

ANALIZA PROCESU ŁADOWANIA POJAZDU ELEKTRYCZNEGO Z FOTOWOLTAICZNYCH OGNIW SŁONECZNYCH

Artykuł przedstawia realia użytkowania pojazdów elektrycznych. W artykule rozważono możliwości ładowania pojazdów elektrycznych z systemu fotowoltaicznych paneli słonecznych. Badania obejmowały oprócz aspektów technicznych także badanie rynku pojazdów elektrycznych zwłaszcza w Europie i w Polsce. Została przedstawiona także obecna infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych. Zostały opracowane założenia konstrukcyjne do projektu parkingowej wiaty fotowoltaicznej.

WSTĘP

Pomimo bardzo szybkiego rozwoju technologii produkcji najnowszych samochodów elektrycznych, nadal nie brakuje sceptyków co do tego rozwiązania. Krytyce podlega przede wszystkim mały zasięg oraz mało rozwinięta dostępność punktów ładowania takich pojazdów [5, s. 94]. Koncerny motoryzacyjne w chwili obecnej apelują do europejskich polityków, aby w końcu uregulowali związane z tym kwestie prawno-finansowe w całej Unii Europejskiej. Upatrują one w tej sytuacji nowych możliwości produkcji i sprzedaży dużych ilości małych aut miejskich.

Unia Europejska wprowadziła ambitne plany walki z globalnym ociepleniem zakładając jego zmniejszenie o 2 °C w wyniku redukcji emisji dwutlenku węgla o 80-95% w latach od 1990 do 2050 roku [6, s. 10, 12]. W branży transportowej i motoryzacyjnej oznacza to 70% redukcję gazów cieplarnianych w porównaniu z rokiem 2008. Realizacja tych planów będzie możliwa dzięki pojazdom elektrycznym, które w ogóle nie emitują CO₂.

Okazuje się, że to właśnie pojazdy elektryczne są najbardziej ekonomicznie uzasadnionym sposobem na redukcję emisji CO₂ z pojazdów transportu indywidualnego i zbiorowego osób. W chwili obecnej wiele koncernów samochodowych ma już w swojej ofercie rynkowej małe elektryczne samochody miejskie. Każdy nowy model charakteryzują kolejne udoskonalenia i nowinki techniczne. Przykładem może być Renault Twizy, wprowadzony na rynek w 2012 roku.

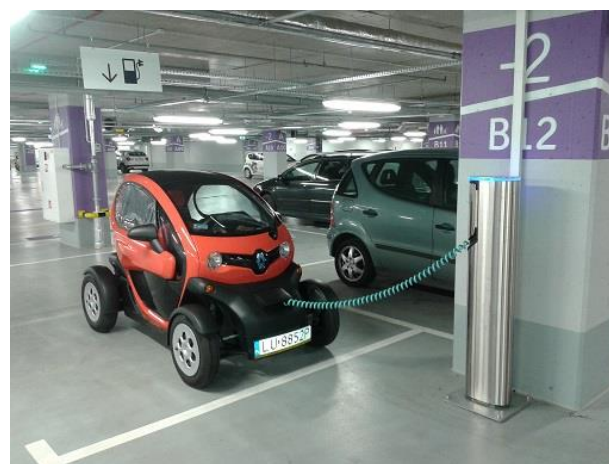
1. INFRASTRUKTURA ŁADOWANIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH

1.1. Wstęp

Ciągle zwiększająca się liczba pojazdów elektrycznych wymaga coraz większej liczby stacji ich ładowania. Z drugiej strony dobrze przygotowana strategia elektryfikacji, np.: danego miasta europejskiego, może zakładać wpięty budowę odpowiedniego zaplecza, które zachęci do zakupu aut elektrycznych. Stacje ładowania powinny być dostępne wówczas, gdy pojazd będzie zaparkowany na kilka godzin. Zatem ładowanie powinno być dostępne w domowym garażu oraz w pracy. Sprawa komplikuje się, gdy ktoś nie posiada garażu lub pracuje w centrum zatłoczonego miasta. W takich sytuacjach jedynym rozwiązaniem jest stworzenie infrastruktury publicznej do ładowania pojazdów elektrycznych. Jej warunki użytkowania i zasięg (ilość miejsc parkingowych i ilość wtyczek różnego rodzaju) powinny być stale monitorowane i rozbudowywane według aktual-

nych potrzeb i przewidywalnych trendów. Oferta producentów stacji ładowania pojazdów elektrycznych wynika z rzeczywistych potrzeb klientów i stanowi ona:

- garażowe naścienne punkty ładowania,
- słupki parkingowe w wydzielonych miejscach w centrum miast,
- słupki parkingowe w centrach handlowych (rysunek 1),
- słupki parkingowe przy popularnych restauracjach i kawiarniach,
- słupki parkingowe na stacjach benzynowych (zazwyczaj autostradowych),
- słupki parkingowe podłączone do ogniw fotowoltaicznych – obecny trend rozwojowy.



Rys. 1. Ładowanie pojazdu elektrycznego ze słupka parkingowego w jednym z lubelskich centrów handlowych

1.2. Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Europie

Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Europie jest bardzo zróżnicowana w zależności od kraju [9, s. 9]. Pomimo ustalonej polityki niskoemisyjnej nie wszystkie kraje wspólnotowe Unii Europejskiej stać na konsekwentne, a zwłaszcza na szybkie jej wdrażanie. Związane jest to z dużą inwestycją finansową związaną z zakupem technologii i jej zainstalowaniem oraz szeregiem zabiegów administracyjno-prawnych dotyczących wykonania planów i uzyskaniem pozwoleń.

Najbardziej zaawansowane pod tym względem są europejskie metropolie (stołeczności, ale nie tylko) walczące z efektem smogu. Ekologiczne pojazdy miejskie są rozwiązaniem tego problemu [8, s.

245]. Ale nie tylko konieczność zmusza do takich inwestycji. Może ona wynikać ze świadomości ekologicznej i potraktowania jej jako inwestycji dla przyszłych pokoleń. Edukować powinno się od najmłodszych lat poprzez dobry przykład. Dlatego pojazdy elektryczne oraz infrastruktura ich ładowania powinny być dla nas (Europejczyków) czymś normalnym.

Dobrze rozbudowana sieć sprzedaży aut elektrycznych, której towarzyszy adekwatna infrastruktura ładowania, istnieje w takich miastach jak Bruksela czy Amsterdam. Wysokie zarobki ich mieszkańców zachęcają do zakupu drogiej jeszcze bardzo pojazdów elektrycznych. Są to zazwyczaj auta luksusowe, rodzinne oraz typu SUV w technologii hybrydy plug-in.

Przykładem miasta borykającego się z ogromnymi problemami w postaci korków ulicznych i brakiem miejsc do parkowania w centrum jest Rzym. Okazuje się, że małe auta miejskie (typu Renault Twizy) pozwalają na szybkie, sprawne i bezpieczne poruszanie się w ruchu ulicznym i bezproblemowe parkowanie, gdyż szerokość pojazdu wynosi tylko 1,2 m. Rozwinięta technologia dostępu do publicznej infrastruktury ładowania jest szybka i łatwa. Za pomocą karty można uzyskać dostęp do sieci oraz miesięczne rozliczenie pobranych jednostek energii.

Internet umożliwia dostęp do całej aktualnej infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych. Portale podają dokładny adres oraz parametry techniczne danej stacji wraz z jej dostępnością.

1.3. Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Lublinie

Pierwsza stacja ładowania pojazdów elektrycznych w Lublinie zlokalizowana jest w centrum handlowym Tarasy Zamkowe. Klienci mają możliwość bezpłatnego ładowania swojego pojazdu elektrycznego podczas zakupów. Na rysunku 2 można zobaczyć, że producent oferuje ładowanie napięciem 230V i 400 V. Jednocześnie może być ładowany jeden pojazd.



Rys. 2. Stłpek parkingowy do ładowania pojazdów elektrycznych w jednym z lubelskich centrów handlowych

Rozrost infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych w Lublinie zostanie wymuszony przez rosnącą liczbę pojazdów elektrycznych. W 2014 roku w Lublinie były zarejestrowane 23 takie samochody, w 2015 roku jest ich 31. Aut hybrydowych jest za to 28 (stan na 14.05.2015 – Źródło Dziennik Wschodni). Od lipca 2016 roku w Lublinie powiększona zostanie strefa płatnego parkowania. Z opłat za parkowanie zwolnieni mają być użytkownicy samochodów z napędem elektrycznym. A także aut z napędem hybrydowym, o ile w ich świadectwie homologacji lub świadectwie zgodności WE widnieje adnotacja o emisji CO₂ poniżej 100 g/km. W Lublinie zare-

jestrowane są łącznie 42 pojazdy, które byłyby zwolnione z opłat (stan na 10.11.2015 – Źródło Dziennik Wschodni). Będzie to pierwsza z ulg dla posiadaczy pojazdów elektrycznych w tym mieście.

2. OBIEKT BADAŃ

Samochód Renault Twizy to pojazd ekologiczny – napędzany silnikiem elektrycznym, nieemitujący żadnych zanieczyszczeń dla środowiska. Oprócz proekologicznych rozwiązań, Twizy zaskakuje nowoczesną konstrukcją. Minimalistyczna forma pojazdu intryguje i skłania do zastanowienia, czy zaliczany do klasy osobowych kwadrykli jest na pewno samochodem. Swoim wyglądem przypomina bardziej innowacyjny skuter lub zadaszony quad, niż dotychczasowe modele miniaturowych aut elektrycznych i hybrydowych.

Prototyp modelu pojazdu Twizy ZE Concept został zaprezentowany w 2009 roku, na targach motoryzacyjnych Motor Show w Frankfurt nad Menem jako najnowsze osiągnięcie fabryki Renault w hiszpańskim Valladolid. Prototyp Twizy był odpowiedzią na potrzebę lekkiego, kompaktowego auta prostego w użytkowaniu, odpowiadającego klimatycznym warunkom śródziemnomorskim. Dodatkowym podkreśleniem zalet auta została nazwa modelu – „Twizy” stworzona przez połączenie dwóch angielskich słów – „twin” (podwójny, przeznaczony dla dwóch osób) i „easy” (łatwy w obsłudze).

Współczesna wersja Renault Twizy produkowana jest od 2012 roku, rok później była dostępna również w Polsce. Optymalne przystosowanie auta do warunków miejskich, sprawia, że cieszy się on szczególną popularnością wśród mieszkańców nowoczesnych metropolii. Parametry techniczne Twizy Life 80 potwierdzają, że pojazd z powodzeniem łączy w sobie prostotę obsługi i swobodę przemieszczania się z inteligentnym wykorzystaniem nowoczesnych, energooszczędnych rozwiązań technicznych. Twizy Life 80, napędzane silnikiem elektrycznym, potrzebuje zaledwie 4 godzin do naładowania swojej baterii litowo-jonowej zastępującej tradycyjny akumulator [2, s. 46, 47]. Pozwala to na przebycie dystansu minimum 50 km, a przy stosowaniu zasad ekologicznej jazdy antycypacyjnej – utrzymywanie stałej prędkości przez płynną jazdę bez ostrego hamowania czy też gwałtownego przyspieszania, zwiększa zasięg przemieszczenia się przy jednym doładowaniu do 100 km. Umożliwia to zastosowanie mechanizmu hamowania odzyskowego, połączonego z napędem samochodu na tylnie koła. Twizy Life 80 jest autem zwrotnym, dynamicznie przyspieszającym, co jest niezbędne do sprawnego wykonywania manewrów w ruchu miejskim. Dodatkowo ułatwieniem jest fakt, że Twizy nie posiada skrzyni biegów. Zastąpiono ją przyciskami do jazdy do przodu i do tyłu umieszczonych po lewej stronie kierownicy. Przedstawiane przez producenta Renault dane zapewniają, że auto od 0 do 45 km/h rozpędza się w 6,1 s, a na pokonanie 50 m ruszając z zatrzymania potrzebuje 6,6 s. Twizy Life 80 rozwija maksymalną szybkość 85 km/h, co jest w pełni wystarczające także w warunkach podmiejskich.

3. BADANIA PROCESU ŁADOWANIA POJAZDU ELEKTRYCZNEGO

Renault Twizy, dzięki wbudowanej pokładowej przetwornicy, może być ładowany ze zwykłej sieci elektrycznej 230V. Wykorzystywane do tego są punkty dostępu do energii elektrycznej umieszczone na zewnątrz budynków (rysunek 3). Problemem pozostaje jednak ilość i dostęp do takich punktów. Kolejnym problemem jest samo rozliczenie poboru energii elektrycznej (ilość, cena oraz sposób zapłaty). Można do tego wykorzystać ogólnie dostępny wato-

mierz z kalkulatorem energii dostępny już w większości marketów budowlanych w cenie ok. 50 PLN (rysunek 4).



Rys. 3. Ładowanie pojazdu elektrycznego z zewnętrznego gniazdka elektrycznego



Rys. 4. Watomierz z kalkulatorem energii

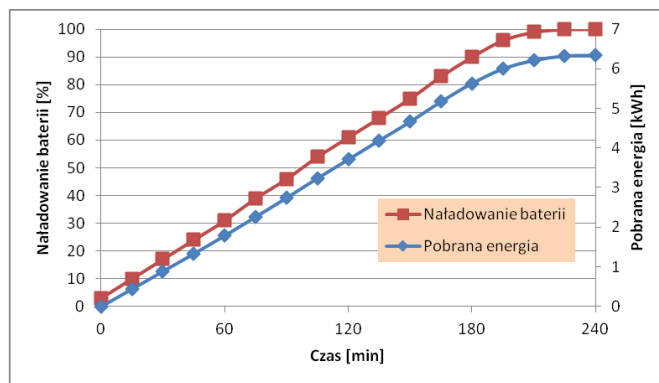
Przyjazny kierowcy Renault Twizy software pokładowy wyświetla stan naładowania akumulatora oraz podaje przybliżony zasięg przy zachowaniu podobnych warunków jazdy. Bardzo ułatwia to planowanie przejazdów z uwzględnieniem kolejnych doładowań akumulatorów. Software również działa podczas procesu ładowania. Przeprowadzone przez autorów liczne badania wykazały, że Renault Twizy podczas ładowania pobiera chwilową moc wynoszącą od 1700 do 2000 W. Pełne ładowanie (od niemal całkowitego rozładowania - 3% do automatycznego zakończenia ładowania - 100%) trwa około 4 godzin co wynika z danych zebranych w Tabeli 1. W tym czasie pojazd pobiera z sieci ok. 7 kWh energii. Stanowi to koszt jednego ładowania od 2,1 PLN do 4,5 PLN w zależności od posiadanej taryfy zakupu energii elektrycznej. Zgromadzona energia pozwala na zasięg pojazdu od 50 do 90 km. Są to ogólne spostrzeżenia autora będącego właścicielem Renault Twizy w oparciu o roczny okres eksploatacji w różnych warunkach drogowych i atmosferycznych. W tym okresie pojazd przejechał ponad 7500 km.

Tab. 1. Dane procesu ładowania pojazdu elektrycznego

L.p.	Czas [min]	Moc chwilowa [W]	Pobrana energia [kWh]	Naładowanie baterii [%]
1	0	1714	0	3
2	15	1767	0,442	10
3	30	1794	0,888	17
4	45	1830	1,335	24
5	60	1863	1,790	31

6	75	1883	2,263	39
7	90	1899	2,744	46
8	105	1915	3,240	54
9	120	1930	3,715	61
10	135	1951	4,195	68
11	150	1970	4,665	75
12	165	1985	5,176	83
13	180	1991	5,635	90
14	195	1991	6,002	96
15	210	361	6,218	99
16	225	358	6,330	100
17	240	35	6,346	100

Jak wynika z wykresu przedstawionego na rysunku 5 w procesie ładowania Renault Twizy można zauważyć 180 minutowy odcinek charakteryzujący się proporcjonalną zależnością stopnia naładowania baterii i pobieranej energii od czasu ładowania. W tym czasie naładowanie baterii osiąga 90%. W ciągu ostatnich 60 minut ładowania zostaje uzupełniona kolejne 10%. Moc chwilowa pobierana przez przetwornicę w tym ostatnim odcinku została znacznie zmniejszona w stosunku do głównego odcinka ładowania. W instrukcji obsługi pojazdu można przeczytać, że proces ładowania baterii trakcyjnej może zostać w każdej chwili rozpoczęty i przerwany. Możliwe jest zatem nawet krótkotrwale doładowywanie baterii.



Rys. 5. Wykres przebiegu procesu ładowania baterii wraz z poborem energii

4. ANALIZA MOŻLIWOŚCI ŁADOWANIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH Z FOTOWOLTAICZNYCH OGNIW SŁONECZNYCH

Ogniwa fotowoltaiczne wykorzystujące energię promieniowania słonecznego do produkcji energii elektrycznej są uważane za jedno z najbardziej ekologicznych źródeł energii. Związane jest to z ich znikomym negatywnym wpływem na środowisko zarówno podczas wytwarzania energii, jak również w trakcie produkcji samych ogniw oraz ich utylizacji [1, s. 12]. Obecnie produkowane są ogniwa monokrystaliczne (czarne), polikrystaliczne (dające się barwić), amorficzne oraz ogniwa typu thin film (dostępne również w wielu kolorach) [6, s. 8-10]. Różnią się one nieznacznie parametrami prądowymi. W znacznym stopniu zaś różnią się ceną, która w decydujący sposób wpływa wciąż na duże wykorzystanie paneli polikrystalicznych w Polsce [7, s. 3].

Technologia fotowoltaicznych ogniw słonecznych może zostać połączona z technologią pojazdów elektrycznych. Podczas ładowania pojazdów elektrycznych z Odnawialnych Źródeł Energii jak i podczas ich użytkowania do atmosfery nie zostają wydzielane żadne zanieczyszczenia [3, s. 22].

Na rysunku 6 przedstawiono ładowanie pojazdu Renault Twizy z systemu 3 paneli fotowoltaicznych zbudowanych w różnych technologiach. Ich moc nie była wystarczająca do pokrycia zapotrzebowania na moc podczas procesu ładowania pojazdu. Autorzy zasto-

sowali więc podejście określane jako prosumenckie. System fotowoltaiczny oddawał wyprodukowaną energię do sieci elektrycznej, z której pojazd elektryczny pobierał ją do ładowania baterii.



Rys. 6. Ładowanie pojazdu elektrycznego z fotowoltaicznych ogniw słonecznych

5. ZAŁOŻENIA KONSTRUKCYJNE CARPORTU DO ŁADOWANIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH

Wiatła fotowoltaiczna jest doskonałym pomysłem na wytwarzanie energii elektrycznej bez pobierania jej z zewnątrz. Może również posłużyć jako stacja do ładowania samochodów elektrycznych, jako dodatkowe źródło zasilania budynku i zadaszone miejsce parkingowe równocześnie.

Aby w sposób autonomiczny zasilić pojazd Renault Twizy z systemu paneli fotowoltaicznych generowana w każdych warunkach moc musi spełniać zapotrzebowanie odbiornika w postaci ładowarki pokładowej. Jest tu mowa o mocy ok. 2000 W, która może być zapewniona przy dobrym nasłonecznieniu przez 8 standardowych paneli fotowoltaicznych. Jednak uwzględniając sezonowość pogody w Polsce oraz występowania zachmurzenia system powinien być odpowiednio większy.

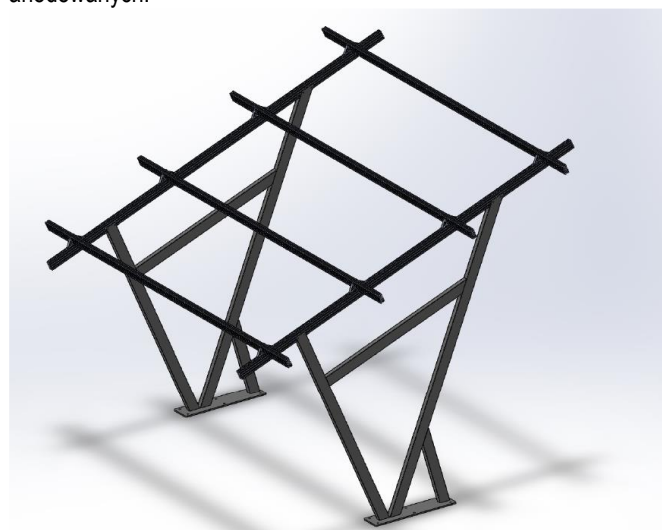
Do wszelkich założeń projektowych związanych z projektowaniem systemów fotowoltaicznych możemy obecnie założyć:

- wymiary standardowego panelu 1000 mm x 1500 mm (1 m x 1,5 m) co stanowi powierzchnię 1,5 m²,
- moc standardowego panelu wynoszącą 250 W.

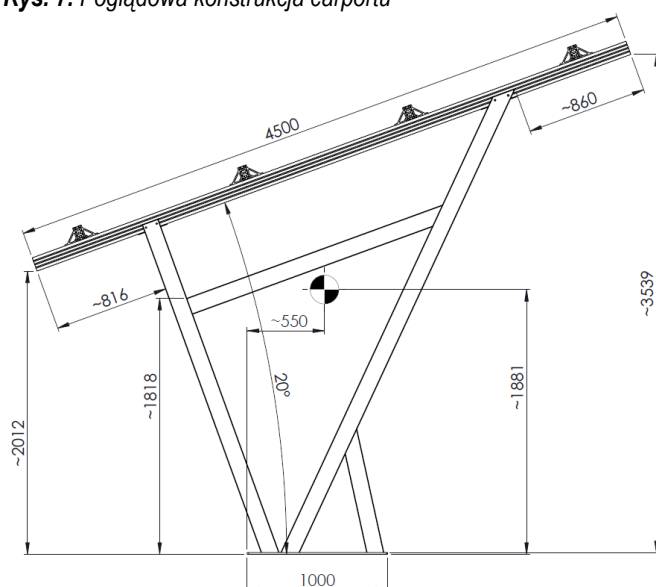
Autorzy podjęli się opracowania założeń konstrukcyjnych takiego carportu. Carport będzie umożliwiał ładowanie pojazdów elektrycznych zaparkowanych pod wiatłą parkingową. Wielkość carportu będzie uzależniona od dostępnej powierzchni parkingowej, która może zostać zadaszona a także od zapotrzebowania na ładowanie pojazdów elektrycznych. W chwili braku odbioru energii przez pojazdy, carport dostarcza energię elektryczną do sieci elektrycznej. Innowacyjny carport cechuje się atrakcyjnym designerem pomocnym w budowaniu ekologicznego wizerunku instytucji, w której się znajduje. Będzie także przystosowany do warunków klimatycznych panujących w Polsce i w krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Obecne w krajach Europy Zachodniej i Południowej rozwiązania nie spełniają wymogów wytrzymałościowych związanych z maksymalnym obciążeniem konstrukcji spowodowanej opadami śniegu. Innowacyjna konstrukcja zostanie obliczona wytrzymałościowo oraz wykorzysta bardzo wytrzymałe panele w technologii szkło-szkło pozwalające spełnić takie wymogi i uzyskać stosowne certyfikaty pozwolenia.

Przeprowadzone obliczenia dowiodły, że do ładowania Renault Twizy w każdych warunkach potrzebny jest carport składający się z 15 standardowych paneli fotowoltaicznych o łącznej mocy 3750 W. Przedstawiona na rysunku 7 i 8 konstrukcja składa się z elementów w postaci spawanych z profili metalowych i ocynkowanych (w

celu zabezpieczenia antykorozyjnego) podpór oraz elementów nośnych paneli wykonanych z aluminiowych profili ciągnionych i anodowanych.



Rys. 7. Poglądowa konstrukcja carportu



Rys. 8. Rzut boczny carportu z wymiarami

Parkingowe stacje ładowania pojazdów elektrycznych są niezbędnym elementem infrastruktury dla pojazdów elektrycznych, które coraz szybciej wchodzi na rynek europejski a także polski. Produkt stanowi innowację na poziomie międzynarodowym z tego także powodu, że jest elementem zero emisyjnego transportu osób i towarów.

PODSUMOWANIE

Rynek pojazdów elektrycznych, jak i jego ogromne otoczenie, rozwija się bardzo dynamicznie zarówno w Europie, jak i na całym świecie. Również w Polsce odnotowuje się systematyczny wzrost zainteresowania i zakupu pojazdów elektrycznych, pomimo iż są one w chwili obecnej zbyt drogie biorąc pod uwagę przeciętne wynagrodzenie w Polsce.

Połączenie technologii pojazdów elektrycznych z możliwością ich ładowania z Odnawialnych Źródeł Energii jest najbardziej ekologicznym sposobem zasilania pojazdów. Nie występuje wtedy emisja gazów cieplarnianych ani innych substancji regulowanych przez UE, zarówno na etapie wytwarzania energii jak i użytkowania pojazdu.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguado-Monsonet M., *The enviromental impact of photovoltaic technology*, EC Technical Report Series 1998
2. Informator techniczny BOSCH, *Napędy hybrydowe, ogniwa paliwowe i paliwa alternatywne*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, wydanie 1, Warszawa 2010
3. Linde Arvids, *Electric Cars The Future is Now!: Your Guide to the Cars You Can Buy Now and What the Future Holds*, Veloce Publishing, 2010 Poundbury, ISBN: 978-1-845843-10-6
4. Merkisz J., *Pojazdy hybrydowe i elektryczne, a sprawa Polska*. Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2012
5. Merkisz J., Pielecha J., Radzymirski S., *Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2012
6. Park Naukowo-Technologiczny Euro-Centrum, *Rynek fotowoltaiki w polsce – diagnoza*, Katowice 2013
7. Rosolek K., Santorska A., Więcka A., *Polski rynek PV w liczbach*, Czysta Energia nr 10/2013
8. Rudnicki T., *Pojazdy z silnikami elektrycznymi. Zeszyty Problemy – Maszyny Elektryczne Nr 80/2008*
9. *Technology Roadmap Electric and plug-in hybrid electric vehicles*, Paris, OECD/IEA, 2011

Analysis of electric vehicle charging with photovoltaic solar cells

Paper presents the real aspects of electric vehicles using. The article considers the possibility of an electric vehicle charging by photovoltaic solar panels. The studies included in addition to the technical aspects of the electric vehicle market research, especially in Europe and in Poland. It was presented as the current infrastructure charging electric vehicles. In the end part was presented project of photovoltaic carport.

Autorzy:

dr inż. **Arkadiusz Małek** – Instytut Badawczo-Rozwojowy Lubelskiego Parku Naukowo-Technologicznego Sp. z o.o., ul. Dobrzańskiego 3, 20-262 Lublin, a.malek@lpnt.pl.

mgr inż. **Dawid Kowalczyk** – Politechnika Lubelska