

Dr Jakub Zawieska, Instytut Infrastruktury, Transportu i Mobilności,
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce*

Wraz z rozwojem e-mobilności i zwiększającej się liczby dostępnych modeli samochodów zasilanych energią elektryczną rośnie zapotrzebowanie na infrastrukturę ładowania takich pojazdów. Podstawowy podział technologiczny w tym obszarze rozróżnia stacje ładowania zasilane prądem zmiennym (AC) oraz stacje ładowania zasilane prądem stałym (DC).

■ Rodzaje i standardy stacji ładowania

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna określa cztery tryby ładowania zgodne z normą IEC 62196:

- **Tryb 1** (Mode 1) - wolne lub półszybkie ładowanie ze zwykłego gniazdka elektrycznego jednofazowego lub trójfazowego, bez specjalnych systemów ochrony;
- **Tryb 2** (Mode 2) - wolne lub półszybkie ładowanie z normalnego gniazda, ale z podstawowymi systemami ochrony, charakterystycznymi dla EV;
- **Tryb 3** (Mode 3) - wolne lub półszybkie ładowanie za pomocą specjalnego gniazda wielopinowego EV z zaawansowanymi funkcjami sterującymi i zabezpieczającymi;
- **Tryb 4** (Mode 4) - wolne, półszybkie lub szybkie ładowanie za pomocą specjalnych technologii ładowania (wyłącznie DC). Większość standardów łączy do-

tyczy prądu zmiennego, ponieważ ten jest łatwiej dostępny. W przypadku ładowania z wykorzystaniem AC najczęściej spotykane w pojazdach są ładowarki o mocy 3,6 kW. Nowsze konstrukcje samochodów elektrycznych posiadają już wbudowane ładowarki o większych mocach: 6 kW. Gniazda ładowania prądem zmiennym mają trzy standardy łączy wbudowanych w pojazdach¹:

■ Type 1

Type 1 to standard ładowania obowiązujący przede wszystkim na terenie USA. Umożliwia ładowanie mocami 1,92 kilowata (kW), 7,2 kW, 7,68 kW do maksymalnie 19,2 kW. Złącze dostarcza wyłącznie prąd przemienny, jedno- lub dwufazowy. Na rynku funkcjonują obecnie także wersje zmodyfikowane tego rodzaju łączy, umożliwiające ładowanie przy wykorzystaniu prądu zmiennego, jednakże ze znacznie większym napięciem: 36 kW (Type 1 Level 1) lub 90 kW (Type 2 Level 2). Istnieje

także możliwość przerobienia łączy typu Type 1 na wtyczki do ładowania prądem stałym (Type 1 combo).

■ Type 2 (system Mennekes)

Złącze standardu Type 2 nazywane w literaturze także „Mennekes” od nazwy firmy, która ją opracowała. Type 2 w podstawowej wersji został w 2013 r. uznany za oficjalny standard łączy ładowania na terenie Unii Europejskiej. Stosują go obecnie wszystkie auta sprzedawane na terenie krajów unijnych, w tym także Tesla. Podobnie jak model Type 1 także model Type 2 można dostosować do korzystania z prądu stałego.

■ Type 3

Model Type 3, nazywany także złączem typu Scame, to najstarszy rodzaj złącza. Ten standard gniazda występuje przede wszystkim w małych pojaz-

dach elektrycznych, wyprodukowanych przed 2010 r. Aktualnie punkty ładowania z tym typem złączy już praktycznie nie występują. Przy wykorzystaniu stacji ładowania zasilanych prądem zmiennym istotnym punktem jest charakterystyka sieci elektrycznej mająca wpływ na poziom ładowania:

- instalacja jednofazowa umożliwia ładowanie z napięciem maksymalnie do 3,6 kW,
- instalacja dwufazowa umożliwia ładowanie z napięciem maksymalnie do 6,6 kW,
- instalacja trójfazowa umożliwia ładowanie z napięciem maksymalnie do 44 kW.

Drugim sposobem jest wykorzystanie stacji szybkiego ładowania zasilanej prądem stałym. Nowe standardy gniazd i złączy zmierzają do wykorzystania wyłącznie prądu stałego. W tego typu rozwiązaniach ładowarka sama wytwarza prąd stały, który samochód kieruje bezpośrednio do baterii. Stosowanie prądu stałego znacząco przyspiesza proces ładowania auta. Jest to obecnie najszybszy sposób ładowania pojazdu elektrycznego. W stacjach zasilanych prądem stałym samochód elektryczny ładuje się za pomocą wbudowanego w pojazd gniazda dwóch typów: CHA-

deMO lub CCS/Combo. Czas ładowania pojazdu wynosi do kilkunastu minut, w zależności od pojazdu. CHAdeMO to standard, pozwala na dostarczenie prądu stałego o mocy do 62,5 kW (500 volt, 125 amperów). CCS (ang. *Combined Charging System*) Combo2 to z kolei rozszerzenie standardu Type 2 o dwa duże piny ładowania prądem stałym. Standard Combo2 obsługuje stacje ładowania z mocą nawet do 350 kW. Ostateczna moc ładowania zależy jednak od modelu samochodu.

Natomiast z punktu widzenia mocy punktu ładowania wyróżnia się następujące rodzaje punktów ładowania²:

- wolne (AC) - o mocy do 7 kW,
- przyspieszone (AC) o mocy 7-43 kW,
- szybkie (DC) o mocy 41-145 kW,
- ultraszybkie (DC) o mocy 150-350 kW.

■ Założenia zawarte w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych

Infrastruktura ładująca jest jednym z kluczowych elementów procesu wdrażania elektromobilności na szeroką skalę. Odpowiednio rozbudowana i prawidłowo funkcjonująca sieć punktów ładowania

jest niezbędna do zmian preferencji konsumentów i zniwelowania obaw przed korzystaniem z pojazdów o napędzie alternatywnym do tradycyjnego silnika spalinowego. Powyższe zagadnienie zostało uwzględnione w dokumentach strategicznych przyjmowanych w Polsce. Ustawa nałożyła na jednostki samorządu terytorialnego (JST) obowiązek wybudowania w terminie do 31 grudnia 2020 r. minimalnej liczby punktów ładowania pojazdów elektrycznych związanych z charakterystyką demograficzną i transportową danej gminy (tab. 1).

Ustawa wyznaczyła konkretne minima dotyczące liczby funkcjonujących punktów ładowania, jednak w dokumencie nie wskazano, w jaki sposób określać lokalizację takich urządzeń oraz jak ich funkcjonowanie może wpłynąć na funkcjonowanie sieci elektroenergetycznych w Polsce.

■ Modele służące określeniu optymalnej lokalizacji punktów ładowania

Znalezienie optymalnej lokalizacji punktów ładowania pojazdów EV jest trudnym i stosunkowo nowym zagadnieniem. Dotychczasowe tren-

Charakterystyka gminy	Wymagana liczba punktów ładowania samochodów elektrycznych do 31.12.2020
Liczba mieszkańców > 1 000 000 Liczba zarejestrowanych pojazdów samochodowych ≥ 600 000 Wskaźnik motoryzacji* ≥ 700	1000
Liczba mieszkańców > 300 000 Liczba zarejestrowanych pojazdów samochodowych ≥ 200 000 Wskaźnik motoryzacji ≥ 500	210
Liczba mieszkańców > 150 000 Liczba zarejestrowanych pojazdów samochodowych ≥ 95 000 Wskaźnik motoryzacji ≥ 400	100
Liczba mieszkańców > 100 000 Liczba zarejestrowanych pojazdów samochodowych ≥ 60 000 Wskaźnik motoryzacji ≥ 400	60

*Liczba zarejestrowanych pojazdów samochodowych na 1000 mieszkańców
Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ustawy



dy w rozwoju elektromobilności na świecie wskazują, iż większość - około 80% - cykli ładowania pojazdów EV odbywa się w miejscu zamieszkania właściciela samochodu³. Według przeprowadzonych badań kierowcy zdecydowanie preferują dom jako miejsce ładowania pojazdu, nawet w przypadku gdy dysponują punktem ładowania w miejscu pracy. Duża część kierowców pojazdów EV nie dysponuje jednak punktem ładowania w domu i korzysta z ogólnodostępnych sieci ładowarek. Określenie ich lokalizacji można oprzeć na ogólnych wytycznych lub szczegółowych modelach, którym poświęcono wiele badań w literaturze przedmiotu. Generalne ramy dotyczące lokalizacji punktów ładowania obejmują następujące wytyczne⁴:

- 10-20% miejsc parkingowych na gęsto zabudowanym terenie (bez strzeżonego parkingu powinno być przeznaczonych na stacje ładowania pojazdów elektrycznych.
- Duża liczba ładowarek zlokalizowanych obok siebie (tzw. huby po 10-20 urządzeń) są najefektywniejszym sposobem budowy infrastruktury ładowania. Ich tworzenie

upraszcza dostęp do sieci energetycznej oraz zmniejsza czas oczekiwania na ładowanie.

- Proces określania lokalizacji publicznych stacji ładowania powinien uwzględniać konsultacje społeczne i zgłaszane potrzeby mieszkańców. Takie oddolne podejście sprawdziło się już w wielu ośrodkach miejskich z dużą liczbą samochodów EV.
- Przy planowaniu i budowie sieci ładowania pojazdów EV należy szczególnie uwzględnić pojazdy intensywnie eksploatowane, np. taksówki elektryczne.
- Koordynacja działań jest istotnym elementem budowy efektywnej sieci infrastruktury ładowania EV. Punkty ładowania są zazwyczaj instalowane przez wiele podmiotów oraz instytucji - zarówno prywatnych, jak i publicznych - równolegle, co tworzy ryzyko pokrywania się działań i inwestycji oraz nierównomiernej rozbudowy sieci ładowania.

Rodzaj i moc zainstalowanej ładowarki powinny być także dostosowane do miejsca, w którym funkcjonuje. Stacje szybkiego ładowania są

predysponowane przede wszystkim dla autostrad i dużych węzłów komunikacyjnych, podczas gdy najwolniejsze technologie ładowania mogą być z powodzeniem zastosowane w miejscu zamieszkania i pracy, gdzie samochody są zaparkowane przez dłuższy czas (rys. 1).

W literaturze przedmiotu znajduje się także duża liczba opracowań bardziej szczegółowo podchodzących do problemu lokalizacji punktów ładowania. Poświęcony jest temu obszar badawczy w zarządzaniu operacyjnym, tzw. Facility Location Optimization (FLO), który może być wykorzystywany do znalezienia optimum w lokalizacji różnego typu obiektów, nie tylko punktów ładowania. Znalezienie optimum może być oparte na wielu źródłach: teoretycznych modelach wyborów dyskretnych (ang. *discrete choice modeling*), symulacjach matematycznych, algorytmach, badaniach kwestionariuszowych i ankietowych oraz kompleksowych badaniach i modelowaniu ruchu⁵.

Budowane modele wykorzystują również dane demograficzne, geograficzne (modele GIS), a także param-



Rys. 1. Rekomendowany miks infrastruktury ładowania pojazdów EV

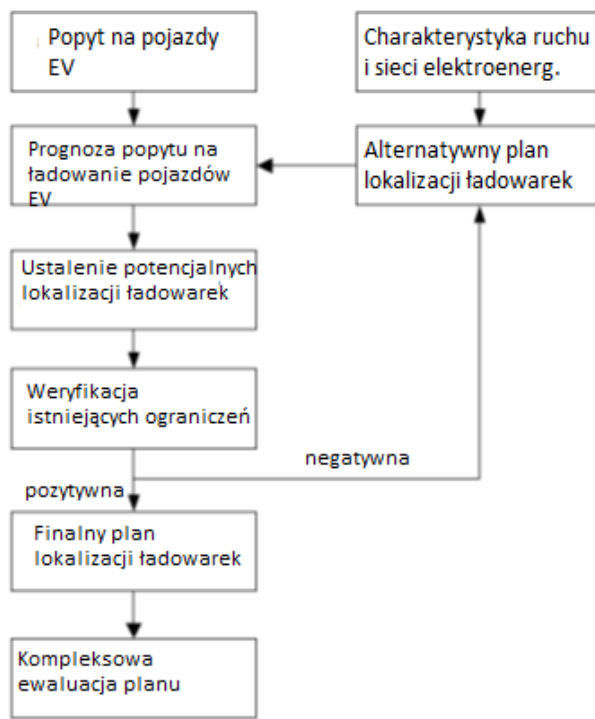
Źródło: *Infrastruktura ładowania Pojazdów Elektrycznych, Wytyczne dla miast, GreenWay, CleanTechnica Warszawa 2018, s. 15, https://greenwaypolska.pl/wp-content/uploads/sites/7/2018/05/GreenWay_Infrastruktura_ładowania_pojazdow_elektrycznych_Wytyczne_dla_miast_www_maj_2018.pdf (27.03.2019)*

try ekonomiczne i kosztowe dotyczące budowy, obsługi i korzystania z sieci punktów ładowania oraz prognozy dotyczące rozwoju rynku i liczby pojazdów elektrycznych⁶. Należy jednak podkreślić, że tego typu kalkulacje są wykonywane dla poszczególnych regionów o danej charakterystyce transportowej, ekonomicznej, itp. i nie mają charakteru uniwersalnych wytycznych.

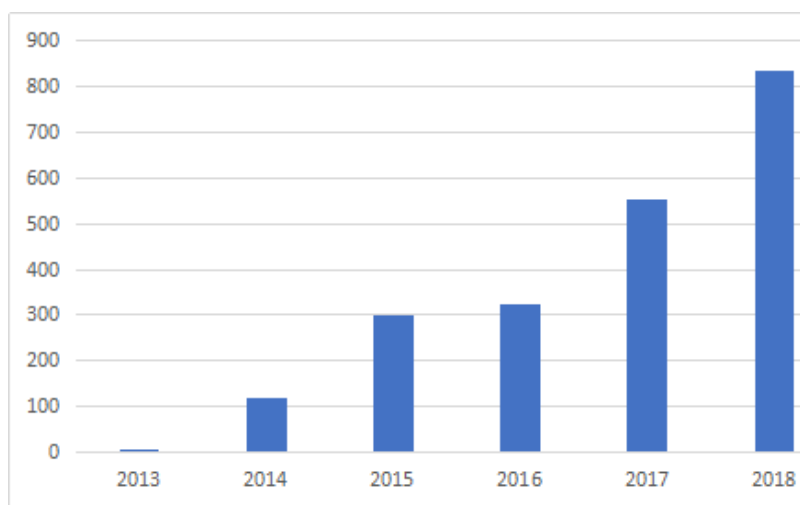
W praktyce mają wymiar w dużej mierze teoretyczny i naukowy oraz nie są stosowane przy tworzeniu strategii rozwoju elektromobilności. Rysunek 2 prezentuje przykładowy, standardowy schemat planowania lokalizacji punktów ładowania.

■ Liczba dostępnych punktów ładowania

W Polsce liczba dostępnych punktów ładowania do pojazdów elektrycznych również dynamicznie rośnie, jednak w dalszym ciągu pozostaje na stosunkowo niewielkim poziomie w porównaniu do innych krajów UE. Według danych EAFO liczba funkcjonujących punktów ładowania w Polsce w 2018 r. przekroczyła 800 (rys. 3). Podobnie jak w przypadku liczby samochodów elektrycznych, także dla liczby dostępnych punktów ładowania w Polsce można zauważyć istotne różnice w raportowanych danych. Jednakże w obszarze infrastruktury ładowania są one dużo większe. Przykładowo, według danych Polskiego Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych (PSPA) z grudnia 2018 r., jednej z wiodących instytucji zajmujących się tematyką elektromobilności w naszym kraju, w Polsce było zainstalowanych ok. 300 punktów ładowania pojazdów elektrycznych, czyli ponad dwa razy mniej niż wskazują szacunki EAFO⁷. Według „Licznika elektromobilności” PSPA, uruchomionego w kwietniu 2019 r. we współpracy z Polskim Związkiem Przemysłu Motoryzacyjnego (PZPM), sieć stacji ładowania w Polsce wynosi 646



Rys. 2. Przykładowy schemat planowania lokalizacji punktów ładowania dla pojazdów EV
Źródło: Ch. Guo i in., *Planning of Electric Vehicle Charging Infrastructure for Urban Areas with Tight Land Supply*, „Energies” nr 11/2018



Rys. 3. Łączna liczba punktów ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce
Źródło: www.eafo.eu

punktów - w dalszym ciągu znacznie mniej, niż informują dane EAFO sprzed kilku miesięcy⁸.

Powyższe rozbieżności wskazują na problem wiarygodności i jakości danych

dotyczących procesu wdrażania elektromobilności w Polsce, utrudniającej jednoznaczną analizę tego zjawiska.

Operatorem największej sieci ładowania samochodów elektrycznych

jest GreenWay Polska. W 2018 r. jego sieć powiększyła się o 83 nowe lokalizacje (w tym 68 własnych i 15 partnerskich) do łącznie 115. Oznacza to, że co miesiąc uruchomiono 7 nowych stacji. Wśród partnerów GreenWay są zarówno firmy z branży motoryzacyjnej (Nissan, BMW, Renault Polska), jak i sieci sklepów Ikea i Kaufland. Najpopularniejszym standardem ładowania jest CHAdeMO, który odpowiada za 2/3 wszystkich sesji ładowania. Na koniec 2018 r. w sieci GreenWay zarejestrowanych było ponad 1 800 osób, czyli średnio ponad 150 kierowców miesięcznie. W ciągu roku klienci GreenWay pobrali łącznie 350 MWh do ładowania swoich samochodów. Statystycznie daje to ok. 56 minut na jedną sesję, w trakcie której pobierano 17 kWh. Istotnym faktem z punktu widzenia rozwoju polskiego rynku było wprowadzenie w maju 2018 r. odpłatności za usługi ładowania w sieci GreenWay. GreenWay jest do tej pory jedynym operatorem w kraju, który formalnie wyszedł poza fazę pilotażową wdrożenia swoich usług. Po początkowym spadku popytu na usługi, w szczególności ze strony firm flotowych, zainteresowanie usługami spółki wzrosło ponad dwukrotnie, głównie dzięki znacznej rozbudowie sieci⁹.

W marcu 2019 r. została zakończona realizacja projektu NCE Fast EV Net, który był współfinansowany przez Agencję Wykonawczą ds. Innowacji i Sieci (INEA) przy Komisji Europejskiej w ramach instrumentu „Łącząc Europę” (CEF). W 2018 r. projekt jako pierwszy z regionu Europy Środkowej i Wschodniej otrzymał także pożyczkę z programu InnovFin Europejskiego Banku Inwestycyjnego (EBI). W ramach projektu powstało 75 szybkich stacji ładowania w Polsce i 10 w Słowacji. Stacje. Trzy stacje ładowania w Słowacji (Bratysława, Trenčin i Ruzomberok) zostały wyposażone w magazyn energii. To szczególnie innowacyjne rozwiązanie łączy baterie do magazynowania energii z systemem zarządzania energią

i dwiema szybkimi stacjami ładowania. Pozwala ono na instalowanie szybkich stacji ładowania (o wysokim zapotrzebowaniu na moc) w lokalizacjach, gdzie występują problemy w dostępie do dużej mocy z sieci elektroenergetycznej¹⁰. Do końca 2019 r. operator planuje podwojenie liczby stacji. Według stanu na koniec kwietnia 2019 r. w sieci funkcjonowało już 143 stacji oferujących 363 złącza, w tym 153 - AC (typu 2) oraz 214 DC (CCS i Chademo). W 2019 r. GreenWay planuje instalację pierwszych ultraszybkich ładowarek o mocy 350 kW oraz magazynów energii (tzw. *gridboosters*). GreenWay zamierza rozwijać sieć stacji również w innych krajach w regionie, w tym na Słowacji (gdzie posiada już 93 stacji), w Czechach i krajach nadbałtyckich. Celem jest zbudowanie sieci liczącej ok. 850 stacji do końca 2021 r.

Jeszcze jednym projektem, który uzyskał dofinansowanie z instrumentu CEF jest „LEM (*Lotos Electro Mobility*) - pilotażowe wdrożenie elektromobilności wzdłuż dróg sieci bazowej TEN-T”. Jesienią 2018 r. rozpoczęły testy bezpłatne pierwszych 12 punktów ładowania pojazdów elektrycznych wzdłuż tzw. Niebieskiego Szlaku pomiędzy Warszawą (2 punkty), a Trójmiastem (4 punktem) przy trasie A1 i A2 (6 punktów w Miejscach Obsługi Podróżnych). Każda z tych stacji sieci LOTOS posiada cztery stanowiska ładowania i została wyposażona w ładowarkę o łącznej mocy 150 kW obsługującą trzy międzynarodowe standardy: CHAdeMO, CCS, Type 2. W swoich dalszych planach LOTOS zakłada wyposażenie kolejnych 38 stacji w punkty ładowania energii elektrycznej¹¹.

Swoje pierwsze siedem stacji ładowania samochodów elektrycznych uruchomiła w 2018 r. Grupa Energa. Do końca 2019 r. Grupa Energa planuje mieć 54, a do 2022 r. - przynajmniej 100 stacji¹². Również Grupa PGE w 2018 r. otworzyła pierwsze stacje ładowania i w marcu 2019 r. miała 11 stacji w siedmiu miastach (Warszawa, Łódź, Siedlce,

Zakopane, Łądek Zdrój, Rzeszów i Krynica Zdrój). W planach tej Grupy uruchomienie do 2022 r. nawet 1 500 stacji.

Jesienią 2018 r. zaczęły działać cztery stacje ładowania ecoMoto przy dworcach PKP (Katowice, Katowice Ligota, Częstochowa i Gliwice). Wszystkie zostały wyposażone w dwa gniazda ładujące, każde o mocy 22 kW. Kolejne stacje mają powstać do końca 2019 r. przy sześciu dworcach: Warszawa Centralna, Warszawa Wschodnia, Wrocław Główny, Opole Główny, Gdynia Główna i Gdańsk¹³.

■ Szacowanie wpływu rozbudowy infrastruktury ładowania na system energetyczny

Oferta rynkowa pojazdów elektrycznych oraz rozwój infrastruktury ładowania są niewątpliwie istotnymi czynnikami wpływającymi na powodzenie procesu elektryfikacji transportu. Implementacja samochodów EV na szeroką skalę jest jednak ściśle powiązana także z funkcjonowaniem systemu energetycznego w Polsce.

W myśl zapisów opisywanej Ustawy obowiązek przygotowania systemu elektroenergetycznego oraz rozwoju infrastruktury służącej do wykorzystania paliw alternatywnych w Polsce spoczywa na operatorach systemów dystrybucyjnych (OSD). OSD odgrywają przede wszystkim istotną rolę przy realizacji celów wyznaczonych w Ustawie dla gmin spełniających określone warunki. Według przyjętych założeń infrastruktura ta ma być rozwijana zgodnie z zasadami rynkowymi. Jeśli jednak dana gmina na podstawie uzasadnionej analizy stwierdzi, iż cele te nie mogą być osiągnięte, obowiązek rozwoju odpowiedniej liczby punktów ładowania będzie spoczywał na OSD.

Rozwiązanie to nazwano w ustawie „mechanizmem awaryjnym”, jednak z dużym prawdopodobieństwem można założyć, że w wielu gminach jedynie działa-

nia rynkowe nie wystarczą do powstania wymaganej liczby stacji ładowania. W ramach powyższego mechanizmu władze samorządowe uchwalają plan budowy ogólnodostępnych stacji ładowania, określający m.in. liczbę i lokalizację planowanych stacji oraz harmonogram budowy tych stacji. OSD będą następnie zobowiązani do wybudowania stacji ładowania w lokalizacjach wskazanych w planie. Rozwój odpowiedniej sieci punktów ładowania pojazdów elektrycznych nie będzie zatem możliwy bez aktywnego udziału OSD, oznaczających nakłady inwestycyjne ze strony koncernów energetycznych. Dodatkowo Ustawa w celu ułatwienia tworzenia nowej infrastruktury nakłada na OSD obowiązek współpracy na niedyskryminacyjnych zasadach z każdą osobą, która zakłada lub prowadzi publicznie dostępne punkty ładowania.

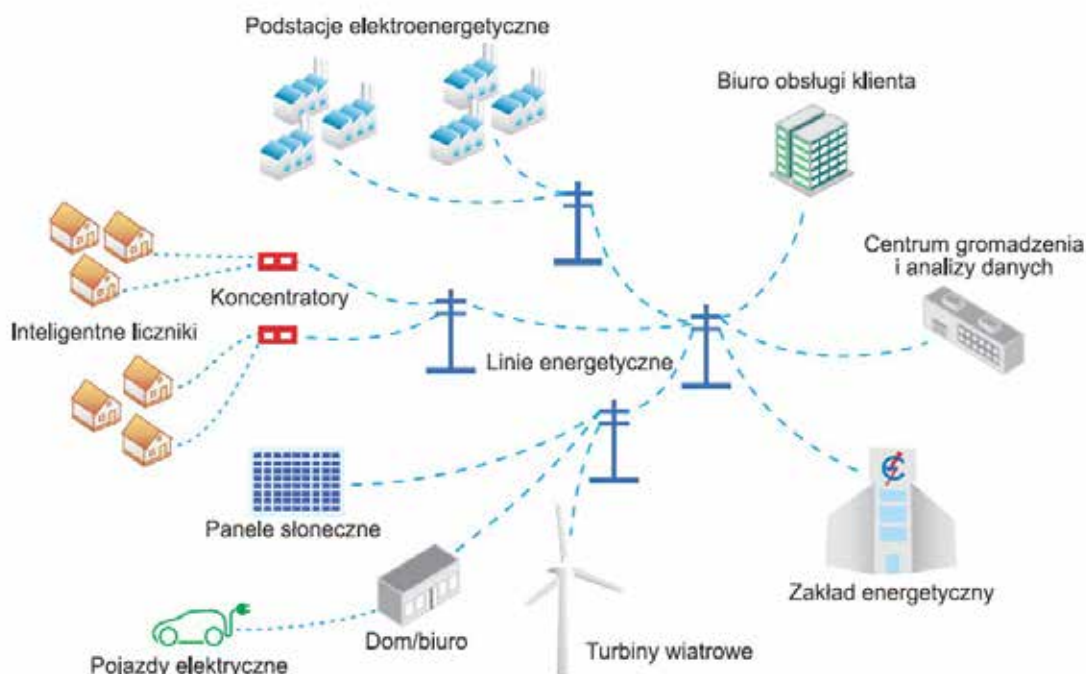
Kolejnym istotnym aspektem elektryfikacji sektora transportu, a także rozwoju funkcjonowania OSD jest potrzeba zaspokojenia nowego popytu na energię elektryczną, kreowanego przez rosnącą flotę pojazdów elektrycznych,

oraz związane z nim obciążenia dla systemu elektroenergetycznego kraju.

Wielkość takiego dodatkowego obciążenia ma istotne znaczenie dla sprawnego wdrożenia całego procesu. Ministerstwo Energii szacuje, że milion pojazdów wygeneruje zapotrzebowanie na energię elektryczną wysokości ok. 2,3-4,3 TWh rocznie, co stanowi około 2% bieżącego zapotrzebowania na energię w Polsce, wynoszącego 171 TWh w 2018 r.¹⁴. Aktualnie jednak trudno oszacować, jak powyższy wskaźnik będzie kształtował się przez najbliższe lata.

Według różnych międzynarodowych instytucji w 2040 r. w Europie elektromobilność będzie odpowiadała za 11-13% zużycia energii elektrycznej¹⁵. Można założyć, że w Polsce efekt ten będzie niższy ze względu na wolniejsze tempo rozwoju rynku samochodów elektrycznych. W literaturze przedmiotu opublikowano szereg wyników badań mających na celu dokładniejsze zanalizowanie możliwego wpływu samochodów elektrycznych na obciążenie sieci elektroenergetycznej.

Zespół naukowców z Instytutu Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej opracował model stymulujący dodatkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną pochodzące z ładowania 1 miliona pojazdów elektrycznych (PHEV oraz BEV)¹⁶. Do budowy modelu wykorzystano m.in. dane historyczne obejmujące zapotrzebowania na moc w krajowym systemie elektroenergetycznym w Polsce, szczegółowe charakterystyki odbywanych podróży przez pojazdy EV, a także potencjalne zmiany w cenie energii elektrycznej. Obliczenia przeprowadzono dla różnych poziomów udziału samochodów BEV w rynku w różne dni tygodnia oraz sezony roku. Wyniki wykazują, że milion samochodów elektrycznych będzie odpowiedzialny za stosunkowo niewielki jednorazowy wzrost poboru energii, maksymalnie wynoszący około 5-6%. W skali roku dodatkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną w Polsce oszacowano 4,41 TWh. Wyniki analizy wskazują jednak na potencjalną nierównomierność poboru ener-



Rys. 4. Przykład inteligentnej sieci energetycznej

Źródło: M. Jaworowska, *PLC standardem przyszłości*, 22.03.2012, <https://elektronikab2b.pl/technika/16187-plc-standardem-przyszlosci> (29.03.2019)

gii, a w rezultacie negatywny wpływ na krajowy system elektroenergetyczny, ponieważ powiększy się różnica między szczytowym i pozaszczytowym popytem na energię elektryczną. Według autorów badania im większy udział samochodów BEV w całkowitej liczbie pojazdów elektrycznych, tym wyższe zapotrzebowanie szczytowe i bardziej zmienne zużycie energii, dlatego dla Krajowego Systemu Energetycznego (KSE) samochody typu PHEV stwarzają mniejsze ryzyko.

Powyższe wnioski są spójne z ogólnosiątkowym trendem dążenia od zwiększania elastyczności systemu elektroenergetycznego oznaczającej zdolność do utrzymania ciągłej pracy w warunkach szybkich i dużych wahań generacji i poboru energii elektrycznej. Jest to także istotny aspekt rozwoju elektromobilności w naszym kraju. O ile przewidywany wzrost krajowego zużycia energii elektrycznej związany z pojawieniem się dużej liczby pojaz-

dów elektrycznych jest akceptowalny i bezpieczny dla funkcjonowania KSE, to właśnie nierównomierność poboru energii stanowi podstawowe wyzwanie. Według raportu Forum Energii, think tanku zajmującego się tematyką energetyczną, główne wyzwania dla polskiego sektora energetycznego związane z elektryfikacją sektora transportu to¹⁷:

- nierównomierny przyrost zapotrzebowania na moc na poszczególnych obszarach (zurbanizowanych i wiejskich) oraz
- pojawienie się w systemie dystrybucyjnym średnich i niskich napięć nowych urządzeń odbiorczych o mocy od 50 kW do nawet 400-500 kW oraz związany z tym lokalny wzrost szczytowego zapotrzebowania na moc i przeciążenia elementów sieci.

Zwiększenie elastyczności sieci elektroenergetycznych powinno w dużej mierze zniwelować powyższe problemy w Polsce. Paradigmat elastyczności systemu energetycznego może

natomiast zostać osiągnięty poprzez budowę tzw. inteligentnych sieci (ang. *smart grid*), stanowiących kompleksowe rozwiązanie energetyczne pozwalające na łączenie, dwukierunkową komunikację oraz optymalne sterowanie rozproszonymi dotychczas elementami infrastruktury energetycznej, zarówno po stronie wytwórców, jak i odbiorców energii elektrycznej. Rozwiązanie to umożliwi wzajemną wymianę i analizę informacji, np. poprzez rozwiązania pojazd-sieć (ang. *vehicle-2-grid*, V2G), a w efekcie zwiększenie efektywności zużycia energii elektrycznej¹⁸. W przypadku elektromobilności szczególnie istotny jest tu aspekt dwukierunkowego przepływu energii umożliwiający jej pobór do pojazdu w okresach niskiego zapotrzebowania oraz przesył w odwrotnym kierunku w trakcie szczytowego zapotrzebowania na energię. Rysunek 4 prezentuje przykładowy schemat funkcjonowania *smart grid* oraz ich integracji z samochodami EV.

□

*Materiał stanowi fragment monografii: J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud (red.), Elektromobilność w Polsce na tle tendencji europejskich i globalnych, Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego, CMS, CeDeWu, Warszawa 2019.

1) <https://elektrowoz.pl>.

2) <http://pspa.com.pl/>.

3) Z. Shahan, CleanTechnica Busts Into Electric Car Wilderness, 31.10.2015, <https://cleantechnica.com/2015/10/31/cleantechnica-busts-into-electric-car-wilderness/> (27.03.2019).

4) Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych. Wytyczne dla miast, GreenWay, CleanTechnica, Warszawa 2018, https://greenwaypolska.pl/wp-content/uploads/sites/7/2018/05/GreenWay_infrastruktura_ladowania_pojazdow_elektrycznych_Wytyczne_dla_miast_www_maj_2018.pdf (27.03.2019).

5) Por. M.M. Vazifeh i in., Optimizing the deployment of electric vehicle charging stations using pervasive mobility data, „Transportation Research Part A”, nr 121/2019, s. 75-91; A.Y. Lam, Y.-W. Leung, X. Chu, Electric vehicle charging station placement, w: IEEE SmartGridComm 2013 Symposium - Smart Grid Services and Management Models, IEEE 2013, s. 510-515; G. Wang, Z. Xu, F. Wen, K.P. Wong, Traffic-constrained multi-objective planning of electric-vehicle charging stations, „IEEE Transactions on Power Delivery” nr 28 (4)/2013, s. 2363-2372; H. Jimin i in., A Review of Demand Forecast for Charging Facilities of Electric Vehicles, w: 2017 2nd Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE 2017), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 199 (2017) 012040, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/199/1/012040/pdf> (30.03.2019).

6) Zob. Z. Liu, W. Zhang, X. Ji, K. Li, Optimal Planning of charging station for electric vehicle based on particle swarm optimization, „IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies” 2012, s. 1-5; J. Ma, L. Zhang, A Deploying Method for Predicting the Size and Optimizing the Location of an Electric Vehicle Charging Stations, „Information” nr 9(170)/2018; Ch. Guo, dz. cyt.

7) M. Skłodowska, Polska podwaja liczbę stacji ładowania samochodów elektrycznych, <https://wysokienapiecie.pl/13819-stacje-ladowania-powstaja-przy-trasach-i-w-miastach/> (26.03.2019).

8) <http://pspa.com.pl/>.

9) GreenWay podsumowuje 2018 r.: Elektromobilność coraz bardziej dostępna, 4.01.2019, <https://greenwaypolska.pl/greenway-podsumowuje-rok-2018-elektromobilnosc-coraz-bardziej-dostepna/> (5.05.2019).

10) Pierwszy etap tworzenia pierwszej ogólnopolskiej sieci ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce. zakończony, 27.03.2019, <https://greenwaypolska.pl/pierwszy-etap-tworzenia-pierwszej-ogolnopolskiej-sieci-ladowania-pojazdow-elektrycznych-w-polsce-zakonczony/> (5.04.2019).

11) Bezpłatne testy Niebieskiego Szlaku, 27.11.2018, http://www.lotos.pl/322/p,174,n,4842/grupa_kapitalowa/centrum_prasowe/aktualnosc/bezplatne_testy_niebieskiego_szlaku (5.04.2019).

12) 54 stacje ładowania samochodów elektrycznych do końca 2019 roku, 1.03.2019, <https://media.energia.pl/pr/424600/54-stacje-ladowania-samochodow-elektrycznych-do-konca-2019-roku> (5.04.2019).

13) PKP S.A. uruchamia pierwsze stacje do ładowania samochodów elektrycznych, 9.11.2018, <https://www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/drogi/pkp-sa-uruchamia-pierwsze-stacje-doladowania-samochodow-elektrycznych-64977.html> (5.04.2019).

14) B. Derski, Import energii elektrycznej do Polski był w 2018 najwyższy w historii (3.01.2019), <https://wysokienapiecie.pl/15972-import-energii-elektrycznej-polski-byl-w-2018-najwyzszyw-historii/> (28.03.2019).

15) Electric Vehicle Outlook 2018, Bloomberg New Energy Finance 2018, <https://bnef.tuttl.co/story/ev2018?teaser=true> (28.03.2019); Global Electric Vehicle Primer: fully charged by 2050, Bank of America Merrill Lynch, 2017.

16) P. Bralewski, Ł. Szabowski, K. Badyda, W. Bujalski, Perspektywy rozwoju elektromobilności w Polsce z punktu widzenia Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, „Nowa Energia” nr 4/2018.

17) L. Bronk, B. Czernecki, D. Magulski, Elastyczność krajowego systemu elektroenergetycznego, Forum Energii, Warszawa, luty 2019, https://www.cire.pl/pliki/1/2019/elastycznosc_kse.pdf (25.03.2019).

18) Pojazdy elektryczne jako element sieci elektroenergetycznych, Raport PSPA, Warszawa 2018, http://pspa.com.pl/assets/uploads/2018/10/V2G_raport_PL.pdf (30.03.2019).