

# Samochody elektryczne

*Samochody elektryczne są już w zasięgu ręki. Zastępowanie nimi aut spalinowych może się jednak opóźnić ze względów politycznych*

Daniel Sperling

**W** Stanach Zjednoczonych samochody spalają połowę zużywanej w całym kraju ropy oraz emitują prawie połowę miejskich zanieczyszczeń i jedną czwartą gazów powodujących efekt cieplarniany. Podobnie jest w pozostałych uprzemysłowionych krajach oraz miastach rozwijającego się świata. Wraz z postępem motoryzacji Stany Zjednoczone, a także inne państwa będą musiały w nadchodzącym dziesięcioleciu zająć się tym problemem lub ponieść nie dające się zaakceptować koszty ekonomiczne, zdrowotne i polityczne. Mało prawdopodobne, by ceny ropy pozostały na dotychczasowym niskim poziomie ani też by inne kraje zgodziły się na duży i ponadto ciągle wzrastający udział Stanów Zjednoczonych w zmianach klimatycznych zachodzących na Ziemi.

Politycy i przemysłowcy mają cztery możliwości: ograniczenie używania samochodów, zwiększenie sprawności silników spalinowych i zmniejszenie emisji spalin, zmianę paliwa na mniej szkodliwe lub znalezienie czystszej napędu. Ostatnia z nich, a w szczególności wprowadzenie napędu elektrycznego, jest najbardziej realna.

Pozostałe rozwiązania – atrakcyjne w teorii – okazują się jednak bądź mało praktyczne, bądź dają tylko marginalną poprawę. Na przykład ograniczenie motoryzacji mogłoby uciszyć protesty oraz rozwiązać wiele problemów społecznych i ochrony środowiska, lecz doniesienia napływające z całego świata wskazują, że trudno będzie namówić ludzi, by zrezygnowali z własnych samochodów na skalę dającą zauważalny efekt. W Stanach Zjednoczonych liczba osób korzystających z publicznej komunikacji oraz związany z tym park samochodowy zmniejszyły się od czasu II wojny światowej. Nawet w gęsto zaludnionej Europie Zachodniej „nasyconej” środkami masowego transportu, gdzie cena paliwa wynosi przeciętnie więcej niż dolar za litr, samochody osobowe ciągle przewożą około 80% podróżujących.

Zwiększenie sprawności silników także jest ważne, ale prace nad rozwiązaniem tego zagadnienia tylko w minimalnym stopniu posunęły się w ciągu ostatnich 10 lat. Inne paliwa, takie jak alkohol metylowy lub gaz ziemny, można by wprowadzić stosunkowo niskim kosztem, lecz dałoby to jedynie marginalne zmniejszenie zanieczyszczeń i emisji gazów powodujących efekt cieplarniany (zwłaszcza że koncerny naftowe wydają miliardy dolarów rocznie na opracowanie „czystszej” benzyny).

Samochody o napędzie elektrycznym nie powodowałyby takiego zanieczyszczenia miast oraz efektu cieplarnianego i w zbliżającym się dziesięcioleciu pozwoliłyby stworzyć podstawy prawie „czystego” systemu komunikacyjnego. Mimo że historia samochodów elektrycznych jest tak stara jak aut z silnikami spalinowymi, osiągnięcia technologiczne lat osiemdziesiątych, łącznie z „produktami ubocznymi” rewolucji informatycznej i Wojen Gwiezdnych, zdają się wskazywać, że ta forma transportu stanie się w końcu wystarczająco efektywna i tania, by konkurować z opartą na benzynie. Zdobycie dobrze ufortyfikowanych pozycji samochodów spalinowych będzie jednak wymagało wspólnego wysiłku przemysłu i rządu. Korzyści wynikające z ochrony środowiska muszą bowiem stać się solidną zachętą do nabywania nowego rodzaju pojazdów.

## Wzrost sprawności

Termin „samochód o napędzie elektrycznym” odnosi się nie tylko do aut czerpiących energię z ładowanych w domu akumulatorów, ale także do wyposażonych w urządzenia generujące prąd elektryczny lub inne niż akumulator źródła energii. Ich wspólnym elementem jest wysoko sprawny silnik elektryczny napędzający koła i pozwalający odzyskać energię traconą podczas hamowania. Silnik w samochodach spalinowych – przeciwnie – pracuje bez przerwy



i przekazuje napęd na koła poprzez szereg przekładni i sprzęgieł oraz na prądnice zasilającą osprzęt pojazdu.

Pojazdy elektryczne mają wyższą od spalinowych sprawność, a więc generalnie z wielu powodów są od nich „czystsze”. Wynika to m.in. z tego, że silnik elektryczny bezpośrednio napędza koła i nie pracuje, gdy samochód stoi lub zjeżdża w dół. To podnosi efektywną sprawność o mniej więcej  $\frac{1}{5}$ . W czasie jazdy po mieście przewagę daje im system odzyskiwania energii tra-

conej przy hamowaniu polegający na tym, że w czasie zmniejszania prędkości jazdy silnik pracuje jak generator. W ten sposób do akumulatorów powraca prawie połowa energii kinetycznej pojazdu, co jest ogromnie cenne zwłaszcza w jeździe miejskiej, gdy często trzeba się zatrzymywać i ruszać.

**POJAZD ELEKTRYCZNY** firmy Renault został zbudowany z lekkich podzespołów, co zmniejsza obciążenie silnika. Charakterystyka auta o napędzie elektrycznym doskonale odpowiada wymogom miejskiego samochodu o krótkim zasięgu.

Co więcej, sprawność samego silnika elektrycznego wynosi ponad 90%, podczas gdy spalinowego mniej niż 25%. Mimo że akumulatory podczas ładowania zwykle czerpią prąd wytwarzany przez system energetyczny, którego średnia sprawność wynosi 33%, napęd elektryczny zachowuje jeszcze 5-pro-



GAMMA LIAISON



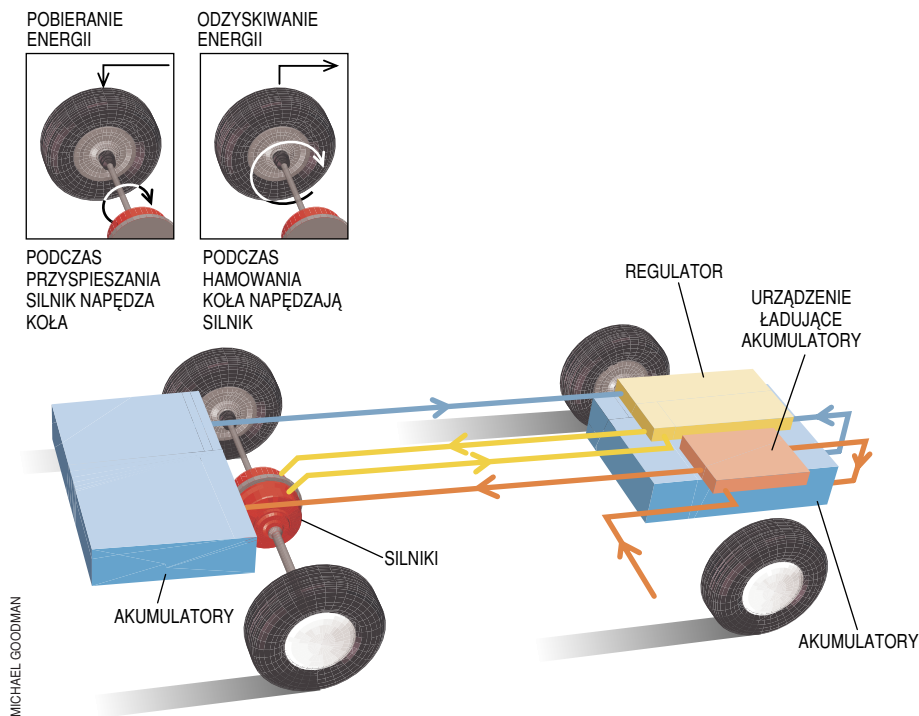
centową przewagę nad spalinowym. Innowacje, takie jak odzyskiwanie energii ze strat kominowych w konwencjonalnych elektrowniach, wkrótce podniosą ich sprawność do około 50%, zwiększając proporcjonalnie ostateczną sprawność pojazdu. Ogniwa paliwowe wytwarzające energię elektryczną bezpośrednio w samochodzie przez spalanie wodoru charakteryzują się jeszcze wyższą sprawnością.

Kolejną zaletą napędu elektrycznego jest zmiana lokalizacji źródeł zanieczyszczenia. Konwencjonalne samochody emitują z rur wydechowych tlenek węgla i inne zanieczyszczenia wszędzie, gdzie tylko się pojawiają, natomiast zanieczyszczenia pochodzące ze spalających węgiel lub olej elektrowni występują zwykle miejscowo i na terenach odsuniętych od dużych skupisk ludności.

Wyposażone w akumulatory pojazdy praktycznie wyeliminowałyby emisję tlenku węgla oraz lotnych węglowodorów, a także w znacznym stopniu ograniczyły emisję tlenków azotu. Na obszarach obsługiwanych przez „brudne” elektrownie węglowe marginalnie zwiększyłoby to emisję tlenków siarki oraz zapylenie. Zanieczyszczenie związane z produkcją akumulatorów i silników elektrycznych jest do pominięcia.

Samochody hybrydowe (wyposażone w mały silnik spalinowy oraz silnik elektryczny wraz z akumulatorem) zmniejszą emisję zanieczyszczeń prawie w tym samym stopniu co samochody elektryczne. Tam, gdzie większość energii jest produkowana w elektrowniach węglowych, takie właśnie rozwiązanie może okazać się lepsze. Największy efekt będzie oczywiście obserwowany w regionach, w których źródłem energii elektrycznej są „czyste” elektrownie wodne, wiatrowe, słoneczne i atomowe. Mogłaby na tym na przykład skorzystać Kalifornia – gdzie większość wytwarzanej energii elektrycznej pochodzi ze ściśle nadzorowanych elektrowni gazowych i nie powodujących zanieczyszczeń elektrowni wodnych i nuklearnych – oraz Francja, gdzie część elektryczności jest generowana w siłowniach jądrowych.

Środowisko może na tym bardzo zyskać. W wielu aglomeracjach Stanów Zjednoczonych zanieczyszczenie powietrza przekracza dopuszczalne normy ochrony zdrowia i nie znosi się tam na zmiany do 2000 roku. Zanieczyszczenie powietrza w Los Angeles jest tak duże, że nawet gdyby usunięto z jego ulic wszystkie samochody, to i tak miasto nie zmieściłoby się w normach. Wiele innych regionów USA ma nikłe szanse sprostania wymogom prawnym



**GŁÓWNE ZESPOŁY** samochodu o napędzie elektrycznym to akumulatory, regulator i silnik. Przesyłanie energii w formie prądu eliminuje konieczność przekazywania jej za pośrednictwem mechanizmów. Każdorazowa zmiana silnika w generator (rysunki w ramkach) podczas hamowania zapewnia powrót energii do systemu magazynującego.

nawet po zastosowaniu znacznie czystszych silników spalinowych. A w takich punktach globu, jak Bangkok, Katmandu czy Meksyk, zanieczyszczenie powietrza jest jeszcze większe niż w Los Angeles.

### Magazynowanie energii

Obecne na rynku samochody o napędzie elektrycznym są wyposażone w akumulatory kwasowo-ołowiowe ładowane ze zwykłych gniazdek ściennych. Mało prawdopodobne, by mogły one zawojsować świat. Akumulatory te są nie tylko drogie i ogromne, ale nie pozwalają na przebycie po naładowaniu drogi dłuższej niż 150 km. Problem ten często zniechęca. Niesłusznie: po pierwsze, wydaje się, że istnieje duże zapotrzebowanie na krótkie przejazdy, a po drugie, nowe rodzaje urządzeń magazynujących energię elektryczną właśnie opuszczają laboratoria i wchodzi na linie produkcyjne.

Regionalna ankieta, którą przeprowadziłem wraz z kolegami z University of California w Davis, pokazuje, że niemal w połowie gospodarstw domowych znajduje się więcej niż jeden samochód. Większość z tych gospodarstw, a przypada na nie ponad 70% nowo nabytych samochodów, mogłaby zadowolić się drugim samochodem o zasięgu nie przekraczającym 180 km. Wielu an-

kietowanych zaakceptowałoby nawet krótszy dystans. Korzyści dla środowiska naturalnego oraz możliwość ładowania akumulatorów w domu (wielu kierowców nie lubi tankowania na stacjach benzynowych) kompensuje ograniczony zasięg.

Wydaje się, że rola akumulatorów będzie malała. Zastąpią je inne urządzenia, na przykład opracowywane obecnie superkondensatory magazynujące duże ilości energii, ładowane i rozładowywane w krótkim czasie, także rotory, które gromadzą energię w obracającym się dysku, oraz ogniwa paliwowe przetwarzające chemiczne paliwo w energię elektryczną i emitujące przy tym jedynie parę wodną.

Superpojemnościowe kondensatory zawdzięczają swój wczesny rozwój programowi Wojen Gwiezdnych. Zaawansowane techniki wytwarzania mogą wyeliminować w konwencjonalnych kondensatorach niewielkie wady izolacji, które powodują ich samoczynne rozładowywanie. Nowe materiały umożliwiają oddzielenie węgla i płynnego elektrolitu znacznie cieńszą warstwą niż przedtem. W rezultacie superkondensator potrafi zgromadzić około 15 Wh (jest to ilość energii potrzebna do napędzania silnika o mocy 1 kW przez 1 min) w objętości jednego litra, a jednolitrowe urządzenie może być rozładowywane przy trzykilowatowym poborze

mocy. Niewielkie superkondensatory są już dostępne i wykorzystywane w kalkulatorach, zegarkach i elektrycznych golarkach.

Rotory magazynujące energię zostały po raz pierwszy użyte w pojazdach w latach pięćdziesiątych. Napędzane nimi autobusy jeździły w Szwajcarii ulicami Yverdon. Rotory rozkręcane na każdym przystanku. Od tego czasu ich konstrukcja zasadniczo się jednak zmieniła. Dzisiaj kompozytowe wirniki osiągają prędkość 100 tys. obrotów na sekundę. Jedynym ograniczeniem jest wytrzymałość ich pierścieni na rozciąganie. Magnetyczne łożyska zredukowały tarcie do tego stopnia, że w ciągu 4 dni wirnik traci jedynie 10% zmagazynowanej energii.

Prawdopodobnie pierwsze wysokie mocy superkondensatory i rotory pojawią się w komercyjnych pojazdach około 2000 roku. Ponieważ urządzenia te bardzo szybko mogą oddawać energię, będą używane w chwilach największego zapotrzebowania, kiedy pojazd przyspiesza lub pokonuje wzniesienie, sprzęgnięte zaś z nimi akumulatory posłużą podczas jazdy z ustaloną prędkością. To pozwoli na zmniejszenie rozmiarów akumulatorów i przedłuży ich żywot.

Pojawiające się nawet w najbardziej optymistycznych prognozach nowoczesne urządzenia magazynujące energię nie wytrzymują porównania z 1197 MJ zmagazynowanymi w 38-litrowym baku benzyny. Dlatego też wielu badaczy przewiduje, że najpopularniejszymi samochodami będą pojazdy hybrydowe,

wyposażone w napęd elektryczny, ale równocześnie także w niewielkie silniki spalinowe ładujące akumulatory, kondensatory lub też inne magazyny energii.

Przeciętne zapotrzebowanie na moc poruszającego się po autostradzie samochodu osobowego wynosi około 10 kW, tak więc silnik może być całkiem mały, a akumulatory energii ładować w okresach minimalnego poboru mocy i gwałtownie rozładowywać podczas przyspieszania. Jeśli pojazd porusza się ze stałą prędkością, silnik spalinowy osiąga sprawność 40%, a zatem ogólna sprawność samochodu hybrydowego byłaby nawet wyższa niż pojazdu z napędem elektrycznym.

Być może najbardziej obiecującym rozwiązaniem są ogniwa paliwowe. Wielu naukowców widzi w nich sukcesory silników spalinowych. Są one obecnie głównym punktem wspólnego przedsięwzięcia rządu amerykańskiego i Wielkiej Trójki producentów samochodowych, tzw. Partnerstwa dla Pojazdów Nowej Generacji. Ogniwa paliwowe generują energię elektryczną, spalając wodór; wytwarzają przy tym parę wodną oraz dwutlenek węgla i zasadniczo nie emitują innych zanieczyszczeń. (Zmodyfikowane wersje tych urządzeń mogą korzystać z innych paliw, takich jak gaz ziemny, metan lub benzyna, kosztem sprawności i wzrostu ilości zanieczyszczeń.) Choć urządzenia te są stosowane najczęściej jako źródła zasilania statków kosmicznych, wczesna ich wersja posłużyła do napę-

du eksperymentalnego traktora już w 1959 roku. Wyposażone w nie prototypowe autobusy zbudowane niedawno wykazały przydatność tej technologii, ale jej cena wciąż jest zbyt wysoka.

Ogniwo paliwowe z membraną wymiany protonowej (PEM – proton exchange membrane), obecnie najbardziej atrakcyjny kandydat do zastosowania w samochodach elektrycznych, kilka lat temu kosztowało w przeliczeniu na 1 kW blisko 100 tys. dolarów. Przypuszczalnie jednak około roku 2000 cena spadnie do kilku tysięcy dolarów, a być może po uruchomieniu produkcji seryjnej nawet do 100 dolarów za kilowat. To już pozwala im konkurować z silnikami spalinowymi. Daimler-Benz ogłosił w lipcu ub. r., że rozpocznie sprzedaż Mercedesa wyposażonych w ogniwa paliwowe już w roku 2006.

### Pojazdy przyjazne dla środowiska

Ogniwa paliwowe będą źródłem zasilania produkującym najmniej zanieczyszczeń. Wodór z punktu widzenia ochrony środowiska i technologii jest idealnym paliwem. Można go uzyskać z wielu źródeł, a gdy złoża paliw naturalnych zaczną się wyczerpywać i ich ceny wzrosną, najprawdopodobniej będzie wytwarzany z wody za pomocą baterii słonecznych. Jeśli „słoneczny” wodór sprawdziłby się w praktyce, system transportu nie zanieczyszczałby otoczenia, a zużywana energia byłaby odnawialna. Cena nie powinna przekroczyć dolara za ilość równoważną litrowi benzyny.

W ciągu ostatnich lat obserwowany jest także intensywny postęp w technologii pojazdów elektrycznych. Rewolucja w metodach magazynowania i przetwarzania energii elektrycznej, sterowanie elektroniczne oraz oprogramowanie i nowe materiały stwarzają wiele możliwości. Dzięki rozwojowi elektroniki skonstruowano na przykład systemy przekazywania mocy, które ważą i kosztują tylko 40% tego, co ich ekwiwalenty sprzed 10 lat. Do wczesnych lat dziewięćdziesiątych w zasadzie wszystkie pojazdy elektryczne były napędzane silnikami prądu stałego, ponieważ najłatwiej je zasilac z akumulatorów.

Rozwój lekkich i niewielkich falowników (urządzeń przetwarzających prąd stały czepiany z akumulatorów na zmienny, pozwalający na uzyskanie większej sprawności napędu silników elektrycznych) umożliwił odejście od silników prądu stałego. Silniki prądu zmiennego są bardziej niezawodne, łatwiejsze w obsłudze i sprawniejsze od

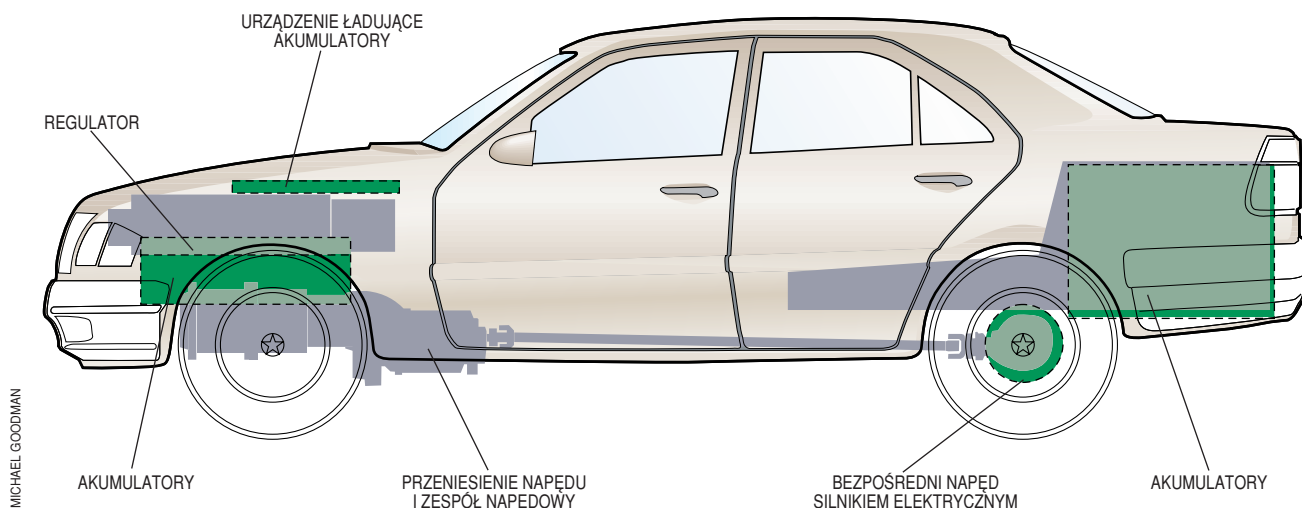
## Elektryczne samochody mniej zanieczyszczają

(Udział procentowy w emisji zanieczyszczeń)

	WODORO-TLENKI	TLENEK WĘGLA	TLENKI AZOTU	TLENKI SIARKI	PYŁY
Francja	-99	-99	-91	-58	-59
Niemcy	-98	-99	-66	+96	-96
Japonia	-99	-99	-66	-40	+10
Wielka Brytania	-98	-99	-34	+407	+165
Stany Zjednoczone	-96	-99	-67	+203	+122
Kalifornia	-96	-97	-75	-24	+15

ŹRÓDŁO: Choosing an Alternative Fuel: Air Pollution and Greenhouse Gas Impacts (OECD, Paryż 1993). Ocena dotycząca USA na podstawie: Q. Wang, M. DeLuchi i D. Sperling, „Emission Impacts of Electric Vehicles”, Journal of the Air and Waste Management Association, vol.40, nr 9, ss. 1275-1284, IX/1990.

**SAMOCHODY ELEKTRYCZNE** zasilane z akumulatorów, wchodząc do powszechnego użytku, zmniejszyłyby produkcję głównych związków zanieczyszczających powietrze miejskie. Dane uzyskano na podstawie symulacji komputerowej. Zanieczyszczenia pochodzące z elektrowni mogłyby jednak osłabić ten efekt lub nawet zwiększyć emisję pewnych związków i zapylenie, szczególnie w krajach, w których energia elektryczna pochodzi z elektrowni opalanych węglem lub olejem (Wielka Brytania, Stany Zjednoczone).



**MINIATURYZACJA** w dziedzinie elektroniki oraz postęp w konstrukcji silników i akumulatorów pozwoliły na zmniejszenie ich ciężaru o 60% w okresie ostatnich 10 lat (starsze urządzenia pokazano w kolorze fioletowym, nowsze w ciemnozielonym, a nakładające się w jasnozielonym). Pociągnęło to za sobą zmniejszenie ciężaru zawieszenia i elementów konstrukcyjnych, co z kolei umożliwiło uzyskanie równoważnych osiągnięć nawet za pomocą mniejszych zespołów napędowych.

tamtych, łatwiej także przystosować je do systemu odzyskiwania energii traconej podczas hamowania. Silniki elektryczne w połączeniu z elektroniką mocy są mniejsze i lżejsze niż porównywalne silniki spalinowe.

Każdy liczący się na świecie producent samochodów inwestuje zarówno w badania nad pojazdami o napędzie elektrycznym, jak i w mniej istotne technologie produkcji, na przykład opon samochodowych i nagrzewnic. W ich wyniku powstaną bardzo czyste i sprawne auta przyszłości, ale na razie wiele z tych rozwiązań stosuje się w samochodach z silnikami spalinowymi.

Choć producenci samochodów z całego świata wydali zapewne w latach dziewięćdziesiątych miliard dolarów na badania związane z samochodem elektrycznym, inwestycja to stosunkowo mała na tle przemysłu jako całości. Przemysł samochodowy w samych tylko Stanach Zjednoczonych przeznacza ponad 5 mld rocznie na reklamę, a jeszcze więcej na prace badawczo-rozwojowe. Koncerny naftowe wydadzą w tym dziesięciolecie około 10 mld tylko na unowocześnienie rafinerii w celu wytwarzania zmodyfikowanej benzyny emitującej podczas spalania mniej związków szkodliwych.

Wiele poczynionych do tej pory inwestycji było wynikiem nacisków rządowych. W 1990 roku Kalifornia wprowadziła wymóg zerowej emisji, tj. zobowiązała wytwórnie samochodowe, by do 1998 roku przynajmniej 2% produkowanych przez nie pojazdów nie emitowało w ogóle zanieczyszczeń, 5% do 2001 i 10% do 2003. (W przeliczeniu na auta daje to 20 tys. „czystych” samo-

chodów w 1998 roku.) Niewypełnienie zobowiązania pociągnie za sobą karę w wysokości 5 tys. dolarów za każdy nie dostarczony na rynek samochód zerowej emisji. Niewiele później stany Nowy Jork i Massachusetts wprowadziły podobne zarządzenia.

Główni producenci aut energicznie sprzeciwili się nowym regulacjom prawnym, lecz jednocześnie zintensyfikowali programy badawczo-rozwojowe, licząc się z nieskutecznością protestu i pojawieniem się popytu na samochody elektryczne w kraju lub za granicą. Najgłośniejsze narzekano na to, że przemysł jest zmuszany do dostarczenia kosztownego produktu, podczas gdy konsumentów nie zachęca się do jego kupowania – choć działania lokalnych i federalnych władz miały do tego właśnie doprowadzić.

W marcu ub. r. Kalifornia uległa naciskom lobby samochodowego oraz rafineryjnego i wycofała się z ilościowych wymagań dotyczących lat 1998 i 2001, obstając tylko przy zobowiązaniu do produkcji samochodów elektrycznych oraz finalnym zaleceniu na rok 2003. Ekspertsi przemysłowi uważają, że poziom sprzedaży tego rodzaju pojazdów w Stanach Zjednoczonych nie przekroczy 5 tys. sztuk rocznie do początku XXI wieku.

Czynnikiem decydującym o ewentualnym sukcesie jest koszt pojazdu – ciągle niepełny. Nominalna cena wprowadzonego ostatnio na rynek EV1, będącego produktem General Electric, wynosi 33 tys. dolarów. Inny wytwórca samochodów elektrycznych, Solectria, sprzedaje swe nieliczne egzemplarze za 30 tys. i 75 tys. dolarów, zależnie od ro-

dzaju akumulatorów (zasadowo-niklowe pozwalające napędzać samochód na dystansie ponad 320 km zwiększają cenę w stosunku do samochodu wyposażonego w akumulatory ołowiowo-kwasowe o prawie 40 tys. dolarów). Prowokujący zawsze do spekulacji proces powstawania przepisów pozwala oponentom, a także zwolennikom snuć pesymistyczne i optymistyczne prognozy, nie jest więc możliwe ustalenie ceny pojazdu do czasu uruchomienia masowej produkcji. Historia innych wyrobów, w tym konwencjonalnych samochodów, świadczy jednak, że przy masowej produkcji cena może spaść o więcej niż połowę w porównaniu z aktualną [wykres na następnej stronie].

### Niepewna przyszłość

Przemysłowcy, czując się nieuchronnie skazani na produkcję elektrycznych pojazdów, opracowują strategie obniżenia kosztów wytwarzania. Wielu z nich (w tym Peugeot) zastępuje po prostu silniki spalinowe, baki i przekładnie w istniejących samochodach silnikami elektrycznymi, akumulatorami i regulatorami, wprowadzając minimalne modyfikacje. Inni, jak Ford, sprzedają „szybowce” (samochody pozbawione jednostek napędowych) mniejszym zakładom, które następnie wyposażają je w napęd elektryczny. Trzecia ze strategii polega na budowie bardzo małych pojazdów, takich jak Mercedes Smart zwany popularnie Swatchmobile, dla rozwijającego się rynku miejskich samochodów o ograniczonym zasięgu. Spośród głównych producentów jedynie General

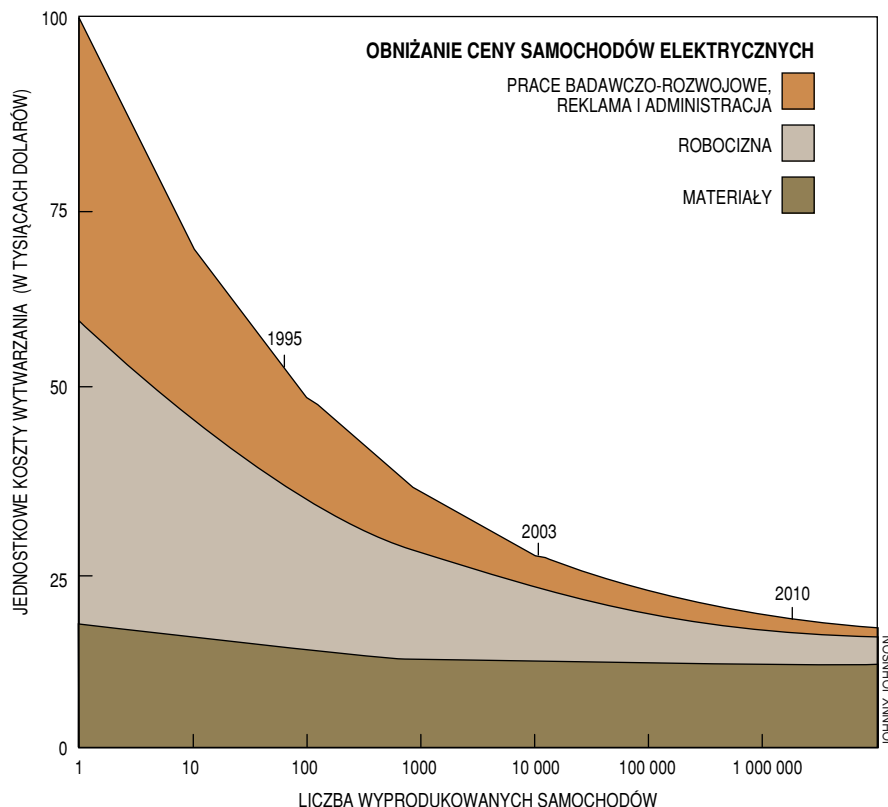


Motors ma zamiar zaangażować się w masową produkcję samochodu zaprojektowanego od początku na napęd elektryczny.

Koszty akumulatorów (i ogniów paliwowych) prawdopodobnie zawsze będą podwyższały cenę samochodów elektrycznych w stosunku do spaliniowych. Jednakże koszty eksploatacji liczone na kilometr powinny być zbliżone. Paliwo samochodów elektrycznych jest tanie, koszty utrzymania minimalne, a trwałość silników elektrycznych znacznie większa niż spaliniowych. Te ostatnie pociągają za sobą konsekwencje społeczne, takie jak zanieczyszczenie powietrza, efekt cieplarniany oraz inne, co powinno chyba przechylić szalę na stronę pojazdów elektrycznych.

Decydenci i handlowcy muszą uświadomić przyszłym nabywcom potencjalne zyski. Jest to jednak trudne do osiągnięcia. W Kalifornii, gdzie srogie normy czystości powietrza utorowały drogę do elektrycznych samochodów, starają się ją zagrozić wytwórnice samochodów i koncerny naftowe. W skali USA nadzieje związane z Partnerstwem dla Samochodów Nowej Generacji zostały pogrzebane z powodu niedofinansowania, politycznych przepychanek i zbytniej ostrożności. W rezultacie wewnętrznych konfliktów samochody, które miano wyprodukować w 2004, zostaną skonstruowane w 1997 roku. Tak więc Partnerstwo spowoduje jedynie marginalne modyfikacje zamiast wymusić wprowadzenie ogniów paliwowych oraz innych radykalnie nowych technologii.

Wydaje się jednak pewne, że napęd elektryczny wyprze silniki spaliniowe; być może nie nastąpi to w krótkim czasie, nie wszędzie jednocześnie i nie całkowicie, ale niechybnie. Pozostaje zatem pytanie, kiedy i w jakiej formie przeprowadzić tę zmianę. Najważniejszą nauką płynącą z zaistniałej sytuacji jest to, że rząd powinien robić to, co robi najlepiej: stworzyć klimat, w którym koszty społeczne takie jak



**EKONOMICZNA SKALA PRODUKCJI** powinna pozwolić na obniżenie ceny pojazdów. Obecnie wytwarza się kilka sztuk dziennie. W produkcji masowej cena pojazdu będzie zależeć głównie od kosztów materiałów. (Przedstawione prognozy są oparte na doświadczeniu płynącym z konwencjonalnego procesu wytwarzania w typowej fabryce samochodów, produkującej nie mniej niż 100 tys. pojazdów rocznie.)

zanieczyszczenie środowiska będą uwzględniane w ekonomicznych kalkulacjach potencjalnych nabywców i korporacji, a pieniądze popłyną na przykład na rozwój wynalazczości oraz najnowocześniejszych technologii, a nie na działalność, którą prywatne koncerny i tak powinny we własnym interesie prowadzić.

Pojawienie się samochodów elektrycznych będzie miało poważne konsekwencje gospodarcze. Każdy, komu uda się wprowadzić na rynek konkurencyjny cenowo pojazd, może liczyć na duże zamówienia eksportowe. Samochody elektryczne okażą się atrak-

cyjne, gdy zanieczyszczenia staną się groźne i nie do opanowania, niezawodność i łatwość obsługi będzie miała większe znaczenie niż osiągi samochodów, dostępna będzie tania energia elektryczna, a inwestycje w dystrybucję produktów naftowych znacznie spadną. Jeśli Stany Zjednoczone wraz z pozostałymi zmotoryzowanymi krajami nie zaczną działać, może dojść do tego, że w krajach rozwijających się, gdzie dziś samochody są rzadkością, powstanie nowa generacja wielkich koncernów samochodowych.

Tłumaczył  
Piotr Czarnocki

## Informacje o autorze

DANIEL SPERLING jest dyrektorem Institute of Transportation Studies w University of California w Davis. Piastuje tam stanowisko profesora na Wydziale Budownictwa Lądowego i Studiów Środowiska. Jest autorem dwu książek i 100 artykułów, dotyczących pojazdów o napędzie elektrycznym oraz innych zagadnień wiążących się ze środowiskiem. Przewodniczy jednej z sekcji National Research Council pracującej nad alternatywnymi paliwami. W National Academy of Science, której jest członkiem, zajmuje się komunikacją i ochroną środowiska.

## Literatura uzupełniająca

- NEW TRANSPORTATION FUELS: A STRATEGIC APPROACH TO TECHNOLOGICAL CHANGE. D. Sperling; University of California Press, 1988.
- CHOOSING AN ALTERNATIVE TRANSPORTATION FUEL: AIR POLLUTION AND GREENHOUSE GAS IMPACTS. Dystrybutor: OECD Publications and Information Center, Washington, D. C.; OECD, Paris, 1993.
- THE KEYS TO THE CAR. James J. MacKenzie; World Resources Institute, 1994.
- TAKING CHARGE: THE ELECTRIC AUTOMOBILE IN AMERICA. Michael Brian Schiffer; Smithsonian Institution Press, 1994.
- FUTURE DRIVE: ELECTRIC VEHICLES AND SUSTAINABLE TRANSPORTATION. D. Sperling; Island Press, 1995.
- TESTING ELECTRIC VEHICLE DEMAND IN „HYBRID HOUSEHOLDS” USING A REFLEXIVE SURVEY. Kenneth Kurani, Thomas Turrentine i Daniel Sperling, *Transportation Research*, cz. D, vol. 1, nr 2 (w druku).