Wojciech Moćko
Andrzej Wojciechowski
Marcin Ornowski
Instytut Transportu Samochodowego

PERSPEKTYWY ROZWOJU RYNKU SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH W NAJBLIŻSZYCH LATACH

Prowadzone na skalę globalną działania związane z ograniczeniem emisji szkodliwych substancji do atmosfery, mają swoje odzwierciedlenie także w motoryzacji. Kolejne przepisy ograniczające emisję szkodliwych substancji skutkują wprowadzeniem coraz nowszych rozwiązań technicznych w konstrukcjach samochodów i jednostek napędowych. Wprowadzenie napędów hybrydowych, a także silników elektrycznych jest kolejną bardzo skuteczną metodą na redukcję zanieczyszczeń. W artykule zawarto przegląd oferty rynkowej wprowadzonych lub planowanych do wprowadzenia na rynek samochodów o napędzie elektrycznym wiodących koncernów samochodowych. Dodatkowo zamieszczono także krótką charakterystykę rozwiązań technicznych stosowanych w samochodach elektrycznych. Ponadto przedstawiono informację w jakich krajach wprowadzono systemy zachęt dla kupujących samochody elektryczne przyjazne dla środowiska, które mają przekonać klientów do zakupu i ich eksploatacji.

PROSPECTS OF THE ELECTRIC CARS MARKET DEVELOPMENT IN THE FORTHCOMING YEARS

There is global cooperation carried out in order to reduce pollution. Moreover very large scale works are also carried out. Next versions of regulations concerning reduction of emission results in introducing new technologies in engines designing. Developing of hybrid power trains and electric engines as well is next very effective method for reducing of pollution from vehicles. This article includes review of commercial offer of electric vehicles of leading car manufacturers. Short characterization of technical solutions applied in electric vehicles was also included. It was also reported how particular countries incentive car buyers for electric vehicles.

1. Wprowadzenie

Od dnia 1 stycznia 2011 roku w UE wszedł w życie przepis obejmujący samochody osobowe i lekkie samochody dostawcze dotyczący zakazu wprowadzania do użytku, sprzedaży i rejestracji pojazdów nie spełniających wymagań emisji spalin zawartych w rozporządzeniu (WE) NR 715/2007 [1, 5] . Jest to najnowsze uregulowanie prawne Unii Europejskiej, które dotyczy obniżenia emisji szkodliwych substancji w transporcie samochodowym. Nowe auta osobowe, które nie spełniają tej normy można było sprzedawać i rejestrować tylko do 31 grudnia 2010 roku. Euro 5 to kolejna z serii stopniowo wdrażanych europejskich przepisów obniżających limity emisji zanieczyszczeń.

Obok emisji szkodliwych substancji powstają także unormowania dotyczące emisji dwutlenku węgla pochodzenia antropogenicznego uznanego za czynnik najbardziej wpływający na ocieplenie klimatu, obejmujące również obszar transportu. W lutym 2011 Parlament Europejski przyjął rozporządzenie, które nakazuje producentom samochodów dostawczych i półciężarówek ograniczenie emisji CO_2 przed 2020 rokiem do poziomu poniżej 147 g/km, a także wprowadza kary w wysokości 95 EUR za 1 gram CO_2 za przekroczenie limitu. Prowadzona jest także dyskusja nad przyjęciem ograniczenia średniej emisji w samochodach osobowych do poziomu 125g CO_2/km w roku 2015 [6].

W tabelach 1 i 2 przedstawiono kolejne edycje wymagań normy Euro, które już obowiązują, lub są planowane do wdrożenia. W tabelach przedstawiono podstawowe limity określające zawartość tlenków węgla, węglowodorów, tlenków azotu oraz cząstek stałych w odniesieniu do 1km przejechanego przez badany pojazd. Porównując wartości dla pierwszej historycznej normy Euro 1 z planowaną w najbliższym czasie do wdrożenia normą Euro 6 stwierdzono znaczne zaostrzenie wymagań.

Tabela 1

Wartości emisji dla samochodów osobowych i lekkich pojazdów dostawczych z silnikiem benzynowym.

Table 1

Emission values from the passenger cars and vans with the petrol engines

	Euro I	**Euro II**	**Euro III**	**Euro IV**	**Euro V**	**Euro VI**
CO (g/km)	2.72	2.20	2.30	1.00	1.00	1.00
HC (g/km)	-	-	0.20	0.10	0.10	0.10
NO_x (g/km)	-	-	0.15	0.08	0.06	0.06
HC + NO_x (g/km)	0.97	0.5	-	-	-	-
Cząstki stałe (g/km)	-	-	-	-	0.005*	0.005*
Obowiązuje od	07/1992	01/1996	01/2000	01/2005	09/2009	08/2014

* dotyczy pojazdów z bezpośrednim wtryskiem paliwa

Tabela 2

Wartości emisji dla samochodów osobowych i lekkich pojazdów dostawczych z silnikiem Diesla

Table 2

Emission values from the passenger cars and vans with the Diesel engines

	Euro I	**Euro II**	**Euro III**	**Euro IV**	**Euro V**	**Euro VI**
CO (g/km)	2.72	1.00	0.64	0.50	0.50	0.50
HC (g/km)	-	0.15	-	-	0.05	0.09
NO_x (g/km)	-	0.55	0.50	0.25	0.18	0.08
HC + NO_x (g/km)	0.97	0.70*	0.56	0.30	0.23	0.17
Cząstki stałe (g/km)	0.14	0.08	0.05	0.025	0.005	0.005
Obowiązuje od	07/1992	01/1996	01/2000	01/2005	09/2009	08/2014

* dla samochodów z zapłonem samoczynnym i bezpośrednim wtryskiem paliwa wartość dopuszczalna dla emisji węglowodorów i tlenków azotu wynosiła 0.9g/km a cząstek stałych 0.10g/km aż do 30.09.1999r

Kolejne coraz bardzie restrykcyjne wydania normy narzucają konieczność stosowania w silnikach coraz nowszych rozwiązań technicznych w celu ograniczenia emisji. Aby spełnić wymagania normy Euro 5 konstruktorzy silników opracowali różne metody zmniejszające emisję szkodliwych substancji. Przykładem rozwiązań obniżających emisję szkodliwych substancji są m.in. systemy: EGR i SCR.

Układ EGR (Exhaust Gas Recirculation [2]) - recyrkulacja gazów spalinowych wykorzystuje część schłodzonych gazów wydechowych, które następnie trafiają z powrotem do komory spalania. W konsekwencji obniża to temperaturę zapłonu paliwa i powoduje obniżenie zawartości tlenków azotu, lecz równocześnie zwiększa zawartość cząstek stałych. Problem ten eliminuje się poprzez zastosowanie filtra cząstek stałych (CRT).

Drugi ze stosowanych układów to SCR (Selective Catalyst Reduction [3]) - selektywna redukcja katalityczna. Metoda pozwala na obniżeniu zawartość tlenków azotu do wymaganego poziomu. Osiąga się to po przez zredukowanie tlenków azotu za pomocą amoniaku do azotu cząsteczkowego. W praktycznych rozwiązaniach do układu wydechowego wstrzykiwany jest roztwór mocznika znany na rynku pod nazwą AdBlue. Zaletą tego rozwiązania jest wyższa wydajność silnika przy braku ingerencji w jego pracę, co umożliwia spełnienie coraz bardziej restrykcyjnych norm emisji spalin. Rozwiązanie to posiada również wady. Jest nią konieczność zastosowania dodatkowej cieczy w pojeździe, a co za tym idzie montaż kolejnego zbiornika.

Aby samochód spełnił wymagania normy Euro 5 musi zostać wykorzystane przynajmniej jedno z omówionych rozwiązań lub inna alternatywna metoda.

Kolejnym krokiem zmuszającym producentów do obniżenia emisji spalin będzie wprowadzenie w 2014 roku normy Euro 6, której wymagania są jeszcze bardziej restrykcyjne. Spełnienie tych wymagań narzuca konieczność opracowania kolejnych rozwiązań technicznych umożliwiających redukcję emisji zanieczyszczeń.

Z powodu wprowadzenia normy Euro 5 producenci musieli wycofać ze sprzedaży wiele ciekawych modeli samochodów, których silniki nie spełniają jej wymogów. Przykładami

samochodów wycofanych ze sprzedaży z powodu zbyt wysokiej emisji substancji szkodliwych są:

- BMW M5 z 5-litrowym silnikiem V10 o mocy 507 KM,
- Honda Civic Type R z 2-litrowym wolnossącym silnikiem osiągającym 201 KM,
- Ford Focus ST 5-cio cylindrowy, 2-litrowy motor o mocy 225 KM,
- Audi RS6 5-litrowe BiTurbo osiągające 580 KM,
- Mazda RX-8 z silnikiem Wankla o pojemności 1,3-litra i mocy 192 lub 231 KM.

Efekt działań na rzecz ochrony środowiska jest więc widoczny nie tylko w segmencie pojazdów klasy średniej, ale jak widać na przytoczonym przykładzie także w segmencie pojazdów klasy wyższej i sportowej. Wynikiem stopniowej ewolucji rynku samochodów osobowych jest coraz większa liczba pojazdów wyposażonych w silniki diesla oraz napędy hybrydowe.

Kolejnym krokiem w celu jeszcze większego ograniczenia emisji zanieczyszczeń jest wprowadzenie samochodów o napędzie elektrycznym [4]. Pojazdy tego typu znakomicie sprawdzają się ruchu miejskim i codziennych krótkich dojazdach do pracy, szkoły czy na zakupy. Upowszechnienie samochodów o napędzie czysto elektrycznym (PEV – pure electric vehicle) nie jest jednak możliwe, bez odpowiednio silnych bodźców stymulujących rynek, z kilku względów:

- wysokich kosztów pojazdu, które są pochodną małej liczby produkowanych egzemplarzy,
- małego zaufania klientów do pojazdu o ograniczonym zasięgu, a co za tym idzie o ograniczonym zakresie wykorzystania,
- braku infrastruktury umożliwiającej ładowanie samochodów elektrycznych.

Rządy poszczególnych krajów, jak również UE jako całość prowadzą intensywne prace legislacyjne w celu wprowadzenia systemu finansowo-logistycznego, który zachęci użytkowników do zakupu pojazdów z napędem elektrycznym. W kwietniu ubiegłego roku Komisja Europejska zaproponowała promocję strategii sprzedaży samochodów elektrycznych na terenie całej Unii. Propozycja została poparta przez unijnych ministrów przemysłu, którzy wzywają do zwiększenia tempa prac nad opracowaniem unijnych standardów dla samochodów elektrycznych. Działania w kierunku zwiększenia udziału samochodów elektrycznych w transporcie podjęto także w niektórych krajach. Na przykład Ministerstwo Transportu Wielkiej Brytanii ogłosiło program Plug-In Car Grant, który uwzględnia dopłaty do zakupu pojazdów elektrycznych i ekologicznych. Do grupy tych samochodów zaliczają się samochody spalinowo elektryczne typu Plug-In i pojazdy z wodorowymi ogniwami paliwowymi. Program zaczyna obowiązywać od stycznia 2011 roku i trwał będzie do końca 2014 roku. Rząd dofinansowywał będzie zakup każdego nowego pojazdu ekologicznego kwotą 5000 funtów, która nie może przekroczyć 25% jego wartości. Zasięg nie może być mniejszy niż 112 km dla samochodów elektrycznych i 160 km dla hybrydowych, oraz prędkość maksymalna nie niższa niż 96 km. Zgodnie z obecnym stanem techniki kryteria określone przez Wielką Brytanię spełniają Nissan Leaf, Tesla Roadster i Mitsubishi I-Miev. Na program Plug-In Car Grant przeznaczone jest 230 mln funtów. Ponadto Ministerstwo Transportu Wielkiej Brytanii zamierza zbudować w ciągu trzech lat 11 tysięcy stacji ładowania. Początkowo na ten cel przeznaczonych zostało 30 mln funtów.

We Francji rządowy plan zakłada że do 2020 roku liczba samochodów elektrycznych wzrośnie do około 2 milionów. W celu przyspieszenia elektryfikacji transportu rząd przewidział nakłady w wysokości 1,5 mld euro na rozbudowę infrastruktury elektroenergetycznej i przystosowania jej do większego obciążenia i nowych wymagań

związanych z ładowaniem pojazdów. Do 2015 roku ma powstać ma powstać około milion terminali do ładowania pojazdów elektrycznych, docelowo do 2020 roku ma ich być ponad cztery miliony. Państwo ma przeznaczyć 125 mln euro na budowę nowej fabryki akumulatorów, która powstanie na terenie jednego z zakładów Renault. Koszt tej inwestycji przewidziany jest na 625 mln euro. Dla każdego samochodu o ograniczonej do 60 g/km emisji CO_2 francuski rząd planuje dopłatę w wysokości 5000 euro. Koncern motoryzacyjny PSA (Peugeot Citroen) przewiduje, że za 10 lat 5% sprzedawanych samochodów będzie w 100% elektryczna. Aby ułatwić budowę infrastruktury ładowania zdecydowano o ograniczeniu mocy przyłączy do 24kVa (19,2 kW).

Rząd niemiecki w początkowym okresie realizacji programu elektryfikacji floty samochodów osobowych w latach 2012 – 2014 planuje wprowadzenie premii w wysokości 5000 EUR do każdego zakupionego samochodu elektrycznego.

W Hiszpania również planuje się wprowadzenie dopłat na nieco większym poziomie, wynoszącym 7000 EUR dla samochodu osobowego, oraz 20.000 EUR dla samochodów ciężarowych i autobusów. Hiszpańska strategia przewiduje także wyposażenie służb porządkowych w pojazdy elektryczne.

W przypadku Danii dopłata dla kupującego jest jeszcze większa (40 000 EUR), jednak należy uwzględnić bardzo wysoki podatek, znacznie podnoszący koszt pojazdu. Oprócz dopłat rząd Danii stosuje dodatkowe zachęty w postaci przywilejów dla pojazdów elektrycznych np. bezpłatnego parkowania w centrach miast (Kopenhaga).

Również poza terenem UE prowadzone są podobne działania administracyjno-prawne w celu zachęcenia użytkowników do zakupu pojazdów elektrycznych. W Stanach Zjednoczonych uzależniono wysokość dopłaty od pojemności akumulatorów. Dopłaty są stosowane zarówno w przypadku samochodów elektrycznych, jak i hybrydowych. Dla pakietu akumulatorów o pojemności 4 kWh wysokość dofinansowania wynosi ok. 4200 USD.

2. Analiza oferty rynkowej samochodów elektrycznych

Samochody elektryczne w przyszłości będą najważniejszym elementem w dążeniu producentów z branży motoryzacyjnej do wykorzystania ekologicznych źródeł napędu do produkcji samochodów o niskiej bądź zerowej emisji szkodliwych substancji do atmosfery.

Obecnie każdy liczący się na świecie producent samochodów właśnie wprowadza lub ma w swoich planach wprowadzenie do produkcji seryjnej przynajmniej jednego elektrycznego modelu, na podstawie którego mógłby analizować dalsze potrzeby klientów i udoskonalać swoją technologię. W tabeli 3 przedstawiono przegląd samochodów o napędzie czysto elektrycznym, dla wybranych producentów.

Dane zostały zebrane na podstawie informacji producentów, doniesień prasowych i innych źródeł informacji. Pojazd „Tesla Roadster" odbiega znacząco od pozostałych parametrami technicznymi, co jest spowodowane konstrukcją i przeznaczeniem auta przewidzianego do sportowej jazdy.

Tabela 3

Wybrane parametry techniczne samochodów elektrycznych

Table 3

Selected technical parameters of the electric cars

Pojazd	**Masa** [kg]	**Napęd**	**Baterie**	**Prędkość max.** [km/h]	**Czas ładowania 0-100%**	**Zasięg** [km]
Tesla Roadster	1200	trójfazowy, czterobiegunowy silnik indukcyjny, 375V, 215kW	litowo – jonowe, energia zgromadzona: 53kWh	200	3,5h (240V, 70A)	około 390
Honda Fit EV	b.d.	silnik elektryczny synchroniczny prądu zmiennego. Moc: 92kW	litowo – jonowe Firmy Toshiba	145	6h ze standardowego gniazdka o napięciu 240V	około 160 w cyklu miejskim
Nissan Leaf	1525	Silnik elektryczny synchroniczny z uzwojeniem wzbudzenia w wirniku 345V Moc: 80kW	litowo – jonowe, energia zgromadzona: 24kWh	144	7-8h zintegrowaną ładowarka o mocy 3,3kW	około 160
Mitsubishi i-Miev (Peugot i-On) (Citroen C-zero)	1100	trójfazowy silnik synchroniczny z magnesami trwałymi 330V Moc: 47kW	litowo-jonowe, energia zgromadzona: 16kWh	130	około 6h standardowego gniazdka o napięciu 240V.	160 przy prędkości 90km/h
Volkswagen Golf Blue-e-motion	1545	b.d.	litowo – jonowe	135	b.d.	około 150
Renault Fluence Z.E.	1543	Silnik synchroniczny z uzwojeniem wzbudzenia w wirniku Moc: 70kW	litowo – jonowe Firmy AESC, energia zgromadzona: 22kWh	135	6 - 8h 10A lub 16 A, 220V	około 160
Coda EV	1450	trójfazowy silnik indukcyjny 333V firmy UQM. Moc: 100kW	litowo – fosforowe firmy Lishen, energia zgromadzona 33,8kWh	130	6h wbudowane dwie ładowarki 3,3kW	około 145 – 190
Skoda Oktavia	b.d.	85kW	litowo – jonowe, energia zgromadzona: 26,5 kWh	135	b.d	140

Dane techniczne wg publikacji producentów

Wszystkie pojazdy są wyposażone w akumulatory typu litowo-jonowego. Wyjątkiem jest „Coda EV", która posiada akumulatory litowo-fosforowe. Prędkość maksymalna jest również zbliżona i wynosi od 130 do 145 km/h. Wyjątkiem jest „Tesla Roadster", co wynika ze sportowego charakteru auta. Zasięg pojazdów wynosi od 145 do 190 km/h. Masa pojazdów, wynikająca z segmentu rynkowego, a co za tym idzie wielkości samochodu wynosi od 1450 do 1545 kg dla samochodów z segmentu C i 1100 kg dla samochodu z segmentu B. W porównaniu do analogicznych (o ile istnieją) modeli

o napędzie spalinowym masa pojazdów elektrycznych jest większa o ok. 200-300 kg. Dla przykładu Renault Fluence w wersji elektrycznej waży 1543 kg, a w wersji spalinowej od 1225 do 1288kg. Czas pełnego ładowania akumulatorów dla wszystkich pojazdów jest porównywalny i wynosi od 6 do 8 h.

3. Przegląd rozwiązań technicznych stosowanych w samochodach elektrycznych

Producenci pojazdów elektrycznych wprowadzają do swoich samochodów szereg nowoczesnych rozwiązań technicznych zwiększających poziom bezpieczeństwa, optymalizujących czas i koszt podróży. Analizę przeprowadzono na podstawie wybranych modeli samochodów elektrycznych.

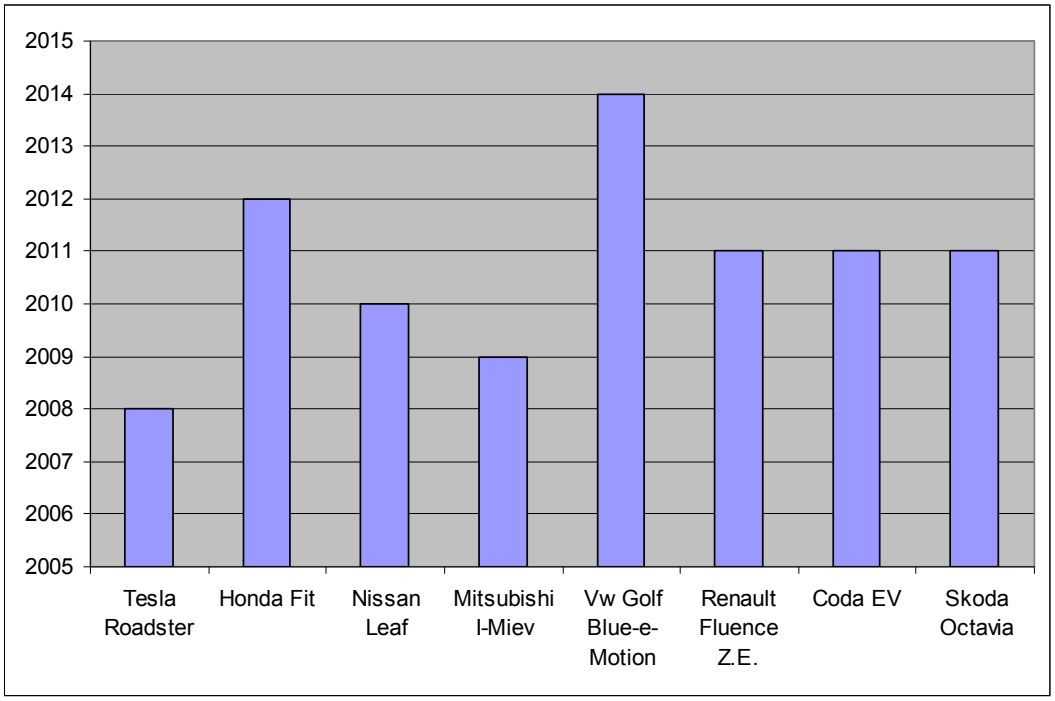
Największą wadą pojazdów elektrycznych z uwagi na małą ilość zgromadzonej w akumulatorach energii jest stosunkowo mały, w porównaniu do silników spalinowych, zasięg. W celu optymalizacji wykorzystania energii producenci stosują kompleksowe rozwiązania informatyczne, wykorzystujące komunikację bezprzewodową i nawigację satelitarną. Każdy egzemplarz „Nissan Leaf" jest wyposażony w system informacyjny, który komunikuje się z centralnym systemem zarządzającym, w celu ustalenia zasięgu podróży, możliwości osiągnięcia celu bez ładowania, a w przypadku niewystarczającego zapasu energii elektrycznej optymalnej stacji ładowania. Producent wykorzystał podwójny system ładowania, który w razie potrzeb umożliwia ładowanie w trybie szybkim (30 min) lub normalnym (6-8)h. Podobne rozwiązania stosują także inni producenci.

Podstawowym systemem zwiększającym zasięg pojazdu elektrycznego jest znany z samochodów hybrydowych układ regeneracyjnego hamowania, który w trakcie hamowania używa silnika elektrycznego w charakterze prądnicy i ładuje akumulatory pojazdu.

Kolejnym systemem, który wpływa znacząco na zasięg maksymalny samochodu jest układ klimatyzacji. W tradycyjnych samochodach do ogrzewania wykorzystywane jest ciepło pochodzące z procesu spalania paliwa w cylindrach. W samochodzie elektrycznym takiej możliwości nie ma. Firma Mitsubishi zastosowała w modelu i-Miev zautomatyzowany układ cyrkulacji ciepłej wody, który optymalizuje zużycie energii elektrycznej na potrzeby klimatyzacji.

Istotnym problemem z punktu widzenia bezpieczeństwa, w przypadku samochodów elektrycznych jest zbliżona do zera emisja hałasu przy niskich prędkościach. Jest to bardzo niebezpieczne, gdyż stwarza ryzyko niezauważenia pojazdu przez pieszych. Ryzyko jest szczególnie duże w terenie silnie zurbanizowanym, na parkingach, przy przejściach dla pieszych. W celu zapobiegania takim sytuacjom firma Nissan zastosowała system VSP „Vehicle Sound for Pedestrians". Urządzenie poprzez głośnik zamontowany z przodu auta będzie emitowało dźwięki aż do rozwinięcia przez samochód prędkości 35 km/h. Po przekroczeniu tej prędkości system będzie wyłączał się samoczynnie, aż do zmniejszenia prędkości do 25km/h przy której zostania automatycznie załączony.

W celu zabezpieczenia akumulatorów przed zniszczeniem w trakcie wypadku, co może skutkować poparzeniami pasażerów elektrolitem znajdującym się w bateriach, producenci stosują rozmaite rozwiązania redukujące możliwość takiego zdarzenia. Na przykład w samochodzie i-Miev zastosowano specjalnie wzmocnioną ramę, wewnątrz której umieszczono akumulatory.



Rys 1. Planowany harmonogram wprowadzenia na rynek samochodów elektrycznych.
Fig. 1. Planned time schedule for the introduction of the electric cars onto the market

Na rysunku 1 przedstawiono harmonogram wprowadzania na rynek poszczególnych samochodów elektrycznych. Pierwsze pojazdy pojawiły się w ofercie rynkowej w 2008 roku. Kolejne premiery są planowane w najbliższym czasie (do 2014 roku). Biorąc pod uwagę rozwój systemu dopłat i zachęt dla potencjalnych kupujących oraz szybki rozwój infrastruktury, szczególnie w bogatych krajach, należy przypuszczać, że rynek samochodów elektrycznych będzie się dalej rozwijał w coraz większym tempie.

4. Podsumowanie i wnioski

Rozwój rynku samochodów o napędzie hybrydowym oraz czysto elektrycznym jest wymuszony coraz bardziej restrykcyjnymi wymaganiami dotyczącymi emisji szkodliwych substancji. Większość z liczących się na rynku koncernów samochodowych niedawno wprowadziło na rynek lub zamierza to zrobić w najbliższym czasie model samochodu o napędzie czysto elektrycznym. Parametry oferowanych samochodów są zbliżone, niezależnie od producenta. Auta są wyposażone w zaawansowane rozwiązania techniczne i teleinformatyczne, których celem jest optymalizacja trasy przejazdu oraz zabezpieczenie przed rozładowaniem akumulatorów. Wysokie w porównaniu do samochodów o napędzie spalinowym ceny są ograniczane przez system zachęt rządowych poszczególnych krajów. Ma to na celu zwiększenie dostępności i popularyzację samochodów elektrycznych jako środka transportu.

LITERATURA:

[1] Rozporządzenie (WE) NR 715/2007 Parlamentu Europejskiego z dnia 20 czerwca 2007 r.
[2] Energy Conversion and Management, Volume 43, Issue 8, May 2002, Pages 1027-1042 G. H. Abd-Alla
[3] Applied Catalysis B: Environmental, Volume 16, Issue 2, 27 March 1998, Pages 155-164 Tatsuo Miyadera
[4] E. Menes, M. Menes, W. Gis, „Elektryczne pojazdy samochodowe jako jeden z kierunków dekarbonizacji transportu:, s. 49-62, Transport Samochodowy 2/2010, ISSN 1731-2795
[5] S. Radzimirski, S. Taubert, „Emisja dwutlenku węgla z transportu drogowego w Polsce", s. 77-88, Transport Samochodowy 2/2010, ISSN 1731-2795
[6] "Community Strategy to reduce CO2 emissions from passenger cars and light-commercial vehicles", http://www.europarl.europa.eu