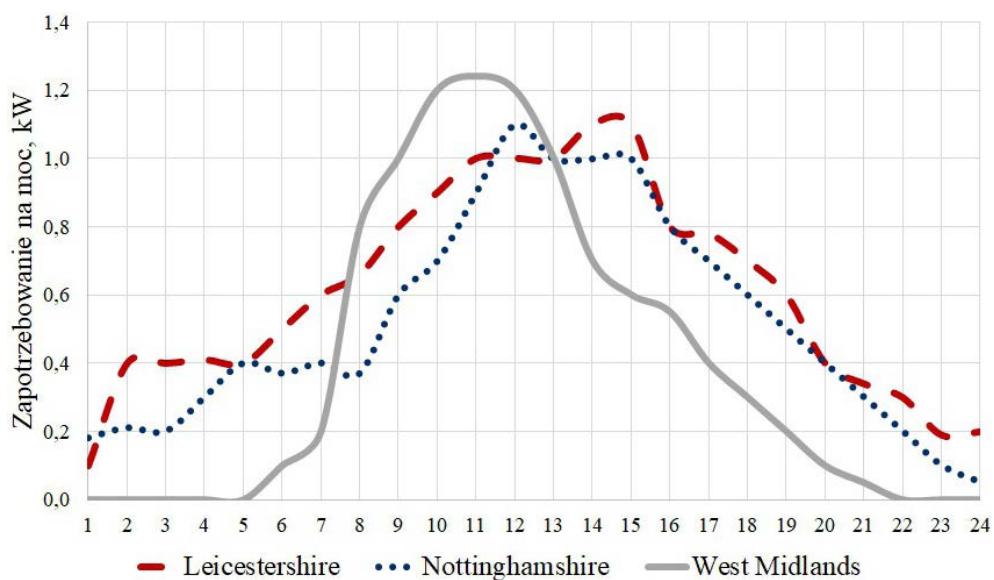
Wzrost liczby samochodów elektrycznych może zależeć od wielu czynników takich jak regulacje prawne, obniżenie cen pojazdów czy masowość produkcji. Niewątpliwie najbardziej lukratywna z perspektywy odbiorców będzie realizacja szeroko pojętych systemów wsparcia zachęcających do zakupu samochodów na energię elektryczną. Wyzwaniem dla odbiorców w perspektywie długofalowej będzie również możliwy wzrost cen energii elektrycznej ze względu na zwiększanie się udziału samochodów elektrycznych na rzecz stopniowego odejścia od pojazdów spalinowych (Pijarski i Polecki red. 2018b).

Warto pamiętać, że sposób, w jaki będzie rosła liczba samochodów elektrycznych w Polsce determinować będzie zwiększanie się zapotrzebowania na moc i energię elektryczną. Stanowi to realne wyzwanie, z którym zmierzyć muszą się Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych (OSD) oraz Operator Systemu Przesyłowego (OSP). To, w jaki sposób będzie



Rys. 7. Prognozowana liczba samochodów elektrycznych w Polsce (bez mechanizmów wsparcia), opracowanie własne na podstawie (ME 2017b)

Fig. 7. Forecasted number of electric cars in Poland (without support mechanisms)

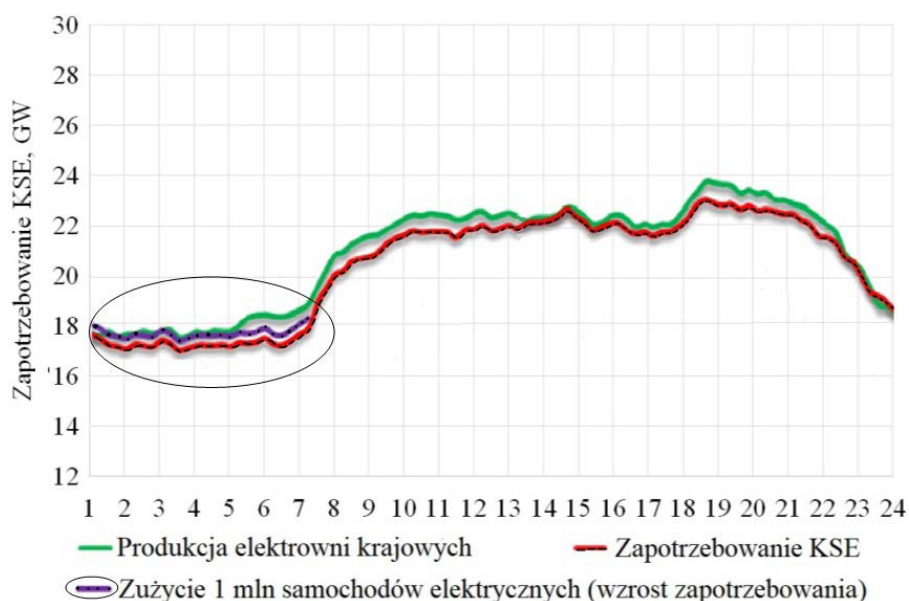


Rys. 8. Typowy profil zużycia mocy przez samochody elektryczne w Wielkiej Brytanii, opracowanie własne na podstawie (Xydas i in. red. 2016)

Fig. 8. A typical power consumption profile for electric cars in the UK

kształtowała się krzywa zapotrzebowania na moc będzie zależało m.in. od tego, kiedy ładowane będą samochody elektryczne. Według doświadczeń zachodnich (Xydas i in. red. 2016) i przedstawionego na rysunku 8 typowego dziennego profilu zużycia energii przez ładowane samochody elektryczne w Wielkiej Brytanii, zauważalne jest, że największy pobór energii obserwowany jest między godzinami 9<sup>00</sup> a 17<sup>00</sup>.

W odniesieniu do systemu KSE odpowiada to godzinom, w którym zapotrzebowanie jest największe (rys. 9). Bardziej korzystny, z perspektywy OSP jest jednak scenariusz zwiększania zapotrzebowania w dolinie nocnej, który mógłby być realizowany poprzez odpowiednią stymulację cennikową, uwzględniającą zmianę zachowania i preferencji posiadaczy samochodów elektrycznych. Przedstawiony na rysunku 9 wzrost zapotrzebowania w dolinie nocnej (fragment wykropkowanej linii) może być realizowany przy uwzględnieniu odpowiedniego ukształtowania stawek opłat za energię elektryczną znacząco bardziej opłacalnych z perspektywy klienta niż w przypadku korzystania z punktów ładowania w dzień. Odpowiednia stymulacja cennikowa może wpłynąć na zachowania odbiorców w kontekście świadomego użytkownika systemu elektroenergetycznego, czyli ładowania samochodów w dolinach zapotrzebowania na energię.



Rys. 9. Zapotrzebowanie KSE wraz z szacunkowym wzrostem spowodowanym efektem pojawienia się 1 miliona samochodów elektrycznych (ME 2017a)

Fig. 9. The demand of the Polish Power System along with the estimated increase as a result of introducing 1 million electric cars

#### 4. Rozwój gmin i klastrów energii

Elektromobilność, ze względu na swój charakter, bez wątpienia będzie czynnikiem warunkującym rozwój obszarów. Z punktu widzenia gmin wdrażanie tej idei będzie powodowało (Heidrich i in. 2017; Krawiec i Krawiec 2017):

- rozbudowę infrastruktury punktów ładowania w centrach miast (duże gminy miejskie), co w przypadku zwiększania się liczby samochodów elektrycznych będzie powodować wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną (kryterium minimalna liczba punktów ładowania, budynki użyteczności publicznej, hipermarkety),
- rozbudowę infrastruktury wokół dróg szybkiego ruchu, węzłów komunikacyjnych, co powodować będzie wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną na obszarach o potencjalnie słabszej sieci (kryterium stacje benzynowe, hipermarkety),
- pojawianie się floty autobusów elektrycznych, co powodować będzie zwiększanie zapotrzebowania na energię elektryczną w centrach miast,
- zmniejszanie zanieczyszczenia powietrza i emisji hałasu,
- rozwój *car-sharing*,
- pojawienie się szansy na pobudzenie przemysłu, czyli potencjalny napływ nowych inwestorów zachęconych powstałą infrastrukturą elektromobilności w Polsce.

Oprócz możliwości rozwoju warty do podkreślenia jest szereg obowiązków nakładanych na jednostki samorządu terytorialnego o liczbie mieszkańców większej niż 50 tys. Jest to przed wszystkim zapewnienie co najmniej 30% udziału samochodów elektrycznych we flocie użytkowanych pojazdów. Ta sama proporcja dotyczy świadczenia usług komunikacji miejskiej przez autobusy zeroemisyjne. Jednostki samorządu terytorialnego o liczbie mieszkańców mniejszej niż 50 tys. zlecać muszą wykonanie zadań publicznych podmiotom, których co najmniej 30% floty pojazdów stanowią pojazdy elektryczne – to samo dotyczy usług komunikacyjnych. Oprócz tego samorzady raz na 36 miesięcy zobligowane są do przygotowania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych (EPA 2018; Drożdż 2018). Korzystne jest, by otrzymane wyniki analiz i symulacji miały odzwierciedlenie w aktualizacji Planów Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego oraz Planów Transportowych. Ustawa o elektromobilności określa również dodatkowe źródło przychodu dla gminy jako opłaty ponoszone na rzecz wjazdu do stref czystego transportu.

Klastry energii oraz gminy samowystarczalne energetycznie ze względu na proekologiczną politykę zmierzającą w kierunku produkcji i bilansowania obszarowego energii pochodzącej głównie z OZE również są obszarem możliwego rozwoju elektromobilności (Brzóška i Krannich 2016). Należy jednak pamiętać, że rozwój tego sektora będzie miał znacząco inny charakter niż w porównaniu z implementacją w dużych gminach miejskich. Klastry energii z powodu lokalnego zasięgu oddziaływania będą wspierały wdrażanie tej idei przy wykorzystaniu:

- rozbudowy infrastruktury ładowania na obszarze klastra/lokalnie, która służyć będzie do zasilania nowo powstałej komunikacji zbiorowej lub samochodów prywatnych mieszkańców,
- aspektu ekologicznego,

- zwiększania świadomości energetycznej lokalnych odbiorców,
- promocji obszaru.

Oprócz tego rozwój elektromobilności w klastrach energii lub gminach samowystarczalnych energetycznie może być wspierany poprzez technologię V2G (ang. *Vehicle-to-Grid*). Jest to system integrujący samochody elektryczne z siecią elektroenergetyczną w celu dwukierunkowej wymiany energii. Rozwiązanie to wydaje się szczególnie efektywne w momentach występowania szczytowego zapotrzebowania, w którym to samochody elektryczne mogłyby być rozładowane i tym samym oddawać do sieci zmagazynowaną energię (Zhou i Li 2015). Rozwiązanie to mogłoby znaleźć zastosowanie w klastrach energii. Samochody elektryczne zdolne do rozładowania swoich baterii na polecenie koordynatora klastra energii wspierałyby w znaczącym stopniu stabilność lokalnego systemu elektroenergetycznego, zwiększając jednocześnie możliwości regulacyjne, bilansowania oraz świadczenia usług sieciowych. Baterie samochodów elektrycznych mogłyby działać jako rozproszone magazyny energii i wspomagać bilansowanie obszarów, w których występuje nadwyżka lub niedobór generowanej energii w stosunku do zapotrzebowania.

### Podsumowanie

Rozwój sektora elektromobilności w Polsce obecnie znajduje się w początkowym stadium, w którym, póki co, więcej jest spekulacji i założeń niż faktycznych wyników analiz pilotażowych. Kierunek ten stanowi jednak szansę na rozwój i zmierzenie się z problemami m.in. emisji zanieczyszczeń i smogu, które w ostatnich czasach dla Polski są sprawą kluczową. Rozwój elektromobilności powodować będzie wyzwania, z którymi zmierzyć muszą się zarówno obywatele, ustawodawca, jak i podmioty odpowiedzialne za utrzymanie infrastruktury elektroenergetycznej. Poprzez powstanie szacowanej na poziomie 8500 liczby punktów ładowania, rozwinięty sektor elektromobilności będzie powodował zmniejszanie popytu na ropę naftową oraz wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną. Może warunkować to wzrost stawek opłat dla użytkowników systemu elektroenergetycznego. Dlatego istotne, zarówno z perspektywy odbiorców jak i wytwórców energii elektrycznej, jest wykreowanie odpowiedniego systemu rozliczeniowego, który będzie zachęcał do ładowania pojazdów elektrycznych poza szczytami zapotrzebowania.

Poza wyzwaniami w elektromobilności upatruje się również szansę na rozwój zarówno gmin, jak i klastrów energii, co poprzez rozbudowę infrastruktury powodować będzie intensyfikację zainteresowania tymi regionami ze względów społecznych jak i biznesowych. Elektromobilność to również możliwość długoterminowego rozwoju powiązanych z nią sektorów. W kolejnych etapach realizacji tej idei spodziewać można się stworzenia nowego sektora usług, do których zaliczyć można aspekty związane z możliwościami elastycznego zarządzania popytem za pomocą V2G.

Rozwój elektromobilności to europejska wizja dążenia do osiągnięcia konkurencyjnego, zasobooszczędnego oraz wzajemnie zintegrowanego sektora transportu. W celu osiągnięcia zamierzonych efektów Polska musi podążać tym kierunkiem, bazując na współpracy wszystkich podmiotów rynkowych. Wobec nich uformowane zostaną realne oczekiwania.

Elektromobilność, stanowiąc wyzwanie dla odbiorców, będzie warunkowała dążenie do większego zrozumienia działania sektora energetycznego, a co za tym idzie – racjonalizację zużycia energii. Dynamizacja sektora samochodów elektrycznych będzie powodowała wzmocnienie wymagań w stosunku do prawodawców, w celu skutecznego wprowadzania systemów wsparcia i dedykowanego zaplecza ustawodawczego. Od operatorów sieci elektroenergetycznych będzie oczekiwano przeprowadzenia analiz systemowych, które określą szacowany przyrost wymaganej mocy, co może skutkować potrzebą restrukturyzacji i rozbudowy sieci. W tym kontekście istotną kwestią jest również zwiększanie udziału OZE, tak aby energia przeznaczona do ładowania samochodów nie pochodziła jedynie ze źródeł konwencjonalnych.

## Literatura

- BDL 2018a. *Pojazdy ogółem*. [Online] <https://bdl.stat.gov.pl/BDLS/metadane/metryka/1733> [Dostęp: 10.04.2018].
- BDL 2018b. *Sklepy i stacje paliw*. [Online] <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/metadane/cechy/2323> [Dostęp: 10.04.2018].
- Brzóska, J. i Krannich, M. 2016. Modele biznesu innowacyjnej energetyki. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach* 228, s. 7–20.
- Czarnecka, M. 2018. *Obowiązki informacyjne a zachowania konsumentów na rynku energii elektrycznej. Studium ekonomii prawa*. Warszawa: CH Beck.
- Drożdż, W. i Ścibor, M. 2018. *Elektromobilność w rozwoju miast*. Warszawa: Wyd. Nauk. PWN.
- EPA 2018. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317).
- EUROSTAT 2016. *Number of passenger cars per 1000 inhabitants*. [Online] <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Transport> [Dostęp: 10.04.2018].
- Flasza, J. i Matuszczyk, P. 2018. Elektromobilność w Polsce a systemy OZE. *Przegląd Elektrotechniczny* 94(1), s. 33–36.
- Heidrich i in. 2017 – Heidrich, O., Hill, G., Neaimeh, M., Huebner, Y., Blythe, P. i Dawson, R. 2017. How do cities support electric vehicles and what difference does it make? *Technological Forecasting & Social Change* 123, s. 17–23.
- Krawiec, S. i Krawiec, K. 2017. Rozwój elektromobilności w Polsce. Uwarunkowania, cele i bariery. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach* 332(2017), s. 17–24.
- ME 2017a. *Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości”*. Warszawa: Ministerstwo Energii (ME).
- ME 2017b. *Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych*. Wyd. 2. Warszawa: Ministerstwo Energii (ME).
- Pijarski, P. i Połecki, Z. red. 2018a. *Analiza wpływu elektromobilności na zapotrzebowanie na moc i energię w krajowym systemie elektroenergetycznym*. Lublin: Monografia Rynek Energii Elektrycznej, s. 66–75.
- Pijarski, P. i Połecki, Z. red. 2018a. *Możliwość rozwoju floty samochodów elektrycznych w Polsce a stan obecny krajowego systemu elektroenergetycznego*. Lublin: Monografia Rynek Energii Elektrycznej, s. 43–53.
- Xydas i in. 2016 – Xydas, E., Marmaras, Ch., Cipcigana, L.M., Jenkins, N., Carroll, S. i Barker, M. 2016. A data-driven approach for characterizing the charging demand of electric vehicles: A UK case study. [Online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915013938> [Dostęp: 10.04.2018].
- Zhou, Y. i Li, X. 2015. Vehicle to Grid Technology: A Review. *Proceedings of the 34th Chinese Control Conference*. Hangzhou, July 28–30 2015. China.

