

# Koncepcja Przemysłu 4.0 dla małoseryjnej produkcji samochodów elektrycznych

Tomasz Mirosław, Marcin Mirosław

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki analizy przebiegu realizacji programu „rozwoju polskiej elektromobilności” z punktu widzenia inwestora prywatnego. Przedstawiono prognozy przebiegu oraz przyczyny obserwowanego stanu rzeczy. Jednocześnie zaprezentowano koncepcję rozwoju produkcji pojazdów elektrycznych poza wielkimi koncernami w oparciu o lokalny łańcuch dostawców, której produkty będą uzupełnieniem luki w rozwoju ekologicznego transportu.

Elektromobilność powinna być ważnym elementem strategii rozwoju mającym wpływ na poprawę standardu życia nie tylko w miastach, ale głównie w rejonach podmiejskich i wiejskich. Pojazdy elektryczne wraz z rozbudową infrastruktury przyczynią się do stabilizacji sieci energetycznej i poprawy niezawodności zasilania poprzez możliwość jego buforowania. Jednak, aby rozwijał się system, potrzebny jest pojazd, który zaspokajając

podstawową potrzebę przemieszczania się, będzie stymulował rozwój odnawialnych źródeł energii i infrastruktury. Produkcja samochodów elektrycznych w technologii zbliżonej do wielkoseryjnej produkcji pojazdów spalinowych jest zbyt droga i niemożliwa do realizacji w Polsce. A wysoka cena produkcji nie pozwala na przełamanie bariery poziomu skali użytkowników. Problem ten dotyczy większości krajów UE. Z tego względu powstało konsorcjum międzynarodowe do realizacji projektu AVANGARD, którego celem jest budowa demonstratora sieci małych firm produkujących samochody elektryczne w oparciu o koncepcję Przemysłu 4.0. W artykule przedstawiono założenia i planowany przebieg projektu z przewidywanymi korzyściami dla polskich firm.

Słowa kluczowe: produkcja samochodów elektrycznych, technologia produkcji, koncepcja I 4.0 dla produkcji samochodów elektrycznych, sieć dostawców

## INDUSTRY 4.0 CONCEPT FOR SMALL SERIES ELECTRIC CAR PRODUCTION

**Abstract:** This article presents the results of the analysis of the program: “Polish Electromobility Development”, the forecasts and the diagnoses and its causes from private investor point of view. The concept of developing EV production outside large corporations OEM will be presented. This concept bases on a chain of SME suppliers, working in network in I 4.0 concept, whose products will fill the gap in the development of green transport. The electromobility should be an important element of the development strategy, and would have to impact on improving the live standard in cities and in suburban and rural areas as well. Electric

vehicles together with the infrastructure will contribute in stabilization of the energy network and improve its reliability by buffering. But for the system, the “true car”, which will satisfy the customer needs is needed. The production of electric cars, like production of combustion vehicles in OEM, is too expensive. It would never break the barrier of users volume. This problem concerns others countries in the EU. For this reason, an international consortium was founded for AVANGARD project. The paper will present the assumptions and planned course of this project with expected benefits for Polish companies.

Keywords: electric vehicle production, concept of I 4.0 for electric vehicles, supplier chain for EV

## 1. Wstęp

Ogłoszona w roku 2016 przez Rząd Polski strategia zrównoważonego rozwoju [1] zawierała również strategię rozwoju elektromobilności i alternatywnych źródeł energii [2, 3].

Dało to optymistyczny impuls startowy dla wielu przedsiębiorców, naukowców i konstruktorów, którzy od lat zajmowali się pojazdami elektrycznymi i technologiami kluczowymi i pokrewnymi, takich jak producenci silników elektrycznych, przetworników energoelektronicznych oraz systemów kumulacji energii elektrycznej. Powstały różnego rodzaju konstrukcje samochodów elektrycznych, część projektowana i wytwarzana jako nowe konstrukcje, część zaś oparta na adaptowaniu i prze-rabianiu istniejących pojazdów spalinowych. W ogłoszonym

w 2019 roku raporcie [4], sporządzonym przez zespół ekspertów na zamówienie Ministerstwa Przedsiębiorczości i Technologii, pozytywnie oceniono przebieg wdrażania strategii.

Jako sukces polskiej myśli technicznej należy odnotować rozwój firm wytwarzających autobusy elektryczne, zwłaszcza „Solarisa”.

Pozytywnie i z dużą nadzieją pisano o URSUSIE, który obecnie przestał liczyć się jako producent pojazdów ekologicznych, ale za to pod koniec 2019 roku swoje pierwsze rozwiązania przedstawił AUTOSAN.

Dość optymistycznie rysuje się sytuacja producentów „baterii” i ładowarek.

Determinacja Rządu we wdrażaniu elektromobilności przejawia się między innymi w zarządzeniu zobowiązującym władze lokalne do budowy infrastruktury ze ścisłym określeniem ilości ładowarek. Rozbudowa infrastruktury wydaje się konieczna dla rozwoju elektromobilności.

Raport opisuje również stan sieci energetycznej i faktyczne możliwości rozwoju infrastruktury ładowania. Nie wszystkie informacje są optymistyczne, ale dopóki nie ma realnego zapotrzebowania na przepustowości sieci, nie stanowi to realnego problemu. Spodziewane niedobory rozwoju infrastruktury, będą prawdopodobnie rozwiązywane wraz z ich pojawianiem się lub prognozowaniem i identyfikowaniem zapotrzebowania.

W raporcie przyznano, iż mimo to, że Polska jest dużym producentem części samochodowych, nie mamy producenta samochodów.

Próby produkcji samochodów były podejmowane przez kilka firm, ale nie zakończyły się sukcesem rynkowym.

Okazuje się, że aby osiągnąć sukces rynkowy, nie wystarczy złożyć pojazd z dostępnych na rynku części.

Samochód elektryczny ma prostszą budowę systemu napędowego niż samochody o napędzie spalinowym. Obecnie niezawodność i koszty obsługi pojazdu, mimo obaw o stan i czas eksploatacji baterii, są na zadowalającym poziomie. I mogłoby się wydawać, że podjęcie produkcji elektrycznych samochodów osobowych w Polsce jest rzeczą prostą.

Pojawia się pytanie, czy Polska ma szansę na rozwinięcie własnej produkcji samochodów osobowych?

Innym problemem, który może spowodować obniżenie entuzjazmu, są koszty eksploatacji związane z zakupem energii do podróżowania. Z opublikowanego [6] raportu wynika, iż koszty przejazdów długodystansowych samochodem elektrycznym są wyższe niż przejazdów samochodem spalinowym. Dodając do tego problematyczny – zbyt długi – czas ładowania, zdecydowanie może to zniechęcić do podróżowania elektrycznymi pojazdami między miastami. Problematyczny jest też ślad węglowy, jaki pozostawiają samochody elektryczne ładowane energią elektryczną produkowaną w elektrowniach ciepłych, zwłaszcza opalanych węglem. Zastąpienie klasycznych pojazdów spalinowych klasycznymi pojazdami elektrycznymi nie daje użytkownikowi szczególnych korzyści. Konwencjonalne podejście do pojazdów elektrycznych w modelu użytkownika jak do spalinowych nie zlikwiduje korków i nie skróci czasu dojazdów. Co do zanieczyszczeń powietrza, coraz częściej podnosi się problem innych zanieczyszczeń pochodzących od transportu, takich jak pył z opon, który łatwo wnika w nasze organizmy.

Ale z drugiej strony w kraju wprowadzane są strefy zeroemisyjne, dopuszczające jedynie ruch samochodów elektrycznych. Wprowadzane są również czasowo przywileje dla pojazdów elektrycznych, pozwalające na jazdę bus-pasem w miastach, co może skłonić wiele osób do zakupu takich pojazdów. Rozwijają się również energetyka oparta na odnawialnych źródłach energii OZE.

Analizując model użytkownika pojazdów osobowych w Polsce, można śmiało stwierdzić, że jesteśmy krajem stworzonym do elektromobilności. Stosunkowo gęsta sieć dróg i struktura zamieszkania, typowa dla płaskiego ukształtowania terenu,

oraz wzrost zamożności społeczeństwa, które jest stosunkowo mobilne (dojazdy do pracy, szkół, na zakupy i inne zajęcia) wymusza posiadanie kilku samochodów w rodzinie.

Niestety obecnie ten drugi pojazd oprócz podstawowej cechy, że ma jeździć, ma być tani. Stąd też nie słabnie biznes handlu używanymi samochodami z Europy zachodniej, która wzbija się się starych pojazdów.

Polska jako importer używanych aut pomaga krajom zachodnim rozwijać ich transport ekologiczny. Wobec tego trudno liczyć na to, aby do Polski były eksportowane w atrakcyjnej/preferencyjnej cenie samochody elektryczne. Wprowadzane w krajach zachodnich dopłaty do samochodów elektrycznych oraz możliwość sprzedania starego auta do Polski stymuluje rozwój elektromobilności.

Wprowadzenie restrykcyjnego prawa dotyczącego zakupów pojazdów w Polsce jest nierealne i byłoby ogólnie nieakceptowalne dla społeczeństwa, tak jak odejście od energetyki opartej na węglu, który oprócz energii elektrycznej daje nam ciepło i jest podstawowym paliwem w wielu gospodarstwach.

A ponadto, obecnie dotowanie zakupów drogiej aut elektrycznych jest dotowaniem ludzi majątniejszych.

Czy oznacza to, że polska elektromobilność będzie dostępna dla Kowalskiego gdy zaczną napływać do Polski używane samochody elektryczne?

Na razie wygląda na to, że tak będzie. Ilość importowanych używanych samochodów hybrydowych oraz import z USA używanych samochodów elektrycznych potwierdza ten scenariusz.

Ale czy polskie firmy mogą konkurować z wielkimi koncernami uznawanymi za OEM (*Original Equipment Manufacturer*), których również nie stać na opracowanie indywidualnie konstrukcji pojazdów, co jest widoczne w podobieństwie sylwetek samochodów oraz stosowaniu tych samych podzespołów?

Wątpliwości te przejawiają nawet instytucje państwowe, zlecając opracowanie programów firmom zagranicznym. I poszukujące partnerów zagranicznych do programu polskiego samochodu elektrycznego IZERA.

Właściwa odpowiedź jest taka, że nie możemy konkurować, ale istnieje luka, gdzie polskie firmy mogą zaspokoić potrzeby konsumentów i jednocześnie rozwinąć niezależny od zewnętrznych gigantów samochodowych własny rynek producentów części i integratorów pojazdów.

Patrząc na elektromobilność szerzej niż na zastąpienie silników spalinowych silnikami elektrycznymi, dostrzeżemy w niej szansę na zmianę modelu:

- systemu komunikacji;
- pojazdów – zoptymalizowanych do potrzeb użytkownika;
- relacji użytkownik – producenci i warsztaty serwisowe;
- struktury systemu energetycznego;
- sieci dostawców usług „okołoelektromobilnościowych”.

Możemy bardzo skorzystać na aktualnych trendach.

Dają one szczególną szansę głównie małym i średnim przedsiębiorstwom (MŚP) poszukującym nowych obszarów działalności.

W pewnym sensie można tu znaleźć analogię do okresu upowszechniania się samochodów z silnikiem spalinowym na początku XX w., kiedy wiele małych zakładów produkowało lokalnie pojazdy na zamówienie. Początek XX w. to również

okres produkcji samochodów elektrycznych między innymi przez firmę Tomas A. Edisona Inc.

Czy uda się to samodzielnie polskim firmom? – być może tak. Ale czy zdążymy zrobić to samodzielnie. A z drugiej strony jak MŚP mają zdobyć *know-how* i technologie?

Jednak podobne problemy dotyczą wielu państw europejskich, w tym tych z wielkimi tradycjami w wytwarzaniu pojazdów, a które w skutek nadmiernej globalizacji tracą swoje tradycyjne europejskie specjalizacje – nie wykorzystując swojej wiedzy i doświadczenia.

Połączenie sił do wspólnego opracowania i upowszechniania projektów i technologii dostosowanych do lokalnego wytwarzania tanich pojazdów elektrycznych, zaspokajających potrzeby lokalnych użytkowników, jest ideą, która przyświecała współuczestnikom projektu AVANGARD. Nowoczesne technologie produkcji i wspomaganie bezpieczeństwa pojazdów oraz współdziałania oparte na cyfryzacji produkcji (Przemysłu 4.0) dają możliwości opłacalnej produkcji małoseryjnej modułowych pojazdów elektrycznych o cechach dostosowanych do indywidualnych potrzeb użytkownika. Takie podejście przy samochodach z silnikami spalinowymi wydawało się niemożliwe.

## 2. Projekt AVANGARD

Kryzys branży Automotive spowodował migrację kapitału i fabryk wytwarzających samochody. Wiele lokalnych firm zaopatrujących wielkich wytwórców utraciło możliwości rozwoju i egzystencji. Nasilające się w tym samym czasie ruchy proekologiczne, oraz potrzeby miejskiego i podmiejskiego transportu dały szansę rozwoju potencjału wielu firm poza systemem zbudowanym przez „wielki przemysł samochodowy”.

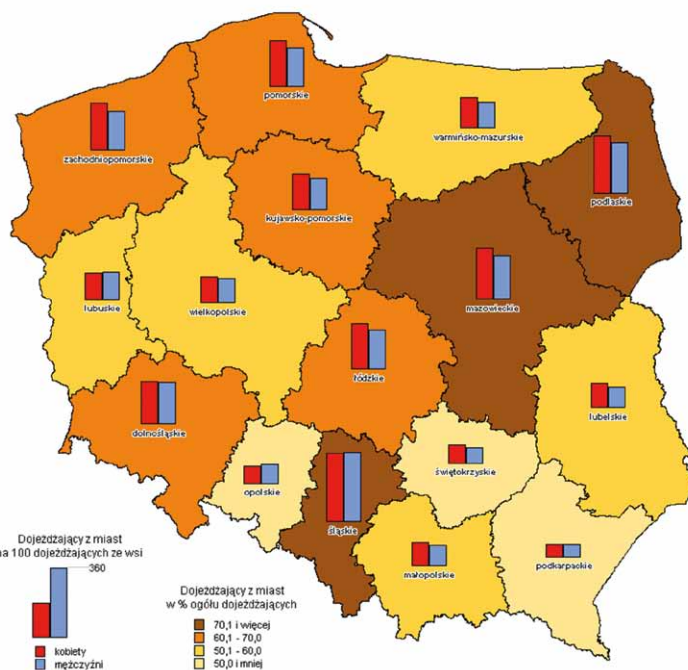
Wycofanie się wielkich producentów samochodów z Polski w latach 2010–2011 spowodowało zachwianie ekonomii Polski. Były to lata ogólnego kryzysu sektora producentów pojazdów i całego sektora „automotive” w Europie.

Członkowie grupy roboczej Automotive Europejskiej Platformy Technologicznej Systemów Inteligentnych EPOSS, w której brała udział polska firma BUMAR Sp. z o.o., uznali, że już czas na powrót do elektromobilności w miastach. Przedstawiciele polskiej firmy szczególnie byli aktywni w promowaniu tej idei. Również wiele polskich uczelni włączyło się aktywnie w projekty międzynarodowe, zdobywając i rozwijając kompetencje w tej dziedzinie.

Powstały wówczas projekty e-MOBY, których założenia były oparte na analizie polskiego rynku użytkowników i poddostawców.

Okazuje się, że wśród ogółu dojeżdżających do pracy: 29,0% pokonuje odległość do 5 km, (50,9%) – od 6 do 20 km, 15,4% – od 21 do 50 km, a tylko 4,7% powyżej 50 km [5].

Dominują zatem dojazdy na niezbyt duże odległości (do 20 km). Aktualne badania prowadzone pod kątem wykorzystania transportu aktywnego – rowerowego – pokazują niewielką zmienność w tym zakresie. A rok pandemii zaburzył ogólne trendy rozwoju „eco-mobilności” opartej na transporcie publicznym. Z oczywistych względów zmniejszyła się ilość pokonywanych kilometrów, zwłaszcza związanych z dowozem dzieci i młodzieży w okresie nauki zdalnej.



**Rys. 1.** Struktura dojeżdżających do pracy wg badań GUS

Przez 10 lat zrealizowano wiele projektów badawczo-rozwojowych z udziałem polskich uczelni i instytutów. Projekty te zaowocowały dojrzałą konstrukcją modułowego pojazdu. Jednak jego wdrożenie do produkcji uzależnione jest albo od wielkich korporacji lub polityki rządu, albo od chęci współpracy i dostosowania technologii wytwarzania do możliwości MŚP. Obecny projekt AVANGARD koncentruje się na opracowaniu i testowaniu takiej technologii wytwarzania.

### 2.1. Założenia projektu

Projekt oparty na koncepcji wytwarzania I 4.0 zakłada, że może powstać europejska sieć miniproducentów samochodów elektrycznych, która dzieli się swoimi kompetencjami i możliwościami produkcji.

W wielu krajach, takich jak Polska, spodziewany jest okres przejściowy rozwoju elektromobilności indywidualnej, charakteryzujący się niewielkim, ale stopniowo rosnącym pobytem na samochody elektryczne. Samochody te powinny spełniać szczególne wymagania klientów oraz być tanie w utrzymaniu i serwisowaniu.

Konstrukcja i technologia wytwarzania dostosowana jest do możliwości małych firm działających w sieci I 4.0. W ramach sieci są projektowane, zamawiane i wytwarzane moduły integrowane i testowane u producenta, zgodnie z certyfikowaną metodyką.

Pojazdy w swej konstrukcji są pomyślane jako element systemu elektroenergetycznego, stabilizującego sieć energetyczną i podnoszącego opłacalność rozwoju alternatywnych źródeł energii.

Pojazdy dostosowane są do współpracy z siecią gospodarstw domowych oraz do komunikowania się z użytkownikiem. Pojazd nabiera cech aktualnego użytkownika identyfikowanego w chwili uruchamiania pojazdu. Pojazd uczy się zachowań i optymalizuje styl jazdy, aby poruszać się bezpiecznie i ekologicznie.



Modułowe rozwiązania mają pozwolić na różnorakie adaptacje zabudowy oraz budowę pojazdów klasy L7e i M1.

Konstrukcja pojazdu dostosowana ma być do stosowania rodziny podzespołów produkowanych przez lokalnych dostawców według przekazanych wymagań udostępnianych przez integratora, z zachowaniem zasad bezpieczeństwa. Zakłada się, że w Polsce powstanie jedna z firm produkujących pojazdy.

Elementy będą wytwarzane z wykorzystaniem technologii laserowych, takich jak laserowe cięcie i łączenie materiałów oraz druk 3D. Część prac wymagających zachowania wszelkich procedur będzie zautomatyzowana lub poddawana bieżącej kontroli komputerowej podczas ich wykonywania. Wprowadzony zostanie skomputeryzowany i zdalnie monitorowany system kontroli jakości wytworzonych podzespołów, ich przepływów i montowania.

Zakładany koszt pojazdu nie powinien odbiegać od kosztu pojazdów spalinowych podobnej klasy.

## 2.2. Geneza i doświadczenia uczestników projektu

Uczestnikami projektu jest 20 firm z południowej i środkowej Europy. Stanowią one multidyscyplinarne konsorcjum: producentów maszyn, zakładów przetwórczych, instytutów badawczo-naukowych, projektantów i integratorów systemów.

Większość firm lub pracowników tych firm brało udział w projektach MOBY, w ramach których powstały demonstratory technologii oraz prototypy bezpiecznych i tanich pojazdów elektrycznych. W odróżnieniu od ofert firm azjatyckich pojazdy te okazały się w pełni funkcjonalne i spełniające normy bezpieczeństwa. Opracowana konstrukcja mogła być wytworzona w zakładzie zatrudniającym 4 wykwalifikowane osoby.

Przykład adaptacji modułowego rozwiązania na bazie wyników projektu PLUS-MOBY przedstawia rys. 2.

Szacowane koszty wytworzenia pojazdów kształtują się na poziomie podobnym do wytwarzania pojazdów klasy L7e /M1.

## 2.3. Spodziewane efekty projektu

Efektom projektu w Polsce ma być demonstrator minifabryki produkującej samochody elektryczne klasy L7e i M1.

W przypadku sukcesu fabryka ta ma być rozbudowana do osiągnięcia poziomu produkcji 50 samochodów dziennie.

Zakłada się, że powstanie sieć lokalnych wytwórni samochodów na obszarze Polski, będących blisko klienta i użytkownika.

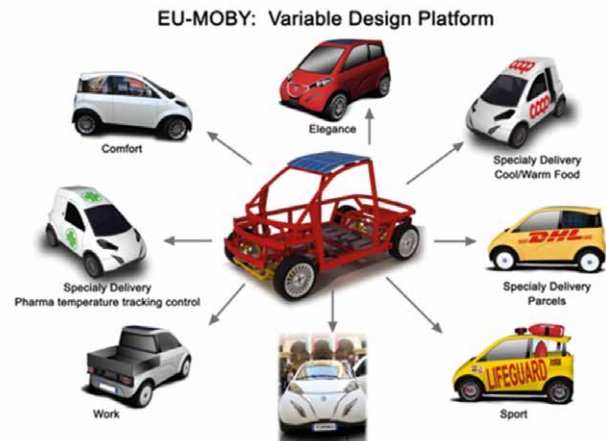
Opracowany zostanie program szkolenia serwisantów możliwy do realizacji w szkołach zawodowych.

Przewidywana jest konstrukcja pojazdów dedykowanych dla wypożyczalni samochodów, małego biznesu, dostaw żywności oraz pojazdów o podwyższonych zdolnościach terenowych z napędem 4x4.

Wersje pojazdu klasy L7e (wymagające posiadania prawa jazdy kategorii AM) o konstrukcji bezpiecznej z obniżoną mocą silnika i rozbudowanymi funkcjami, bezpieczeństwa aktywnego i zdalnego monitorowania pasażera.

## 3. Podsumowanie

Polska ma wciąż szansę na rozwój produkcji samochodów osobowych klasy L7e i M1 wypełniających lukę pomiędzy lekimi pojazdami i samochodami produkowanymi przez duże



Rys. 2. Przykładowe zabudowy pojazdu o modułowej konstrukcji opracowanego w ramach europejskiego projektu PLUS MOBY

koncerny. Pojazdy tej klasy, dostosowywane do potrzeb klienta, prawdopodobnie nie będą w zakresie zainteresowania wielkich producentów ze względu na skalę produkcji. Samochody te dedykowane jako kolejne samochody w rodzinie, o wysokim poziomie bezpieczeństwa i niskich kosztach obsługi, ładowane z przydomowych ładowarek, mogą okazać się istotnym ogniwem w komunikacji. Jednak samodzielne opracowanie konstrukcji, bez bazowania na doświadczeniach europejskich, byłoby zbyt kosztowne do wdrożenia i utrzymania.

## Literatura

- [1] <http://snepl.edu.pl/sms/materialy/strategia%20zrównowazonego%20rozwoju%20polski%20do%20roku%202025.pdf>.
- [2] Ustawa o elektromobilności – Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. 2018 r., poz. 317, z późn. zm.).
- [3] Strategia Zrównowazonego Rozwoju Transportu do 2030 roku: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/projekt-strategii-zrównowazonego-rozwoju-transportu-do-2030-roku2>.
- [4] Raport końcowy *Analiza stanu rozwoju oraz aktualnych trendów rozwojowych w obszarze elektromobilności w Polsce*. Atmoterm SA, 2019.
- [5] Opracowanie GUS 2014: „Wybrane aspekty aktywności ludności”, Narodowy spis ludności i mieszkań 2011.

Projekt finansowany ze środków KE Grant Agreement number: 869986 – AVANGARD – H2020-NMBP-TR-IND-2018-2020/H2020-NMBP-FOF-2019.

Artykuł był oryginalnie wysłany na XXIX Konferencję Naukowo-Techniczną „Problemy eksploatacji maszyn i napędów elektrycznych” i opublikowany w: „Maszyny elektryczne – Zeszyty Problemowe”.



dr inż. Tomasz Mirosław, Polevs Sp. z o.o.  
e-mail: tomasz.miroslaw@polevs.pl  
mgr inż. Marcin Mirosław, Polevs Sp. z o.o.  
e-mail: marcin.miroslaw@polevs.pl