

Przeobrażenia sektora transportu w świetle możliwości oferowanych przez technologie energetyki EP

Postawienie problemu (JP): Połowa drugiej dekady XXI w. pokazuje jednoznacznie, że przyszłość transportu należy do transportu elektrycznego. Podkreśla się to, bo 10 lat temu wcale nie było oczywiste, że samochód elektryczny (EV) wygra z wodorowym. Z kolei 5 lat temu choć było już wiadomo, że tradycyjny samochód, z silnikiem spalinowym, będziemy zmieniać na elektryczny, to nie było wiadomo, że będzie to zmiana szokowa (w wymiarze historycznym). I wcale nie chodzi tylko o to, że wzrost rynku nowych samochodów EV jest niezwykle dynamiczny: w 2015 roku producenci sprzedali ich 700 tys., a prognoza na 2016 r. mówi o sprzedaży miliona. Jeszcze ważniejsze są trzy inne fakty.

Po pierwsze, kolejne kraje wprowadzają dużo mówiące regulacje. Na przykład Francja wprowadza do prawa budowlanego wymaganie, zgodnie z którym po 2018 r. każdy nowy dom ma być wyposażony w terminal ładowania samochodu EV. Do Norwegii, Holandii i Indii, które przygotowują regulacje całkowitego wycofania samochodów z silnikami spalinowymi z rynku sprzedaży nowych samochodów po 2025 r. dołącza Austria, która bada (inicjatywa parlamentu) możliwość takiego zakazu już po 2020 r. Po drugie, dynamika rozwojowa rynku sprzedaży samochodów EV nie słabnie mimo dramatycznego spadku cen ropy na giełdach światowych. To oznacza, że potencjał postępu technologicznego i efektu wzrostu skali rynku w przypadku samochodu EV jest wystarczający, aby wygrać ze spadkami cen ropy. Po trzecie, nabywcy samochodów EV są już gotowi kupować (i kupują) samochody EV, które będą dopiero wyprodukowane. Tak jak to jest np. w wypadku nowego (miejskiego) modelu samochodu Tesla, którego produkcja rozpocznie się w 2017 r. Wymowa tego jest szczególna w sytuacji, kiedy rynek sprzedaży samochodów jest zalany „znakomitymi” ofertami samochodów tradycyjnych.

Trzy wymienione fakty oznaczają zmianę cywilizacyjną. A ta polega na bardzo wyraźnym już wejściu procesów społecznych w etap kształtowania się społeczeństwa prosumenckiego, piątego nowożytnego ustroju społeczno-gospodarczego, po interwencjonizmie, korporacjonizmie, subsydiaryzmie i liberalizmie. Drogą do prosumenckiego społeczeństwa jest energetyka prosumencka. Transformacja transportu w elektryczny jest częścią procesu rozwojowego energetyki EP. Bez wątplenia samochód EV „pasuje” bardzo do modelu prosumenckiego w segmencie ludnościowym, szczególnie do inteligentnego domu zero-energetycznego (w pierwszej fazie semi off grid, a w tendencji off grid). Pod tym względem biznesowo-prosumencki łańcuch wartości Muska (samochód Tesla; fabryka samochodów Tesla → zasobnik energii elektrycznej – akumulator litowo-jonowy; największa fabryka świata takich akumulatorów, mianowicie Tesla Gigafactory → budynkowe źródło PV; firma Solar City) → powiązanie energetyki prosumenckiej z inteligentną infrastrukturą; platforma Google and Solar City 2.0) jest najlepszym praktycznym dowodem, por. Komentarze (JP) do Obserwatorów Nr 4 oraz 8.

Znaczenie samochodu EV wykracza jednak daleko poza segment ludnościowy energetyki EP, i rozciąga się na całą energetykę EP, a jeszcze szerzej na cały proces przebudowy energetyki, czyli także na energetykę WEK i energetykę NI. Z tego punktu widzenia kluczowe znaczenie ma przejściowy (do 2050 r.) transfer paliw transportowych na rynek energii elektrycznej, [RAPORT BŻEP] Popczyk J.: Doktryna energetyczna, www.klaster3x20.pl, podstrona Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej. Interesujące są przy tym dwa skrajne wymiary tego transferu: globalny bilansowy oraz mikroekonomiczny prosumencki.

W wypadku pierwszego przyjmuje się tu, do dalszych oszacowań, następujące dane wyjściowe dla energetyki na świecie, [RAPORT BŻEP] Popczyk J.: E10 - energetyka w kluczowych/charakterystycznych krajach (regionach świata), www.klaster3x20.pl. Roczny rynek energii elektrycznej – około 27 tys. TWh, liczba samochodów – 1,1 mld, roczny rynek paliw transportowych (energia chemiczna) – około 45 tys. TWh. Na podstawie tych danych można wyliczyć roczną użyteczną energię transportową („na kołach” samochodów) równą około 7 tys. TWh (sprawność eksploatacyjna samochodu z silnikiem spalinowym jest niezwykle niska, tu założono około 15%). Zatem roczny rynek energii elektrycznej produkowanej w źródłach OZE równoważny obecnemu rocznemu rynkowi ropy wynosi około 13 tys. TWh (eksploatacyjna sprawność samochodu EV jest około 3,5-krotnie większa od sprawności eksploatacyjnej samochodu z silnikiem spalinowym).

Podkreśla się tu, w kontekście globalnego bilansu paliwowo-energetycznego, że wykorzystywanie energii elektrycznej produkowanej w źródłach węglowych do napędu samochodów elektrycznych jest, ze względu na neutralny bilans energetyczny, nieracjonalne. Ten neutralny bilans energetyczny wynika z następującego oszacowania: jednostkowa energia chemiczna w paliwie transportowym ($1 \text{ MWh}_{\text{ch}}$) zużyta przez samochód tradycyjny jest praktycznie równa energii chemicznej węgla zużytego przez duży blok węglowy dostarczający energię elektryczną do samochodu EV za pośrednictwem rozległej sieci elektroenergetycznej. Wynika to ze stosunku sprawności samochodu dieslowskiego do iloczynu sprawności bloku węglowego łącznie z siecią oraz sprawności samochodu EV: $0,15/(0,29 \times 0,52)$. Z kolei pod względem emisji CO_2 samochód EV zasilany energią elektryczną z bloku węglowego jest znacznie niekorzystniejszym rozwiązaniem od tradycyjnego samochodu ze względu na znacznie wyższą (w odniesieniu do energii chemicznej) emisyjność węgla, w porównaniu z emisyjnością paliw transportowych.

Drugi wymiar (mikroekonomiczny, prosumencki) transferu paliw transportowych jest następujący. Samochodowy wysokoprężny silnik spalinowy (diesel) ma sprawność znamionową sięgającą 45%. Jest to sprawność, która pozwala uzyskać w ruchu miejskim istotny dodatni bilans energetyczny przy wymianie samochodu dieslowskiego na samochód EV zasilany energią elektryczną produkowaną w źródle napędzanym dieslem. Wynika to z następującego oszacowania: jednostkowej energii chemicznej równej $1 \text{ MWh}_{\text{ch}}$ zużytej przez samochód tradycyjny odpowiada około $0,85 \text{ MWh}_{\text{ch}}$ zużytej przez źródło energii elektrycznej napędzane dieslem, zasilające samochód EV (stosunek sprawności diesla i samochodu EV: $0,45/0,52$). Oznacza ona dla prosumenta budynkowego możliwość realizacji bardzo efektywnego łańcucha energetycznego z „ogniwami” w postaci wysokosprawnej kogeneracji oraz samochodu EV. Ta wysoka sprawność jest także bardzo atrakcyjnym uwarunkowaniem do wykorzystania przez prosumenta instytucjonalnego, takiego np. jak gminny/powiatowy klaster energetyczny (według nowej ustawy OZE). Mianowicie, może on (prosument instytucjonalny) wykorzystać źródło wytwórcze energii elektrycznej z dieslowską jednostką napędową w trybie źródła regulacyjno-bilansującego, a więc najbardziej cennego na rynku energii elektrycznej (zwłaszcza zaś w procesie autonomizacji sieci lokalnych).

Na zakończenie stawianego tu problemu, czyli synergii rozwoju rynku samochodów EV oraz budynkowych źródeł OZE (i rozwoju inteligentnej infrastruktury) zestawia się kilka danych obrazujących wzajemne relacje. W wymiarze globalnym w 2015 r. zainstalowano na świecie źródła PV o mocy 55 GW; w około 70% były to źródła budynkowe (dachowe). Zatem te ostatnie produkują rocznie prawie 40 TWh energii elektrycznej. Energii tej wystarczyłoby do zasilania 10 mln nowych samochodów EV (zakłada się roczny przebieg samochodu w ruchu miejskim około 20 tys. km, czyli roczne zużycie energii elektrycznej około 4 MWh). Jest to liczba aż 15 razy większa od liczby samochodów EV sprzedanych w 2015 r. W mikroekonomicznym wymiarze prosumenckim, w jego segmencie ludnościowym, warto z kolei podkreślić przybliżoną równość rocznej energii elektrycznej ($3 \times 4 \text{ MWh}$) potrzebnej do pokrycia zapotrzebowania przez tradycyjne odbiorniki energii elektrycznej, przez pompę ciepła PC (służącą do produkcji ciepła grzewczego, ciepłej wody użytkowej, i do klimatyzacji) oraz przez samochód EV (z baterii akumulatorów o pojemności użytecznej 30 kWh). Taka struktura wykorzystania energii elektrycznej tworzy wielki potencjał synergiczny budynkowej energetyki prosumenckiej ze źródłami PV i mikrowatrowymi (w szczególności potencjał DSM/DSR oraz potencjał zasobnikowy).

Jan Popczyk
20 czerwca 2016

Wprowadzenie (TM): W najbliższych dziesięcioleciach należy oczekiwać dramatycznych zmian w sposobach przemieszczania się osób (w pierwszym rzędzie) i transportu towarów (w nieco dalszej perspektywie czasowej), powodowanych czynnikami o charakterze technologicznym jak i społecznym. Nowe, ciągle doskonalone technologie transportu niskoemisyjnego, wśród których istotną rolę będzie odgrywać transport elektryczny, nie tylko mogą przynieść zmniejszenie zależności sektora transportu od paliw kopalnych (przede wszystkim ropy naftowej), ale także – na zasadzie sprzężenia zwrotnego – ułatwią rozwój i wdrażanie technologii energetyki EP w sektorach produkcji energii elektrycznej i ciepła. Jednocześnie prognozowane zmiany w sposobach realizowania indywidualnych potrzeb komunikacyjnych w obszarach zurbanizowanych polegające na rozwoju komunikacji zbiorowej oraz różnych form współużytkowania pojazdów (ang. car sharing) mogą przyczynić się do zmniejszenia znaczenia komunikacji samochodowej opartej o indywidualną własność pojazdu i – co za tym idzie, redukcji negatywnych oddziaływań środowiskowych związanych z tą formą przemieszczania się. Współzależność zmian w sektorze transportu z przeobrażeniami sektorów produkcji energii elektrycznej i ciepła może z jednej strony dawać szanse na przyspieszenie tempa transformacji całego sektora energetycznego w państwach stwarzających warunki do rozwoju energetyki EP, a drugiej strony, może powodować pogłębienie się opóźnienia technologicznego w państwach, które – tak jak Polska – widzą podstawę funkcjonowania energetyki w paliwach kopalnych (Bloomberg; National Resource Defense Council).

MOCNE STRONY

1. Potencjał napędu elektrycznego w dziedzinie transportu samochodowego.
2. Zmiana paradygmatu wykorzystania samochodu osobowego jako środka transportu.
3. Dynamika wzrostu światowego rynku pojazdów elektrycznych.
4. Wzajemne zależności między transportem elektrycznym a innymi technologiami energetyki EP.
5. Studium przypadku – na czym polega energooszczędność napędu hybrydowego w samochodzie Toyota Auris.

Tomasz Müller

Str. 4 >>>

SŁABE STRONY

1. Ograniczenia elektrycznych systemów napędowych stosowanych w samochodach osobowych.
2. Studium przypadku – potencjalne dyskomforty użytkownika samochodu hybrydowego Toyota Auris.

Tomasz Müller

Str. 5 >>>

SZANSE

1. Perspektywy rozwoju rynku samochodów elektrycznych w horyzoncie 2040 roku.
2. Rozwój motoryzacji elektrycznej oznacza koniec monopolu przemysłu naftowego w światowym sektorze transportu.
3. Studium przypadku – dodatkowe korzyści związane z posiadaniem samochodu hybrydowego w Polsce.

Tomasz Müller

Str. 6 >>>

ZAGROŻENIA

1. Wykorzystanie zalet napędu elektrycznego wymaga prowadzenia całościowej polityki wsparcia dla energetyki EP na szczeblu centralnym.
2. Studium przypadku – brak rządowych systemów wsparcia dla użytkowników pojazdów niskoemisyjnych.

Tomasz Müller

Str. 7 >>>

MOCNE STRONY

Rozwiązania energetyki EP w zakresie transportu

1. Sektor transportu znajduje się na początku istotnych zmian prowadzących do zakończenia dominacji silnika spalinowego, która – jak się przewiduje – najszybciej dokona się w branży samochodów osobowych. Zmiany te można rozpatrywać pod kątem ewolucji systemów napędu, przemian w sposobie podejścia do transportu indywidualnego, oraz wzajemnych zależności między innowacyjnymi technologiami w energetyce EP. Wśród technologii transportowych energetyki EP dominującą rolę odgrywa silnik elektryczny charakteryzujący się prostotą i niezawodnością konstrukcji, brakiem emisji końcowych, niską emisją hałasu, wysoką sprawnością sięgającą 90%, przy czym sprawność eksploatacyjna pojazdu z napędem elektrycznym wynosi około 59-62%, a pojazdu z silnikiem spalinowym 17-21%, zdolnością do odzyskiwania energii w czasie hamowania oraz dostępnością pełnego momentu obrotowego w całym zakresie prędkości obrotowej ([Auto elektryczne](#); [Fueleconomy](#)).¹ Zalety napędu elektrycznego sprawiają, że po wyeliminowaniu jego słabych punktów (patrz „słabe strony”), może on z powodzeniem zastąpić silniki spalinowe w zastosowaniach związanych z napędem samochodów – w pierwszej kolejności osobowych, a w dalszej ciężarowych i wszelkich innych. Powszechne zastosowanie silnika elektrycznego nosi w sobie potencjał przeobrażenia globalnego sektora transportu w kierunku energooszczędności oraz niskoemisyjności rozumianej jako zdolność do istotnego ograniczenia emisji gazów cieplarnianych oraz emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Wynika to z wysokiej sprawności napędu elektrycznego oraz braku emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń podczas jego pracy, jednak ujawnienia się tych zalet można oczekiwać jedynie w przypadku wykorzystania do napędu silnika energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych – produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wykorzystujących paliwa kopalne prowadzi do znacznego zużycia energii pierwotnej oraz wysokiej emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń, które negują wymienione powyżej zalety silnika elektrycznego (Popczyk i Fice 2015).² Ponadto upowszechnienie napędu elektrycznego umożliwia znaczne zwiększenie dywersyfikacji źródeł energii w sektorze transportu (energetyka EP oferuje szeroką gamę sposobów produkcji energii elektrycznej), który jak dotąd jest uzależniony głównie od ropy naftowej i produktów jej przeróbki. Stopniowe zmniejszanie się znaczenia paliw ropopochodnych w sektorze transportu będzie prowadzić do złagodzenia (a w dalszej perspektywie zniesienia) zależności wielu państw – w tym większości państw członkowskich UE i Polski – od importu paliw z krajów niestabilnych politycznie. Wymienione zalety napędu elektrycznego mogą – przynajmniej w części – charakteryzować także inne technologie transportowe w ramach energetyki EP – należą tutaj wykorzystanie biogazu i biopaliw II generacji w silnikach spalinowych oraz ogniwa wodorowe ([Chrońmy Klimat](#); Neterowicz 2015; [Teraz Środowisko](#)).³

2. W ciągu ostatnich czterech lat światowy rynek samochodów elektrycznych (bez pojazdów hybrydowych, oraz cięższych pojazdów – w tym furgonetek) wzrósł gwałtownie notując ponad dziesięciokrotny wzrost do poziomu 565 tys. pojazdów w 2015 roku wobec 50 tys.

pojazdów w 2011 roku. Dynamikę wzrostu sprzedaży samochodów elektrycznych ilustruje fakt, iż w samym 2015 roku ich globalna sprzedaż wzrosła o 80% w porównaniu z rokiem poprzednim.⁴ Za ten wzrost odpowiada przede wszystkim gwałtowne (aż o 246%) zwiększenie sprzedaży w Chinach, a także – choć w mniejszym stopniu – w Europie Zachodniej, gdzie wzrost wyniósł około 80%. W tym samym czasie sprzedaż samochodów elektrycznych w Stanach Zjednoczonych zmniejszyła się o 3%. Od roku 2011, na rynkach światowych sprzedano łącznie 1,27 mln samochodów elektrycznych ([energy.gov](#)). Największym taborem elektrycznych samochodów osobowych mogą się obecnie (dane na koniec 2015 roku) poszczycić Stany Zjednoczone (410 tys. pojazdów), wyprzedzając pod tym względem Chiny (258 tys. pojazdów), jednak przy założeniu, że tempo wzrostu sprzedaży tych pojazdów w Chinach pozostanie na niezmiennym poziomie, już pod koniec tego roku przejmą one palmę pierwszeństwa od Stanów Zjednoczonych, pod względem liczby zarejestrowanych osobowych samochodów elektrycznych. W Europie w ubiegłym roku sprzedano najwięcej samochodów elektrycznych (dane obejmują także sprzedaż niewielkiej liczby furgonetek) która w Holandii (44 tys.), a następnie w Norwegii (34,5 tys.), Wielkiej Brytanii (28,2 tys.) oraz Francji (27,7 tys.). Najwyższą proporcją sprzedawanych samochodów elektrycznych (22,4%) może się poszczycić Norwegia, gdzie najwyższa na świecie jest także proporcja samochodów elektrycznych poruszających się po drogach wynosząca 3% ([EvvaneX](#); [Hybridcars](#)).

3. Kolejnym wyznacznikiem sytuacji w globalnym sektorze transportu jest coraz wyraźniej zarysowująca się tendencja do korzystania z samochodu osobowego nie na zasadzie własności, lecz współużytkowania pojazdu (ang. *car sharing*), obecna w kilku wariantach; przykładowo pojazdy mogą być wynajmowane od operatora taboru samochodowego, przy czym korzystający z usługi muszą odstawić pojazd w tym samym miejscu, w którym rozpoczęli podróż, lub też mogą zakończyć podróż w dowolnym miejscu w obrębie określonego obszaru. Z punktu widzenia ochrony środowiska i poprawy jakości życia na terenach zurbanizowanych, systemy współużytkowania pojazdów mają szereg zalet; zwiększają one stopień wykorzystania samochodu (zwykle niski w klasycznym przypadku posiadania pojazdu przez indywidualnego właściciela) zastępując – jak się szacuje – średnio 15 pojazdów za pomocą jednego, dostępnego dla wszystkich korzystających z usługi, i mogą przyczynić się do zmniejszenia liczby samochodów użytkowanych w obrębie miasta, co z czasem może przełożyć się na zmniejszenie powierzchni zajmowanej przez parkingi. Z punktu widzenia użytkowników systemu, wspólne użytkowanie pojazdów może przynosić oszczędności dla budżetu domowego (dotyczy zwłaszcza osób korzystających z samochodu na tyle rzadko aby roczny przebieg nie przekroczył 10000 km).⁵ Dynamiczny rozwój systemów współużytkowania pojazdów stanowi jedną z cech rozwoju form komunikacji zbiorowej oraz pozasamochodowej komunikacji indywidualnej (rower, komunikacja piesza) odznaczającą się wyraźnie na obszarach zurbanizowanych państw wysokorozwiniętych (Larisch 2014; [Morgan Stanley](#); Mostowska 2015).^{6,7} Ostatnia dekada przyniosła gwałtowny wzrost popularności systemów współużytkowania pojazdów. Liczba osób korzystających z tej formy przemieszczania się wzrosła z 0,35 mln w 2006 roku do 4,94 mln w 2014 roku (najwięcej w Europie i Stanach Zjednoczonych), odpowiednio wzrosła też liczb pojazdów objętych współużytkowaniem, z 11,5 tys. w 2006 roku do 92, 2 tys. w roku 2015 (Le Vine et al. 2014).⁸ Według agencji

Navigant Consulting najbliższa przyszłość przyniesie dalszy rozwój tej formy komunikacji, i w 2020 roku liczba osób korzystających z współużytkowania pojazdów osiągnie 12 mln, a łączny dochód firm zajmujących się z tą formą transportu wzrośnie z 1 mld dolarów w 2013 roku, do 6,2 mld dolarów w roku 2020 ([Greencar congress](#); [NavigantResearch](#)).

4. Potencjał energetyki EP – także w sektorze technologii transportu – opiera się w dużej mierze na istnieniu wzajemnych powiązań między poszczególnymi rozwiązaniami technicznymi, prowadzących do wzmocnienia korzyści wynikających z ich równoczesnego zastosowania. W przypadku technologii transportowych podstawowym powiązaniem wydaje się być połączenie produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych i wykorzystanie tej energii do napędu silników elektrycznych, co wzmacnia korzyści z zastosowania tych silników (patrz powyżej). Ponadto rozpowszechnienie samochodów elektrycznych otwiera drogę do wykorzystania akumulatorów samochodowych jako magazynów energii dla gospodarstw domowych, co z kolei pozwala na pełniejsze wykorzystanie energii wyprodukowanej przez domowe ogniwa fotowoltaiczne. Jednocześnie podłączenie do sieci elektroenergetycznej znacznej liczby akumulatorów samochodowych umożliwia stworzenie rezerwy energii do wykorzystania w chwilach zwiększonego zapotrzebowania na moc.⁷ Istnienie powiązań między technologiami energetyki EP pozwala na łatwiejsze usuwanie cechujących je ograniczeń. Dla przykładu prace nad zmniejszeniem kosztów zasobników energii mogą zaowocować nie tylko powstaniem tańszych domowych magazynów energii stabilizujących prosumenckie instalacje OZE, ale także ułatwić wyprodukowanie pojazdów elektrycznych konkurencyjnych cenowo z samochodami wyposażonymi w silnik spalinowy (Setlak i Fice 2015).⁹

Eksploatacja pojazdu z silnikiem hybrydowym – studium przypadku

5. Samochód Toyota Auris Hybrid jest wyposażony w silnik spalinowy o pojemności 1798 cm³ i mocy 98 KM przy 5200 obr/min, oraz w napęd elektryczny o mocy 80 KM (łącznie moc układu hybrydowego wynosi 134 KM). Samochód jest pozbawiony większości ograniczeń obecnie produkowanych pojazdów elektrycznych (niewielki zasięg, długi czas ładowania akumulatora, niedorozwój infrastruktury do ładowania), a jednocześnie jest wyposażony w namiastkę napędu elektrycznego z niewielkimi akumulatorami umieszczonymi pod podłogą bagażnika, tak by nie ograniczały objętości przestrzeni bagażowej. Doświadczenia z półtorarocznej bezawaryjnej eksploatacji przy przebiegu 30000 km, wskazują na niewielkie (biorąc pod uwagę masę, moc i osiągi pojazdu) zużycie paliwa, które waha się w granicach 4-4,5 litra/100 km. Oszczędności w zużyciu paliwa wynikają z odzyskiwania energii wyzwolonej podczas hamowania (jest ona gromadzona w akumulatorze), oraz z takiej organizacji pracy silnika spalinowego, która zapewnia mu działanie w warunkach możliwie zbliżonych do optymalnych (czyli takich, w których osiąga maksymalną sprawność).¹⁰ Optymalizacja działania spalinowej jednostki napędowej jest możliwa min. dzięki napędowi elektrycznemu pełniącemu rolę bufora wspomagającego napęd spalinowy w chwilach zwiększonego zapotrzebowania na energię, co umożliwia mu kontynuowanie pracy w warunkach optymalnych.

Zaletą pojazdu jest możliwość wykonywania pewnych manewrów (np. wyjazd z garażu) bez uruchamiania silnika spalinowego co niejednokrotnie naraża użytkownika na wdychanie spalin (informacja ustna M. Fice; informacja własna).

¹Niezgodności w wartościach oszacowań sprawności eksploatacyjnej pojazdów elektrycznych podanych w **Postawieniu problemu** obecnego wydania Obserwatora i przytoczonych powyżej, mogą wynikać z rozbieżności założeń przyjętych do oszacowań. W szczególności uwzględnienie ogrzewania samochodu i pracy klimatyzacji prowadzi do obniżenia wartości oszacowania sprawności pojazdu z silnikiem elektrycznym.

²Popczyk, J. & Fice, M. Autonomiczne rejony energetyczne. str. 335-354, [w:] *Prosumenckie społeczeństwo a energetyka prosumencka*. Red. Bartoszek, A., Fice, M., Kurowska, E. & Sierka, E. Uniwersytet Śląski w Katowicach. Katowice 2015.

³Neterowicz, J. 2015. [Energia z odpadów – doświadczenia szwedzkie i realia polskie](#). BŻEP, Dział 1.01.02, www.klaster3x20.pl, podstrona CEP.

⁴Dane o sprzedaży pojazdów elektrycznych w 2015 roku podawane przez źródła mogą różnić się od siebie, min. w zależności od tego jakie rodzaje pojazdów są uwzględniane w obliczeniach. Może to wyjaśniać rozbieżności co do liczby sprzedanych pojazdów elektrycznych w 2015 roku podawanych w **Postawieniu problemu** obecnego wydania Obserwatora i przytoczonych powyżej.

⁵Zmniejszenie liczby samochodów osobowych poruszających się w granicach danego obszaru zurbanizowanego nie musi koniecznie wiązać się ze zmniejszeniem natężenia ruchu samochodowego, którego miarą jest np. całkowita liczba kilometrów przejechanych przez samochody osobowe w jednostce czasu, lecz może jedynie wynikać z częstszego niż dotąd wykorzystywania dostępnych pojazdów.

⁶Mostowska, J. 2015. EV. Infrastruktura systemu car sharing zintegrowana z PV na potrzeby floty EV. Case study: Pyskowice. BŻEP. Dział 1.03.14, www.klaster3x20.pl, podstrona CEP.

⁷Larisch, R. [Car Sharing](#). BŻEP. Dział 1.03.14, www.klaster3x20.pl, podstrona CEP.

⁸Le Vine, S., Zolfaghari, A. & Polak, J. September 2014. Carsharing: Evolution, challenges and opportunities. Centre for Transport Studies, Imperial College London.

⁹Częste wykorzystywanie akumulatorów samochodowych w roli bufora stabilizującego sieć elektroenergetyczną może prowadzić do skrócenia ich żywotności ().

¹⁰Setlak, R. & Fice, M. Samochód jako podstawowe i awaryjne źródło energii dla prosumenckiej mikroinfrastruktury energetycznej (PME). str. 437-462, [w:] *Prosumenckie społeczeństwo a energetyka prosumencka*. Red. Bartoszek, A., Fice, M., Kurowska, E. & Sierka, E. Uniwersytet Śląski w Katowicach. Katowice 2015.

¹¹Temu celowi służy min. ruszanie z miejsca za pomocą napędu elektrycznego; silnik spalinowy podczas ruszania pracuje ze małą sprawnością

ŚLĄBE STRONY

Rozwiązania energetyki EP w zakresie transportu

1. Podstawowym ograniczeniem istniejących silników elektrycznych (w zastosowaniach dla pojazdów samochodowych) jest konieczność zmagazynowanie znacznych zasobów energii w akumulatorach, które są drogie i stosunkowo ciężkie. Odbija się to niekorzystnie na koszcie dostępnych na rynku pojazdów elektrycznych oraz ich zasięgu ([Auto elektryczne](#)).^{1,2} Przykładowa cena najpopularniejszego obecnie na świecie modelu Nissan Leaf posiadającego akumulatory o pojemności 30 kWh wynosiła w 2012 roku 28550 dolarów (po uwzględnieniu federalnej ulgi podatkowej w wysokości 7500 dolarów), podczas gdy koszt podobnej wielkości pojazdu tradycyjnego (Nissan Versa) wyceniono na 19656 dolarów. Jednocześnie zasięg samochodu Nissan Leaf wynosi jedynie 172 kilometry. Niższe koszty paliwa dla pojazdu elektrycznego powodują, że czas zwrotu dodatkowych nakładów finansowych na jego zakup – w zależności od źródeł i założeń przyjętych do oszacowań (roczny przebieg, cena paliwa dla pojazdu elektrycznego i tradycyjnego, zużycie paliwa przez oba typy pojazdów) waha się od 5 do 9 lat ([Edmunds.com](#)).

Co prawda szacunki całkowitych kosztów posiadania porównywalnych (poza rodzajem napędu) pojazdów elektrycznych i spalinowych mogą różnić się między sobą na korzyść jednego lub drugiego typu pojazdów, to znacznie większy zasięg samochodu z silnikiem spalinowym i niedorozwój infrastruktury energetycznej do ładowania samochodów elektrycznych (brak lub niewielka liczba stacji ładowania, konieczność przystosowania sieci elektroenergetycznej do sprostania zwiększonemu zapotrzebowaniu na energię elektryczną w przypadku rozpowszechnienia się pojazdów elektrycznych) powodują, że przeciętny konsument wciąż znacznie częściej wybiera pojazdy z napędem tradycyjnym ([CleanTechnica](#)).³ Użytkownicy samochodów z napędem elektrycznym muszą się też liczyć ze zmniejszeniem zasięgu pojazdów w sytuacji gdy wnętrze kabiny jest ogrzewane podczas eksploatacji w niskich temperaturach (w silnikach spalinowych do ogrzewania wykorzystywane jest odpadowe ciepło powstające w znacznych ilościach w wyniku stosunkowo niewielkiej sprawności tych jednostek napędowych, z kolei w elektrycznych jednostkach napędowych ilość wydzielanego ciepła odpadowego jest niewielka z uwagi na ich wysoką sprawność) lub chłodzone podczas jazdy w wysokich temperaturach (utrata zasięgu w wyniku chłodzenia kabiny dotyczy także pojazdów z silnikiem spalinowym, jednak z uwagi na większy zasięg tych pojazdów może ona mieć mniejsze znaczenia dla użytkownika). Przykładowo zasięg samochodu Tesla Model S wyposażonego w akumulatory o pojemności 70 kWh i jadącego z prędkością 104,6 km/h w temperaturze 10 °C zmniejsza się po włączeniu ogrzewania o 20,9 kilometrów, z kolei uruchomienie klimatyzacji w temperaturze 32,2 °C i przy takiej samej prędkości jazdy skutkuje zmniejszeniem się zasięgu o 24,1 kilometra ([TeslaMotors](#)).

Eksploatacja pojazdu z silnikiem hybrydowym – studium przypadku

Samochód Toyota Auris Hybrid jest droższy od zbliżonego modelu z konwencjonalną jednostką napędową o około 15000 złotych. Niższe koszty eksploatacji pojazdu (w porównaniu z modelem wyposażonym w napęd konwencjonalny) wynikające ze zmniejszonego zużycia paliwa mają rekompensować użytkownikowi pojazdu wyższe koszty zakupu, przy czym faktyczne zużycie paliwa (według wskazań kierowców) zwykle przewyższa zużycie katalogowe kształtując się na poziomie 3,2-3,3 litra/100 km (Informacja własna; [TopGear](#); [Toyota](#)). Potencjalnych nabywców będzie też zapewne interesować trwałość akumulatorów objętych pięcioletnią gwarancją z możliwością przedłużenia do 10 lat. Użytkownicy planujący sprzedaż tego modelu po dłuższym okresie eksploatacji (10 lat i więcej) mogą zastanawiać się jaka wartość osiągnie on w chwili odsprzedaży w sytuacji gdy obecnie trudno jednoznacznie określić w jakim stanie będą wtedy jego akumulatory. Godna odnotowania jest możliwość wymiany zestawu akumulatorów na nowe, jednak koszt tej usługi wynosi 8000 złotych (Informacja własna).

¹ Problem ten przestaje być istotny w przypadku dostarczanie z zewnątrz energii elektrycznej potrzebnej do ruchu pojazdu, jak ma to miejsce w pociągach elektrycznych, tramwajach i trolejbusach.

² Znacznie większym zasięgiem, wynoszącym np. w warunkach standardowych 386 km dla pojazdu Model S z akumulatorem o pojemności 70 kWh, odznaczają się samochody elektryczne marki Tesla, należy jednak podkreślić, że są to produkty luksusowe nie przez przeznaczone dla użytkownika o przeciętnej zasobności portfela ([TeslaMotors](#)).

³ Najdroższy element pojazdu elektrycznego jest zestaw akumulatorów, koszt wymiany którego jest wysoki i przykładowo wynosi 44000 dolarów dla samochodu Tesla Model S, którego wersje (sedan) kosztują w Stanach Zjednoczonych przeciętnie 97700 dolarów (. Firma Tesla daje co prawda gwarancje na akumulatory (8 lat bez ograniczenia liczby przejechanych kilometrów), jednak trudno na razie określić przeciętną żywotność akumulatorów i wartość samochodu w momencie odsprzedaży po np. 8 latach użytkowania ([Tesla Model S](#), [TeslaMotors](#)).

SZANSE

Rozwiązania energetyki EP w zakresie transportu

1. Podstawowe znaczenie dla upowszechnienia pojazdów z silnikiem elektrycznym ma obniżenie kosztów produkcji akumulatorów, których wysokość obecnie oscyluje wokół 300 dolarów za 1 kWh pojemności, przy czym obserwowany spadek cen wyniósł 65% od roku 2010. Według oceny Bloomberg New Energy Finance (BNEF) analiza tendencji spadkowej cen akumulatorów wskazuje na to, że pojazdy elektryczne mogą stać się w większości państw konkurencyjne cenowo w stosunku do pojazdów z napędem tradycyjnym już w połowie lat 20 – tych obecnego stulecia, a w roku 2040 będą stanowić 35% rynku co wiąże się ze sprzedażą roczną 41 mln sztuk pojazdów, wśród których dominować będą jednostki napędzane wyłącznie energią elektryczną obok pojazdów hybrydowych posiadających możliwość ładowania akumulatorów.¹ Prognozy opracowano przyjmując spadek cen akumulatorów w roku 2030 do wartości poniżej 120 dolarów za 1 kWh, oraz wzrost cen ropy naftowej do wysokości 70 dolarów za baryłkę w 2040 roku. Jednak nawet przy założeniu niskich cen tego surowca w granicach 20 dolarów za baryłkę, pojazdy elektryczne mogą stać się konkurencyjne pod względem finansowym w stosunku do pojazdów spalinowych już na początku trzeciej dekady obecnego stulecia ([Bloomberg](#)). BNEF wskazuje na szereg czynników, które (oprócz spadku cen akumulatorów) uprawdopodobniają powyższą prognozę; należą tutaj rozwój rządowych systemów wsparcia dla pojazdów elektrycznych i hybrydowych, gotowość potencjalnych klientów do ponoszenia wyższych kosztów związanych z zakupem pojazdów elektrycznych oraz zgoda producentów na sprzedaż tych pojazdów z uwzględnieniem bardzo niskiej stawki zysku ([Bloomberg 2](#)). Rządowe systemy wsparcia dla nabywców pojazdów elektrycznych istnieją (lub planuje się ich wprowadzenie w najbliższej przyszłości) w wielu państwach (Stany Zjednoczone, Chiny, Norwegia, Holandia) i obejmują takie mechanizmy jak ulgi podatkowe, zwolnienie z opłat za parkowanie w miastach, możliwość poruszania się po pasach przeznaczonych dla autobusów oraz prawo do darmowego ładowania pojazdów ([Bloomberg](#); [Chrońmy Klimat 2](#); [Gram w Zielone](#)). Przemysł samochodowy zaczyna coraz poważniej traktować sektor pojazdów niskoemisyjnych kierując na jego rozwój znaczne fundusze i zapowiadając pojawienia się wielu nowych modeli (niejednokrotnie tańszych od dotychczasowych i charakteryzujących się większym zasięgiem) w perspektywie 2020 roku ([Bloomberg](#)). Tacy liderzy tego rynku jak Tesla, General Motors, Nissan i BMW wymuszają na konkurencji zainteresowanie pojazdami elektrycznymi. Co charakterystyczne do rynku dołączają nowe koncerny zainteresowane produkcją samochodów elektrycznych – do tej grupy (obok Tesli) należą tacy potentaci rynku zaawansowanych technologii jak Google i Apple ([Cire.pl](#); [National Resource Defense Council](#)). Co interesujące niektórzy producenci samochodów elektrycznych zdradzają zainteresowanie produkcją magazynów energii (lub wręcz

oferują je na rynku jak np. Tesla z zasobnikiem Powerpack dla przedsiębiorstw i zasobnikiem Powerwall dla gospodarstw domowych), co uwypukla związek między technologiami magazynowania energii w energetyce EP (patrz „mocne strony”). Jak zauważa Piotr Skubisz z Instytutu Spraw Obywatelskich, rozwój motoryzacji elektrycznej stanowi nową niszę technologiczną, udział w której może być korzystny dla gospodarki polskiej, dając szansę na stworzenie własnych technologii (których potem nie trzeba będzie nabywać) i nowych miejsc pracy ([TerazŚrodowisko](#)).

2. Prognozowane szybkie zmiany na rynku motoryzacyjnym pozostają w sprzeczności z przewidywaniami producentów ropy naftowej zakładającymi powolny wzrost rynku pojazdów niskoemisyjnych w tym elektrycznych. Zdaniem państw OPEC w roku 2040 pojazdy elektryczne będą stanowiły jedynie 1% samochodów poruszających się po drogach, i – jak stwierdził dyrektor generalny Conoco Philips Ryan Lance – nie odegrają one większej roli na rynku samochodowym w ciągu najbliższego półwiecza. Jednak przytoczone powyżej informacje o przeobrażeniach na rynku samochodów osobowych wskazują na to, że przemysł motoryzacyjny zaczyna przywiązywać coraz to większe znaczenie do pojazdów elektrycznych. Zdaniem BNEF może to oznaczać początek procesu utraty kontroli przemysłu naftowego nad przemysłem motoryzacyjnym. Jednocześnie BNEF przyrównuje spadek kosztów akumulatorów samochodowych do spadku cen paneli fotowoltaicznych ([Bloomberg 2](#)). Prognozy BNEF wskazują, że pojazdy elektryczne w 2040 roku, będą powodować zmniejszenie zapotrzebowania na ropę naftową o 13 mln baryłek dziennie ([National Resource Defense Council](#)).³

Eksploatacja pojazdu z silnikiem hybrydowym – studium przypadku

3. Lokalne miejskie programy wsparcia dla właścicieli pojazdów z napędem hybrydowym lub elektrycznym stają się coraz popularniejsze w polskich miastach obejmując zniżki w opłatach za parkowanie (lub zwolnienie z opłat) oraz możliwość darmowego korzystania z infrastruktury służącej do ładowania pojazdu ([Toyota wsparcie](#)).¹ Obecność tych form wsparcia może stać się źródłem dodatkowych korzyści finansowych dla właścicieli pojazdów niskoemisyjnych; przykładowo zwolnienie z opłat parkingowych w Katowicach wiąże się z oszczędnościami w wysokości 200 złotych rocznie (Katowice 2013).⁴ Przykład omawianej instalacji wskazuje, że jakość i rzetelność informacji na temat technologii energetyki EP, oferowanej potencjalnym klientom przez sprzedawców, ma istotny wpływ na sposób funkcjonowania instalacji produkujących energię odnawialną, co przekłada się na zadowolenie klienta z inwestycji.

¹ Sprzedaż osobowych pojazdów elektrycznych w 2015 roku wyniosła 0,53 mln sztuk, co oznacza wzrost w stosunku do poprzedniego roku o 70% i udział w rynku na poziomie 0,6%, należy jednak mieć na uwadze, że proporcja tych pojazdów na drogach jest znacznie mniejsza z uwagi na szybki wzrost ich sprzedaży w ostatnich latach, i wynosi około 0,1% ([CleanTechnica](#)).

² Zużycie ropy naftowej wyniosło w 2013 roku 90,3 mln baryłek dziennie ([Indexmundi](#)).

³ Pierwotnym źródłem energii dla napędu Toyoty Auris Hybrid jest wyłącznie paliwo kopalne jakim jest benzyna, a konstrukcja samochodu – w odróżnieniu od hybryd mogących podlegać ładowaniu – nie przewiduje możliwości ładowania akumulatorów z zewnątrz.

⁴ Uchwała nr XXXIV/755/13 Rady Miasta Katowice z dnia 6 marca 2013 r. w sprawie ustalenia strefy płatnego parkowania dla pojazdów samochodowych na drogach publicznych na obszarze miasta Katowice.

ZAGROŻENIA

Rozwiązania energetyki EP w zakresie transportu

1. Istnienie wzajemnych powiązań między technologiami energetyki EP z jednej strony może ułatwiać proces przeobrażenia globalnego sektora energetycznego, z drugiej jednak strony może uzależniać osiągnięcie korzyści z wprowadzenia danej technologii od postępów we wprowadzeniu innych technologii. W tym kontekście niewątpliwie zalety napędu elektrycznego (patrz „mocne strony” obecnego Obserwatora) będą mogły się w pełni ujawnić pod warunkiem zapewnienia dostaw energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł OZE (Popczyk i Fice 2015). Ponadto trzeba zauważyć, że rozpowszechnienie się pojazdów elektrycznych zwiększa zapotrzebowanie na energię elektryczną.¹ Zgodnie z prognozami BNEF, w 2040 roku samochody elektryczne będą stanowiły 25% pojazdów poruszających się po drogach, a do ich napędu w skali roku potrzebne będzie 2700 TWh energii elektrycznej, co stanowi 11% światowej produkcji w 2015 roku ([Bloomberg](#)).¹ Możliwość zaspokojenia tego rosnącego zapotrzebowania na energię elektryczną ze źródeł niskoemisyjnych, pojawia się w państwach prowadzących aktywną politykę transformacji sektora energetycznego w kierunku rozwoju odnawialnych form energii, jak np. w Niemczech, gdzie zgodnie z założeniami Energiewende proporcja energii elektrycznej produkowana z OZE ma osiągnąć nie mniej niż 65% w 2040 roku i nie mniej niż 80% w 2050 roku (Appun 2016).² Dodatkową korzyścią z pokrycia zapotrzebowania pojazdów elektrycznych ze źródeł OZE jest zmniejszenie zużycia energii pierwotnej w sektorze transportu co wynika z wysokiej sprawności silnika elektrycznego. Jednak w państwach nie wspierających aktywnie rozwoju źródeł OZE (takich jak Polska), rozpowszechnienie się pojazdów z napędem elektrycznym nie tylko nie pozwoliłoby na wyzyskanie jego zalet, ale mogłoby przyczynić się do zwiększenia emisji gazów cieplarnianych i wzrostu zanieczyszczenia atmosfery. Proste zastąpienie taboru spalinowych samochodów osobowych jednostkami elektrycznymi wymagałoby w krajowych warunkach zwiększenia zużycia energii elektrycznej (bez uwzględnienia strat na przesyłce) o około 60 TWh co odpowiada 37,08% produkcji energii elektrycznej w Polsce (produkowanej w przeważającej ilości z węgla kamiennego i brunatnego) w 2015 roku ([PSE](#)).³ Przykład ten wskazuje, że rozwój energetyki EP odbywa się niekiedy wedle zasady „wszystko albo nic”, a brak całościowej polityki wsparcia dla przemian sektora energetycznego może utrudniać wprowadzanie pojedynczych technologii odnawialnych.⁴ Wprowadzenie systemu komunikacji indywidualnej opartej o pojazdy elektryczne nie eliminuje wszystkich wad pojazdów spalinowych. Samochody elektryczne zajmują tyle samo miejsca co pojazdy z napędem tradycyjnym i pozostają – w kategorii pojazdów elektrycznych – dosyć energochłonnym sposobem przemieszczania się ustępującym zwykle pod tym względem środkom transportu zbiorowego ([Shrink that footprint](#)).⁵ Ta ujemna cecha nabiera szczególnego znaczenia w obszarach zurbanizowanych o dużej gęstości zaludnienia, w których zawłaszczanie przestrzeni publicznej przez infrastrukturę drogową i parkujące pojazdy bywa coraz częściej postrzegane jako element wpływający ujemnie na jakość życia mieszkańców (Gehl 2010).⁶ Wraz z prognozowanym wzrostem proporcji ludności globu zamieszkującej obszary zurbanizowane można się spodziewać, że wymienione tutaj niegodności

związane z rozwojem indywidualnej komunikacji samochodowej będą się nasilać. Odpowiedzią na powyższe niepokoje w ramach energetyki EP może być stopniowe odchodzenie od indywidualnej własności pojazdów i rozpowszechnienie różnych form ich współużytkowania (patrz „mocne strony”). Być może wprowadzenie pojazdów autonomicznych ułatwi rozluźnienie związków między indywidualną własnością pojazdu a korzystaniem z indywidualnej komunikacji samochodowej.

Eksploatacja pojazdu z silnikiem hybrydowym – studium przypadku

W Polsce nie wprowadzono rządowych mechanizmów wsparcia dla właścicieli pojazdów hybrydowych lub elektrycznych (patrz „szanse”). Lokalne programy przewidujące zwolnienia z opłat za parkowanie dotyczą jedynie właścicieli pojazdów niskoemisyjnych zameldowanych w danym mieście.

Właściciel opisywanego pojazdu hybrydowego nie może ubiegać się o zwolnienie z opłat parkingowych na terenie miasta Gliwic, ponieważ takiej możliwości nie przewiduje stosowna uchwała rady miejskiej (Gliwice 2012).⁷

¹ Przy założeniu, że zużycie energii elektrycznej na inne cele pozostaje na niezmiennym poziomie.

² Niestety Bloomberg nie podaje sposobu obliczenia wartości 2700 TWh określającej zapotrzebowanie energetyczne samochodów elektrycznych w 2040 roku. W **Postawieniu problemu** obecnego wydania Obserwatora zawarto realistyczne obliczenia zapotrzebowania samochodów elektrycznych na energię elektryczną, podano także przyjęte do obliczeń założenia.

³ Appun, K. 17 March 2016. Germany's greenhouse gas emissions and climate targets. Clean Energy Wire. dostęp 30 maja 2016.

⁴ W oszacowaniu przyjęto, że liczba samochodów osobowych poruszających się po polskich drogach wynosi 20 mln, przeciętny roczny przebieg samochodu to 15 tys. kilometrów, a przeciętny koszt energetyczny przejechania 100 kilometrów wynosi 20 kWh.

⁵ Istnieją technologie energetyki EP, których wprowadzenie (bez jakichkolwiek technologii towarzyszących) może przynieść istotne korzyści dla systemu energetycznego; - przykładowo samo tylko rozpowszechnienie źródeł światła typu LED może obniżyć zużycie energii elektrycznej, zużycie energii pierwotnej i przyczynić się do zmniejszenia zanieczyszczenia atmosfery.

⁶ Zużycie energii pierwotnej przez środki transport elektrycznego w przeliczeniu na jeden pasażerokilometr może wykazywać znaczne wahania, i jest zależne od wielu czynników takich jak pochodzenie energii elektrycznej do napędu pojazdu, liczba podróży oraz prędkość jazdy ([European Environment Agency](#)).

⁷ Gehl, J. Życie między budynkami. Wydawnictwo Ram. Kraków 2010.

⁸ Uchwała nr XXVI/506/2012 Rady Miejskiej w Gliwicach z dnia 25 października 2012 r. w sprawie określenia strefy płatnego parkowania na drogach publicznych oraz zasad pobierania opłat za parkowanie na terenie miasta Gliwice.