

Green is good

2025

GREEN BOOK

Mobilność

Fot. Denys Nevozhai/Unsplash



Mobilność – Czas na tanie elektryki

● Jak każdy inny obszar zielonej transformacji, pewne wyhamowanie widać także w motoryzacji. W 2024 roku sprzedaż samochodów elektrycznych wzrosła z 13,9 do 17,2 mln, czyli o 3,3 mln, podczas gdy rok wcześniej było to 3,5 mln.

● Wyniki te i tak utrzymują się głównie dzięki dużej sprzedaży w Chinach, gdzie rejestrowanych jest już niemal dwie trzecie aut elektrycznych.

● Jak słabną pozostałe rynki widać było w wynikach z końca roku: gdy w grudniu sprzedaż samochodów elektrycznych w Chinach wzrosła o 36,5 proc. (rok-do-r.) w USA i Kanadzie zwyżka sięgnęła 8,8 proc., a w Europie zaledwie 0,9 proc.

● Pod tym względem Polska idzie w całkiem przeciwnym kierunku. W 2024 roku sprzedaż elektryków wręcz spadła – o 3 proc. – mimo, że poziom

nasycenie autami elektrycznymi jest znikomy w porównaniu z resztą kontynentu – u nas stanowią zaledwie 3,6 proc. nowych pojazdów, podczas gdy średnia dla UE wynosi 22 proc.

● Sytuacja tym bardziej zaskakująca, że w tym samym czasie sprzedaż aut spalinowych wzrosła o 16 proc., ustanawiając nowe rekordy.

● Entuzjazm wobec elektromobilności istotnie przygasa, co widać nawet w Chinach. W ubiegłym roku sprzedaż hybryd plug-in (z możliwością ładowania) zaczęła przeważać nad dominującymi tu wcześniej samochodami wyposażonymi wyłącznie w akumulator. W przypadku BYD udział hybryd sięgnął 58 proc.

● Dzieje się tak, mimo że w Chinach samochody elektryczne osiągnęły już parytet cenowy ze spalinowymi. Według danych Międzynarodowej

Agencji Energii (IEA) już w 2023 r. ponad 60 proc. sprzedanych elektryków było tańszych niż ich przeciętny odpowiednik z silnikiem spalinowym.

● To efekt bardzo mocnej obniżki kosztów produkcji akumulatorów. Na koniec roku ich globalne ceny uplasowały się na poziomie 115 dol. za KWh, czyli 20 proc. niżej niż rok wcześniej. To jednak tylko średnia światowa, bo w samych Chinach, ceny baterii dla pojazdów osobowych spadły aż do 97 dol. za KWh.

● To efekt podjętej decyzji o zmianie tzw. chemii baterii. Podczas gdy Zachód pozostał wierny bateriom NMC, w których katoda bazuje na niklu, magnezie i kobaltie (Nickel, Manganese, Cobalt), Chińczycy pięć lat temu postavili na tańsze akumulatory LFP (Lithium Ferro Phosphate) z katodą z litowego fosforanu żelaza.

● Akumulatory NMC pierwotnie miały wyższą gęstość energii, ale LFB szybko nadrobiły dystans. Na przestrzeni dekady (2014–2023) gęstość energii w bateriach LFP wzrosła o 75 proc. i stały się one znakiem rozpoznawczym takich firm jak BYD.

● Za progiem szykują się już jednak ich następcy, tacy jak bardziej wydajne akumulatory ze stałym elektrolitem (SSB), idące na kompromis akumulatory z półstałym elektrolitem (SSSB), czy tanie akumulatory sodowo-jonowe (NIBs, SIBs, Na-ion).

● Istotne zmiany konieczne są także pod drugiej stronie kabla, czyli w infrastrukturze do ładowania. Dziś aż 9 na 10 ładowarek to urządzenia prywatne, a potrzebny jest rozwój publicznej sieci szybkich ładowarek.

● Bardziej niż dla kierowców aut osobowych, jest to szczególnie

ważne dla transportu towarowego: według Międzynarodowej Agencji Energii (IEA), ze względu na pojazdy typu HDV (Heavy Duty Vehicles), do 2035 roku pojemność ładowania ma wzrosnąć dwudziestokrotnie.

● W tym względzie wciąż jednak nie zostało przesądzone, czy przyszłość będzie należeć do ciężarówek elektrycznych czy wodorowych. Kluczowym wyzwaniem dla tych ostatnich są koszty: w przeliczeniu na przejechany kilometr są one o 43 proc. większe niż przy pojazdach elektrycznych.

● Poza tym koszty produkcji ciężarówek wodorowych są o 40 proc. wyższe niż elektrycznych, a wyzwaniem pozostaje także zużycie ich ogniw paliwowych.



Elektryki powoli hamują

● W 2024 r. elektromobilność nieco straciła rozpęd, ale wciąż trzyma się mocno. Sprzedaż samochodów elektrycznych wzrosła z 13,9 do 17,2 mln sztuk (o 26 proc.), ustanawiając nowy rekord: 19,5 proc. wszystkich nowych samochodów jest już zasilanych silnikiem elektrycznym. Oznacza to jednak, że przyrost nowych mocy produkcyjnych zmniejszył się do 3,3 mln sztuk – w 2023 r. wynosił 3,5 mln – i stąd prognozowano, że 2024 r. powinien zamknąć się sprzedażą sięgającą 17,5 mln aut. Międzynarodowa Agencja Energii widzi cztery podstawowe czynniki, jakie wpłynęły na osłabienie rynku: wzrost cen metali akumulatorowych, wysoka inflacja, coraz mniejsze marże producentów i stopniowe wycofywanie zachęt do zakupu w niektórych krajach. Jeszcze mniej optymistyczne są perspektywy na 2025 r., spowalnia bowiem wzrost sprzedaży w Chinach, a Donald Trump wycofał rządowe wsparcie dla elektryków w USA.

● Kluczowa w tym względzie jest kondycja Chin, bo to największy rynek

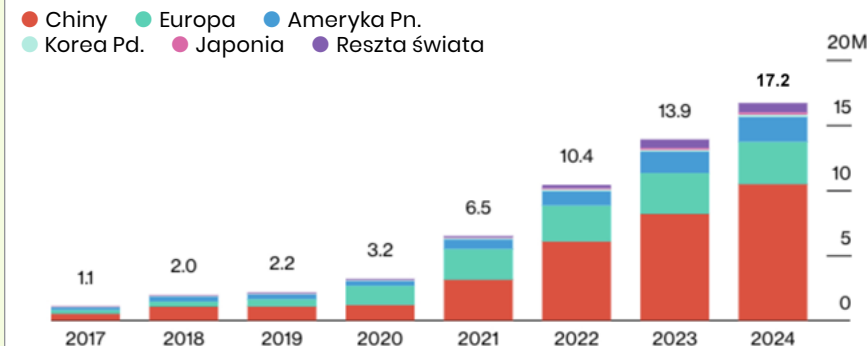
elektryków na świecie – 11 mln aut sprzedanych w 2024 r. oznacza, że ich globalny udział sięga 65 proc. Dotychczas były też najmocniejszą siłą pociągową branży, co widać było pod koniec r.. Gdy w Grudniu sprzedaż samochodów elektrycznych w Chinach wzrosła o 36,5 proc. (rok-do-r.) w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie zwyżka sięgnęła 8,8 proc., a w Europie zaledwie 0,9 proc. Znacznie lepiej wyglądało to w pozostałych krajach świata

– łącznie wzrost o 26,4 proc. – ale to dopiero tworzące się rynki, na wczesnej fazie ich skala nie jest więc znacząca (7 proc. globalnej sprzedaży), przez co też spora dynamika.

● Jeśli chodzi o liczby i postęp elektromobilności Polska wypadła wyjątkowo słabo. Według instytutu Samar w 2024 r. sprzedało się 16,5 tys. elektryków co oznacza 3 proc. spadek względem 2023 r.. Dzieje się to mimo, że poziom nasycenie

Sprzedaż pojazdów elektrycznych zmierza w kierunku kolejnego rekordowego roku

Roczna sprzedaż pojazdów elektrycznych dla pasażerów według regionu



Źródło: Bloomberg NEF, MarkLines, Jato Dynamics

Uwaga: Obejmuje pojazdy elektryczne zasilane akumulatorowo i hybrydowe typu plug-in



autami elektrycznymi w Polsce jest znikomy w porównaniu z resztą kontynentu – wynik ten oznacza, że około 3,6 proc. nowych aut to elektryki, podczas gdy średnia dla UE to około 22 proc. Wygląda na to, że klienci wręcz zrazili się do bezemisyjnych aut, bo jednocześnie odnotowano 16 proc. wzrost sprzedaży samochodów spalinowych.

● Początek końca hossy na auta elektryczne dostrzec można było jesienią ubiegłego roku. Wolumenowo rynek rósł niemal cały rok. Nieco inaczej wyglądało to, gdy porównało się sprzedaż poszczególnych miesięcy do tego, jak branża prosperowała w 2023 r. W październiku odnotowano jeszcze rekordowy wzrost na poziomie 35,7 proc., ale był to już punkt przelotu – w grudniu zwykła skurczyła się do 25,6 proc. Według ekspertów Rho Motion jednym z kluczowych zdarzeń, które zaważyło na całkowitym braku dynamiki rynku w Europie, było zniesienie dotacji na auta elektryczne w Niemczech – udział elektryków w nowej sprzedaży spadł tu z 18,4 do 13,5 proc. W ten

sposób na czoło elektromobilnej transformacji w Europie wysunęła się Wielka Brytania. Taki efekt budzi jednak przede wszystkim obawy o konsekwencje wycofania wsparcia dla elektryków, które zapowiedział Donald Trump.

● To spowodowało, że Chiny przedłużyły na 2025 r. dotację dla osób wymienianych auta ze spalinowych na elektryczne. Mimo to analitycy HSBC prognozują, że w tym roku wzrost sprzedaży nowych pojazdów elektrycznych w Chinach wyniesie jedynie 20 proc. Jeszcze bardziej sceptyczna jest agencja Fitch, która mówi o 15–20-procentowym potencjale wzrostu. Trzeba brać także pod uwagę możliwości rynkowe i coraz większe nasycenie sprzedaży elektrykami, które według Chińskiego Stowarzyszenia Samochodów Osobowych w drugiej połowie roku przeważały już w zakupach nowych aut. To znacznie więcej niż w Europie – około 22 proc. udziału elektryków w nowej sprzedaży – która już odczuła nasycenie rynku (w USA jest to zaledwie 11 proc.).

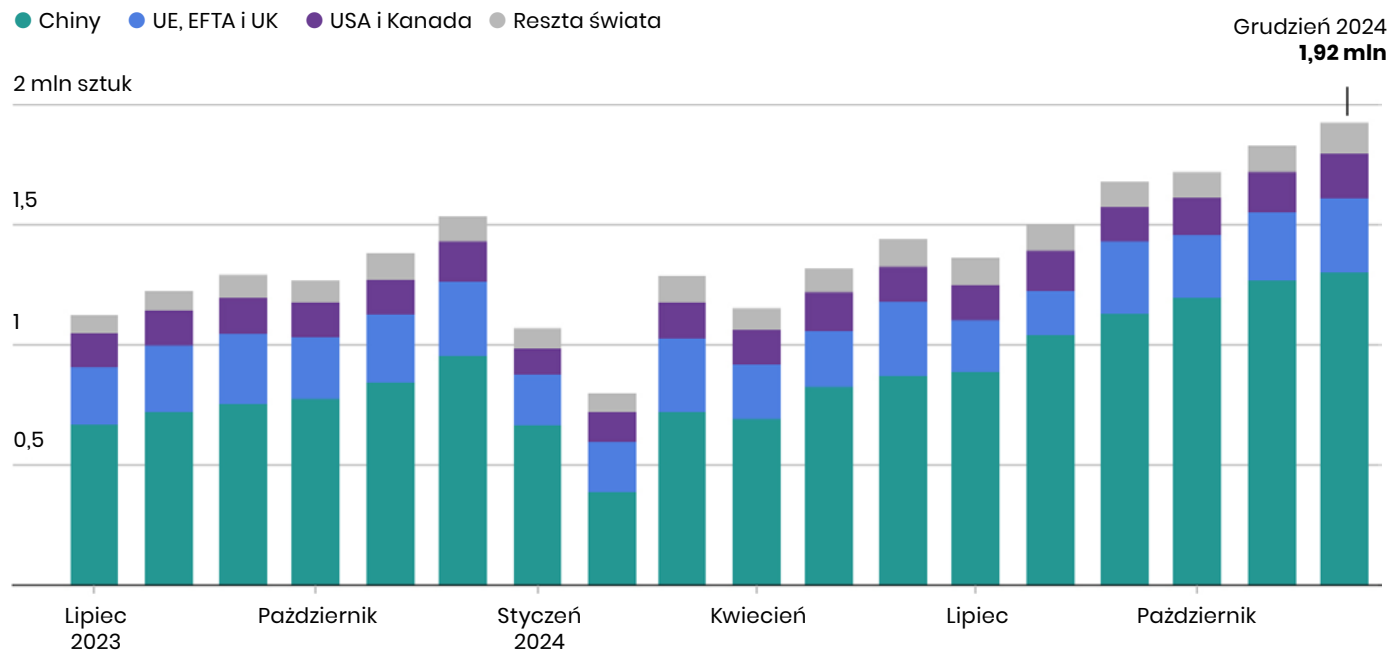
● Coraz słabsze perspektywy rynkowe nakładają się na osłabienie producentów wynikające z coraz większej konkurencji. „Kiedy BYD

i Tesla obniżyły ceny, większość rywali nie miała innego wyjścia, jak pójść w ich ślady. To wyraźnie zmniejszyło ogólny zysk w branży

samochodowej”, mówi Yuqian Ding, szefowa badań nad chińskim rynkiem samochodowym w HSBC. BYD ma marżę zysku netto wynoszącą

Sprzedaż pojazdów elektrycznych na świecie wzrosła w grudniu, ale wzrost gospodarczy spowolnił

W grudniu 2024 r. na świecie sprzedano łącznie 1,92 mln pojazdów elektrycznych. Choć liczba sprzedanych egzemplarzy stale rośnie, wzrost sprzedaży rok do roku wyhamował.



Źródło: Rho Motion | Reuters, 13 stycznia 2025 r. | Sumanta Sen



zaledwie 5 proc., a w zeszłym roku mocno zaatakowało Xiaomi, wprowadzając na rynek elektrycznego sedana SU7, który był reklamowany jako samochód o większym zasięgu i tańszy o 4 tys. dol. niż Model 3 Tesli.

● Elektryczne eldorado wydaje się więc zmierzać do finiszu, tymczasem według wyliczeń Międzynarodowej Agencji Energii, aby zrealizować cele klimatyczne określone w porozumieniu paryskim, wydatki na pojazdy bezemisyjne powinny stale rosnąć. Wyliczenia za 2023 r. mówią o 250 mld dol. zainwestowanych w czysty transport i konieczności zwiększenia tej kwoty do 890 mld dol. w 2030 r. Oznacza to średnio 20-procentowy wzrost każdego roku. Na razie wciąż jesteśmy na dobrej drodze, długo-, a nawet średnioterminowe zejście poniżej tej liczby zagrozi jednak temu celowi.

● Realizacja scenariusza nakreślonego przez IEA oznacza, że pod koniec dekady w Chinach niemal jeden na trzy samochody w całej masie jeżdżącej po drogach będzie elektryczny, a w USA i UE jeden na pięć.

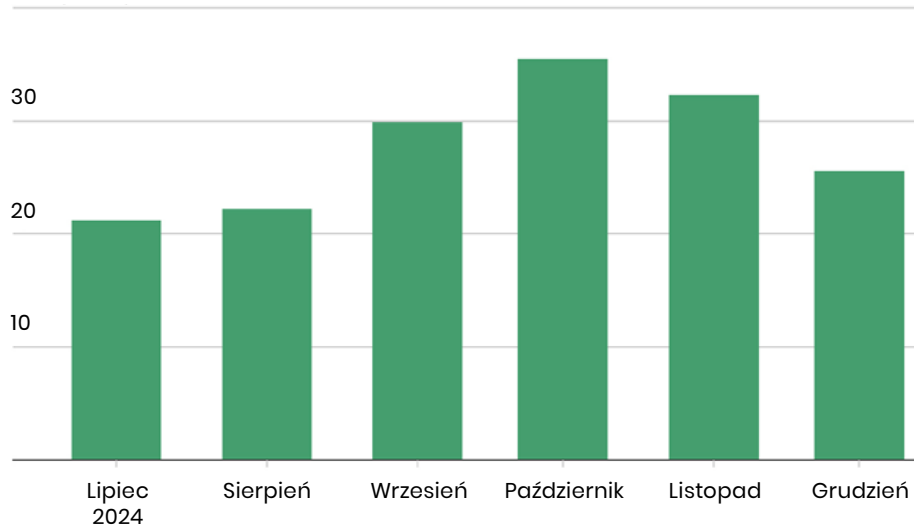
Agencja za dobrą monetę uznaje cele największych producentów samochodów – jeśli je podsumować, w 2030 r. można by sprzedać ponad 40 mln samochodów elektrycznych. To wystarczy, aby poziom elektryfikacji mobilności był zgodny z przyjętymi

politykami, a jednocześnie oznacza, że średnie tempo wzrostu sprzedaży powinno wynosić około 15 proc.

Wzrost rocznej sprzedaży pojazdów elektrycznych jeszcze bardziej spowolnił w grudniu 2024 r.

Wzrost sprzedaży samochodów osobowych w pełni elektrycznych i hybrydowych typu plug-in w ujęciu rok do roku w grudniu 2024 r. był najwolniejszy od czterech miesięcy.

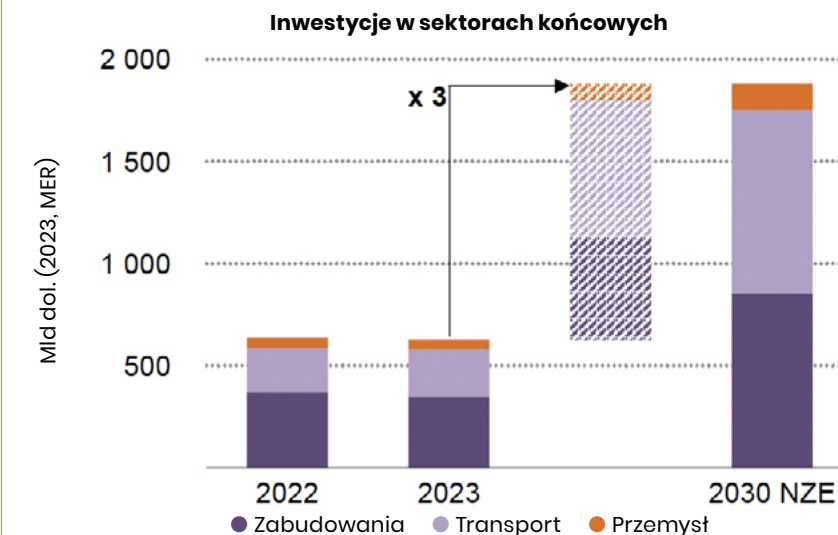
+40% rok do roku



Źródło: Rho Motion | Reuters, 13 stycznia 2025 r. | Sumanta Sen

Podwojenie inwestycji w celu potrojenia mocy odnawialnych źródeł energii i potrojenie wydatków w celu podwojenia wydajności: aby utrzymać 1,5 °C w zasięgu ręki, trzeba pokonać strome wzniesienie

Inwestycje w odnawialne źródła energii, sieci i magazyny energii, a także sektory zastosowań końcowych, obecnie w porównaniu do roku 2030 w scenariuszu NZE.



Uwaga: Inwestycje w sektorach końcowych obejmują efektywność energetyczną, elektryfikację i odnawialne źródła energii do użytku końcowego. NZE = scenariusz zerowej emisji netto do 2050 r. IEA. CC BY 4.0



Spalinowa kontrofensywa



Fot. Tory Hoffman/Unsplash

● Stabnące wyniki sprzedaży elektryków, zwłaszcza w Europie, wskazują, że na drodze ku czystemu transportowi mamy przełtyśki swego rodzaju kontrrewolucji. Przytoczone dane z Polski są tu świetnym przykładem – przy jednoczesnym 3-procentowym skurczeniu się i tak bardzo małego rynku elektryków sprzedaż aut spalinowych wzrosła o 16 proc., ustanawiając nowe rekordy. A wybory konsumenckie determinują branżę, która postuluje odroczenie kar za niespełnienie wymogów odnośnie do sprzedaży aut elektrycznych. W oparciu o cele wyznaczone w ramach Green Deal i Fit for 55 od tego roku europejscy producenci pojazdów muszą zmniejszyć emisję dwutlenku węgla rejestrowanej w UE floty o 15 proc. Według Polskiego Związku Przemysłu Motoryzacyjnego (PZPM) w praktyce oznacza to, że co czwarty zarejestrowany samochód osobowy powinien być zero- lub niskoemisyjny. Biorąc pod uwagę obecny 22-procentowy poziom i jednoczesną stagnację rynku, cel wydaje się poza zasięgiem. „Producenci zderzają

się z czynnikami, które są od nich niezależne – słabym popytem na pojazdy elektryczne, niewystarczającą infrastrukturą ładowania i tankowania, niezadowalającymi zachętami do zakupu oraz pogarszającą się sytuacją gospodarczą. Przemysł motoryzacyjny poniesie ciężar realizacji unijnych celów i będzie obciążany karami sięgającymi 16 mld euro w przypadku braku ich realizacji. Należy więc spodziewać się wzrostu cen nowych aut i to niezależnie od rodzaju napędu oraz ryzyka ograniczenia mobilności społeczeństw” – napisał PZPM w oświadczeniu wydanym pod koniec 2024 r.

● W tym samym czasie z takimi samymi postulatami wyszły zresztą także Niemcy. W tym przypadku już jednak nie producenci aut, ale sam rząd, który także postuluje zawieszenie kar. Berlin zaproponował, aby rozłożyć je w czasie na kolejne lata. To odzwierciedlenie prawdziwego kryzysu, jaki dotknął niemiecki rynek po wycofaniu rządowego wsparcia dla zakupu elektryków. W ubiegłym roku ich udział w sprzedaży



nowych aut spadł z 18,4 do 13,5 proc. W Niemczech kontrrewolucja stała się faktem, o czym świadczą dane zaprezentowane przez firmę Huk Coburg, z których wynika, że około 34 proc. wszystkich właścicieli samochodów elektrycznych powróciło do pojazdów z silnikiem Diesla lub benzynowym (wyniki ankiet po III kw. 2024). Z tego samego badania wynika, że 29 proc. respondentów zdecydowałoby się na pojazdy elektryczne tylko wtedy, gdyby „prawo zezwalało na rejestrację wyłącznie samochodów elektrycznych”.

Z drugiej strony tylko 18 proc. osób przy zakupie nowego samochodu wzięłoby pod uwagę wyłącznie auta elektryczne. Stąd aby zachęcić do zakupów, władze zamiast dotacji zaproponowały odliczenia podatkowe, sięgające 40 proc. wartości nowo zakupionych pojazdów elektrycznych (stopniowo w kolejnych latach spadałyby do 6 proc.). To jednak tylko rozwiązanie dla firm, co ma o tyle uzasadnienie, że samochody flotowe stanowią 60 proc. nowo rejestrowanych pojazdów,

a przy tym są znacznie intensywniej użytkowane i ich elektryfikacja to priorytet. W sumie to około 20 proc. całego parku samochodowego w Europie, który jednak przyczynia się do połowy całkowitej emisji z transportu drogowego.

● Trend ten wyraźnie odciska się także na strategii koncernów motoryzacyjnych. Przykładem jest Volvo, które do 2030 r. chciało już wyłącznie produkować auta elektryczne, ale zapowiedziało, że pozostanie jeszcze przy hybrydach. Koncern tłumaczy, że to reakcja na zmieniające się warunki rynkowe oraz wymagania klientów. „To pragmatyczne podejście... aby pomóc naszym klientom przejść drogę do pełnej elektryfikacji. Dla wielu z nich będzie się to odbywać krok po kroku” – powiedział Reutersowi Erik Severinsson, szef ds. strategii i dyrektor ds. produktów. Co więcej, hybrydy typu plug-in mają być kluczową częścią przyszłego wzrostu zysków i stąd Volvo postanowiło odświeżyć swój model XC90. Podobną strategię przyjął francuski

Renault, który zamierza wprowadzić na rynek nowe modele hybryd.

● Sytuacja jest jednak o tyle paradoksalna, że z jednej strony karani mają być producenci, którzy nie są w stanie spełnić celów sprzedażowych elektryków, a z drugiej w Europie kwitną subwencje dla samochodów spalinowych. I to wielokrotnie większe niż potencjalne kary za niewywiązanie się z obowiązku zmniejszenia emisji CO₂. Z analizy opublikowanej w październiku przez organizację Transport & Environment (T&E) wynika bowiem, że tylko pięć największych krajów UE wydaje 42 mld euro rocznie na dotowanie samochodów służbowych z silnikami spalinowymi, z czego około 15 mld euro wydaje się na SUV-y. Na pierwszym miejscu znalazły się Włochy, gdzie subwencje sięgają 16 mld euro, drugie są Niemcy z 13,7 mld euro, a dalsze miejsca zajęły Polska oraz Francja, które przeznaczają na to ponad 6 mld euro rocznie. T&E wyliczyło, że kierowcom samochodów służbowych przysługują średnio roczne odpisy podatkowe w wysokości 6800 euro, a w przypadku większych

modeli o wysokiej emisji spalin nawet do 21 600 euro. „To całkowicie nielogiczne i niedopuszczalne, że nadal inwestujemy miliardy pochodzące od podatników w technologię, która sprzeczna jest z zieloną polityką Komisji Europejskiej” – powiedział agencji prasowej Reuters Stef Cornelis z T&E.

● Schłodzenie entuzjazmu wobec aut elektrycznych dotyczy jednak nie tylko Europy. Trend uwidocznił się w największym bastionie elektromobilności, jakim są Chiny, gdzie sprzedaje się niemal 2/3 wszystkich elektryków. Następuje tu jednak istotne przesunięcie na rzecz hybryd plug-in (z możliwością ładowania), które w ubiegłym roku zaczęły przeważać nad dominującymi wcześniej samochodami wyposażonymi wyłącznie w akumulator (oba typy pojazdów traktowane są jako elektryczne). Takie wyniki przedstawił m.in. największy chiński gracz tego rynku BYD, który sprzedał około 4,3 mln samochodów osobowych, z czego prawie 2,5 mln (58 proc.)

miało napęd hybrydowy. Podobny trend odnotowało Li Auto sprzedające około 0,5 mln samochodów.



CASE: elektryczny sukces, czyli jak to się robi w Norwegii

W Norwegii 9 na 10 nowych samochodów to elektryki, a w tym roku mają już niemal całkiem zawładnąć rynkiem. Co poza zamożnością społeczeństwa sprawiło, że odniosły tu tak ogromny sukces? Trzeba przy tym zwrócić uwagę na fakt, że postęp jest sukcesywny. W 2024 r. pojazdy elektryczne odpowiadały za 88,9 proc. sprzedaży, ale rok wcześniej ich udział był również bardzo duży – sięgał 82,4 proc. (dane Norweskiej Federacji Drogowej OFV). Tak jak w innych krajach Norwedzy zastosowali preferencje na ich zakup. Nie ma tu jednak obfitej polityki dotacyjnej, ale ulgi podatkowe – zwolnienie z VAT-u oraz cła. Nie jest to mało, bo mowa o narzutach zwiększających cenę netto producenta o 35 proc. (VAT 25 proc. i cło 10 proc.). Norwedzy stosują jednak potężną politykę kija i marchewki. Chociaż

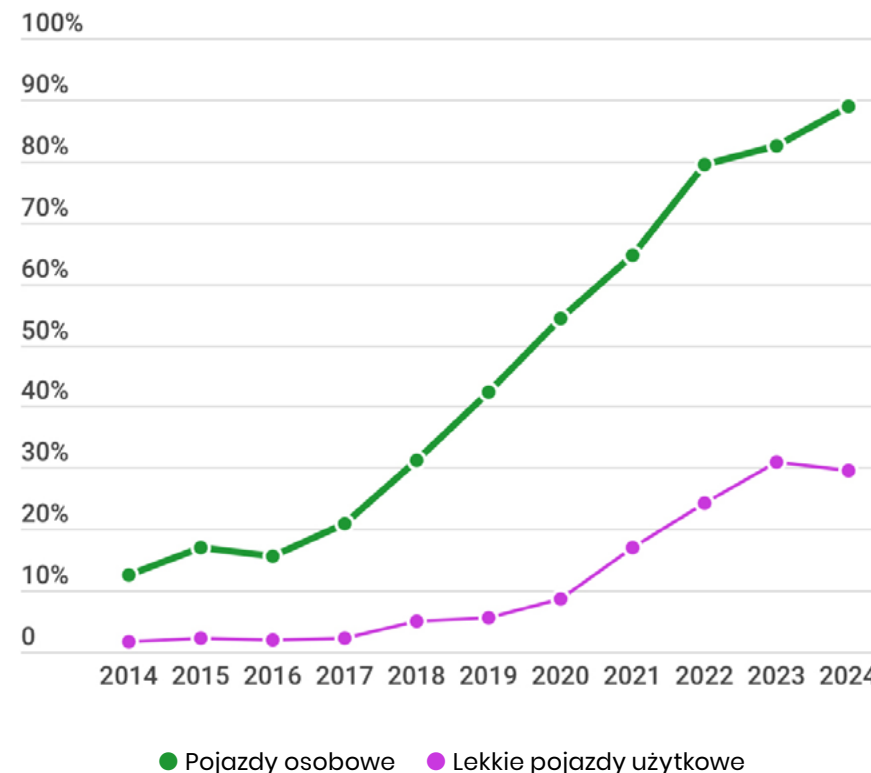
więc sami są dużym producentem węglowodorów, to samochody benzynowe i wysokoprężne obłożyli wysokimi opłatami. Jak wskazują eksperci, kluczowa jest przy tym konsekwencja w działaniu. „Bardzo często widzimy w innych krajach, że ktoś nakłada zachęty podatkowe lub zwolnienia, a następnie wycofuje się ponownie. U nas tego nie ma”, mówi Reutersowi Christina Bu, szefowa norweskiego stowarzyszenia EV, podkreślając, że zachęty są znacznie bardziej skuteczne niż zakazy sprzedaży samochodów spalinowych. „To by rozgniewało ludzi, którzy nie lubią, gdy mówi się im, co mają robić”.

Według Ulfa Tore Hekneby’ego, szefa największego norweskiego importera samochodów Harald A. Moeller, jednym z kluczowych czynników sukcesu

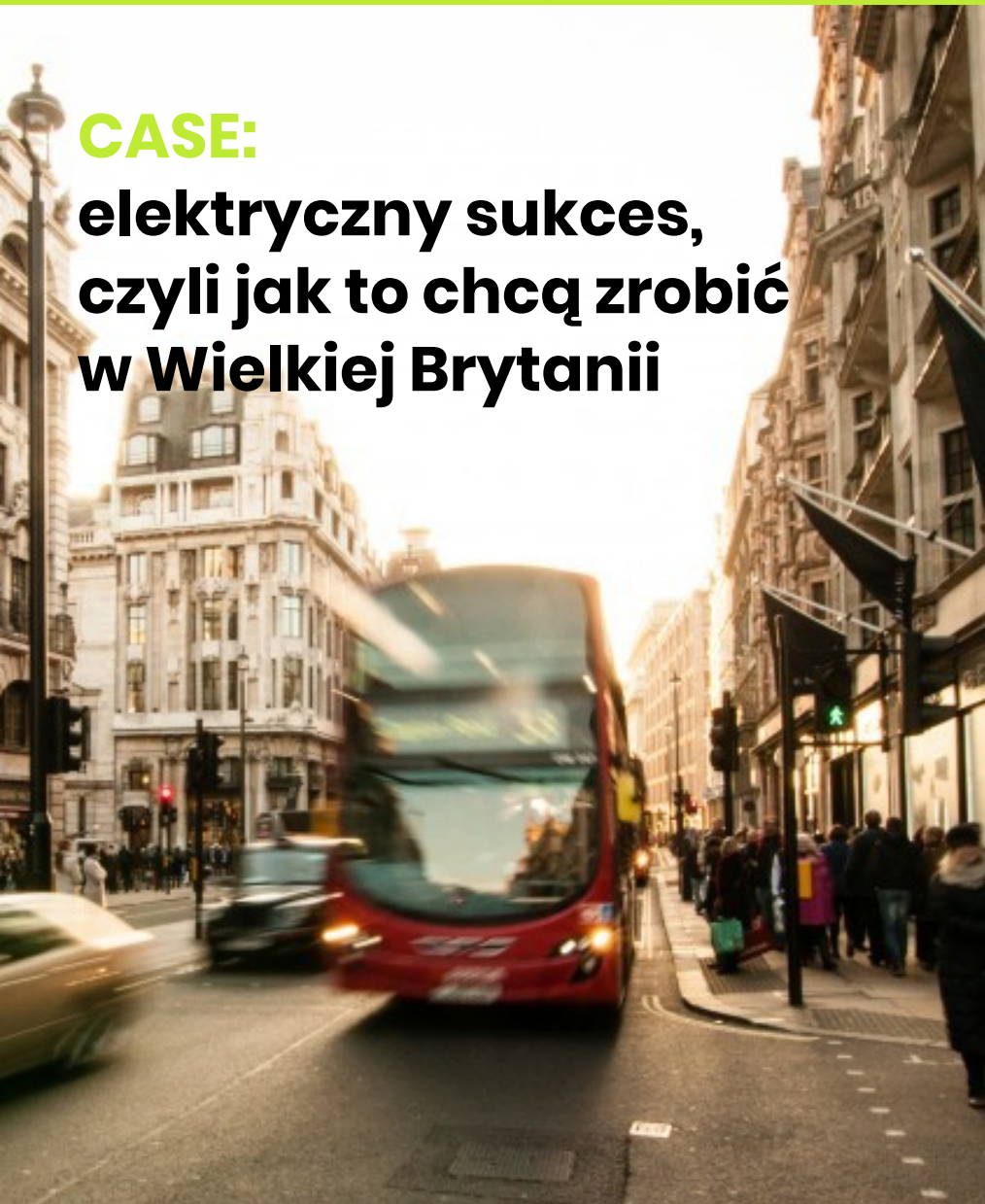
polityki wsparcia dla elektryków był przy tym fakt, że kraj jest wolny od branży automotive. W Norwegii nie ma koncernów motoryzacyjnych, które lobbowałyby za sprzedażą tego, co produkują. „Nie jesteśmy krajem produkującym samochody, więc wprowadzanie wysokich podatków na samochody spalinowe było proste”, mówi Hekneby.

Transformacja ta nie udałaby się bez szybkiego rozwoju odpowiedniej infrastruktury do ładowania. Jej budowę zajęły się nie tylko nowe podmioty, mocno włączył się w to także „narodowy” koncern paliwowy: CircleK w ciągu trzech lat stanowiąc do ładowania samochodów ma mieć co najmniej tyle, ile punktów do tankowania. I to mimo że elektryki na drogach to wciąż mniejszość – chociaż duża, sięgająca już 28 proc. (dane Statens Vegvesen). Norwedzy działają więc z wyprzedzeniem, torując drogę autom elektrycznym. Według ich przewidywań niebawem samochody spalinowe będą kupować już tylko wypożyczalnie aut z myślą o przyjeźdźnych z innych krajów, którzy jeszcze się od nich nie odzwyczaili.

Udziały w rynku pojazdów elektrycznych w Norwegii



Ostatnia aktualizacja: 31 grudnia 2024 r. Źródła: Norweska Administracja Dróg Publicznych, Norweska Federacja Drogowa (OFV).

**CASE:****elektryczny sukces,
czyli jak to chcą zrobić
w Wielkiej Brytanii**

Realizacja planu Norwegów, aby przejść na sprzedaż wyłącznie aut elektrycznych, jest niemal na wyciągnięcie ręki. Tego typu ambicje mają jednak nie tylko tak bogate społeczeństwa. Podobny cel stawiają sobie mocno racjonalni i liczący się z pieniędzmi Brytyjczycy.

Już zrobili ogromny postęp. Jeszcze pięć lat temu tylko 1,6 proc. nowych aut było elektryczne, a pod koniec 2024 r. odpowiadały już za 1/5 sprzedaży. Wzrost jest tak znaczący, że gdy inni się łamią, Brytyjczycy podtrzymują swój plan, aby do 2035 r. sprzedawać już tylko pojazdy bezemisyjne. Osiągane są wyznaczone wcześniej kamienie milowe – w 2024 r. elektryki miały odpowiadać za 22 proc. sprzedaży – a niektórzy producenci aut przekraczają nawet plany. Tak jest w przypadku BMW i Mercedesa, które osiągnęły 25-procentowy udział.

W ubiegłym roku Wielka Brytania poszła pod prąd europejskich trendów i odnotowała wzrost sprzedaży elektryków o 25 proc. Działo się to przy jednoczesnym gwałtownym spadku popularności diesli (o 20 proc.) oraz pojazdów benzynowych (o 14 proc.). Trend jest więc całkiem odwrotny niż w Polsce, gdzie mieliśmy 3-procentowy spadek sprzedaży elektryków i 16-procentowy wzrost aut spalinowych. Jedną z przyczyn takiego powodzenia samochodów na prąd jest coraz większe zrównywanie się ich cen z tradycyjnymi pojazdami. Tak jest chociażby w przypadku Vauxhalla, który oferuje leasing elektrycznych wersji swoich samochodów w tej samej cenie co wersje spalinowe. W przeciwieństwie do USA i Europy Wielka Brytania nie wdrożyła przy tym jeszcze wysokich ceł na import tanich chińskich pojazdów elektrycznych, co jest dodatkową opcją dla konsumentów.

Jednym z atutów Wielkiej Brytanii, podobnie jak i całej Europy, jest fakt, że nie ma tak dużej potrzeby zwiększania zasięgu pojazdów jak np. w USA, bo tu odległości są mniejsze i podróże krótsze. Nie trzeba więc nadpłacać za dodatkową moc akumulatorów. W Wielkiej Brytanii bardzo prężnie rozwija się też rynek aut używanych (szerzej o tym zjawisku na dalszych stronach). Second-hand odpowiada tu za 80 proc. sprzedaży aut, które osiągnęły już parytet cenowy z samochodami na paliwa kopalne. Możliwość łatwego pozbycia się kilkuletniego pojazdu jest także bodźcem do zakupu nowego.



Metropolie wolne od aut

TREND

Coraz bardziej akceptowalnym sposobem na zmniejszenie ruchu w wielkich miastach jest zamykanie dla niego centrum miast. Znaczący wpływ miała tu pandemia, podczas której liczba przejazdów się zmniejszyła, umożliwiając przynajmniej czasowe zamykanie ulic.



Fot. Levi Meir Clancy/Unsplash

Rozwój

Jednym z pionierów tego ruchu jest Paryż, w którym ograniczenia wjazdu dla aut zaczęły się kilka lat temu od bulwarów nad Sekwaną, gdzie samochody wprowadzono w latach 60. Od tego czasu miasto ogranicza prędkość i wyłącza z ruchu kolejne ulice. W 2017 roku pierwszy ważny krok uczynił też Madryt, zamykając dla samochodów główną arterię – często zakorkowaną Gran Vía – a w ub.r. w Mediolanie uznano, że centrum ma być wyłączone z ruchu tranzytowego. Z kolei Burmistrz Hanoweru, Belit Onay, postuluje, aby do 2030 r. centrum miasta było wolne od samochodów. Ze swoim projektem dobrze trafił w nowe potrzeby mieszkańców niemieckich miast, dla których oprócz typowych haseł związanych z walką z bezrobociem oraz z integracją migrantów z lokalną społecznością, ważne stało się nowe podejście do koncepcji funkcjonowania miasta. Podobne działania prowadzi także Warszawa, gdzie po przebudowie pl. Pięciu Rogów z ruchu praktycznie wyłączono całą okolicę i trzy zbiegające się tu ulice (Zgoda, Szpitalna i Krucza).

Jak to się robi

Na początku 2024 roku Paryżanie w referendum zatwierdzili trzykrotny wzrost opłaty za parkowanie dużych pojazdów takich jak SUVy. Podobną niechęć do aut w centrum wykazują mieszkańcy Londynu: 53 proc. mieszkańców chce się ich stamtąd pozbyć. Koncepcja nowego ruchu w Hanowerze opracowana przez stowarzyszenie miejskie oraz samorząd mówi na razie o „skromnej obecności samochodów w miejskim pejzażu” w jego centrum, co oznacza zakaz ruchu przelotowego w centrum i skierowanie go na obwodnicę miasta. Przecinać centrum miasta miałyby tylko autobusy. Zyskać mieliby m.in. rowerzyści. Sieć tras rowerowych otworzyłaby dla nich centrum miasta, z dala od ruchu samochodowego. Koncepcja hanowerska jest podobna do tej z belgijskiej Gandawy, uważanej za jednego z pionierów wśród „miast wolnych od samochodów”. Tam ścisłe centrum stało się strefą wolną od samochodów już w 1997 roku.

Miasta

Londyn
Berlin
Paryż
Barcelona
Madryt
Oslo
Kopenhaga
Sztokholm
Mediolan
Gandawa
Hanower
Warszawa



Strefy niskich emisji

TREND

Narzędziem mniej drastycznym niż zamykanie centrów miast dla samochodów jest wprowadzanie stref niskiej emisji. Zerowe strefy emisji spalin (Zero Emission Zones) pozostają jeszcze rzadkością i występują głównie w ścisłym centrum dużych miast.

Fot. Anastasia Yaroshenko/Unsplash

Jak to się robi

W Europie jest już ponad 320 takich stref. Pierwsze powstały w Niemczech i Wielkiej Brytanii. W 2007 roku pojawiły się u naszych zachodnich sąsiadów, a rok później Londyn uruchomił Low Emission Zone, zmienioną w Ultra Low Emission Zone (ULEZ), która w 2021 roku powiększyła się 18-krotnie, obejmując jedną czwartą miasta i 3,8 mln mieszkańców. Bez ograniczeń wjeżdżać mogą tu tylko kierowcy prowadzący pojazdy, które emitują nie więcej niż 0,08 gr tlenków azotu na kilometr. Prowadzący pojazdy niespełniające tych norm są zmuszeni do dziennej opłaty 12,5 funta. W Polsce pierwszą taką próbę podjęto w 2018 roku na krakowskim Kazimierzu. Z kolei dopiero w lipcu 2024 roku SCT wprowadziła Warszawa, obejmującą centralne dzielnice miasta, z zamiarem ograniczenia emisji spalin poprzez restrykcje dla starszych pojazdów. Strefa ta objęła obszar około 37 km², a więc 7 proc. powierzchni stolicy.

Zalety

W Londynie w ciągu miesiąca działania ULEZ liczba najbardziej zanieczyszczających środowisko pojazdów spadła o 27 proc., a po roku o dwie trzecie (widać, że konieczny był okres edukacji). W tym czasie odsetek pojazdów spełniających normy wzrósł z 61 do 90 proc. Po pierwszych trzech miesiącach działania ULEZ doprowadziła do 20-proc. redukcji emisji, a zanieczyszczenie NO₂ w centrum Londynu spadało pięć razy szybciej niż w pozostałej części Wielkiej Brytanii (lata 2016–2020). Europcar Mobility Group UK zbadała, jak strefy czystego transportu wpływają na używanie samochodów osobowych, zwłaszcza służbowych. Z ankiet wynika, że aby dostosować się do ich rosnącej liczby, niemal 64 proc. pracodawców zamierza rozszerzyć model mobilności swoich firm o transport publiczny lub samochody współdzielone. Strefy napędzają też wymianę aut na czystsze – w Niemczech już 97 proc. pojazdów spełnia ich wymogi, więc tutejsze SCT przestają być potrzebne.

Miasta

Londyn
Berlin
Bruksela
Paryż
Tokio
Pekin
Kraków
Warszawa
Sztokholm



Miasta bez parkingów

TREND

Relatywnie najmniej inwazyjnym sposobem na pozbywanie się samochodów z miasta jest likwidacja miejsc parkingowych. Proces o tyle łatwiejszy, że można go prowadzić stopniowo.

Fot. Anastasia Yaroshenko/Unsplash

Jak to się robi

W Europie miastem, które wdrożyło najdalej idącą politykę likwidacji miejsc parkingowych, jest Oslo. Podjęło inicjatywę, aby stopniowo zlikwidować wszystkie 650 miejsc parkingowych w centrum, zmieniając je w trasy rowerowe oraz przestrzeń publiczną. Od 2019 roku podobną systematyką wykazuje się Amsterdam, który postanowił zlikwidować 10 tys. miejsc parkingowych. Jeszcze bardziej ambitne są władze Paryża, które latem 2022 roku ogłosiły plan pozbycia się aż 70 tys. miejsc do parkowania. W Polsce dużą liczbę miejsc parkingowych – 3 tys. – w 2017 roku zlikwidował Kraków, a w ub.r. projekt zmniejszenia o 1 tys. miejsc pojawił się w Katowicach. Inaczej do sprawy podchodzi Londyn, który wprowadził limity na liczbę miejsc parkingowych w nowo budowanych domach. Uzależnione jest to od dostępności transportu publicznego – w dzielnicach centralnych w ogóle nie można tworzyć miejsc parkingowych.

Zalety

W 2024 roku polski ruch społeczny "Miejska Agenda Parkingowa" wyszedł z inicjatywą, aby przepisy prawa zezwalały na postój pojazdu samochodowego na drodze dla pieszych wyłącznie w miejscach wyznaczonych do postoju. Chodzi o zlikwidowanie powszechnego dziś parkowania całych samochodów na drogach dla pieszych oraz o spowodowanie, aby stało się to wyjątkiem. Podstawowym argumentem za pozbyciem się parkingów z centrum jest nieproporcjonalne zajmowanie przestrzeni przez samochody – np. w Paryżu auta w 2023 roku zajmowały połowę przestrzeni publicznej, mimo że odpowiadają za zaledwie 13 proc. wszystkich podróży. Poza tym, jak wskazują badania, od 30 proc. (UCLA) do 56 proc. aut (Ningbo University) krążących po mieście to samochody szukające miejsc parkingowych. W Oslo już po dwóch latach od rozpoczęcia akcji likwidowania parkingów ruch samochodowy spadł o 28 proc., a o 10 proc. spadła liczba pieszych przebywających tu dłużej.

Miasta

Oslo
Amsterdam
Paryż
Kraków
Katowice
Londyn
Toronto
Buffalo



Samochody elektryczne zrównały się cenowo ze spalinowymi

● Od lat przyzwyczailiśmy się do tego, że o zmianie cen aut elektrycznych decydują koszty baterii. Ich udział stale spada, ale wciąż stanowi około 28 proc. wartości pojazdu (dane BNEF), więc optymizmem napawa fakt, że zaczynają podążać ścieżką paneli fotowoltaicznych i ich ceny zaliczyły w ubiegłym roku spektakularny spadek. Według Bloomberg NEF na koniec 2024 r. uplasowały się na poziomie 115 dol. za KWh, co oznacza, że są 20 proc. niższe niż rok wcześniej (więcej o cenach akumulatorów poniżej). To wynik średni, w samym zagłębiu produkcji akumulatorów, czyli w Chinach, ceny baterii dla pojazdów osobowych spadły jednak aż do 97 dol. za KWh. Dzięki temu auta elektryczne w Chinach osiągnęły już parytet cenowy ze spalinowymi. Według danych Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) już w 2023 r. ponad 60 proc. sprzedanych samochodów elektrycznych było tańszych niż ich przeciętny odpowiednik z silnikiem spalinowym.

● Na pozostałych rynkach jeszcze tego nie widać, ale BNEF spodziewa się,

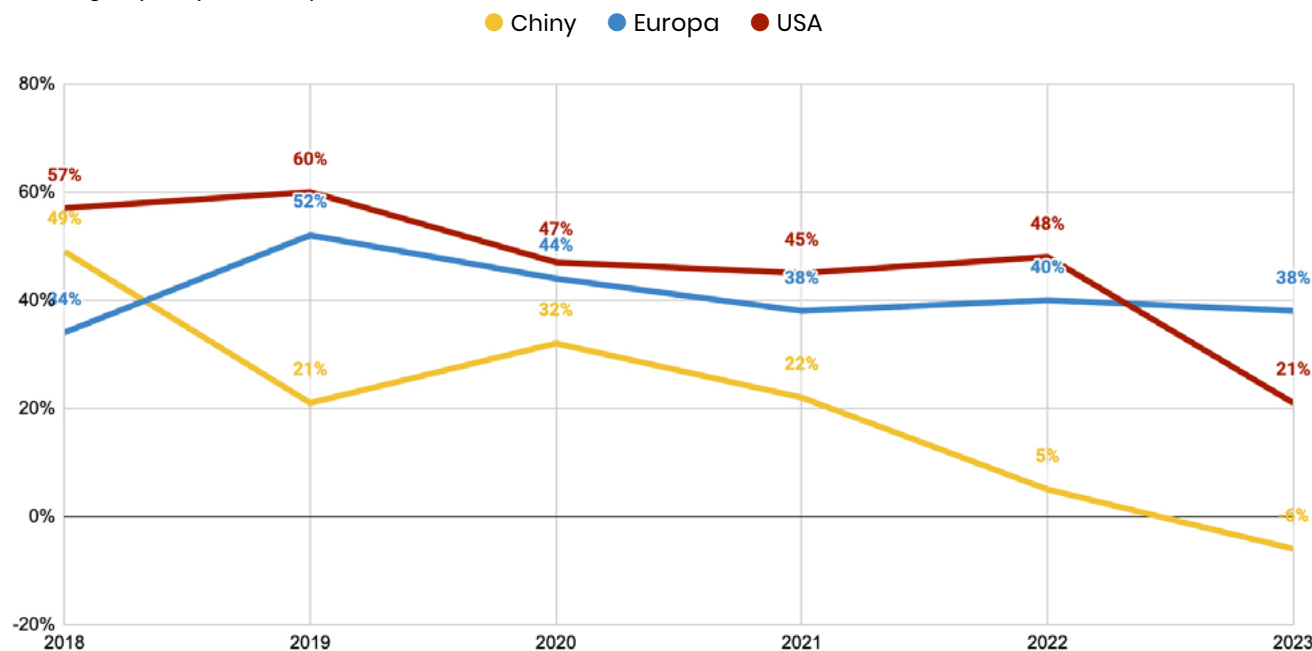
że wraz z większą dostępnością tanich akumulatorów poza Chinami w ciągu kilku następnych lat ceny elektryków i tradycyjnych samochodów będą zrównywać się w kolejnych krajach – w USA i Europie zestawy bateryjne do aut w 2024 r. wciąż były o 31 proc.

i 48 proc. wyższe niż w Chinach. To sprawia, że w ubiegłym roku według wyliczeń IEA samochody elektryczne pozostawały tu o 10–50 proc. droższe niż ekwiwalenty silników spalinowych (w zależności od kraju i segmentu samochodowego).

● Wbrew pozorom nie ma jednak ścisłej korelacji pomiędzy ceną akumulatorów a spadkiem cen aut elektrycznych, a dokładnie rzecz biorąc, różnicą w cenie pomiędzy elektrykami, a autami spalinowymi. Najwyraźniej widać to było w 2022 r.,

Różnica (nadwyżka) w cenie samochodu elektrycznego (BEV) w stosunku do spalinowego

na poszczególnych rynkach w proc



Dane: IEA



gdy ceny baterii pierwszy raz w historii wzrosły (o 7 proc.), a mimo to średnia premia, jaką trzeba było płacić za auta elektryczne, spadła o 11 proc. Już wcześniej obie wartości miały też różne dynamiki, największą różnicę odnotowano jednak w 2023 r., gdy koszty baterii wróciły do 13-procentowych spadków, a jednocześnie różnica w cenie aut elektrycznych i spalinowych zmniejszyła się aż o 43 proc. [na wykresie wyrzucić przecinek przed „a spalinowymi”]

● Brak ścisłej zależności do pewnego stopnia potwierdzają analizy Gartnera, wg którego już w 2027 r. samochody elektryczne będą tańsze od spalinowych. Kluczowe nie będą jednak niższe niż dziś ceny akumulatorów, ale przede wszystkim spadek kosztów produkcji samych aut, który ma być znacznie szybszy niż spadek kosztów produkcji baterii. Jak przekonują analitycy, przemawiają za tym „innowacje, takie jak scentralizowana architektura pojazdów czy wprowadzenie gigapras, które pomagają obniżyć

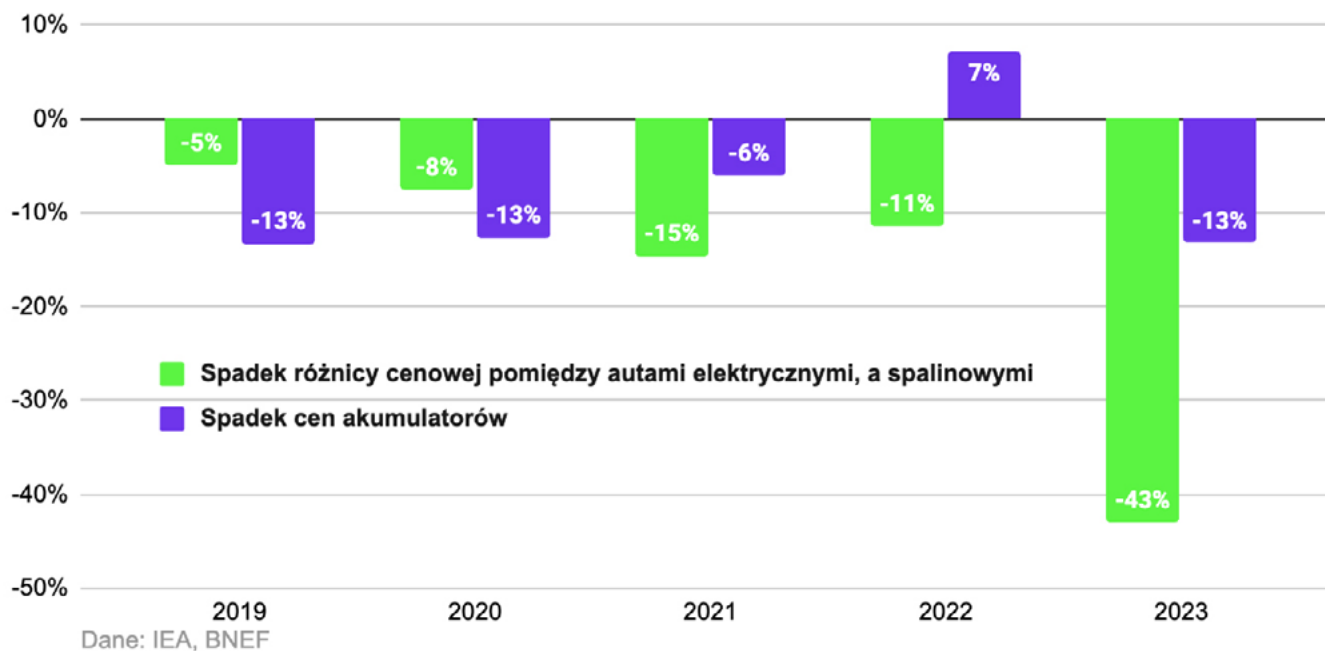
koszty produkcji i czas montażu”. Są to masywne maszyny odlewnicze, których pionierem jest lider rynku amerykańskiego, czyli Tesla. Służą do wytwarzania dużych pojedynczych elementów podwozi pojazdów, przez co usprawniają produkcję i zmniejszają pracę robotów. Postawienie na coraz większe pojedyncze elementy sprawia jednak, że niektóre naprawy pojazdów BEV będą znacznie droższe.

● Gartner szacuje, że do 2027 r. średni koszt naprawy nadwozia i akumulatora pojazdu po poważnym wypadku wzrośnie o 30 proc. Co więcej, pojazdy, które uległy kolizji, będą bardziej podatne na całkowitą utratę wartości. Przy poważnych uszkodzeniach w ogóle nie będzie się optać ich naprawiać, bo serwis kosztować będzie więcej niż wartość rezydualna rozbitego auta. To rodzaj rewolucji produkcyjnej, z jaką wcześniej mieliśmy do czynienia np. w sprzęcie RTV, gdzie kilka dekad temu także skoncentrowano się na masowej produkcji całych układów elektronicznych. To obniżyło koszty

jednostkowe urządzeń, ale gdy zepsuł się jakiś element, nie wymieniano już tej pojedynczej części, lecz cały ich blok. Stąd w latach 90. spadło zapotrzebowanie na specjalistów od napraw telewizorów czy sprzętu audio, a tradycyjne warsztaty wyparły punkty serwisowe. Ich specjalnością

stały się naprawy gwarancyjne, bo każda inna usterka – np. już po zakończeniu ochrony gwarancyjnej – stawała się nieoptycalna do naprawy. Taniej było kupić nowy sprzęt. Pytanie, czy podobny scenariusz powtórzymy w motoryzacji.

Samochody elektryczne tanieją w innym tempie niż akumulatory





Elektryki z drugiej ręki

TREND

Rynek wtórny aut to miejsce, gdzie ceny obniża się najmocniej. W Polsce, gdzie kwitnie obrót używanymi samochodami (spalinowymi), najlepiej wiemy, jak to działa. Stąd duże oczekiwania co do obniżenia kosztowego progu zakupu elektryka wraz z rosnącą falą aut z drugiej ręki – po trzech latach ich cena może być niemal 40 proc. niższa. Poważny napływ używanych elektryków oczekiwany jest już w 2026 r.

Fot. John Cameron/Unsplash

Rozwój

Z danych Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) wynika, że wielkość rynku używanych samochodów elektrycznych w 2023 r. wynosiła około 800 tys. w Chinach, 400 tys. w USA i ponad 450 tys. we Francji, Niemczech, Włoszech, Hiszpanii, Holandii i Wielkiej Brytanii. To wciąż niewiele, bo około 13-15 proc. sprzedaży nowych pojazdów. Rynek się jednak szybko rozwija, czemu sprzyjają m.in. wzrost zakupów aut w formie leasingu – np. w USA odpowiada już za około 25 proc. sprzedaży. Ten sposób posiadania aut sprawia, że wymienia się je co dwa, trzy lata. Widać to było w dużej ubiegłorocznej ofercie sprzedaży 20 tys. aut z roczników 2021 i 2022, którą zorganizował Hertz. Ceny zaczynały się od 21,5 tys. dol. za Teslę Model 3, w porównaniu z 35 tys. dol. za nowe auto. Wydatek stanowiło więc 61 proc. kosztów pojazdu prosto z salonu. Przystępne ceny, które napędzają rosnącą rotację, sprawiają, że rynek aut używanych rośnie bardzo dynamicznie – IEA szacuje, że w 2024 r. amerykański rynek używanych pojazdów powiększył się o 40 proc.

Bariery i szanse

Kluczowa jest właściwa wycena realnej wartości auta, co sprowadza się do tego ile da się jeździć na zamontowanej w nim baterii. Tu sposób użytkowania poprzedniego właściciela (np. częste używanie szybkich ładowarek) ma znacznie większy wpływ niż w przypadku samochodów spalinowych. Z drugiej strony wysokie koszty zakupu sprawiają, że sprzedający, nie chcą zbyt wiele stracić na wartości. Widać to po cenach katalogowych aut używanych z lat 2017-2019, które za Teslę Model 3 plasują się nieco poniżej 30 tys. dol., podczas gdy w ub.r. Hertz roczniki 2021 sprzedawał za 21-22 tys. dol. Aby znaleźć poziom równowagi, dynamika spadku cen aut elektrycznych musi więc nieco wyhamować. Z drugiej strony widać, jak leasing może napędzać ten rynek. Tu klienci płacą w ratach, nie odczuwają więc tak dużego jednorazowego kosztu, a do tego niskie koszty paliwa kompensują wyższe koszty związane z szybszą utratą wartości rezydualnej.

Gracze

Plug
JustGoEV
Recurrent Auto
AmazingEV
AutosEU
Hertz



NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: nie samym zasięgiem samochód się sprzedaje

● Producenci aut elektrycznych uwielbiają chwalić się ich zasięgiem i przyspieszeniem, a w trzeciej kolejności szybkością ładowania. I na tym polega problem, przekonuje David Zipper z MIT Mobility Initiative, według którego koncerny motoryzacyjne nie do końca wiedzą, na czym najbardziej zależy klientom. A to przecież określi kierunek rozwoju branży na wiele kolejnych lat. Stąd MIT Mobility podjęło się analizy, jakie komunikaty marketingowe najlepiej sprawdzają się w sprzedaży aut elektrycznych. „To, co odkryłem, jest niepokojące. Zamiast zapowiadać przyszłość użytecznych i wydajnych pojazdów elektrycznych, producenci samochodów podkreślają wskaźniki, które zwiastują rozczarowanych klientów, zmarnowane zasoby i niepotrzebne zgony na drogach”, tłumaczy David Zipper.

● Jak czytamy w podsumowaniu badania, ankietowani zgodzili się, że marketing pojazdów elektrycznych producentów samochodów musi zrównoważyć dwa cele, które mogą być sprzeczne. Podobnie jak

w tradycyjnych samochodach muszą odróżnić swoje produkty od tych oferowanych przez konkurentów, ale jednocześnie konieczna jest pomoc dla kupujących w tym, aby zrozumieli, jak określić jakość pojazdów, które pod wieloma względami różnią się od znanych modeli aut spalinowych. Naukowiec z MIT przede wszystkim postanowił dowiedzieć się, co konsumenci myślą o wspomnianych, podstawowych parametrach, którymi szafują producenci.

➔ **Zasięg:** to bez wątpienia jeden z priorytetów kupujących elektryki. „Jeśli możesz reklamować, że pojazdy elektryczne mają większy zasięg, na przykład do 300 mil, to konsumenci są znacznie bardziej skłonni do ich zakupu i wyceniają je na równi z pojazdami benzynowymi” – powiedziała Kate Whitefoot, profesor inżynierii i polityki publicznej w Carnegie Mellon. Tyle że przeciętny amerykański kierowca dziennie przejeżdża około 40 mil, niepokój o zasięg może być przesadzony. Stąd wg Zippera podkreślenie zasięgu w marketingu pojazdów elektrycznych

może wzmocnić istniejące obawy konsumentów o wyczerpaniem się baterii, a w dodatku nie jest jasne, czy jakkolwiek wartość zasięgu wystarczy, aby złagodzić takie obawy. Działa tu prosta zasada: im większy zasięg oferujesz ludziom, tym więcej go chcą. „Producenci samochodów często rozszerzają zasięg pojazdu, instalując większy akumulator, który zwiększa wagę pojazdu i zmniejsza jego wydajność. Cięższe pojazdy są przy tym bardziej niebezpieczne w wypadkach, zarówno dlatego, że pokonują większą odległość podczas hamowania, jak i dlatego, że przenoszą większą siłę przy uderzeniu. Z tego powodu przyszły rynek pojazdów elektrycznych, na którym producenci samochodów konkurują na dystansie, może stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa na drodze” – przekonuje autor badania.

➔ **Przyspieszenie i moc:** układy napędowe aut elektrycznych zapewniają większe przyspieszenie niż silniki spalinowe, bo tu nie trzeba czekać na osiągnięcie odpowiedniego momentu obrotowego. Ma się go



już na starcie. Stąd jest to jeden z ważnych argumentów, aby przesiąść się do elektryka. Tyle że nawet te „wolne” samochody napędzane benzyną przyspieszają dziś wystarczająco szybko, aby zaspokoić praktyczne potrzeby kierowcy. Stąd widoczna w całej branży konkurencja o produkcję jeszcze szybszych pojazdów elektrycznych może być bezproduktywna, przekonuje Zipper: w ten sposób marnuje się zasoby badawczo-rozwojowe i zwiększa zagrożenie bezpieczeństwa.

→ **Czas ładowania:** proces ładowania dla wielu potencjalnych nabywców pojazdów elektrycznych jest czymś nowym w porównaniu z tradycyjnym tankowaniem. Całkiem zrozumiałe jest więc, że czas tego procesu jest ważnym czynnikiem zarządzania obawami konsumentów przed zmianą pojazdu na elektryczny. Z analizy Zippera wynika jednak, że w polityce komunikacyjnej producentów aut brak spójności, jeśli chodzi o dane dotyczące czasu ładowania, co może zmylić konsumentów i skomplikować porównywanie modeli.

● To tyle, jeśli chodzi o trzy kluczowe parametry, którymi dziś operują sprzedawcy aut. Ankietowani przez MIT zasugerowali jednak kilka wskaźników marketingowych dla pojazdów elektrycznych, które mogłyby przyciągnąć właścicieli samochodów spalinowych:

→ **Standaryzacja czasu ładowania:** tego typu zabieg usprawniłby miks wskaźników ładowania, których producenci samochodów używają dziś przy sprzedaży pojazdów. Chodzi o znalezienie wspólnych mianowników, takich jak np. zwiększenie zasięgu po godzinie ładowania na ładowarce poziomu 2 [powszechnie stosowanych w domach – red.], przy założeniu, że bateria jest pełna w 20 proc. na starcie, a temperatura wynosi 70 st. Fahrenheita. Dodatkowy zestaw standardowych warunków może zostać ustanowiony dla czasów szybkiego ładowania, chociaż w tym przypadku postęp technologiczny jest na tyle duży, że standard może się zdezaktualizować, zanim się upowszechni. „Jeśli chodzi o prędkości ładowania, konkurencja mogłaby być konstruktywna dla

branży, zmuszając producentów samochodów do projektowania pojazdów wydajniejszych i lżejszych. Dzięki temu przyszłe modele pojazdów elektrycznych zużywałyby mniej zasobów i stanowiłyby mniejsze zagrożenie dla innych użytkowników dróg”, przekonuje Zipper.

→ **Realne informacje o zasięgu, zwłaszcza minimalnym:** Patrick George, redaktor naczelny InsideEVs, zauważył, że konsumenci martwiący się zasięgiem bardziej są zainteresowani jego minimalną niż maksymalną wartością, która okazuje się niższa, niż oczekiwano lub reklamowano. „Jeśli jedziesz autostradą pojazdem, który jest aerodynamiczny jak cegła, i widzisz, że twój zasięg spada, to nie ma się co dziwić, że ludzie są z tego powodu wściekli” – powiedział. Zasięg może spadać szybciej w pewnych warunkach pogodowych lub drogowych, takich jak niskie temperatury, pagórkowaty teren czy szybka jazda, zaskakując kierowców, którzy mogą nie zdawać sobie sprawy, że wartości szacowane przez EPA

zakładają określony zestaw warunków jazdy. Rzeczywisty zasięg może od nich odbiegać i zdarza się to dość często. „Jednym z rozwiązań może być dostarczenie geograficznych informacji marketingowych na temat minimalnego zasięgu (tj. «na płaskiej trasie w temperaturze 20 stopni, podróżując z prędkością 65 mil na godzinę, samochód nadal zapewni zasięg co najmniej XX mil»). Takie informacje mogą złagodzić niepokój o zasięg (i zapobiec destrukcyjnemu wyścigowi producentów samochodów o budowanie coraz większych baterii), niosą jednak ryzyko dla upowszechnienia pojazdów elektrycznych. Ankietowani zwracali bowiem uwagę, że minimalne zasięgi mogą się znacznie różnić w zależności od specyficznej pogody czy warunków terenowych, a dzielenie się takimi informacjami może skłonić kupujących samochody do jeszcze większego wyolbrzymiania znaczenia zasięgu w codziennej jeździe”, pisze w swojej analizie Zipper.

→ **Wskaźniki efektywności układu napędowego:** jak wspomniano

wcześniej, producenci samochodów w komunikacji marketingowej pojazdów elektrycznych rzadko wspominają o wskaźnikach wydajności. Kilku ankietowanych zaleciło porzucenie wzorowania na znanej metryce MPG (miles per gallon – czyli zużycia paliwa na określonej trasie, np. na 100 mil), metryki MPGe, czyli relacji długości przebytej trasy i wydatkowanego na to ekwiwalentu paliw, bo jest niejasna i będzie nieistotna w przyszłości zdominowanej przez elektryki. „Z pewnością musimy sprawić, by rzeczy były wyjaśnione klientom, ale jeśli za bardzo wszystko uprościmy, nie trafiamy w sedno” – powiedział Tony Posawatz, wieloletni dyrektor ds. samochodów, który kierował rozwojem Chevroleta Volt. Kilku ankietowanych wezwało producentów samochodów do pomocy w popularyzacji wskaźnika wydajności, który bezpośrednio odnosi zużycie energii elektrycznej, czyli liczbę kilowatogodzin (kWh), na 100 mil. Metryka ta ma dwie zalety: po pierwsze, opiera się na kilowatogodzinach, bardziej intuicyjnej liczbie niż MPGe, a po



drugie, umieszczenie kilowatogodzin w liczniku pokonałoby tak zwane złudzenie MPG, które, jak się okazało, zniekształca popularne postrzeganie zużycia paliwa i wydajności pojazdu w USA (choć nie w Europie, gdzie liczba litrów na 100 km jest standardową metryką zużycia paliwa).

→ Całkowite koszty posiadania

samochodu: kilku ankietowanych zauważyło, że cena EV nie uwzględnia potencjalnych oszczędności wynikających z niższych kosztów utrzymania i użycia energii elektrycznej zamiast benzyny. Marketing, który szacuje długoterminowy koszt finansowy posiadania określonego modelu EV, może być kuszący dla konsumentów, a także stanowić użyteczny punkt odniesienia dla producentów samochodów. Tworzenie takich szacunków może się jednak okazać wyzwaniem, ponieważ koszty posiadania mogą się znacznie różnić w zależności od położenia geograficznego i nawyków kierowcy. Konsumentom często nie doceniają przy tym całkowitego kosztu posiadania

samochodów napędzanych benzyną, co może skłonić ich do zdyskontowania potencjalnych oszczędności aut elektrycznych.

→ Dwukierunkowe ładowanie:

Teoretycznie naładowana bateria EV może pełnić także funkcję magazynu energii, zasilając także inne urządzenia oraz domy, gdy nie ma innego źródła zasilania. Stąd kilku ankietowanych zaleciło, aby marketing producenta samochodów kładł nacisk na możliwość ładowania dwukierunkowego – czyli zarówno pobór prądu z sieci, jak i możliwość oddania go z powrotem – jako dodatkowej funkcjonalności auta (zwłaszcza dla osób, które dysponują np. własną fotowoltaiką). Warto zauważyć przy tym, że aby dwukierunkowe ładowanie stało się powszechne i popularne, producenci samochodów będą musieli zmienić swoje modele gwarancyjne, aby odzwierciedlić liczbę cykli ładowania, a nie przejechane mile. Należy również odpowiedzieć na pytania dotyczące potencjalnego pogorszenia jakości baterii.

● **Wniosek:** „W dłuższej perspektywie rynek pojazdów elektrycznych, który obraca się wokół wydajności pojazdów, byłby korzystny dla społeczeństwa, ponieważ zminimalizowałby zużycie zasobów i ryzyko bezpieczeństwa drogowego, które rosną wraz z wagą pojazdu. (...) Dwa najpopularniejsze wskaźniki marketingowe – przyspieszenie i zasięg – są intuicyjne dla konsumentów, ale niosą ze sobą ryzyko społeczne. Podkreślenie zasięgu może skłonić konsumentów do jego fetyszyzacji, podczas gdy dalsze postępy w zakresie przyspieszenia stwarzają zagrożenia dla bezpieczeństwa drogowego (i zapewniają znikome dodatkowe użyteczności dla kierowców). Koncentracja na zasięgu i przyspieszeniu promuje modele mniej wydajne i bardziej niebezpieczne. Warto zauważyć, że zmiany w sieci ładowania aut elektrycznych mogą mieć duży wpływ na wskaźniki marketingowe. Szybkie ładowarki, które są mocniejsze, bardziej niezawodne i powszechnie dostępne, mogą złagodzić niepokój

związany z zasięgiem, pozwalając producentom samochodów na zmniejszenie jego znaczenia jako wskaźnika marketingowego. Byłoby to korzystne społecznie”, zaznacza David Zipper.



Kierowcy nie potrzebują ogromnych zasięgów

Według ankiety przeprowadzonej w 2024 r. przez firmę doradczą McKinsey konsumenci chcą, aby średnie pojazdy elektryczne przed koniecznością doładowania miały **zasięg jazdy około 465 km.**



Małe i duże elektryki

TREND

Poszukiwanie tanich miejskich pojazdów elektrycznych napędziło całą falę produkcji następców Smarta.

Tyle że w wersji bezemisyjnej. Z drugiej strony skoro elektryki przeszły już do mainstreamu motoryzacji, nie mogła ich ominąć panująca w niej popularność dużych aut typu SUV.

Fot. Mohamed Nohassi/Unsplash

Wersja mini

Pionierem w tej dziedzinie jest Renault, którego Twizy na ulice wyjechał już w marcu 2012 r. Ten projekt uruchomił cały trend. Pojawił się więc włoski Tazzari EV, włosko-chiński XEV, amerykański Nimbus czy szwedzki Uniti. Nie wszyscy wytrwali w tym wyścigu – w kwietniu 2022 r. Uniti One zbankrutowało. Wszystkich innych przyćmił jednak Citroën Ami Wyprodukowany w 2020 r. pojazd z bocznymi drzwiami otwieranymi w przeciwnych kierunkach i z 75-kilometrowym zasięgiem do 2023 r. sprzedał się w 30 tys. sztuk, a do października 2024 r. liczba ta sięgnęła już 65 tys. Szybko pojawiły się jego kopie: niemiecki Opel Rocks Electric oraz włoski Fiat Topolino, stylem nawiązujący do Fiata 500. Sprzedaż tych aut wspierają relatywnie niskie koszty rozłożone w czasie: cena Citroëna Ami to 8 tys. euro, ale można go mieć, wplacając jedynie 3 tys. euro z góry i 60 euro co miesiąc przez cztery lata. Trend do miniaturyzacji widać też w pojazdach użytkowych, takich jak np. Telo MT1 – to 5-osobowy pikap o rozmiarze Mini Coopera i pace o powierzchni 3 mkw.

Wersja maxi

Na 600 modeli aut elektrycznych aż dwie trzecie to duże pojazdy i SUV-y (Dane: IEA). Szczególnie popularne są w USA, gdzie już w 2023 r. miały 75 proc. udział w sprzedaży elektryków. Nieco mniejszy, 60 proc. był w Europie, a w Chinach wyniósł 50 proc. To bardzo podobne proporcje jak na rynku samochodów spalinowych (odpowiednio ich udział w USA wynosi 80 proc., w Europie 50 proc., a w Chinach 60 proc.). Różnice na poszczególnych rynkach zależą nie tylko od przyzwyczajeń, ale także zasad programów wsparcia. Konsumentów gotowi płacić za większe i droższe pojazdy, a IEA samo skierowanie zainteresowania na elektryczne SUV-y postrzega jako pozytywne zjawisko. Dynamiczny wzrost ich sprzedaży w wersji spalinowej w latach 2010–2022 sprawił, że zużycie energii na kilometr średnio było o 40–45 proc. wyższe. Elektryfikacja poprawi ich profil środowiskowy: gdyby wszystkie sprzedawane SUV-y były elektryczne, można by uniknąć emisji 770 Mt CO₂.

Gracze

Renault
XEV Cars
Citroën
Tazzari EV
Canyon
Nimbus
Opel
Fiat
Volvo
Hyundai
KIA
Telo Trucks



NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: najlepszy sposób na wykorzystanie CO₂

W latach 2018–2022 **emisja CO₂** ze wszystkich źródeł w Zatoce San Francisco **spadła o blisko 1,8 proc. rocznie** – wynika z badań Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley. Naukowcy przypisują to wzrostowi liczby pojazdów elektrycznych: w tym czasie **wskaźniki emisji pojazdów spadły o 2,6 proc. rocznie**. (Bay Area ma najwyższy wskaźnik adopcji pojazdów elektrycznych w kraju: w 2023 r. samochody elektryczne, pikapy i SUV-y stanowiły prawie 40 proc. nowych rejestracji samochodów w San Jose i 34 proc. w San Francisco).



NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: elektryki są bezpieczniejsze dla pasażerów

Fot. Robin Battison/Unsplash

● Problemy bezpieczeństwa samochodów elektrycznych, zwłaszcza pożarowego, są wyolbrzymione. W rzeczywistości dla pasażerów elektryki są bezpieczniejsze niż auta spalinowe, przekonuje Jingwen Hu, profesor wydziału inżynierii mechanicznej z University of Michigan. Opinia publiczna na temat wypadków pojazdów elektrycznych często opiera się na kilku głośnych zdarzeniach pożarowych. Te obawy dotyczące bezpieczeństwa są prawdopodobnie nieuzasadnione, a faktyczne bezpieczeństwo pojazdów elektrycznych jest bardziej zróżnicowane. Od ponad dwudziestu lat zajmuję się badaniami nad bezpieczeństwem pojazdów, koncentrując się na biomechanice obrażeń powstałych w wyniku wypadków samochodowych. Oto moje zdanie na temat tego, jak dobrze obecna produkcja pojazdów elektrycznych chroni ludzi.

● Pojazdy elektryczne i pojazdy spalinowe przechodzą te same procedury testów zderzeniowych w celu oceny ich odporności na

zderzenia i ochrony pasażerów. Testy te przeprowadzane są przez National Highway Safety Administration's New Car Assessment Program oraz The Insurance Institute for Highway Safety. W analizach tych wykorzystuje się manekiny do testów zderzeniowych reprezentujące średniej wielkości mężczyzn i małe kobiety, aby ocenić ryzyko obrażeń. Testy mogą ocenić zagrożenie pożarowe spowodowane niekontrolowaną utratą ciepła – gdy akumulatory litowo-jonowe ulegają szybkiemu, niekontrolowanemu nagrzewaniu – w pękniętych akumulatorach pojazdów elektrycznych lub nieszczelności zbiorników gazu w pojazdach spalinowych.

● **Kwestia wagi:** Żaden z testów zderzeniowych pojazdów elektrycznych przeprowadzonych przez Insurance Institute for Highway Safety nie spowodował pożaru. Raporty z testów zderzeniowych programu New Car Assessment Program dają porównywalne wyniki. Chociaż analiza danych rzeczywistych na temat pożarów



pojazdów elektrycznych jest ograniczona, wydaje się, że analiza zagrożeń pożarowych pojazdów elektrycznych w mediach i mediach społecznościowych jest przesadzona. To, co wyróżnia bezpieczeństwo pojazdów elektrycznych, to fakt, że wyniki testów zderzeniowych, dane dotyczące obrażeń w terenie i wnioski o obrażenia od Insurance Institute for Highway Safety pokazują, że pojazdy elektryczne są lepsze od swoich odpowiedników spalinowych pod względem ochrony pasażerów. Ta przewaga pojazdów elektrycznych sprowadza się do potężniejszej fizyki i najnowocześniejszych technologii. Dzięki mocnym akumulatorom umieszczonym u podstawy samochodu pojazdy elektryczne mają zwykle znacznie większą masę i niższy środek ciężkości niż pojazdy konwencjonalne. Taka konfiguracja drastycznie zmniejsza prawdopodobieństwo wypadków typu roll-up, które powodują dużą liczbę ofiar śmiertelnych. Co więcej, dynamika zderzenia wskazuje, że w zderzeniu dwóch pojazdów cięższy ma wyraźną przewagę, ponieważ

nie zwalnia tak gwałtownie, co jest czynnikiem silnie powiązanym z ryzykiem obrażeń pasażerów.

● **Problem kompatybilności zderzeniowej:** Jeśli chodzi o technologię, większość pojazdów elektrycznych to nowsze modele wyposażone w najnowocześniejsze systemy bezpieczeństwa, od zaawansowanych materiałów pochłaniających energię po najnowocześniejsze systemy zapobiegania zderzeniom i ulepszone konfiguracje pasów bezpieczeństwa i poduszek powietrznych. Cechy te wspólnie zwiększają ochronę pasażerów. Testy zderzeniowe przeprowadzone przez Insurance Institute for Highway Safety pokazują, że większość pojazdów elektrycznych jest stosunkowo bezpieczna dla pasażerów. Chociaż nieodłączna waga pojazdów elektrycznych zapewnia naturalną przewagę w zakresie ochrony pasażerów, oznacza to również, że inne pojazdy ponoszą ciężar pochłaniania większej ilości energii zderzenia z cięższymi pojazdami elektrycznymi. Dylemat ten

ma kluczowe znaczenie dla koncepcji „kompatybilności zderzeniowej”, dobrze ugruntowanej dziedziny badań nad bezpieczeństwem. Rozważmy scenariusz, w którym mały sedan zderza się z ciężką ciężarówką. Pasażerowie sedana zawsze są narażeni na większe ryzyko obrażeń. Badania zgodności zderzeniowej mierzą „agresywność” pojazdu na podstawie poziomu szkód wyrządzonych innym pojazdom, a cięższe modele prawie zawsze są uważane za bardziej agresywne.

● **Lepsze technologie, większe bezpieczeństwo:** Ponadto zwiększona energia związana z uderzeniami cięższych pojazdów elektrycznych, zwłaszcza elektrycznych pikapów, stwarza poważne wyzwania dla poręczy drogowych. Co więcej, pojazdy elektryczne – szczególnie te, które działają cicho przy niskich prędkościach – stwarzają zwiększone ryzyko dla pieszych, rowerzystów i innych osób, które mogą nie usłyszeć zbliżających się pojazdów elektrycznych. Chociaż pojazdy elektryczne zapewniają

poprawę bezpieczeństwa ich pasażerów, niezwykle ważne jest, aby rozpoznać problemy związane z bezpieczeństwem, jakie stwarzają dla innych uczestników ruchu, i stawić im czoła. Wierzę, że postęp technologiczny będzie głównym katalizatorem przezwyciężania przeszkód w zakresie bezpieczeństwa, przed którymi stoją pojazdy elektryczne. Lekkie materiały, wydajniejsze technologie wykrywania i algorytmy bezpieczeństwa, ulepszone pasy bezpieczeństwa i lepsze poduszki powietrzne odegrają kluczową rolę w stawianiu czoła tym wyzwaniom. Co więcej, ściśle powiązanie pojazdów elektrycznych z szybko rozwijającymi się możliwościami obliczeniowymi prawdopodobnie będzie sprzyjać rozwojowi nowych technologii bezpieczeństwa.

Oprac. na podst. The Conversation



Samochody solarne

TREND

Na ile realna jest wizja z filmów futurystycznych, gdzie samochody są napędzane zainstalowanymi na nich bateriami?

Tzw. samochody solarne zaliczyły falstart, ale fotowoltaika zaczyna się przebijać w motoryzacji.

Fot. Mercedes-Benz

Rozwój

Wszystko zaczęło się od wyścigu World Solar Challenge (WSC), który w Australii odbywa się od 1987 r. To zawody inżynierów i ich kastomizowanych pojazdów. Ekipa z University of Eindhoven, która ze swoją prototypową Stellą trzykrotnie wygrała jako jedna z pierwszych, podjęła temat w bardziej komercyjnym wymiarze i w 2019 r. zaczęła pracę nad Lightyear, okrzykniętym Tesłą solarnej motoryzacji – zarówno ze względu na styl, jak i cenę, która pierwotnie miała sięgać 250 tys. euro. Ostatecznie firma porzuciła ten model i w ub.r. skupiła się na Lightyear2, który ma kosztować ok. 40 tys. euro. Nieco tańszy (30 tys. euro), ale też istotnie mniejszy miał być Sion niemieckiego Sono Motors. Firma jednak popadła w kłopoty finansowe i skupia się dziś na Solar Bus Kit, czyli panelach montowanych na dachach autobusów (podobne ma już zresztą Hyundai Sonata). Za to naukowcy z Mercedes-Benz pracują nad cienką (5 μm), wypełnioną nanocząstkami, solarną powłoką na karoserię, która może mocno doładować baterie.

Jak to się robi

Cienkie i elastyczne panele fotowoltaiczne pozwalają pokryć karoserię samochodu, ale to wciąż za mało na pełne ładowanie. To raczej sposób na doładowanie pojazdu w ciągu dnia. Moc paneli Siona średnio wystarczy na 16 km podróży (przy czerwcowym słońcu jest to 29 km, a zimą zasięg spada do 4 km). Generalnie w Sionie 456 półtogniw solarnych miało dodać średnio 112 km zasięgu, a celem Lightyear jest przejechanie 800 km bez konieczności ładowania. Potencjał mają też szyby pokryte przeziernym materiałem solarnym (np. perowskit czy kropki kwantowe), ale tu wchodzi kwestie bezpieczeństwa i widoczności – m.in. refleksja światła. Większe oczekiwania mają naukowcy z Mercedes-Benz, którzy solarną powłokę chcą rozsmarować na ok. 11 mkw. karoserii SUV-ów. Wg nich dałoby to moc do przejechania średnio 32 km, czyli 62 proc. przeciętnej trasy, a w słonecznych miejscach jak Los Angeles wystarczyłoby na cały przejazd.

Gracze

Sono Motors
Lightyear
Stella
A2 Solar
Hyundai
Mercedes-Benz



NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: dlaczego tak trudno zrobić solarny samochód



Fot. World Solar Challenge

● **Samochody słoneczne istnieją:** najlepszym miejscem, aby je zobaczyć, jest World Solar Challenge, wyścig, który odbywa się co dwa lata w Australii. Konkurenci muszą przejechać około 3 tys. km, od Darwin na północnym wybrzeżu kraju do Adelajdy na południowym wybrzeżu, wykorzystując tylko energię słoneczną. Wiele samochodów, które rywalizują w tym wyścigu, wygląda bardziej jak samochodziki z parku rozrywki lub pojazdy science fiction niż auta, które widzisz na drodze. To mówi ci coś o tym, dlaczego samochody solarne nie są opcją dla codziennych podróży, przynajmniej jeszcze nie, przekonuje Chen Liu, profesor inżynierii elektrycznej i komputerowej z Uniwersytetu Clarksona w artykule opublikowanym na łamach The Conversation. Mimo że w ciągu dnia na ziemię pada dużo światła słonecznego, to przemieszczając się przez atmosferę, staje się rozproszone, więc ilość, która uderza w konkretną powierzchnię, jest dość niska. Średnia dla całego roku wynosi około 342 watów na metr kwadratowy. W przybliżeniu to moc wystarczająca do zasilania standardowej lodówki.

● **Samochód to nie AGD:** Rozmiary samochodów różnią się bardzo, ale pełnowymiarowy samochód w USA ma około 18 stóp długości i 6 stóp szerokości, czyli około 100 do 110 stóp kwadratowych (9 do 10 metrów kwadratowych) powierzchni poziomej. To pozwala zbierać około 3,42 wata: wystarczająco dużo do uruchomienia lodówki, zmywarki i kuchenki mikrofalowej. Duże farmy słoneczne fakt, że światło słoneczne jest rozłożone na tak dużym obszarze, kompensując swoimi rozmiarami, umieszczając miliony paneli słonecznych na tysiącach akrów. Niektóre, głównie na obszarach pustynnych, wykorzystują lustra do skoncentrowania energii słońca. Ale standardowy samochód nie ma wystarczającej powierzchni, aby zbierać odpowiednią ilość energii słonecznej.

● **Przekształcanie światła słonecznego w energię:** Innym problemem jest to, że dzisiejsze panele słoneczne nie są zbyt wydajne w przekształcaniu światła słonecznego w energię elektryczną. Zazwyczaj wynosi ona

około 20 proc., co oznacza, że tylko blisko jedna piąta energii słonecznej, która do nich dociera, jest zamieniana w prąd elektryczny. Oznacza to, że 3,42 wata energii słonecznej spadających na przeciętny samochód pokryty panelami słonecznymi dałoby tylko około 684 watów, które samochód mógłby wykorzystać. Dla porównania, pojazd elektryczny potrzebuje około 20 000 watów, aby jechać z prędkością 100 kilometrów na godzinę. Pojazdy, które rywalizują w World Solar Challenge, są zwykle duże i mają konstrukcję, które maksymalizują ich poziomą powierzchnię. Pomaga im to zebrać jak najwięcej światła słonecznego. Jako pojazdy koncepcyjne się sprawdzają, ale większość modeli nie ma wielu okien ani miejsca na cokolwiek poza kierowcą.

● **Kiedy słońce nie świeci:** Kolejnym wyzwaniem jest to, ile energii słonecznej można wygenerować w zależności od pory dnia, warunków pogodowych, no i położenia geograficznego. Ziemia jest odchylona od swojej osi, więc nie wszystkie obszary otrzymują równe ilości światła słonecznego w danym



momencie. Obszary w pobliżu równika otrzymują stałe światło słoneczne przez cały rok, więc strefy bliżej niego – takie jak południowa Kalifornia lub pustynia Sahara – mają bardziej intensywną energię słoneczną niż miejsca bliżej biegunów Ziemi, takie jak Alaska. Samochody słoneczne również miałyby trudności z zebraniem wystarczającej ilości światła słonecznego w pochmurne lub deszczowe dni. Nawet duże

przedsiębiorstwa użyteczności publicznej z ogromnymi farmami słonecznymi muszą planować czasy, kiedy słońce nie świeci. Tymczasem kierowcy potrzebują swoich samochodów do pracy w nocy. Aby samochód solarny mógł działać po zmroku, musiałby zużyć dodatkową energię, którą zebrał w ciągu dnia i przechowywał w baterii. Panele słoneczne i akumulatory zwiększają wagę

samochodu, a cięższe samochody potrzebują więcej mocy do pracy.

● **Co dalej:** Naukowcy pracują nad zaprojektowaniem samochodów solarnych, które są bardziej odpowiednie do codziennego użytku. Aby tak się stało, projektanci będą musieli sprawić, by panele słoneczne były bardziej wydajne w przekształcaniu światła słonecznego w energię,

i zaprojektować panele słoneczne, które są bardziej odpowiednie dla samochodów. Kluczowe znaczenie będzie również mieć koszt systemów solarnych dla samochodów, tak aby przeciętni nabywcy mogli sobie na nie pozwolić. Na razie opcją najbliższą samochodowi słonecznego jest pojazd elektryczny, ładowany w domu lub na stacji ładowania. W zależności od tego, jak wytwarzana jest ta energia elektryczna, jakaś jej część

pochodzi z paneli słonecznych, turbin wiatrowych, zapór wodnych lub innych źródeł odnawialnych. I ten udział wzrośnie wraz z przejściem na czystą energię, które nastąpi w ciągu najbliższych kilku dekad. Jeśli jeździsz samochodem elektrycznym, już dziś możesz podróżować, wykorzystując energię słoneczną.

Oprac. na podst. The Conversation





Elektryczne taksówki niebawem polecą



Fot. Joby Aviation

Samochody elektryczne tak się rozpędziły, że niebawem polecą. Już w przyszłym roku mają być gotowe pierwsze powietrzne taksówki. To przyszłość, która nadejdzie szybciej, niż wielu mogłoby się spodziewać. Stąd Federalna Administracja Lotnictwa (FAA) USA już w październiku utworzyła dla nich nową kategorię pojazdów „z napędem”, która obejmuje elektryczne, hybrydowe i napędzane wodorem taksówki powietrzne i inne. Nad eVTOL-ami, jak się określa te elektryczne pojazdy pionowego startu i lądowania (ang. electric vertical take-off and landing), równolegle pracują dwie duże firmy – koreański Hyundai i brazylijski Embraer – oraz kilka start-upów.



S-A2

→ **S-A2** to projekt należącej do **Hyundaia** firmy **Supernal**. Osiem wirników pozwala na pionowy start oraz lądowanie i przeznaczony jest do przewozu pilota oraz czterech pasażerów. Tak jak w klasycznym samochodzie osobowym czy niedużym helikopterze typu Robinson. Elektryczne baterie zapewnią zasięg od 40 do 65 km, w zależności od obciążenia. Supernal swój wehikuł zamierza testować w Kalifornii, ale jednocześnie z władzami Singapuru podpisał umowę w zakresie badań i ram regulacyjnych sektora zaawansowanej mobilności powietrznej.



Fot. Eve Air Mobility

→ **Eve Air Mobility**, spółka zależna **Embraera**, już w 2026 r. chce

wystartować z własnym modelem eVTOL. Jest większy od Hyundai eVTOL – zabiera do sześciu pasażerów – i latać ma do 100 km. Jako firma o korzeniach lotniczych Eve Air Mobility od początku pozycjonuje swój pojazd jako alternatywa dla helikoptera – jest o 90 proc. cichszy, a przede wszystkim 6-krotnie tańszy w trasie w przeliczeniu na pasażera. Firma podkreśla także trwałość swojej maszyny – w ciągu roku może odbyć nawet kilka tysięcy lotów.



→ **Wisk Aero** już od 15 lat pracuje nad maszynami pionowego startu i lądowania. Prace przyspieszyły, odkąd w 2023 r. przejął go **Boeing**. Swoje pojazdy testuje w Sugar Land w Teksasie, które stało się amerykańskim laboratorium doświadczalnym dla powietrznego transportu lokalnego.



Ich czteroosobowa maszyna 6. generacji bardziej niż helikopter przypomina samolot z 12 śmigłami. Podczas startu obracają się w osi pionowej, tak jak w zwykłym dronie, umożliwiając pionowy start. Po wzbiciu się w powietrze 6 przednich, nieco większych śmigieł pochyla się i pracuje w osi poziomej tak jak w samolocie, podczas gdy 6 tylnych jest wyłączanych. W ten sposób Wisk leci jak samolot, dzięki temu osiągając nawet 220 km/h. Jego zasięg już po 15 minutach ładowania sięga 144 km. Firma pracuje nad jak największą autonomią pojazdów. W Wisk nie chodzi jednak o wykorzystanie AI, ale o wykorzystanie sprawdzonych technologii Advanced Air Mobility (AAM), dzięki którym już 93 proc. komercyjnych funkcji maszyny jest zautomatyzowanych.



→ **Joby Aviation** to start-up, który już w 2023 r. swój powietrzny pojazd elektryczny przypominający helikopter dostarczył amerykańskiej armii. Napędzany jest sześcioma śmigłami, które podczas startu obracają się w osi pionowej, a w locie pochylają się i obracają tak jak w samolocie. Na jednym ładowaniu są w stanie przelecieć 160 km. Joby Aviation w listopadzie 2023 r. zaczął testowe operacje w Nowym Jorku, gdzie dysponuje lądowiskiem na Manhattanie. Przelot z lotniska JFK zajmuje 7 minut, czyli siedem razy mniej niż samochodem (49 minut) – Joby Aviation w zakresie przewozu pasażerów do centrum ma współpracować z Deltą. Od 2026 r. oferować chce także przeloty w Dubaju.



→ Z kolei niemiecka firma **Volocopter**, poza taksówkami **VoloCity**, ma też **VoloRegion** do dłuższych podróży i **VoloDrone** do przesyłek kurierskich. Miejski, wyposażony w 18 śmigieł o pionowej osi obrotu VoloCity w największym stopniu przypomina dużego drona. Jest niewielki, dwumiejscowy i lata z prędkości ok. 90 km/h przy niedużym zasięgu 20 km. Jest więc przeznaczony do typowej miejskiej mobilności powietrznej (UAM). W listopadzie 2023 r. odbył pierwszy lot testowy w Nowym Jorku, a od lutego 2024 r. od Niemieckiego Federalnego Urzędu Lotnictwa (Luftfahrtbundesamt, LBA) dostał zgodę na seryjną produkcję. Większy, przypominający lekki samolot VoloRegion mieści z kolei 4 pasażerów, ma zasięg 100 km i lata z maksymalną prędkością 250 km/h (średnia przelotowa to 180 km/h).



→ **GAC Group** to z kolei chiński koncern, który stworzył nową powietrzną markę **Govy**. Jej wykonany w 90 proc. z włókna węglowego model **AirJet** po szybkim 30-minutowym ładowaniu ma mieć zasięg do 200 km. Ale to dopiero początek, bo kolejne modele mają latać dwa razy dalej. Latać ma z prędkością 250 km/h. Govy ma podobny model działania co niemiecki **Volocopter**, pracuje też więc nad **AirCar** przeznaczonym dla krótkich miejskich lotów do 20 km oraz usługą Robo-AirTaxi, która łączy transport lądowy i powietrzny, oferując kompleksowe rozwiązania z zakresu inteligentnej mobilności. GAC Group rozwija więc cały nowoczesny model mobilności, w ramach którego będzie łączył przeloty AirCarem i AirJetem.

Pojazdy eVTOL teoretycznie można postrzegać jako sposób na elektryfikację i dekarbonizację lotnictwa, ale raczej nie zastąpią klasycznych samolotów. Bliżej im do helikopterów, od których są cichsze, ale te są raczej używane na średnim dystansie. Tymczasem, jak sama nazwa wskazuje, tutaj mówimy raczej o logistyce miejskiej. Są więc alternatywą dla pojazdów przemieszczających się po ziemi. Szef Supernal Shin Jaiwon stawia zresztą dość kontrowersyjną tezę, że dla mieszkańców miast transport naziemny nie będzie wystarczający. Bardziej realistyczne wydaje się podejście Embraera, który liczy na wykorzystanie swoich taksówek przede wszystkim tam, gdzie jest słaba infrastruktura drogowa, co akurat w Brazylii nie jest rzadkością. Johann Bordais, dyrektor generalny Eve Air Mobility, przyznaje też, że jego zdaniem nie będzie to alternatywa dla samolotów.



Elektryczne ciężarówki utknęły w korku



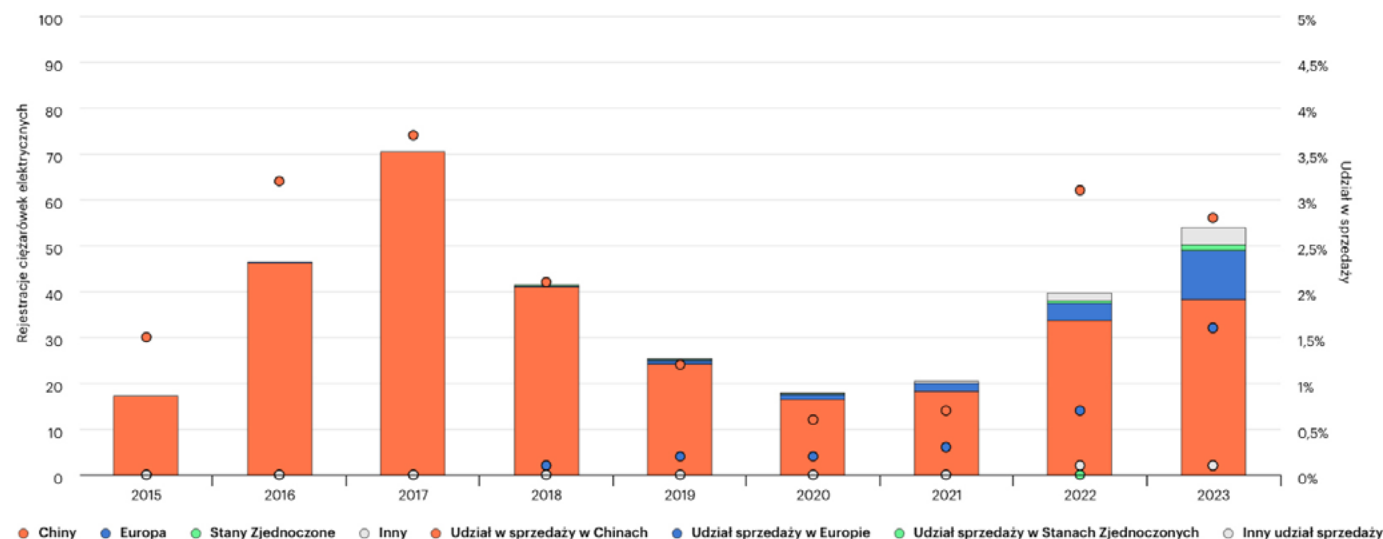
Fot. Netze BW/Unsplash

● Od trzech lat żaden inny segment nie rozwija się tak szybko jak elektryczne ciężarówki (powyżej 12 ton – HDV). Znaczący był w tym względzie rok 2023, gdy całkowita sprzedaż elektrycznych ciężarówek wzrosła o 35 proc. i po raz pierwszy przewyższyła autobusy elektryczne (wynosząc około 54 sztuk). Wiodącym rynkiem elektrycznych ciężarówek,

odpowiadającym za 70 proc. globalnej sprzedaży są Chiny, ale ich znaczenie z roku na rok maleje. Głównie za sprawą Europy, gdzie sprzedaż elektrycznych ciężarówek w tym samym 2023 r. poszybowała w górę – wzrosła prawie trzykrotnie, osiągając ponad 10 tys., czyli około 2,3 proc. udziału w całym rynku ciężarówek. 2024 r. tak dobry już nie był. Sprzedaż

pojazdów elektrycznych spadła wraz z całym rynkiem ciężarówek, chociaż w nieco mniejszym tempie (6,2 proc. vs. 4,2 proc.). W najbardziej udanym 2023 r. także Stany Zjednoczone odnotowały trzykrotny wzrost. Tutaj jednak baza była znacznie niższa, stąd cała sprzedaż sięgnęła zaledwie 1,2 tys. pojazdów. To mniej niż 0,1 proc. udziału w rynku.

Rejestracja i udział w sprzedaży ciężarówek elektrycznych według regionu, 2015–2023



IEA. Licencja: CC BY 4.0



● Na tym tle Polska wypada znacznie lepiej niż USA. Z udziałem elektrycznych ciężarówek na poziomie 0,3 proc. nowej sprzedaży jest jednak daleko od średniej UE. Z dużych krajów Europy podobną do nas strukturę rynku mają tylko Włosi (0,7 proc.). Nieco większy udział elektryków mają Hiszpanie (1,2 proc.), za to Francja (2,6 proc.) oraz Niemcy (3,9 proc.) są powyżej średniej. Skala wciąż jest więc mała – w sumie w Polsce w 2024 r. sprzedano się tylko 84 elektryczne ciężarówki – ale w przeciwieństwie do reszty Europy w tym względzie odnotowaliśmy znaczny, bo 20-procentowy wzrost (co również należy tłumaczyć niską bazą).

● Znacznie większy postęp jest w elektryfikacji mniejszych pojazdów dostawczych. W ubiegłym roku 6,2 proc. zakupionych w Europie vanów było zasilanych wyłącznie bateriami, a 2 proc. to hybrydy. Względem rekordowego 2023 r. sprzedaż elektrycznych dostawczaków spadła jednak o 9,1 proc., mimo że cały rynek urosł o 8,3 proc. Ich udział istotnie się więc zmniejszył – w 2023 sięgał

7,2 proc. – podobnie zresztą jak w przypadku hybryd, których sprzedaż spadła o 4,8 proc. W tym segmencie istotnie lepiej wypada przy tym Polska, gdzie elektryczne vany mają 2,8 proc. udziału w rynku. Podobnie jak w całej Europie ich sprzedaż w 2024 r. spadła jednak z 2,5 do 1,9 tys., czyli znacznie bardziej niż w UE, bo o jedną czwartą (udział w sprzedaży w 2023 r. sięgał

3,8). Ten segment rynku zachowuje się więc znacznie bardziej podobnie do aut osobowych – gdzie sprzedaż elektryków również spadła – niż dużych pojazdów ciężarowych.

● Zdaniem ekspertów McKinseya powolna podróż elektrycznych ciężarówek to nie tylko kwestia rynku i popytu. „Wygląda na to, że

mobilność o zerowej emisji utknęła w korku, ponieważ ogromne wyzwania branży opóźniają adopcję. Przejście na ciężarówki o zerowej emisji wiąże się z czymś więcej niż tylko wymianą układu napędowego. Zakłócenia będą występować w całym ekosystemie: producenci OEM poświęcają znaczne zasoby na rozwój, produkcję i sprzedaż nowych układów napędowych oraz wyższy stopień cyfryzacji. Na horyzoncie są też wielomiliardowe wyzwania infrastrukturalne, a przedsiębiorstwa użyteczności publicznej stoją w obliczu fali nowego popytu na swoje sieci energetyczne”, piszą eksperci McKinseya, zaznaczając, że cały postęp w tym obszarze wynika przede wszystkim z wymogów regulacyjnych. Aby je osiągnąć, ponad jedna trzecia nowych ciężarówek średnich i dużych (od 4,5 tony – MHD) sprzedawanych w USA i UE do 2030 r. musiałaby być bezemisyjna, a w 2035 r. stanowiłyby już 10 proc. całej floty transportowej. „Jest bardzo mało prawdopodobne, aby czysta presja regulacyjna skutecznie kierowała złożonym ekosystemem bardzo różnych graczy.

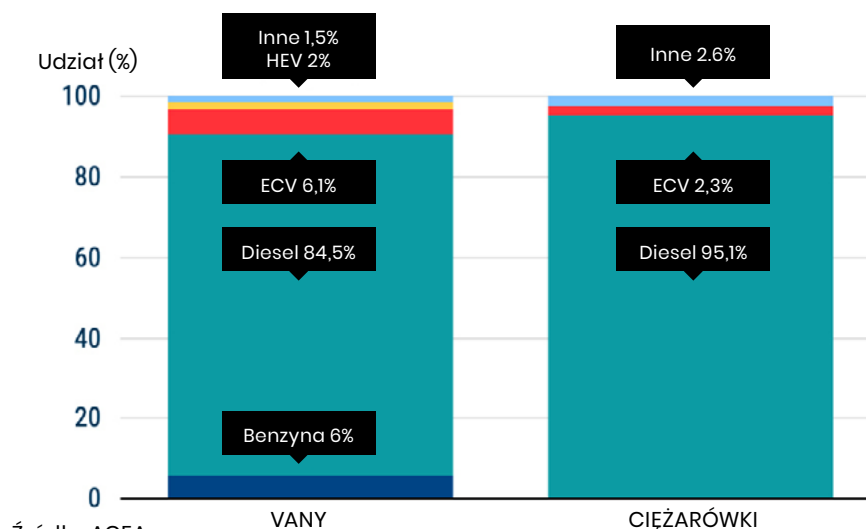
Jak napisał kiedyś jeden autor: Nie wznosisz się do poziomu swoich ambicji, ale spadasz do poziomu swoich systemów. Chociaż ambicje są ogromne, omawiane systemy nie zawsze wystarczają na ich realizację”, dodają analitycy McKinseya.

● Jeszcze bardziej niż w pojazdach osobowych kluczowe w elektromobilnej transformacji przewozów będzie obniżenie cen pojazdów bezemisyjnych. Obecnie w przeliczeniu na przejechaną trasę elektryczne ciężarówki są o ponad 36 proc. droższe niż klasyczne diesle – 0,96 dol./km w przypadku aut spalinowych (ICE) i 1,31 dol./km w przypadku elektryków (BEV). Według oszacowania McKinseya, aby tak się stało, trzeba przede wszystkim o połowę zmniejszyć koszt zakupu ciężarówek – do około 160 tys. dol. Ma się to odbyć przede wszystkim za sprawą obniżenia o 35 proc. samych kosztów akumulatora. Dziś stanowią 85 proc. kosztu całego układu napędowego i powodują, że w przypadku pojazdów elektrycznych dotychczas był on aż czterokrotnie

Nowe pojazdy użytkowe według źródła zasilania

2024 UNIA EUROPEJSKA

● Benzyna ● Diesel ● Pojazd z możliwością ładowania elektrycznego (ECV) ● Pojazd hybrydowy elektryczny (HEV) ● Inne



Źródło: ACEA



droższy niż w dieslach – w 2023 r. układ napędowy kosztował odpowiednio 21 tys. dol. w ciężarówkach spalinowych i 82 tys. dol. w elektrycznych.

● Analitycy McKinseya spodziewają się także zmniejszenia o 25 proc. kosztów związanych z samą infrastrukturą do ładowania, która dziś jest ogromnym wyzwaniem

zwłaszcza w ciężkim transporcie długodystansowym (o czym dalej). W tej sytuacji pojazdy zasilane bateriami staną się de facto o 12 proc. tańsze od tych spalinowych – 0,94 dol./

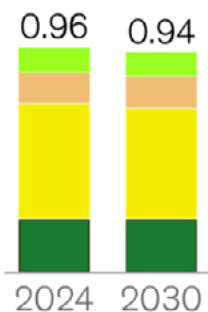
km vs. 0,83 dol./km. Sam koszt zakupu obu rodzajów ciężarówek będzie podobny, ale niższe pozostaną wydatki związane z opłatami i naprawami.

Aby do 2030 r. osiągnąć parytet w całkowitych kosztach posiadania samochodów ciężarowych o zerowej emisji, konieczne będzie znaczne obniżenie kosztów energii i amortyzacji.

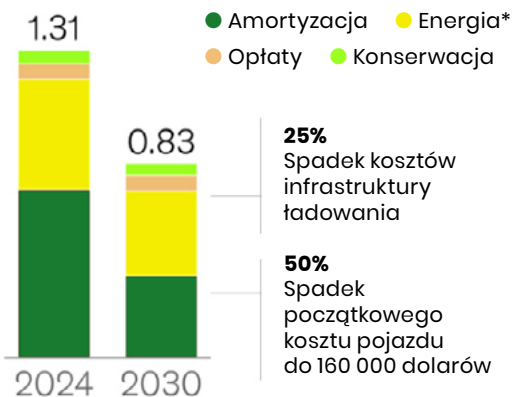
Ciężki samochód ciężarowy do transportu liniowego (ciągnik 40 ton); dzienny zasięg 350 km (90 tys. km rocznie); moc silnika 350 kW.

Całkowity koszt posiadania w Niemczech (dol./km)

Silnik spalinowy



Pojazd elektryczny na baterie

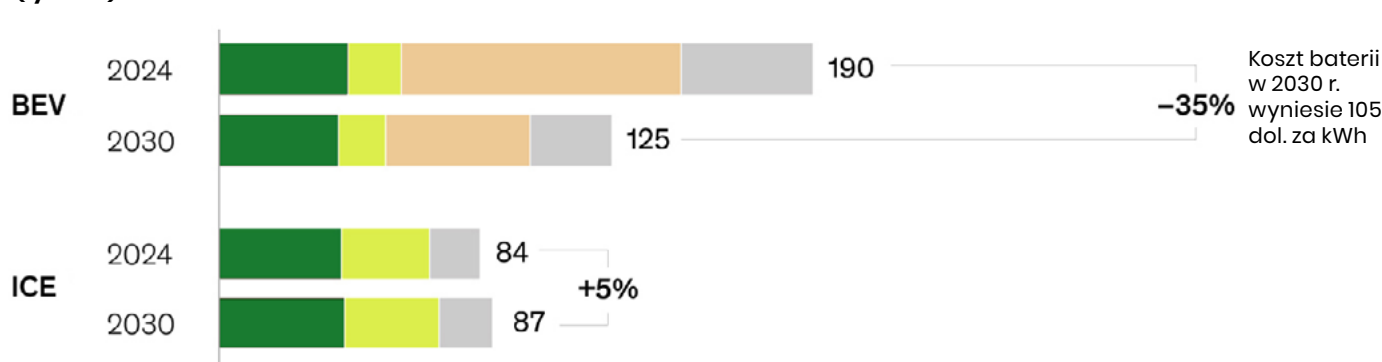


*Obejmuje rozłożone koszty infrastruktury ładowania niezbędnej do ładowania pojazdów elektrycznych (przy założeniu ~30% ładowania w trakcie jazdy).
Ceny energii: olej napędowy 1,49 USD/l w 2024 r., 1,52 USD/l w 2030 r.; energia elektryczna 0,21 USD/kWh w 2024 r., 0,17 USD/kWh w 2030 r.; wodór 11,90 USD/kg w 2024 r., 5,70 USD/kg w 2030 r.
Źródło: McKinsey Center for Future Mobility

Aby całkowity koszt posiadania był konkurencyjny, koszty produkcji ciężarówek bezemisyjnych muszą spaść o 30–40 procent do roku 2030.

Ciężki samochód ciężarowy do transportu liniowego (ciągnik 40 ton); zasięg dzienny 350 km (90 000 km rocznie); moc silnika 350 kW.

Podział kosztów produktu dla ciężkiego samochodu ciężarowego do transportu liniowego¹ w Unii Europejskiej (tys. dol.)



¹Ciągnik klasy 8 o mocy silnika ~350 kW i zasięgu ~350 km między tankowaniami. Pojazdy elektryczne zasilane akumulatorem mogą zmienić się z akumulatora ~500 kWh (1,26 kWh/km, 175 USD/kWh) w 2024 r. na ~440 kWh (1,10 kWh/km, 105 USD/kWh) w 2030 r.

²Zawiera komórki.

³Koszt sprzedanych towarów nieujęty w BOM obejmuje bezpośrednią robociznę, wsparcie produkcji (inżynieria, jakość), transport, cła i gwarancję.

BEV = Pojazd elektryczny na baterie.

ICE = Pojazd z silnikiem spalinowym.

Źródło: Model elektryfikacji pojazdów użytkowych McKinsey oparty na analizie Centrum Mobilności Przyszłości McKinsey.



Czyste dostawy ostatniej mili

TREND

Dynamiczny rozwój handlu elektronicznego w ostatnich latach bardzo mocno napędził biznes kurierski, co wiązało się także ze znaczącym wzrostem śladu węglowego: e-commerce odpowiada już za 3 proc. emisji CO₂. Stąd coraz większa presja na to, aby przynajmniej miejskie dostawy uczynić wolnymi od aut spalinowych – to już nie tylko kwestia dwutlenku węgla, ale polepszenia jakości powietrza.

Fot. CitySprint

Wyzwanie

Według szacunku World Economic Forum w ciągu całej dekady flota pojazdów dostawczych wzrośnie o 36 proc., co sprawi, że ruch w mieście w przeliczeniu na minuty w trasie zwiększy się o 21 proc., a emisje urosną o 32 proc. Kluczowe, że aż 41 proc. emisji CO₂ w logistyce powstaje na tzw. ostatniej mili, czyli już w drodze przesyłki z centrum dystrybucyjnego do odbiorcy. Zmiany muszą więc nastąpić i pomogą w tym sami konsumenci. Z badania, jakie w czerwcu 2023 r. Sia Partners przeprowadziła we Francji, Hiszpanii i Włoszech, wynika, że 83 proc. respondentów jest nawet skłonnych zapłacić więcej za dostawę neutralną pod względem emisji dwutlenku węgla. Na tej fali wszystkie duże firmy kurierskie zaoferowały dostawy bez emisji CO₂, a nawet pojawiły się nowe, szybko rosnące firmy, takie jak brytyjski Hived, który oferuje wyłącznie bezemisyjne dostawy. Zaczynał od 20 elektrycznych rowerów cargo, a dziś ma już pełnej skali flotę elektrycznych pojazdów dostawczych, dzięki którym emisyjność dostaw paczek zmniejsza do 76 proc.

Elektryfikacja dostaw

W dłuższym terminie wymiana floty aut dostawczych na bezemisyjne jest nieuniknione. W pierwszej kolejności stanie się to w Holandii, gdzie rząd jako pierwszy w Europie zawiązał koalicję miast, aby od tego roku dostawy były realizowane wyłącznie pojazdami elektrycznymi. W innym wypadku emisje związane z nimi wzrosłyby o 1/3. Wprowadzając zakaz, rząd zaoferował przy tym wsparcie dla przedsiębiorców w postaci 5 tys. euro dotacji na pomoc w wymianie pojazdów dostawczych i zakupie lub leasingu aut elektrycznych. Nieco większą skalę dotacji – 6 tys. euro – w ub.r. zaoferowała Gandawa tym firmom, które zdecydują się na bezemisyjne dostawy w centrum miasta. Generalnie perspektywy elektryfikacji furgonetek przeważających w miejskiej logistyce są optymistyczne – wg Międzynarodowej Agencji Energii już dziś około 15 proc. floty jest elektryczne, a pod koniec dekady odsetek ten wzrośnie do 40 proc.

Rowery z towarami

Drugą opcją na czyste dostawy w centrach miast jest całkowita rezygnacja z samochodów na rzecz rowerów cargo. Także tu ważną rolę jest elektryfikacja, bo silnik ułatwia ciężkie dostawy rowerowe. W Europie jednym z pionierów jest londyńska firma logistyczna CitySprint, która już w 2017 r. uruchomiła taką opcję dostaw. W tym samym roku powstała też wyspecjalizowana w rowerowych przewozach firma Pedal Me, a w 2021 r. miasto samo zaczęło tworzyć system wypożyczenia rowerów towarowych. Za taką formą dostaw przemawia szybkość – z badań University of Westminster's Active Travel Academy wynika, że rowery cargo dostarczają zakupy o 61 proc. szybciej niż furgonetki. Jest to więc najlepszy rodzaj odpowiedzi na dostawy błyskawiczne, dokonywane tego samego dnia, które są utrapieniem dla transportu samochodowego. Wymagają znacznie większej liczby kursów, co zwiększa ślad węglowy dostaw.



CASE: hybrydowe tiry



Fot. Revoy

Amerykański start-up Revoy zaproponował rodzaj przystawki, która sprawi, że wielkie tiry pędzące autostradami staną się pojazdami hybrydowymi. Punktem wyjścia było pokonanie problemu ładowania ogromnych akumulatorów, które zwiększają nie tylko koszty, ale także wagę ciężarówki, a co za tym idzie – zużycie energii.

Co do zasady budowa dużych hybrydowych ciężarówek dalekiego zasięgu mija się z zasadniczym celem, bo założeniem tego typu układów napędowych jest wykorzystanie silnika elektrycznego do powolniejszej, miejskiej jazdy. No a tu mamy do czynienia z ciągnikami siodłowymi, które jeżdżą przede wszystkim po trasach szybkiego ruchu. Wybór ogranicza się więc do diesla oraz napędu elektrycznego zasilanego baterią, a w perspektywie także ogniwem wodorowym.



Tyle że dziś bezemisyjne ciężarówki są mało konkurencyjne cenowo. Według wyliczeń McKinseya akumulatorowe w przeliczeniu na przejechane kilometry kosztują o 36 proc. więcej niż spalinowe, a wodorowe są nawet dwa razy droższe. Jest też duża niedogodność w postaci ładowania ogromnych baterii, które trwa około godziny. Stąd Revoy sięgnął po testowany już w pojazdach osobowych pomysł na wymienne baterie (obecnie ten model działania rozwija m.in. kalifornijski start-up Ample). W jego przypadku nie chodzi jednak o same akumulatory zainstalowane w ciężarówkach. Swoją technologię kieruje bowiem do tradycyjnych ciężarówek spalinowych.

Do tego Revoy stworzył specjalną „przystawkę”, rodzaj przedłużenia ciągnika, którą podłącza się pomiędzy nim a naczepą. Jest to całkiem spory dodatkowy segment, który mieści baterie o pojemności 525 kWh oraz elektryczny układ napędowy. Model działania jest prosty i przypomina spinanie ze sobą wagonów kolejki: do ciężarówki podczepia się Revoy w tzw.

siodle, w którym zazwyczaj sprzęgana jest naczepa, a że sam segment także dysponuje siodłem, do niego podłącza się naczepę. Takie zestawienie pojazdu powoduje, że kierowca może przejść z silnika spalinowego, który ma w swoim ciągniku, na silnik elektryczny zainstalowany w segmencie Revoya.

W ten sposób jest w stanie przejechać około 400 km wyłącznie na energii z akumulatorów. A gdy się wyczerpią, znów wróci na diesla albo znajdzie stację Revoya, na której czekają jego urządzenia z naładowanym już akumulatorem. I tylko zmieni zużyty na pełny. Pod względem funkcjonalnym z jednej strony przypomina to więc samochód osobowy wyposażony w dodatkowy zbiornik LPG (gdy gaz się wyczerpie, to auto wraca na benzynę), a z drugiej sztafetę, jaką jeszcze na początku XX wieku odbywały dyliżansy, zatrzymując się po drodze na zmianę koni.

Model wydaje się dość złożony, ale ma szereg zalet. Przede wszystkim można w dużym stopniu zdekarbonizować transport towarów bez konieczności

wymiany diesla i kosztownej inwestycji w auto elektryczne. Do tego cały proces wymiany przystawki Revoy trwa zaledwie 5 minut, czyli o 90 proc. krócej niż ładowania baterii. Firma rzecz jasna pobiera opłatę za wykorzystanie jej urządzenia, ale zmiana paliwa z oleju napędowego na znacznie tańszy prąd z nadwyżką to pokrywa. Dzięki temu koszty operacyjne pojazdu są o 5–10 proc. niższe. Revoy szacuje, że na jednej ciężarówce rocznie można zaoszczędzić co najmniej 5 tys. dol.



Fot. Revoy



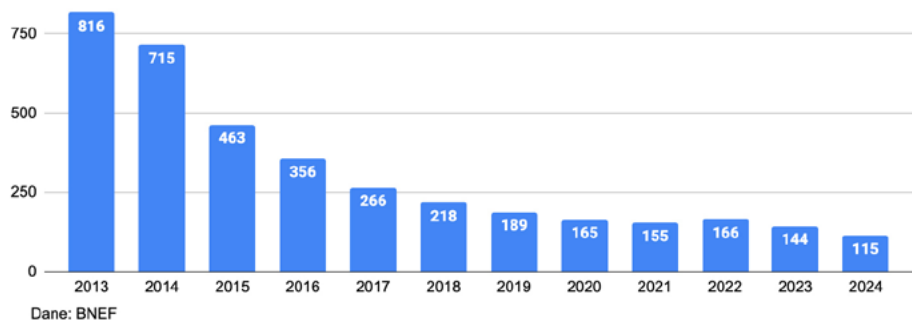
Ceny baterii poleciały w dół

● Rok 2024 był bardzo udany dla tych, którzy liczyli na obniżenie cen baterii do aut elektrycznych. Według danych Bloomberg NEF spadły do 115 dol. za KWh, co oznacza, że są 20 proc. niżej niż rok wcześniej. To największa obniżka od ośmiu lat, która pozwala zapomnieć o feralnym 2022 r. Wówczas przez wzrost kosztów surowców oraz inflację pierwszy raz w historii akumulatory zdrożały. Wydawało się, że czeka nas okres kilku

lat stagnacji w zbijaniu ich cen. Ten scenariusz się jednak nie ziścił, a spadek cen okazał się jeszcze większy, niż spodziewano się na początku 2024 r. Wtedy zakładano, że dotrą do 133 dol. za KWh, a poziom 113 dol. za KWh – czyli bliski obecnego – osiągną dopiero na koniec 2025 r.

● Za tak gwałtownym spadkiem cen baterii stoi ten sam czynnik co w przypadku paneli fotowoltaicznych

Ceny akumulatorów, w dol./kWh

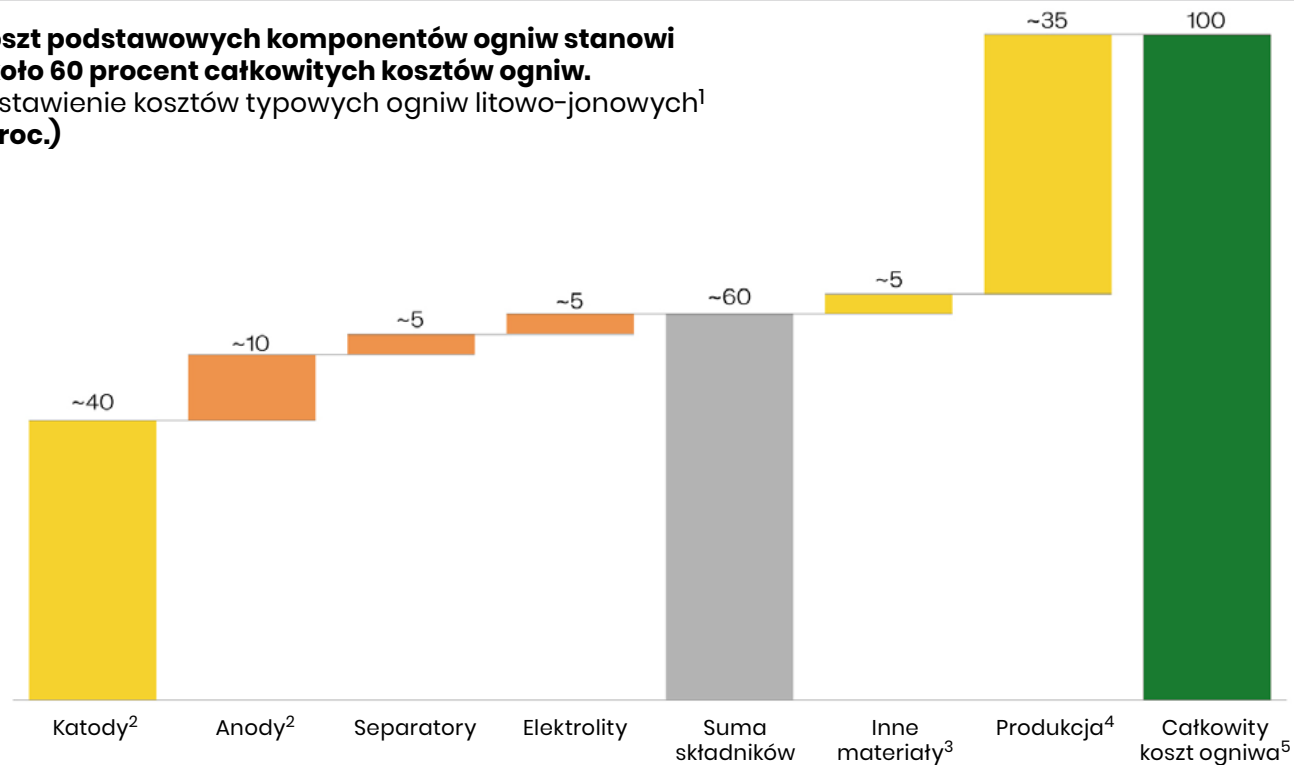


– duża nadwyżka mocy produkcyjnych w Chinach, która zaostrza konkurencję cenową (szerzej na ten temat w rozdziale 4: Energia – Taniej

solary i baterie. To dobrze, ale i źle). Szczególnie widoczne było to w ciągu ostatnich dwóch lat, gdy producenci baterii agresywnie zwiększali

moce produkcyjne w oczekiwaniu na rosnące zapotrzebowanie na baterie w sektorach pojazdów elektrycznych i magazynowania

Koszt podstawowych komponentów ogniw stanowi około 60 procent całkowitych kosztów ogniw.
Zestawienie kosztów typowych ogniw litowo-jonowych¹ (proc.)



¹Przykładowa produkcja baterii NMC811 w Europie, 2023 r. ²Wliczając kolektor prądu. ³Rozpuszczalniki, opakowania, spoiwa, itp.

⁴W tym amortyzacja nakładów inwestycyjnych, wydatki operacyjne (praca, energia, logistyka, badania i rozwój, sprzedaż, ogólne koszty administracyjne itp.) oraz utrata rentowności. ⁵Średni ważony koszt produkcji ogniw w Europie w 2023 r., cena litu (ekwiwalentu węgla litu) wynosi 35 000 USD za tonę metryczną. Źródło: McKinsey Battery Insights.



stacjonarnego. Obecnie nadwyżka mocy produkcyjnych sięga już 3,1 TWh. Według BNEF jest to ponad 2,5-krotność rocznego popytu na baterie litowo-jonowe w 2024 r. „Spadek cen ogniw akumulatorowych w tym roku był większy w porównaniu

z cenami metali akumulatorowych, co wskazuje, że marże producentów baterii są ściśnięte. Mniejsi producenci stoją w obliczu szczególnej presji, aby obniżyć ceny ogniw, żeby walczyć o udział w rynku”, mówi Evelina Stoikou, szefowa zespołu

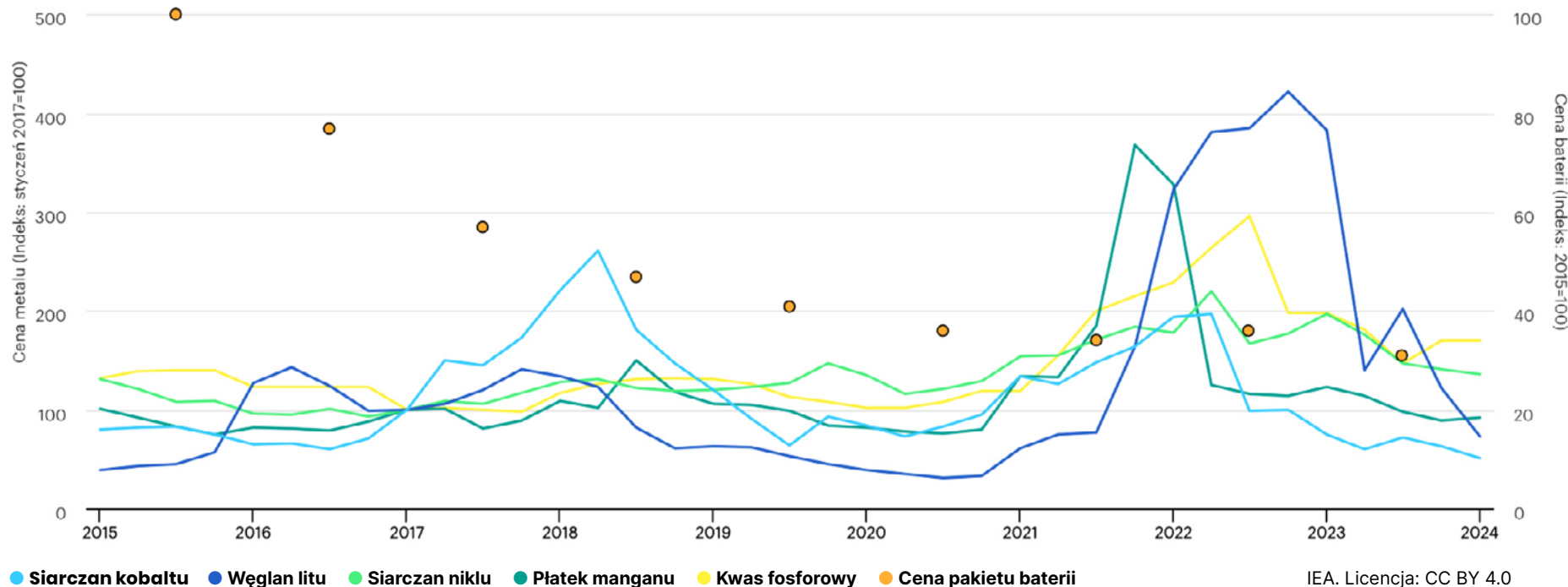
ds. technologii akumulatorów BNEF. Jej zespół jako dodatkowe czynniki wpływające na koszty baterii wskazuje także korzyści skali, niskie ceny metali i komponentów, przyjęcie tańszych baterii litowo-żelazowo-fosforanowych (LFP) oraz

spowolnienie wzrostu sprzedaży pojazdów elektrycznych.

● Międzynarodowa Agencja Energii zwraca za to uwagę na stabilizację cen krytycznych minerałów, która już w 2023 r. pozwoliła odwrócić trend

zwykowy w kosztach produkcji akumulatorów. Wówczas spadły ceny wszystkich kluczowych metali akumulatorowych, a notowania kobaltu, grafitu i manganu nawet poniżej średniej z lat 2015–2020. Jedynie stawki za węglan litu przez jakiś czas utrzymywały się na wysokim poziomie i tu odwrót zaczął się jednak już w kwietniu, aby w 2024 r. sięgnąć poziomów z końca poprzedniej dekady. Lit jest jedynym krytycznym minerałem w akumulatorach LFP (Lithium Ferro Phosphate z katodą z litowego fosforanu żelaza), stąd właśnie długi okres wzrostu wyżki cen węglanu litu w roku 2022 rzutował na wzrost cen akumulatorów. To sprawiło też, że przejściowo cenowo zbliżyły się do nich droższe, wciąż najpopularniejsze baterie NMC – również litowo-jonowe, gdzie katoda bazuje jednak na niklu, magnezie i kobaltie (Nickel, Manganese, Cobalt). Do 2021 r. były o 50 proc. droższe, aby po dwóch latach różnicę zmniejszyć do 25 proc. Należy przy tym pamiętać, że baterie NMC mają przy tym wyższą gęstość energii, zapewniając dłuższą jazdę. Przez to długo były

Cena wybranych materiałów baterii i akumulatorów litowo-jonowych, 2015–2024





preferowane przez producentów aut, co wciąż widać w Europie i USA.

● Międzynarodowa Agencja Energii szczególnie uwagę zwraca jednak

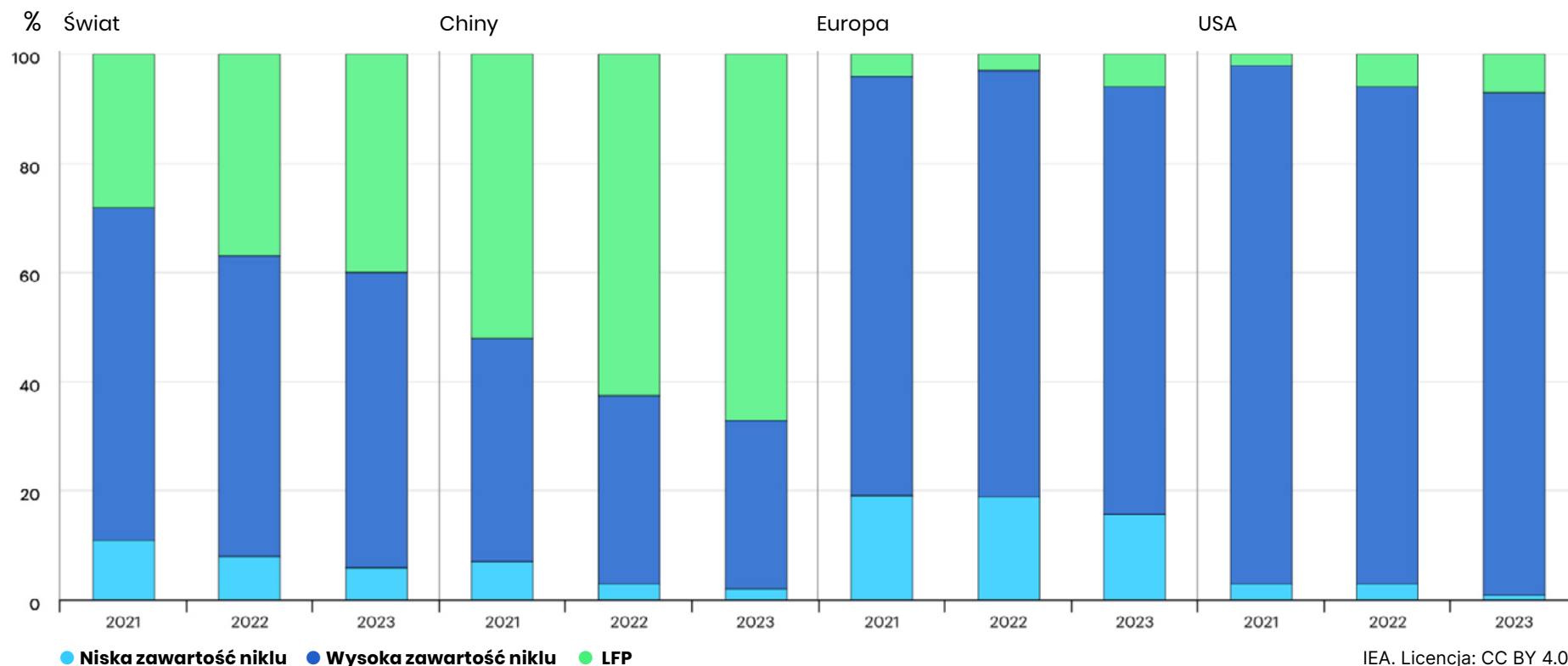
na rozwój baterii LFB, które w tej dekadzie produktu niszowego stały się wschodzącą gwiazdą branży akumulatorów, zabezpieczając ponad 40 proc. globalnego popytu na

pojazdy elektryczne (dane za 2023 r.), ponad dwukrotnie więcej niż w 2020 r. Produkcja i adopcja LFP znajduje się głównie w Chinach, gdzie dwie trzecie sprzedaży pojazdów elektrycznych

korzystało z tej technologii. Udział LFP w sprzedaży pojazdów elektrycznych w Europie i Stanach Zjednoczonych pozostaje poniżej 10 proc., a najbardziej powszechna

na tych rynkach pozostaje chemia o wysokiej zawartości niklu. Według McKinseya wzrost gęstości energii w akumulatorach LFP sprawia, że ten rodzaj chemii w najbliższych latach może stać się preferowaną opcją dla samochodów elektrycznych i ciężarówek na całym świecie. Kluczem jest obniżenie kosztów, co jest zaletą nowego typu akumulatorów L(M)FP (o czym dalej).

Udział pojemności baterii w sprzedaży pojazdów elektrycznych według chemii i regionu, 2021–2023





Krótką, ale błyskotliwą historią akumulatorów LFP

1997: Akumulator jonowy z katodą z litowego fosforanu żelaza (inaczej mówiąc, litowo-żelazowo-fosforanowy) został opracowany w Stanach Zjednoczonych przez trójkę naukowców. Za jego twórców uznaje się amerykańskiego fizyka Johna Goodenougha z University of Texas w Austin, brytyjskiego chemika M. Stanleya Whittinghama ze State University of New York oraz Akirę Yoshinowa, japońskiego chemika z Meijo University. Wspólnie w 2019 r. zostali za to uhonorowani Nagrodą Nobla.

2000: Technologia LFP dalej rozwijana była w Kanadzie.

2010: Dzięki korzystnej umowie o własności intelektualnej Chiny zaczęły wyrastać na jedyny kraj produkujący masowo baterie

LFP. Przemawiały za tym przede wszystkim niskie ceny. Chińczycy początkowo godzili się na niższy zasięg – w 2015 r. LFB odpowiadały za ponad 90 proc. produkcji baterii.

2016: Uruchomienie dopłat do aut elektrycznych promujących zasięg sprawiło, że sytuacja rynkowa się odwróciła. Dominować zaczęły baterie NMC, których udział w 2019 r. przekroczył 90 proc.

2019: W Chinach nastąpiło zrównanie wsparcia rządowego, które technologię NMC pozbawiło uprzywilejowania, a jednocześnie poprawiono parametry baterii LFP. Ich udział znów zaczął rosnąć.

2021: Pojawiła się jedna z najważniejszych innowacji – BYD zaczął używać wydłużonych ogniw

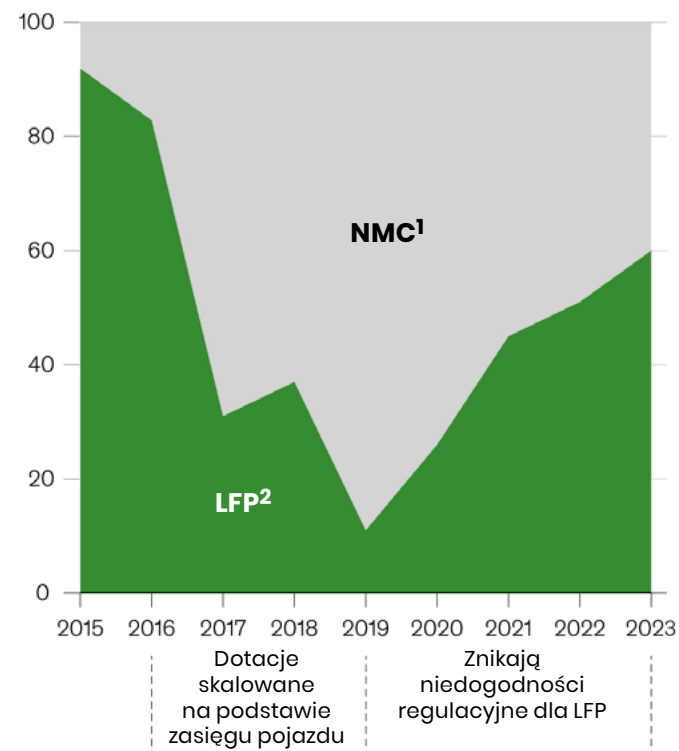
akumulatorowych LFP (ogniw topatkowych) w swoim modelu Han. To rozwiązanie pozwoliło na uzyskanie wyższej gęstości energii bez dodatkowej obudowy modułu. W konsekwencji akumulatory są lżejsze, zwiększając zasięg pojazdu do ponad 520 km.

2022: Wygasły podstawowe patenty LFP, wzbudzając zainteresowanie produkcją na całym świecie. To doprowadziło m.in. do dużych inwestycji w Maroku, które ma największe na świecie rezerwy fosforanów, a do tego posiada umowy o wolnym handlu ze Stanami Zjednoczonymi i Europą. W 2022 r. Maroko odnotowało prawie tyle samo nowych inwestycji, co w ciągu pięciu poprzednich lat łącznie, osiągając 15,3 mld dol. Wiele z tych projektów zostało zrealizowanych przez graczy z branży baterii, takich jak np. Gotion, LG, CNGR Advanced Material (źródło: IEA).

2023: Na przestrzeni dekady (2014–2023) gęstość energii w bateriach LFP wzrosła z 80 do 140 Wh na kg, czyli o 75 proc., i technologia ta znów zaczęła dominować. Przynajmniej w Chinach.

LFP jest ponownie dominującym materiałem chemicznym akumulatorów w chińskich pojazdach elektrycznych.

Udział w rynku akumulatorów do samochodów osobowych według składu chemicznego, Chiny kontynentalne (proc.)



¹Nikiel-mangan-kobalt, lub NMC, to rodzaj akumulatora litowo-jonowego z katodą jako materiałem aktywnym na bazie tlenku niklu, kobaltu i manganu.

²Fosforan litowo-żelazowy, lub LFP, to rodzaj akumulatora litowo-jonowego z katodą jako materiałem aktywnym na bazie fosforanu żelaza.
Źródło: McKinsey Battery Insights.



EKSPERCI MAJĄ GŁOS: dekada walki akumulatorów NMC i LFP



Fot. Getty Images/Unsplash

● Bardzo ważnym ubiegłorocznym wydarzeniem w branży akumulatorowej było wprowadzenie na rynek pierwszych pojazdów wyposażonych w nowy typ akumulatorów litowo-fosforanowo-żelazowych (LFP) oznaczanych akronimem LMFP czy też L(M)FP. Technologiczna zmiana polegała na wprowadzeniu do nich manganu i nowej formy żelaza. Dzięki temu od 2024 r. różnica w gęstości energii między panującymi na rynku bateriami litowo-jonowymi LFP i NMC (bazującymi na niklu, magnezie i kobaltcie) skurczyła się do około 30 proc. na korzyść tych ostatnich, a na poziomie samego pakietu jest nawet niższa, bo waha się od 5 do 20 proc. (dane McKinseya w oparciu o pojazdy znajdujące się na rynku). Jednocześnie koszt produkcji ogniwa NMC jest o blisko 20 proc. wyższy niż w przypadku ogniwa L(M)FP – licząc w dolarach za kilowatogodzinę (kWh), wyprodukowanego w tych samych warunkach.

● Według McKinseya w NMC będą wykorzystywać pojazdy, które

wymagają dużej gęstości energii, aby zmaksymalizować zasięg. Dotyczy to przede wszystkim dużych aut klasy premium, co sprzyja opisanemu wcześniej wzrostowi popularności SUV-ów. W USA sprzyjać im będzie także wprowadzenie w 2024 r. barier importowych na baterie LFP sprowadzane z Chin, gdzie jest ich zagłębie produkcyjne (o tym wyżej). „Technologia stojąca za bateriami NMC jest dobrze ugruntowana, wydajność produkcji jest wysoka, a koszty są częściowo zamortyzowane. Czynniki te, w połączeniu z dotacjami, pozwalają producentom OEM oferować pojazdy klasy podstawowej z bateriami NMC w przystępnych cenach”, przekonują analitycy McKinseya. Jako że technologia L(M)FP skupia się w Chinach, na Zachodzie barierą dla niej będzie zbudowanie nie tylko odpowiednich mocy produkcyjnych, ale też całego związanego z nią łańcucha dostaw. Istnieje więc spory czynnik niepewności, jeśli chodzi o perspektywę rynku akumulatorów w drugiej połowie dekady. Stąd McKinsey przedstawił trzy scenariusze:

→ Kontynuacja obecnej trajektorii.

W tym scenariuszu rynek trwale dzieli się na segmenty NMC i L(M)FP, przy czym baterie L(M)FP osiągają 60-procentowy udział w rynku na całym świecie. Większość pojazdów premium jest nadal wyposażona w akumulatory NMC, co pozwala na jak największy zasięg, a inne, tańsze pojazdy używają L(M)FP. Ten wzór jest już widoczny na rynku, ze sportowymi wersjami typowych pojazdów wykorzystujących NMC, aby odróżnić je od tańszych modeli. Scenariusz ten zakłada, że bardziej powszechne staną się innowacje w technologii NMC, takie jak użycie pojedynczego materiału krystalicznego wydłużającego cykl życia czy też technologia konfiguracji baterii cell-to-pack CTP (o niej dalej), która zwiększy zasięg i zmniejszy koszty. Te postępy pozwoliłyby NMC utrzymać atrakcyjną cenę do wartości, mimo że L(M)FP jest tańszy.

→ Bardziej agresywne przyjęcie

L(M)FP napędzane rozwojem technologii. Ten scenariusz, w którym L(M)FP osiąga 80-procentowy udział w rynku, zależy od kilku innych zmian.



Agresywna adopcja nowej technologii wymagałaby od producentów OEM przestawienia większości małych i średnich pojazdów na baterie L(M)FP. To oznacza, że dla zaspokojenia lokalnego popytu 70 proc. gigafabryk NMC planowanych w Unii Europejskiej i USA musiałyby przejść na produkcję L(M)FP. Aby zapewnić właściwą elastyczność i zabezpieczyć tańcuch wartości, musiałyby być przy tym mniej skoncentrowane geograficznie. Inne niepewności, które mogą wpłynąć na ten scenariusz, odnoszą się do chemii i podstawowej technologii: LMFP jest młodą technologią i wciąż nie ujawniła pełnego potencjału rynkowego, a technologie produkcji elektrod i elektrolitów ewoluują. Nowe warianty mogą sprawić, że L(M)FP będzie bezpieczniejszą, bardziej wydajną katodą.

→ **Spowolnienie w przyjęciu L(M)FP spowodowane konkurencyjnymi rozwiązaniami.** Naukowcy opracowują obecnie baterie półprzewodnikowe (SSB), które wykorzystują inne elektrolity

niż większość komercyjnych akumulatorów litowo-jonowych, i obiecują stopniowy wzrost gęstości energii, co może potencjalnie umożliwić dłuższe zasięgi jazdy lub mniejsze baterie. Ostatecznie w porównaniu z dzisiejszymi standardami produkcyjnymi mogą być bardziej konkurencyjne kosztowo na poziomie całego systemu wytwarzania. Stosunek kosztów do wydajności SSB może być przy tym bardziej korzystnych dla NMC niż L(M)FP, a to z kolei może sprawić, że przy upowszechnieniu technologii SSB zwiększy się popyt na NMC. Wyzwaniem dla L(M)FP może być też rozwój tańszych baterii sodowo-jonowych (NIBs, SIBs, Na-ion) – o tej technologii piszemy niżej. Producenci OEM mogą zdecydować się na użycie baterii Na-ion w akumulatorach do samochodów klasy podstawowej lub jeśli deweloperzy wykorzystują tę technologię do zastosowań w sieci. We wszystkich tych relacjach znaczącą wagę mieć będą przy tym ceny litu, których niedawne spadki na razie premiąją technologię LFP.

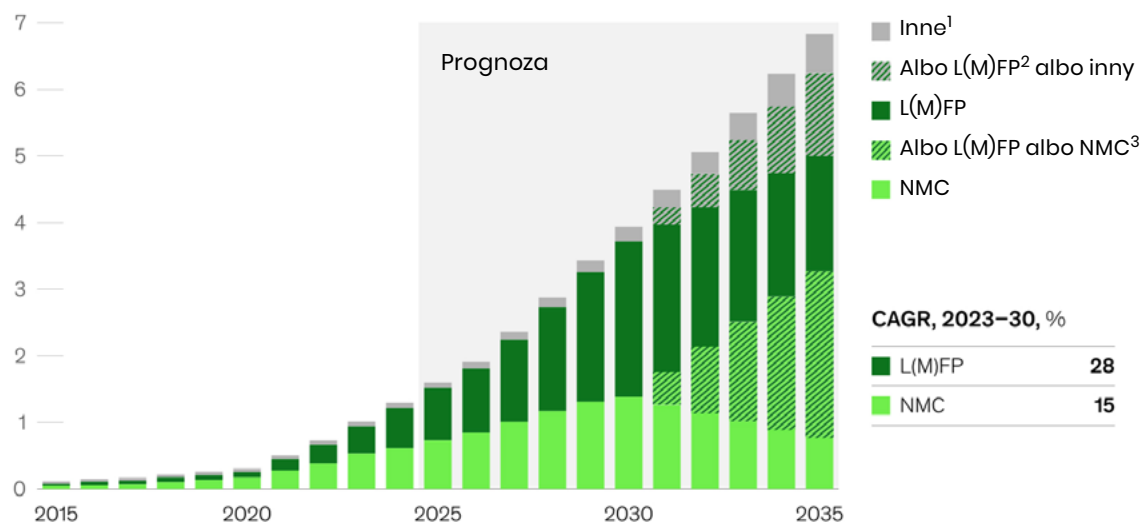
● Istnieją też czynniki zewnętrzne takie jak rozwój sieci ładowania przy jednoczesnym przyspieszeniu prędkości ładowania. To może przekonać więcej osób do zakupu

samochodów o krótszym zasięgu. „Jeśli tak się stanie, mniejsze baterie mogą stać się bardziej powszechne. Ponieważ mniejsze baterie mają mniejszy wpływ na ogólny koszt

pojazdu, przewaga cenowa L(M)FP byłaby mniej wyraźna, co prowadzi do wzmocnienia pozycji przez NMC”, zaznaczają analitycy McKinseya.

Zapotrzebowanie na baterie będzie rosnąć na całym świecie, ale przewiduje się, że technologia L(M)FP będzie cieszyć się szybszym zainteresowaniem niż technologia NMC.

Globalne zapotrzebowanie na ogniwa akumulatorowe według źródła TWh



¹W tym jony sodu i inne związki litowo-jonowe.

²Fosforan litowo-manganowo-żelazowy, czyli L(M)FP, to rodzaj akumulatora litowo-jonowego z katodą wykonaną z materiału aktywnego na bazie manganu i fosforanu żelaza.

³Akumulator niklowo-manganowo-kobaltowy, zwany także NMC, to rodzaj akumulatora litowo-jonowego z katodą wykonaną z mieszanki tlenku niklu, kobaltu i manganu. Źródło: McKinsey Battery Insights



Chemia baterii: jak to działa

Konstrukcja i zasada działania powszechnie używanych akumulatorów litowo-jonowych jest relatywnie prosta. Mają trzy podstawowe elementy: katodę i anodę zanurzone po przeciwnych stronach płynnego elektrolitu. Gdy akumulator się ładuje, prąd „przepycha” jony litu z katody na drugą stronę ogniwa oddzieloną separatorem. Wówczas jony „zagnieżdżają się” w wolnych przestrzeniach anody. Tam czekają, aż ktoś użyje baterii do zasilania. Wtedy odbywają drogę w przeciwnym kierunku, uwalniając zmagazynowaną energię elektryczną.

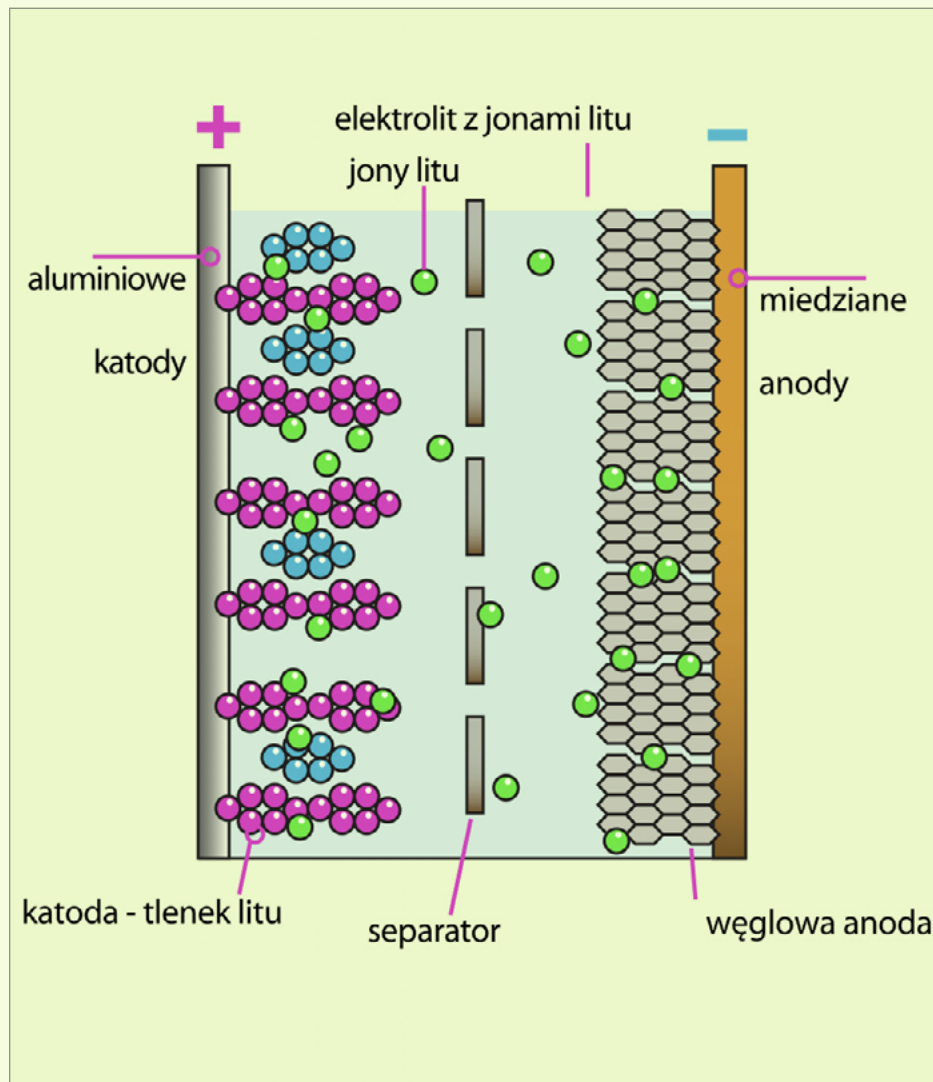
Taki sposób funkcjonowania wymusza kompromis między tym, ile energii bateria może przechowywać, a tym, jak szybko daje się ładować. Tzw. ogniwa energetyczne (ang. energy cells) nadają priorytet pakowaniu

jak największej ilości energii, co jest pomocne w rozszerzaniu zasięgu pojazdu elektrycznego. Z drugiej strony są tzw. ogniwa mocy (ang. power cells), które mają zdolność do szybkiego ładowania i rozładowywania, co z kolei dobrze służy przy stabilizacji sieci energetycznej z wykorzystaniem magazynów energii.

Aby zwiększyć pojemność baterii, anody można wykonywać z grubszych warstw materiału, dzięki czemu będzie dużo miejsca na jony. Wędrując do głębszych warstw anody i z powrotem, jony muszą jednak pokonać dłuższą drogę, co spowalnia cały proces ładowania. Z drugiej strony odchudzenie anod skracza czas ładowania, ale też zmniejsza pojemność akumulatora.

Tu na scenę wkraczą inżynierowie i naukowcy szukający jak najlepszych materiałów na anody, katody

i elektrolity, które pozwolą na wyrwanie się z tego zakłętą kręgu. Przyspieszają ładowanie bardziej pojemnych baterii, mając na względzie kolejny ważny czynnik, czyli trwałość. Tak aby akumulator nie tracił zbyt szybko swoich właściwości po kolejnych cyklach ładowania i rozładowania. Dochodzą do tego jeszcze kwestie bezpieczeństwa i zapobieganie samozapłonowi akumulatorów. Na końcu wszystkie te elementy podporządkowane są kluczowemu dla upowszechnienia aut elektrycznych czynnikowi, jakim jest koszt. Wzór na akumulator ma więc pięć zmiennych: cenę, szybkość, pojemność, trwałość i bezpieczeństwo.





Chemia baterii: bardziej wydajne akumulatory ze stałym elektrolitem (SSB)

TREND

Najpowszechniejsze dziś akumulatory – zarówno NMC, jak i LFP – bazują na ciekłym elektrolicie, którym najczęściej jest roztwór soli litu. To rozwiązanie ma jednak ograniczenie: baterie są ciężkie i szybko się zużywają. Stąd na głównego konkurenta wyrosły wynalezione całkiem niedawno – w 2011 r. – akumulatory ze stałym, półprzewodzącym elektrolitem (Solid State Battery, SSB).

Jak to się robi

W zwykłych akumulatorach litowo-jonowych mamy elektrody i płynny elektrolit z polimerowym separatorem. W czasie ładowania jony litu z anody wędrują do zanurzonej w płynnym elektrolicie katody wykonanej z węgla lub grafitu (6 atomów węgla przechwytuje 1 jon litu). Proces się odwraca, gdy bateria zasila pojazd. W nowych akumulatorach wprowadzony jest półprzewodzący separator – np. ceramiczny – który nie potrzebuje płynnego elektrolitu. Co więcej, są rozwiązania (QuantumScape), które nie potrzebują nawet anody. Tutaj sam lit wyparty z katody tworzy metaliczną anodę. Koncerny motoryzacyjne od dawna zapowiadają nową erę akumulatorów. Do niedawna liderem w wyścigu o wprowadzenie ich na rynek była Toyota oraz Samsung, w zeszłym roku chiński SAIC poinformował jednak o akumulatorze SSB własnej konstrukcji, który w tym roku ma być montowany już w jego pojazdach marki MG. Od paru lat baterie SSB opracowane przez Factorial Energy testuje też już Mercedes, Stellantis i Hyundai.

Korzyści

Znacznie bardziej pojemne baterie półprzewodnikowe (2,5 razy większa gęstość energii) o połowę mają zwiększyć zasięg samochodu. Inną opcją są bardziej kompaktowe rozwiązania – Factorial Energy swoje baterie SSB dające 1 tys. km zasięgu reklamuje jako 40 proc. lżejsze od dotychczasowych. Nie wymagają też elementów chłodzących i sterujących, co zmniejsza powierzchnię i wagę. Skrócony zostanie też czas ładowania, a brak płynnego elektrolitu nawet 7 razy wydłuży żywotność baterii (elektrody nie będą korodować) i zniweluje ryzyko samozapłonów. Korzyści jeszcze bardziej widać w bezanodowej technologii QuantumScape. Tu poza większym zasięgiem wyeliminowane zostanie wąskie gardło, jakim jest dyfuzja litu w materiale będącym podstawą anody. To znacząco przyspieszy ładowanie – w kwadrans akumulator napełni się do 80 proc. Nie będzie też ograniczeń pojemnościowych związanych z wymianą anody i zwiększy się żywotność baterii.

Gracze

SAIC
Toyota
QuantumScape
Factorial Energy
Panasonic
Murata Manufacturing
Solid Power
ProLogium Technology



Chemia baterii: kompromisowe akumulatory z półstałym elektrolitem (SSSB)

TREND

**W pół drogi pomiędzy
używanymi dziś
a wyczekiwanymi bateriami
SSB są akumulatory
z półstałym elektrolitem
(Semi-Solid State Battery,
SSSB). Wprowadzenie do
użytku tych hybrydowych
rozwiązań – w których
elektrolit stały jest otoczony
ciekłym – było jednym
z najważniejszych wydarzeń
w elektrycznej branży
motoryzacyjnej. Na razie jest
to chińska specjalność.**

Rozwój

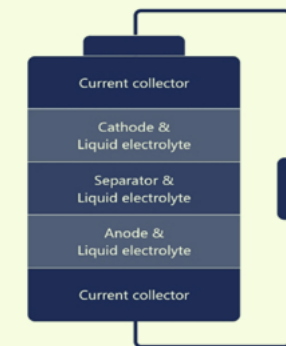
Do czerwca 2024 r. akumulatory SSSB produkowane m.in. przez WeLion były już używane, tyle że w rowerach i skuterach. Motoryzacyjny debiut w połowie roku miał również chiński NIO, instalując taki akumulator w luksusowym sedanie ET7. Sam założyciel i szef firmy William Li wziął udział w transmitowanym na żywo 14-godzinny teście baterii o pojemności 150 kWh. Bez dodatkowego ładowania pokonał 1044 km. Temat zaskoczył, bo pod koniec zeszłego roku o użyciu baterii z półstałym elektrolitem zdecydował IM Motors – trafiły do jego sedana L6 konkurującego z Teslą 3 – a w tym roku chce ją wykorzystać MG Motors. W tej sytuacji ciekawostką stał się fakt, że na technologii SSSB potknął się światowy lider w produkcji baterii CATL. Również tu pracowano nad nową baterią, ale materia okazała się zbyt trudna – w testach m.in. podczas ładowania w sposób niekontrolowany rozszerza się lit, uszkadzając baterię.

Korzyści

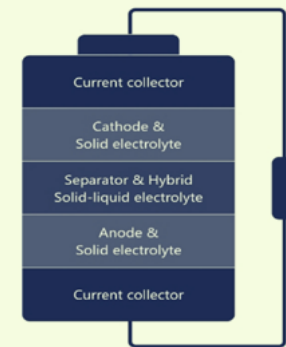
WeLion przekonuje, że jego półstały, hybrydowy elektrolit umieszczony w samym środku baterii, gdzie znajduje się separator, optymalizuje przepływ jonów. Elektrody są tu powleczone elektrolitem stałym, dzięki czemu katoda ulega mniejszej degradacji, wydłużając żywotność ogniw, a anoda zwiększa początkową ich pojemność i wydajność. Potwierdza to wysoka gęstość energii sięgająca 350 Wh na 1 kg, sporo więcej niż ogniwa litowe (maks. 250–300 Wh na kg). Z kolei wywodząca się z MIT firma 24M Technologies przekonuje, że półstały elektrolit zmniejsza koszty produkcji nawet o 40 proc. m.in. dzięki eliminacji energochłonnego procesu suszenia i zestalania elektrod oraz zmniejszeniu zapotrzebowania na ponad 80 proc. nieaktywnych materiałów w tradycyjnych bateriach, w tym drogiej miedzi i aluminium. Konstrukcja nie wymaga również spoiwa i zawiera bardzo grube elektrody, poprawiające gęstość energii akumulatorów.

Gracze

WeLion New Energy Technology
24M Technologies
NIO
IM Motors
MG Motors



Conventional Li-Ion battery



WELION Semi solid state battery



Chemia baterii: tanie akumulatory sodowo-jonowe (NIBs, SIBs, Na-ion)

TREND

Eksperci Międzynarodowej Agencji Energii mocno stawiają na rozwój baterii sodowo-jonowych (NIBs, SIBs, Na-ion) jako nowej masowej technologii, która ceny akumulatorów może sprowadzić na jeszcze niższy poziom kosztów. Sód zastępujący lit, jako podstawowy budulec katod, jest pierwiastkiem znacznie bardziej dostępnym i tańszym. Stąd szacuje się, że przy dużej skali produkcji ich ceny mogą być nawet 20 proc. niższe niż baterii litowo-jonowych.

Rozwój

Baterie NIBs zostały opracowane w USA i Europie, ale ich matecznikiem stały się Chiny (to znajduje się 90 proc. mocy produkcyjnych). Długi czas miały znacznie niższą gęstość energii oraz krótszą żywotność niż baterie litowe, to się jednak zmieniło w 2021 r., gdy technologię tę zaczął rozwijać chiński CATL. Podobnie zresztą jak Northvolt, który w 2023 opracował baterie sodowo-jonowe o gęstości energii wynoszącej 160 Wh na kg. To mniej niż ogniwa litowe – 250–300 Wh na kg – ale progres jest wyraźny, a granica jest cały czas przesuwana. Dodając fosforan sodowo-wanadowy [Na_xV₂(PO₄)₃], naukowcy z University of Houston zwiększyli teoretyczną gęstość energii NIBs do 396–458 Wh na kg (przetestował je już BYD). Potencjał baterii sodowo-jonowych jest jednak zależny od cen litu. A ich spadek w 2024 r. powstrzymał tempo inwestycji w technologię NIBs i opóźnia plany ekspansji. Według IEA ich ekspansję mogą również utrudniać wąskie gardła łańcucha dostaw.

Zalety i wady

Technologię NIBs łatwo adoptować: akumulatory mogą być produkowane przy użyciu podobnych linii produkcyjnych co baterie litowo-jonowych. Nie mają przy tym tak dużych wyzwań surowcowych. „Potrzeba krytycznych minerałów, takich jak nikiel i mangan, dla akumulatorów sodowo-jonowych zależy od zastosowanej chemii katody, ale żadna chemia sodowo-jonowa nie wymaga litu”, zaznaczają eksperci IEA. Podstawową zaletą jest jednak cena. Naukowcy z Argonne National Laboratory działającego przy Departamencie Energii USA szacują, że będą o jedną trzecią tańsze niż akumulatory litowo-jonowe. Ich nowy akumulator sodowy ma zasięg jazdy na 180–200 mil. To niewiele, ale wg. Argonne elektryczne auto z napędem sodowym może przyciągnąć kierowców, którzy dysponują ograniczonym budżetem i pokonują, krótkie odległości. Według IEA będą odpowiednie dla kompaktowych pojazdów miejskich.

Gracze

CATL
Northvolt
Acculon
Argonne
PNNL
BYD
GM



Chemia baterii: gęste od energii akumulatory litowo-metalowe

TREND

Akumulatory litowo-metalowe określane są niekiedy jako Święty Graal w branży bateryjnej.

Od litowo-jonowych różni je to, że anoda zamiast z grafitu zrobiona jest z metalicznego litu. Daje to znacznie większą gęstość energii, a w efekcie potencjalnie znacznie większy zasięg pojazdów.

Z drugiej strony rodzi ogromne problemy z trwałością.

Wyzwania

Żywotność obecnych baterii litowo-metalowych jest niewielka i sięga 50 cykli ładowania. Stąd na razie nie są konkurencją dla ogniw litowo-jonowych, które nie mają problemu z 1 tys. cykli. Problemem jest erozja zarówno anody, jak i katody. Dlatego naukowcy prowadzą m.in. badania interfazy, czyli specjalnej warstwy ochronnej zapobiegające szybkiej degradacji elektrod. Zespół Brookhaven National Laboratory wykorzystał do tego stały elektrolit bazujący na azotanie cezu (CsNO_3), dzięki czemu akumulator z katodą NMC (patrzy wyżej) po 200 cyklach ładowania zachował 80 proc. swojej pierwotnej pojemności. Testowane są przy tym różne elektrolity nie tylko stałe, ale i półstałe oraz płynne – ekipa z KAIST i LG przygotowała elektrolit na bazie oksoboranu-piranu, który prowadzi do powstawania interfazy elektrolitu stałego.

Potencjał

Celem chemików z Departamentu Energii USA działających w ramach konsorcjum Battery500 jest budowa baterii litowo-metalowej o gęstości energii rzędu 500 Wh na kg. Dwa razy więcej od najwydajniejszych akumulatorów. Podobny cel ma 24M Technologies spinout MIT, który zaprojektował baterię dającą 1 tys. mil zasięgu (ok. 1,6 tys. km). Do tego, stosując półstały elektrolit z unikalnym separatorem, ma trwałość dającą zasięg pół miliona mil (500 cykli ładowania), a ma wzrosnąć do 1 miliona mil. To wydłuży wartość samochodów elektrycznych, która przez spadek wydajności baterii, maleje znacznie szybciej niż w autach spalinowych. Milion mil potencjalnego przebiegu całkowicie rozwiązałoby problem. 24M zapewnia też, że konstrukcja ich baterii jest prostsza od litowo-jonowej. Jest tu mniej materiałów i mniej etapów produkcji, więc i koszty powinny być niższe. Na potencjalny sukces komercyjny musimy jeszcze jednak poczekać około 4 lat.

Gracze

Battery500
SOLiDIFY
24M
KAIST
LG Energy Solution



Chemia baterii: niemal perfekcyjne akumulatory litowo-siarkowe (Li-S)

TREND

Z punktu widzenia wydajności energetycznej siarka reklamowana jest jako najbardziej opłacalny materiał katodowy w całym układzie okresowym. Choć więc trudności w załadowaniu jej do baterii jest co niemiara, prace nad akumulatorami litowo-siarkowymi (Li-S) prowadzone są pełną parą.

Zalety

W przeciwieństwie do używanych dziś baterii litowo-jonowych tutaj to anoda jest wykonana z litu, a katoda właśnie z siarki bezkonkurencyjnej cenowo wobec obecnie używanych materiałów katodowych takich jak kobalt czy nikiel. Jak przekonują inżynierowie pracującej nad tą technologią firmy Conamix, sama zmiana surowców ma potencjał na obniżenie kosztów akumulatorów o 30 proc. A to jeszcze nie wszystko. Wymagają również mniej energii do produkcji, co może obniżyć wydatki o ponad 25 proc. Na niższych kosztach jej przewaga się jednak nie kończy. Baterie Li-S są znacznie lżejsze, co pozwala na osiągnięcie wyższej gęstości energetycznej – nawet 400–600 Wh na kg w porównaniu z 250 Wh na kg dla ogniw litowo-jonowych – i zasięgu aut sięgającego 1 tys. km. Do tego proces ich produkcji jest podobny do tego, który stosuje się przy bateriach litowo-jonowych, łatwo więc o komercjalizację technologii. Stąd stawia na nie Stellantis (m.in. Fiat i Peugeot), który chce je wprowadzić do swoich aut przed końcem tej dekady.

Wyzwania

Słabością jest wzajemne reagowanie ich na siebie, co prowadzi do degradacji zarówno anody, jak i elektrolitu. Zespół z Monash University w Melbourne zaproponował jednak własną autorską technologię opracowania nanoporowatej anody z folii litowej powlekanej polimerem (poliwinylopirolidonem, PVP), który jest kluczowym elementem. Zawiera bowiem maleńkie otwory, mniejsze niż nanometr, które umożliwiają swobodne przemieszczanie się jonów litu, jednocześnie blokując inne substancje chemiczne, które niszczyłyby lit. To znacznie wydłuża żywotność baterii litowo-siarkowych (zwykle są w stanie przetrwać 50 cykli), a jednocześnie pozwala zwiększyć pojemność, przy wykorzystaniu mniejszej ilości litu. Inżynierowie z Monash University szacują, że ich baterie mogą pomieścić do pięciu razy więcej energii za połowę kosztów tradycyjnych akumulatorów litowo-jonowych, a przy tym są idealnym kandydatem do zasilania nie tylko samochodów, ale także elektrycznych pojazdów latających (eVOLT).

Gracze

Monash University
Conamix
Zeta Energy
Stellantis



Chemia baterii: nowy materiał na anody

TREND

W najbliższych latach sprawdzone technologie litowo-jonowe (NMC i LFP) będą rywalizować z nowymi akumulatorami SSB (SSSB) oraz sodowo-jonowymi. Równolegle naukowcy i inżynierowie pracują nad dalszym udoskonaleniem elektrod, które odgrywają tu kluczową rolę. W przypadku anod przede wszystkim szuka się zamiennika dla sprawiającego spore kłopoty grafitu.

Krzem

Słabym punktem baterii jest grafitowa anoda spowalniająca tempo ładowania. Przyłożenie większego napięcia skraca jego czas, ale może powodować zbijanie się w graficie jonów litu w "metalowe igły" zwane dendrytami. To z kolei prowadzi do zwarcia i zapłonu. Stąd wykorzystuje się np. specjalnie spreparowany krzem, który jest w stanie związać cztery jony litu w porównaniu z tylko jednym na każde sześć atomów węgla w graficie. To przyspiesza ładowanie, ale też skraca żywotność baterii – zwykły krzem, często zwiększając i zmniejszając objętość, ulega sproszkowaniu. Na Uniwersytecie Stanforda wykuwają go jednak w nanodrut, dzięki którym anoda pęcznieje i kurczy się bez pęknięcia. Stosującą tę technologię firma Amprius poinformowała, że opracowała nowe ogniwa z krzemową anodą prawie dwa razy pojemniejszą niż EV Tesli, które mogą naładować się do 80 proc. pojemności w zaledwie 6 minut. Wykorzystuje je już w samolotach.

Niob

Brytyjski start-up Nyobolt z Cambridge oraz amerykański Battery Streak wspierany wiedzą naukowców z UCLA postawiły za to na tlenek niobu zapewniający większą pojemność i szybsze ładowanie. W akumulatorach kalifornijskiej firmy ma formę przypominającą gąbkę, dzięki czemu możliwe jest przechowywanie dużej ilości litu, a szerokie otwory umożliwiają przepływ jonów litu, co skutkuje szybszym ładowaniem. Jego ogniwa mogą naładować się do 80 proc. pojemności w zaledwie 10 minut, w dodatku nagrzewając się do zaledwie 8 st. C (w porównaniu z 50 st. C klasycznych akumulatorów z anodą grafitową). To ma spowolnić degradację baterii i wydłużyć żywotność ogniwa ponad 10-krotnie. Zwiększona żywotność baterii powinna zrekompensować cenę niobu, która jest zwykle ponad 30 razy wyższa niż grafitu.

Ind

Z kolei naukowcy z Cornell University odkryli, że w szybkim ładowaniu i przechowywaniu energii mogą pomóc anody zrobione z indu (metal używanego na przykład w ekranach dotykowych i panelach słonecznych). Ich kluczową innowacją jest zaprojektowanie ich tak, aby jony miały dużą swobodę ruchu i możliwość znalezienia optymalnej konfiguracji pozwalającej na szybkie magazynowanie ładunku. Dzięki temu w ciągu 5 minut ładowania bateria zgromadzi energię pozwalającą przejechać 600–700 km. Anody indowe mają również swoje wady: ind jest ciężki, podczas gdy producenci pojazdów elektrycznych priorytetowo traktują lekkie materiały. Mimo to rozwój ten może w przyszłości przyczynić się do wprowadzenia większej liczby szybko ładujących się akumulatorów. Dlatego teraz naukowcy odkrytą przez siebie technologię szybkiego ładowania chcą przetestować w anodach stworzonych z innych metali o takich samych właściwościach, ale lżejszych.



Chemia baterii: nowe pomysły na katody

TREND

W pracy nad nowymi katodami, które dotychczas determinowały właściwą chemię baterii – tak jak w przypadku litowo-jonowych akumulatorów NMC czy LFP – naukowcy i inżynierowie idą różnymi drogami. Z jednej strony dopracowują sam proces ich wytwarzania, a z drugiej poszukują całkiem nowych materiałów, znacznie tańszych niż te używane dziś.

Piroliza

Zawierająca jony litu katoda to jeden z najbardziej newralgicznych kosztowo elementów baterii. Można próbować zmienić materiał albo zacząć wytwarzać go taniej. Surowce są zazwyczaj solami kilku metali, w tym litu. Kluczowa sprawa to ułożenie atomów w strukturze krystalicznej, która zapewni najlepszą wydajność. Robi się to w dwuetapowym, złożonym i trwającym półtorej doby procesie tzw. koprecypitacji. Na Wydziale Inżynierii Mechanicznej MIT uznali, że to zbyt skomplikowane, i katody postanowili produkować przez spalanie, a dokładnie w procesie zwanym syntezą płomienia. Konkretnie chodzi o szeroko stosowaną w przemyśle chemicznym do wytwarzania nanocząstek pirolizę natryskową wspomaganą płomieniem (FASP). Proces ten jest znacznie prostszy – pozwala uniknąć kilku etapów – a co najważniejsze, znacznie krótszy: proszek katodowy pozwala wytworzyć w kilka sekund, a dzięki dodaniu mocznika wyżarzanie i chłodzenie katod w sumie trwa 40 minut.

Sól kamienna

Wyglądający na dość ekscentryczny pomysł wykorzystania soli kamiennej w wytwarzaniu katod to pomysł Ju Li, profesora materiałoznawstwa i inżynierii jądrowej Tokyo Electric Power Company. Nieuporządkowana struktura wykorzystująca sól ma zapewniać jednocześnie wysoką gęstość energii i wysokie napięcie przy znacznie poprawionej stabilności cyklicznej. Wszystko to dzięki dodatkowi oliwinu polianionowego, który jest drugim kluczowym budulcem katody. Zaletą tej technologii w największym stopniu wykorzystującej mangan jest eliminacja najdroższych używanych dziś pierwiastków: niklu, od którego jest pięciokrotnie tańszy, oraz 30 razy droższego kobaltu. „Mangan jest również jednym z kluczy do osiągnięcia wyższych gęstości energii, więc fakt, że jego naturalne zasoby są znacznie bardziej obfite, jest ogromną zaletą”, przekonuje Ju Li.

Materiały organiczne

Naukowcy z MIT badają za to, czy w bateriach litowo-jonowych jest możliwe zastąpienie niklu i kobaltu przez materiał organiczny. „Jest już konkurencyjny w stosunku do istniejących rozwiązań i pozwala zaoszczędzić wiele kosztów i problemów środowiskowych związanych z wydobywaniem metali, które obecnie trafiają do baterii”, mówi prof. Mircea Dincă z MIT. Dotychczas ze względu na niskie przewodnictwo materiały organiczne były mieszane ze spoiwami polimerowymi (w proporcji 1:1), co obniżyło pojemność baterii. Nie dorównywały też bateriom kobaltowym. Dincă, finansowany przez Lamborghini, po sześciu latach pracy zaprezentował materiał składający się z wielu warstw małej organicznej cząsteczki TAQ (bis-tetraaminobenzochinonu), który tworzy strukturę podobną do grafitu. W ich obrębie znajdują się grupy chemiczne zwane chinonami, które są zbiornikami elektronów, oraz aminami, które pomagają materiałowi tworzyć silne wiązania wodorowe.



Chemia baterii: technologie przyszłości

TREND

Myślę trzeba sięgać znacznie dalej i nie tylko poprawiać obecne technologie bateryjne, ale szukać całkiem nowych rozwiązań. Ciekawość naukowców prowadzi ich w różnych kierunkach. Niekiedy będzie to czysta intelektualna ekstrawagancja i ślepa uliczka, ale jest szansa, że badane dziś materiały do akumulatorów przyszłości znacząco wpłyną na całą branżę motoryzacyjną.

Grafen

O tym wielce obiecującym materiale świat motoryzacji usłyszał w 2021 r., gdy chiński producent samochodów GAC ogłosił przetom w technologii akumulatorów grafenowych: w ciągu ośmiu minut naładował je do 80 proc. pojemności. Zaletą grafenu jest doskonałe przewodnictwo elektryczne, niska waga i silna struktura fizyczna. Bateria z niego zbudowana może mieć nawet 10 razy większą pojemność niż obecnie wykorzystywane baterie. Grafen ma potencjał do ulepszenia baterii litowo-jonowych jako materiał anodowy, a hybrydowe katody z dodatkiem tlenku wanadu (VO₂), dla których grafen to rodzaj szkieletu strukturalnego, zwiększają szybkość ładowania i rozładowywania, a jednocześnie trwałość ogniw. Ulepsza się nim także katody LFP (baterie litowo-żelazowo-fosforanowe), a eksperymentują z nim takie koncerny jak Samsung czy Huawei.

Protony

Pierwsza na świecie bateria protonowa (w której protony zastępują jony litu) powstała w 2018 r. w Australii i tam wciąż budzi spore emocje. Pracując nad nią m.in. inżynierowie z Royal Melbourne Institute of Technology. Jej bazą jest węgiel i woda, a właściwie węglowa elektroda, która gromadzi protony wodoru znajdujące się w wodzie. Podczas rozładowania protony są uwalniane ponownie z elektrody węglowej i przechodzą przez membranę, aby połączyć się z tlenem z powietrza, tworząc wodę – jest to reakcja, która generuje energię. Tego typu bateria ma znacznie niższe straty niż konwencjonalne systemy wodorowe, co pod względem efektywności energetycznej czyni ją bezpośrednio porównywalną z bateriami litowo-jonowymi. Z kolei naukowcy z UNSW Sydney w ubiegłym roku zaprezentowali swoje baterie protonowe z materiału organicznego o nazwie tetraaminobenzochinon (TABQ). Ich ogromną zaletą jest trwałość: wytrzymują 3,5 tys. cykli ładowania, czyli siedem razy więcej niż zwykłe baterie.

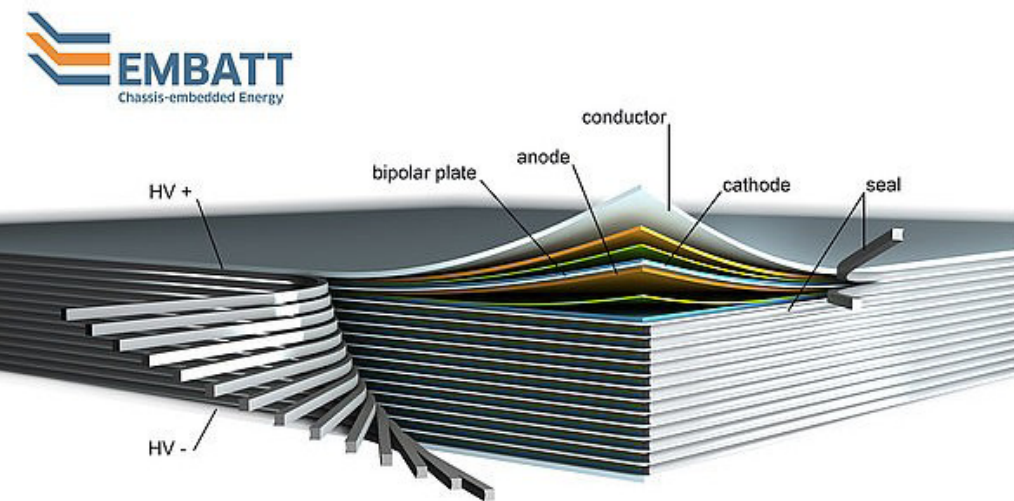
Baterie strukturalne

To podejście do projektowania baterii całkiem inne od dotychczasowych. Chodzi o to, aby energii nie magazynować w specjalnie zaprojektowanych akumulatorach, ale komponentach samego pojazdu, takich jak np. podwozie. Zajmują się nim m.in. naukowcy z Chalmers University of Technology i KTH Royal Institute of Technology, którzy podwozie potraktowali jako ogniwo posiadające elektrody i stały elektrolit z utwardzanego polimeru. To zapewnia mu odpowiednią wytrzymałość, chociaż trzeba było przez to pójść na kompromis w doborze materiału, który oferuje relatywnie niewielką gęstość energii – 24 Wh na kg, czyli dziesięć razy mniej niż najlepsze obecne baterie. Bez klasycznego akumulatora pojazd jest jednak lżejszy, co zwiększa jego zasięg. Naukowcy pracują resztą nad nowym doбором materiałów i zmianą konstrukcji – folię aluminiową w elektrodzie chcą zastąpić włóknem węglowym i zmniejszyć grubość separatora, przez co gęstość wzrośnie do 75 Wh na kg.



Jak spakować energię do akumulatora

W opinii ekspertów Międzynarodowej Agencji Energii na dalsze obniżenie kosztów obecnie wpływ będą mieć przede wszystkim ulepszenia oparte na innowacjach. Ważny jest w tym względzie rozwój nowych konfiguracji akumulatorów, takich jak cell-to-pack (CTP) oraz cell-to-chassis (CTC). A niemiecki instytut Fraunhofer zaproponował coś całkiem nowego: EMBATT.



Cell-to-pack (CTP)

To konstrukcja baterii, w której poszczególne ogniwa baterii są bezpośrednio zintegrowane z większym pakietem baterii bez dodatkowych modułów lub komponentów. Ogniwa są połączone szeregowo i/lub równolegle, aby stworzyć większą baterię, która może zapewnić odpowiednie napięcie i pojemność. To podejście często stosuje się w pojazdach elektrycznych, gdzie akumulator jest krytycznym elementem, który musi być zoptymalizowany pod kątem wagi, objętości i gęstości energii.

Zalety:

- zwiększona gęstość energii
- zmniejszona waga
- uproszczona produkcja

Wady:

- zarządzanie temperaturą
- konserwacja i naprawa

Cell-to-chassis (CTC)

To układ, w którym poszczególne ogniwa akumulatorowe są zintegrowane w system modułowy, który jest następnie podłączony do podwozia pojazdu. System modułowy zazwyczaj zawiera dodatkowe komponenty, takie jak systemy chłodzenia, elektronika sterująca i funkcje bezpieczeństwa. W tym rozwiązaniu ogniwa baterii są podłączone do systemu modułowego, który jest następnie montowany na podwoziu. Takie podejście jest często stosowane w pojazdach hybrydowych, gdzie system akumulatorów nie jest tak krytyczny dla osiągnięć pojazdu i może być zoptymalizowany pod kątem kosztów i niezawodności.

Zalety:

- efektywność przestrzeni
- korzyści strukturalne
- redukcja wagi

Wady:

- złożona produkcja
- naprawa i wymiana

EMBATT

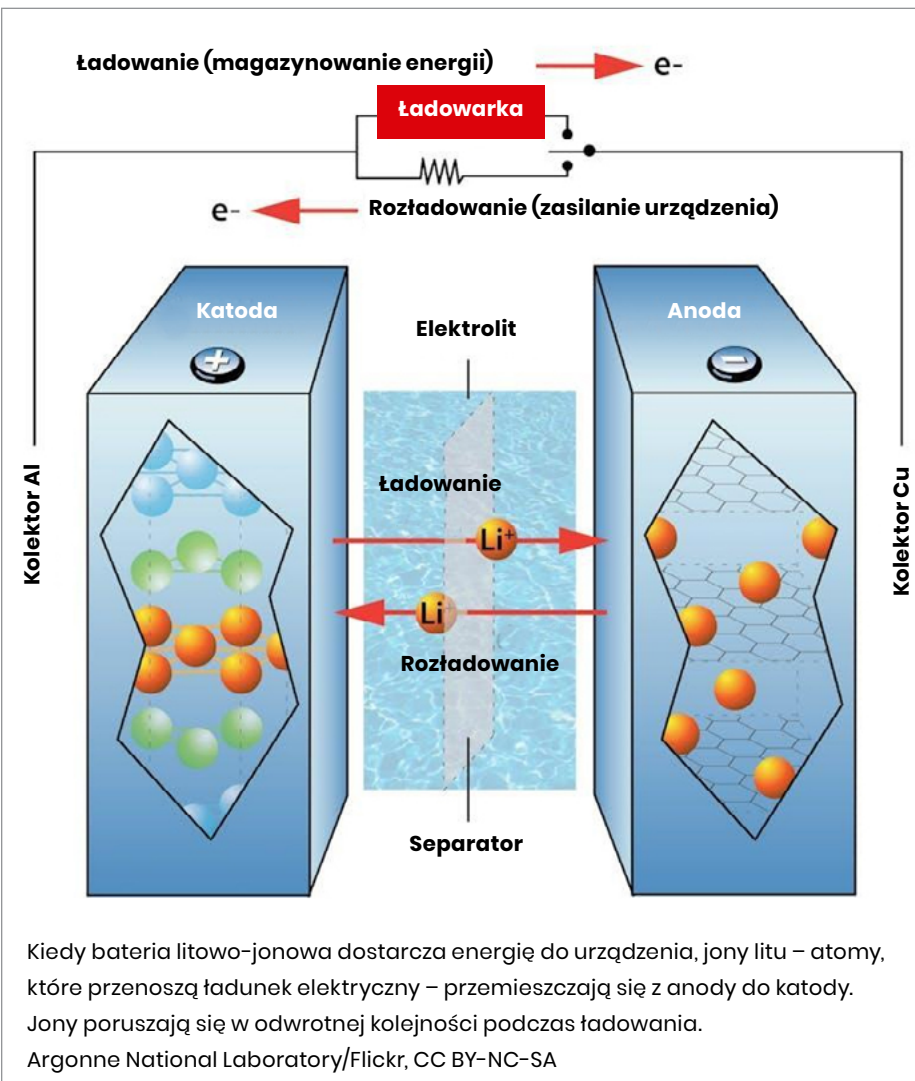
Swój sposób na złożenie ogniwa, które więcej pomieszcza, szybciej się naładują i dłużej wytrwają, znaleźli też naukowcy z niemieckiego Instytutu Fraunhofera. Doszli do przekonania, że w bateriach za dużo miejsca zużywa się na okablowanie podłączające każde ogniwo oraz czujniki – przez to obecne baterie monopolarne są o połowę większe. Fraunhofer postawił na bipolarny model nazwany EMBATT: tu obie elektrody nakładane są na tę samą folię rozdzielczą, dzięki czemu wewnętrzny układ baterii zmieniony zostaje na szeregowy, ustawiając ogniwo na ogniwie. W wyniku tego zyskano miejsce na ich większą liczbę. Taka konstrukcja zmniejsza też opory materiału, podwyższając wydajność. Ogólnie rzecz biorąc, ich ogniwa mają dwukrotnie większą pojemność. Pomysł podjął Thyssenkrupp, który pracuje nad prototypem nowej baterii, mając perspektywę wprowadzenia jej do seryjnej produkcji w 2026 r.



NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: samogaszące się akumulatory

Fot. Paweł Czerwinski/Unsplash

● Fizycy z Clemson University i Hunan University przedstawili projekt samogaszącej się baterii. Najczęściej stosowany łatwopalny elektrolit zawierający sole litowe i organiczne rozpuszczalniki zastąpili materiałami znajdującymi się w komercyjnej gaśnicy. Elektrolit sprawia, że przenosząc ładunek elektryczny, jony litowe przemieszczają się pomiędzy dodatnimi i ujemnymi elektrodami. Modyfikując niedrogo dostępne w sprzedaży chłodziwa, aby działały jako elektrolity akumulatorowe, byliśmy w stanie wyprodukować baterię gaszącą ogień, który sama spowodowała, mówią Apparao Rao i Bingan Lu, profesorowie fizyki z Clemson University oraz Hunan University. Nasz elektrolit działał dobrze w szerokim zakresie temperatur, od około minus 75 do 80 st. C. Baterie, które wyprodukowaliśmy w laboratorium z tym elektrolitem, bardzo dobrze oddawały ciepło i skutecznie gasiły pożary wewnętrzne. Poddaliśmy je tzw. „nail penetration test”, powszechnej metodzie oceny bezpieczeństwa baterii litowo-





jonowych. Wbijanie gwoźdźcia ze stali nierdzewnej przez naładowaną baterię symuluje wewnętrzne zwarcie; jeśli bateria się zapali, nie przejdzie testu. Kiedy wbiliśmy gwoźdź przez nasze naładowane baterie, wytrzymały uderzenie bez zapalania się.

● Dlaczego to ma znaczenie:

Ze względu na wewnętrzny opór w przepływie jonów temperatura baterii zmienia się w miarę ładowania i rozładowywania. Wysokie temperatury zewnętrzne lub nierówne temperatury w akumulatorze poważnie zagrażają bezpieczeństwu i trwałości baterii. Baterie o dużej gęstości energetycznej, takie jak litowo-jonowe wersje stosowane w elektronice i pojazdach elektrycznych, zawierają formułę elektrolitową zdominowaną przez cząsteczki organiczne, które są wysoce łatwopalne. Zwiększa to ryzyko niekontrolowanego procesu termicznego, w którym nadmiar ciepła wewnątrz baterii przyspiesza niepożądane reakcje chemiczne, co z kolei uwalnia więcej ciepła, wywołując

dalsze reakcje. Temperatury wewnątrz baterii mogą wzrosnąć o setki stopni w ciągu sekundy, powodując pożar lub eksplozję.

Kolejny problem bezpieczeństwa pojawia się, gdy akumulatory litowo-jonowe są ładowane zbyt szybko. Może to powodować reakcje chemiczne, które na anodzie baterii wytwarzają tzw. dendryty, czyli wypustki metalu mogące gromadzić się na powierzchni litu i wnikać w elektrolit, co ostatecznie powoduje przechodzenie z jednej elektrody na drugą i zwarcie ogniwa baterii. Jako naukowcy zajmujący się wytwarzaniem, magazynowaniem i konwersją energii jesteśmy bardzo zainteresowani rozwojem bezpiecznych baterii o dużej gęstości. Zastąpienie łatwopalnych elektrolitów ognioodpornym elektrolitem może sprawić, że baterie litowo-jonowe będą bezpieczniejsze. W ten sposób możemy zyskać czas na długoterminowe ulepszenia, które zmniejszą nieodłączne ryzyko przegrzania.

● Jak wykonaliśmy naszą pracę:

Chcieliśmy opracować elektrolit, który

byłby niepalny, łatwo przenosiłby ciepło z akumulatora, mógłby działać w szerokim zakresie temperatur, a przy tym pozostałby bardzo trwały i byłby kompatybilny z dowolną chemią baterii. Większość znanych niepalnych rozpuszczalników organicznych zawiera jednak fluor i fosfor, które są drogie i mogą mieć szkodliwy wpływ na środowisko. Zamiast tego skupiliśmy się na dostosowaniu przystępnych cenowo komercyjnych płynów chłodzących, które były już szeroko stosowane w gaśnicach, testach elektronicznych i aplikacjach czyszczących. Takie, które mogły funkcjonować jako elektrolity baterii. Skoncentrowaliśmy się na dojrzałym, bezpiecznym i niedrogim płynie komercyjnym o nazwie Novec 7300, który ma niską toksyczność, jest niepalny i nie przyczynia się do globalnego ocieplenia. Łącząc ten płyn z kilkoma innymi chemikaliami, które dodały trwałości, byliśmy w stanie wyprodukować elektrolit, który miał poszukiwane przez nas cechy i umożliwiłby ładowanie oraz rozładowanie baterii przez cały rok, bez utraty znacznej pojemności.

● **Co wciąż nie jest znane:** Ponieważ lit jest metalem rzadko występującym na Ziemi, ważne jest, aby sprawdzić, jak dobrze radzą sobie baterie, które wykorzystują inne, bardziej powszechne jony metali alkalicznych, takie jak potas lub sód. Z tego powodu nasze badanie koncentrowało się głównie na samogaszących się bateriach potasowo-jonowych, chociaż wykazało również, że elektrolit dobrze sprawdza się także w bateriach litowo-jonowych. Wkrótce przekonamy się, czy nasz elektrolit może działać równie dobrze dla innych typów baterii, które są w fazie rozwoju, takich jak akumulatory sodowo-jonowe, aluminiowe i cynkowo-jonowe. Naszym celem jest opracowanie praktycznych, przyjaznych dla środowiska, zrównoważonych baterii niezależnie od rodzaju użytego pierwiastka. Tymczasem, ponieważ nasz alternatywny elektrolit ma podobne właściwości fizyczne do obecnie stosowanych elektrolitów, można go łatwo zintegrować z obecnymi liniami do produkcji baterii. Jeśli przemysł to przyjmie, spodziewamy się, że firmy

będą w stanie produkować niepalne baterie przy użyciu istniejących akumulatorów litowo-jonowych.

Oprac. na podst. The Conversation



Ładowanie

● Od dwóch lat sieć ładowania rośnie szybciej niż sama sprzedaż aut elektrycznych, ważniejszym punktem odniesienia jest jednak powiększanie się całej floty samochodowej. Na przestrzeni ostatnich lat jej średnioroczny wzrost sięgał 48 proc. z tendencją do zmniejszania się, podczas gdy zaplecze do ładowania nieco dynamiczniej, o 55 proc. rocznie (CAGR w latach 2020–2023). Widać więc, że choć niezbyt szybko, możliwości ładowania się poprawiają. Przynajmniej statystycznie. Trzeba mieć bowiem na względzie, że znacznie szybciej rozwija się prywatne zaplecze do ładowania, przede wszystkim w domach (56 proc. CAGR w latach 2020–2023) niż sieć ładowarek publicznych. Tutaj tempo wzrostu na poziomie 44 proc. rocznie jest mniejsze niż przyrost floty, co stanowi wąskie gardło do dalszego rozwoju elektromobilności.

● Dziś aż 9 na 10 ładowarek to urządzenia prywatne, z czego 7 znajduje się w domach, a 2 w innych miejscach, do których nie ma dostępu publicznego (np. biurach). A dynamika rozwoju sprawia, że proporcje te tylko się umacniają na korzyść infrastruktury prywatnej. Na jedną ładowarkę prywatną przypada 1,2 pojazdu elektrycznego (dane

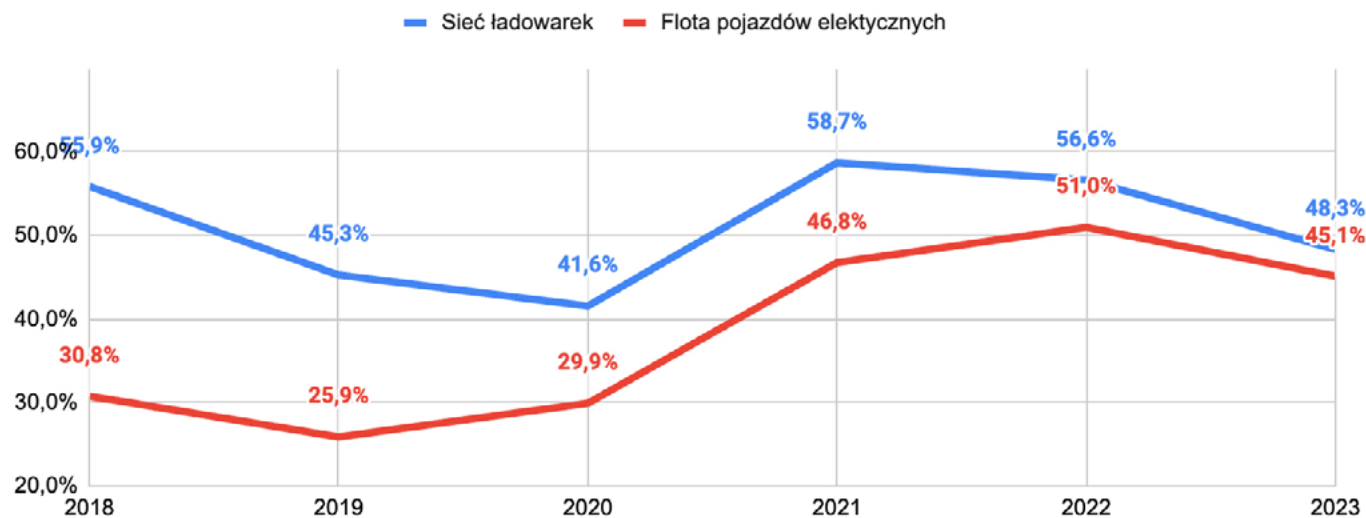
IEA za 2023), co można określić jako sytuację dość komfortową, biorąc pod uwagę, że w 2017 r. proporcja ta wynosiła 2,2. Rozwój infrastruktury, zwłaszcza domowej, jest więc znaczący i przez całą dekadę mocno wyprzedza sprzedaż aut elektrycznych. Pewien postęp widać też po stronie ładowarek publicznych: dziś na jeden punkt przypada 11,5 samochodu,

podczas gdy w 2017 r. liczba ta wynosiła 16,3. Relacja ta od pięciu lat się jednak nie poprawia. Taka asymetria w rozwoju infrastruktury do ładowania zrozumiała była na początku rozwoju elektromobilności, bo pierwsi użytkownicy samochodów elektrycznych zwykle mieszkali w domach jednorodzinnych z niedrogim i wygodnym dostępem

do ładowania w domu. Z biegiem czasu proporcje powinny się jednak przesunąć w kierunku ładowarek ogólnie dostępnych, czego wciąż nie widać. Co więcej, nie zwiększa się także jakość publicznej sieci ładowania – cały czas około 2/3 infrastruktury stanowią wolne ładowarki prądu przemiennego (AC), a udział szybkich ładowarek prądu stałego (DC) praktycznie nie wzrósł od 2016 r.

● Pojawiają się jednak sposoby na szersze zagospodarowanie prywatnej infrastruktury. Dzieje się to m.in. za sprawą uruchomionej przez Renault aplikacji Plug Inn, która jest określana jako Airbnb dla posiadaczy aut elektrycznych. Za jej pośrednictwem właściciele przydomowych ładowarek mogą je udostępniać publicznie osobom, które przejeżdżają w pobliżu swoim elektrykiem i muszą naładować baterię. Właściciele aut, planując trasę, mogą więc uwzględnić już nie tylko publiczne, ale także prywatne punkty ładowania, a ich właściciele otrzymują dodatkowy zarobek. Jest to rozwiązanie szczególnie interesujące w podróży

Dynamika rozwoju sieci ładowarek i floty pojazdów elektrycznych



Dane: IEA



mniej uczęszczanymi trasami, gdzie wciąż brakuje stacji ładowania.

● Dostępność ładowania domowego różni się znacznie w zależności od regionu i jest powiązana z różnicami w populacji miejskiej, podmiejskiej i wiejskiej, a także z przedziałem dochodów. W gęsto zaludnionych miastach, gdzie większość ludzi mieszka w mieszkaniach wielorodzinnych, dostęp do ładowania w domu jest bardziej ograniczony, a właściciele pojazdów elektrycznych w większym stopniu polegają na ładowaniu publicznym. Jest to najbardziej widoczne w Korei, która jest jednym z najgęściej zaludnionych krajów na świecie i ma najwyższy stosunek publicznej pojemności ładowania do pojazdów elektrycznych. Z drugiej strony Wielka Brytania ma jedną z najlepiej rozwiniętych sieci ładowania domowego – jej udział wynosi 93 proc. – co wynika m.in. z faktu, że była jednym z pionierów elektromobilności.

● Międzynarodowa Agencja Energii zwraca przy tym uwagę na fakt, że

wdrożenie ładowarek EV powinno być skoordynowane z rozwojem sieci energetycznej. Bez odpowiedniego zarządzania ładowanie może prowadzić do gwałtownego wzrostu zapotrzebowania szczytowego. Coraz ważniejsze staje się więc zapewnienie, że sieci przesyłowe i dystrybucyjne są odpowiednio skalowalne i wyposażone. Niezbędne staną się strategie zarządzania ładowaniem, takie jak taryfy czasowe i inteligentne systemy ładowania.

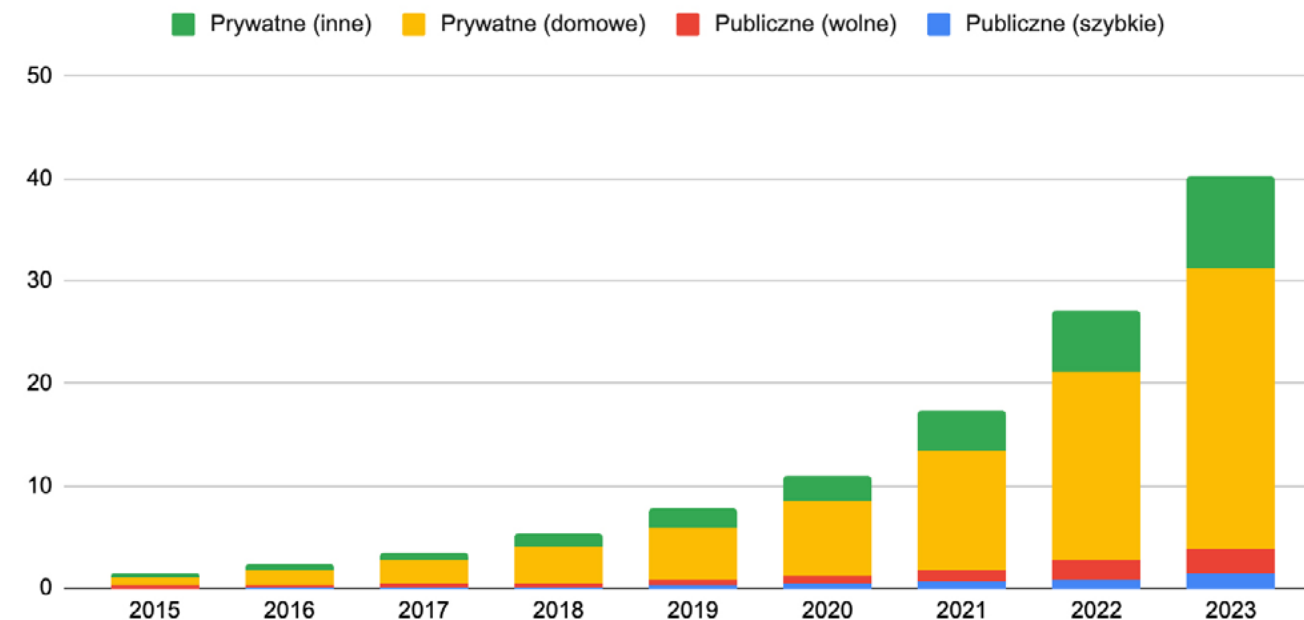
„Odpowiednio rozwinięta sieć ładowania zmniejsza obawy dotyczące zasięgu i może upowszechnić pojazdy o mniejszej pojemności baterii, zmniejszając w ten sposób koszty pojazdów i zapotrzebowanie na materiały krytyczne. (...) Bardziej istotne może być rozważenie całkowitej pojemności ładowania w stosunku do liczby aut niż sama gęstość punktów ładowania. Szybkie ładowarki mogą bowiem obsługiwać więcej pojazdów elektrycznych niż powolne. W początkowych fazach rozwoju infrastruktury stosunek pojemności

ładowania do EV jest ogólnie wysoki, biorąc pod uwagę, że użycie ładowarki będzie prawdopodobnie niskie, dopóki rynek nie dojrzeje. Wraz z dojrzewaniem rynku i wzrostem

wykorzystania pojemność na EV ma tendencję do zmniejszania się”, zaznaczają eksperci IEA.

Sieć ładowarek zdominowana przez urządzenia domowe

Liczba ładowarek zainstalowanych na całym świecie w mln



Dane: IEA



Stacje paliw przyszłości

TREND

Samochody zmieniają się ze spalinowych na elektryczne, ale sposób ich „tankowania” nie ulegnie większej zmianie, bo tego oczekują kierowcy. Stąd tworzy się nowy model stacji paliw przyszłości.

Fot. Rove

Jak to się robi

Ponad 1 tys. naładowanych samochodów każdego dnia. Taka jest miara nowoczesnej, modelowej stacji ładowania Rove, która na jesieni została otwarta w Santa Ana w Kalifornii. Wszystko dzięki 40 szybkim ładowarkom (DC), w tym 28 „superchargerom” Tesli. A w trakcie 15–25-minutowego ładowania kierowcy mogą z laptopem usiąść w saloniku i podłączyć się do wifi lub zrobić zakupy w działającym tu sklepie ReCharge należącym do sieci Gelson. Od tradycyjnych nowe stacje mają przy tym różnić się znacznie bardziej ekologicznym wyglądem. Stąd pomysł, aby zamiast stalowych wiat stosować konstrukcje z drewna (Cobe). Poza ładowarkami znalazłaby się pod nimi przestrzeń na ławeczki do wypoczynku i rekreacji w otoczeniu drzew i krzewów. A wszystko jako łatwa do konfiguracji konstrukcja modułowa. Ten sam motyw wykorzystali Amerykanie z Morphosis, tworząc stacje, gdzie pełne ledowego światła wiaty są wykonane z aluminium, co nadaje im sterylny wygląd.

Wyzwania

Instalacja ładowarek na klasycznych stacjach paliw to dobry pomysł, co pokazało badanie CircleK: odnotowano na nich 8 proc. wzrost ruchu, a kierowcy pojazdów elektrycznych wydali o 27 proc. więcej na zakupy. Ich stałością jest jednak fakt, że nie zaprojektowano ich do postoju wielu pojazdów czekających na ładowanie i nie zawsze jest odpowiednia infrastruktura energetyczna. Przyszłością są więc huby z szybkimi ładowarkami, które potrzebują jednak działek z podłączeniem o dużej mocy. Stąd atrakcyjne grunty np. przy autostradach często są pomijane ze względu na wysokie koszty wzmocnienia sieci. Jednym z rozwiązań mają być stacje z fotowoltaiką i magazynami energii prądu. W hiszpańskim Jerez de la Frontera, gdy zapotrzebowanie na energię nie jest duże, stacja wyposażona w panele fotowoltaiczne może być nawet samowystarczalna, a ogółem sama wytwarza około 40 proc. potrzebnej energii.

Gracze

Fastned
Cobe
Clever
AFRY
Zunder
Electric Autonomy
Canada
Morphosis
Rove
RaceTrac
Kwik Trip



Prąd łapany w trasie

TREND

Jeśli chodzi o ładowanie aut poza własnym domem, stawia się przede wszystkim na coraz mocniejsze, szybkie ładowarki oraz testuje nowe modele stacji paliw przyszłości.

Inżynierowie po obu stronach oceanu nie ustają jednak w wysiłku, aby podobnie jak w telefonach wprowadzać indukcyjny system ładowania. W tym przypadku zasilacze chowa się pod powierzchnią jezdni, aby auto można było ładować „po drodze”.

Fot. Electreon

Rozwój

Nad projektami ładowania w czasie jazdy pracuje m.in. Electreon, który we Włoszech na trasie Mediolan – Brescia pilotażowo wyposaża w nie 1 km autostrady, a w Detroit w cewki ładujące wyposażył krótki odcinek ulicy w centrum miasta. W West Lafayette w stanie Indiana inżynierowie z Uniwersytet Purdue testują za to, na ile takie ładowarki są w stanie skutecznie zasilać ciężarówki jadące z prędkością 90–100 km/h. Badają m.in. co się stanie, jeśli pojazd nie przejedzie centralnie nad cewką, czy sprawdza się to przy każdej pogodzie i jak droga radzi sobie z upływem czasu. Szwecja jako pierwszy kraj na świecie zobowiązała się za to do pełnej elektryfikacji autostrady: pierwszy odcinek ma być gotowy w tym roku, a do 2045 r. trasa ma mieć 3 tys. km. Dalej idą Francuzi, którzy myślą o 5 tys. km takich tras do 2030 r. IEA zwracała uwagę, że bezprzewodowe ładowanie w trasie (Electric Road System – ERS) jest atrakcyjną opcją dla ciężkich pojazdów.

Zalety

Według francuskiego Ministerstwa Transportu ERS ma potencjał zmniejszenia emisji CO₂ drogowego transportu towarów o 86 proc. To rozwiązanie dla pojazdów, które są w ciągłym ruchu i nie mają czasu, aby w pełni się naładować. Na kampusie własnej uczelni pracuje nad tym m.in. UCLA Fleet and Transit. Wraz ze wzrostem floty elektrycznych autobusów na zajezdni robią się coraz większy deficyt mocy do ładowania, więc ładowarki instalują pod asfaltem. Z natury rzeczy system indukcyjny wbudowany w infrastrukturę drogową jest przy tym uniwersalny (nie ma problemu konieczności odpowiedniej wtyczki) i może być odpowiedzią na brak przestrzeni do parkowania ładujących się pojazdów, których będzie przybywać. W szczególności dotyczy to dużych aut, takich jak ciężarówki, gdzie ładowanie potężnych akumulatorów trwa ponad godzinę. A możliwość ładowania ciągłego w trasie pozwoliłaby odchudzić ich baterie.

Gracze

Electreon
Fortum
Uniwersytet Purdue
UCLA Fleet and Transit
ABB
Siemens
Calstart
Cummins



Wymieniać, zamiast ładować

TREND

Na stacji, zamiast ładować baterie, można by wymieniać akumulatory na nowe – podobnie jak dawniej konie w podróży. Widać pomysł nie jest nowy, także zresztą w elektromobilności. Już w 2007 r. próbował go rozwijać kalifornijski start-up Better Place. Wówczas rynek okazał się jednak jeszcze niegotowy. Od jakiegoś czasu pojawiają się jednak nowe próby.

Fot. Tera Technologies

Ample

To firma, która wyciągnęła wnioski z błędów Better Place, który związał się tylko z jedną marką Renault. Ample nie uzależnia się od nikogo i opracował własną baterię. Jest to akumulator modułowy, który można powiększać i pomniejszać, tak aby dostosować go do każdego pojazdu. Ample EV jest więc rodzajem uniwersalnego zamiennika, a proces adaptacji do konkretnego pojazdu trwa 2–3 miesiące. Same punkty wymiany są proste i niewielkie, tak aby zmieściły się nie tylko przy stacjach benzynowych, ale także przy centrach handlowych. Swój projekt Ample stawia w opozycji wobec nie tyle obecnej infrastruktury, ile szybkich ładowarek, które mają istotnie skrócić czas ładowania baterii. „Im szybciej ładujesz, tym więcej energii tracisz w postaci ciepła. Koszty rosną bardzo szybko. Jeśli więc chcesz naładować pojazd w pięć minut, możesz potrzebować ładowarki o mocy od 1 do 2 megawatów, która jest bardzo droga i bardzo trudna do uzyskania”, mówi założyciel firmy Johna de Souza.

MiracleONE

To z kolei samochód elektryczny, z wyjmowanymi i przenośnymi akumulatorami, które można ładować z gniazdka elektrycznego w mieszkaniu. Idealne rozwiązanie dla mieszkańców osiedli i śródmieść. Jest to rozwiązanie szwajcarskiej firmy Tera Technologies, która zwróciła uwagę, że producenci aut zupełnie odpuścili temat komfortu prostego doładowywania auta. Ich MiracleONE ma jeden duży, wbudowany akumulator dający zasięg 210 km, a do tego cztery akumulatory po 20 km zasięgu każdy. Łącznie jest to więc 290 km. Łatwo wyjmowane baterie podłączone do gniazd znajdujących się w bagażniku są większe niż te w rowerze – ważą po 9 kg każda – ale ich sposób użytkowania jest podobny. Po zaparkowaniu, np. przed domem, wyjmuje się je z auta i niesie do mieszkania, gdzie do pełna ładuje się je około 5 godzin. Oferowany przez każdą zasięg 20 km zazwyczaj wystarczy na podróż do biura.

Revoy

To z kolei opcja dla samochodów ciężarowych, które potrzebują dużych baterii ładowanych ponad godzinę. Revoy nie jest jednak zwykłym zamiennikiem akumulatora takim jak Ample. Jest to rodzaj modułu wyposażonego zarówno w baterie, jak i elektryczny silnik z kołami. Nie jest bowiem przeznaczony dla ciężarówek elektrycznych, ale spalinowych. Revoy wstawia się pomiędzy ciągnik i naczepę (szerzej na ten temat wcześniej w podrzdziale „Hybrydowe tiry”), dzięki czemu bez inwestowania w nową flotę klasycznym ciężarówkom pozwala jeździć ekologicznie, na prąd. Proces wstawiania, a później podmiany modułu jest tu tylko trochę bardziej złożony niż w Ample. Cały skład trzeba rozłączyć – najpierw naczepę, a później moduł elektryczny – a jako że Revoy jest samobieżny, to sam się „przeparkowuje”. Dzięki temu nie potrzeba żadnej stacji, wystarczy zwykły plac, na którym wykonuje się kilka manewrów. Cała operacja trwa 5 minut, a zasięg w pełni naładowanych baterii to około 400 km.



Sieć ładowania ciężarówek

Fot. Getty Images/Unsplash

● Infrastruktura do ładowania dużych pojazdów, w szczególności ciężarówek, to dziś jedno z kluczowych wyzwań w mobilności – według Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) ze względu na pojazdy typu HDV (Heavy Duty Vehicles) do 2035 r. pojemność ładowania ma wzrosnąć dwudziestokrotnie. Na razie dominuje model nocnego ładowania na parkingach, co sprawia, że najszybciej elektryfikuje się segment krótkodystansowych dowozów w zasięgu do 200 km dziennie. Teraz największym wyzwaniem jest więc stworzenie infrastruktury do ładowania pojazdów w trasie. Tutaj teoretycznie ciężarówki mogą korzystać z infrastruktury dla aut osobowych, jak jednak zwraca uwagę IEA, długi, często ponadgodzinny czas ładowania ich dużych baterii może zakłócać normalne operacje, przez co potrzebują dedykowanej infrastruktury. Aby była jak najbardziej wystandaryzowana, w 2023 r. Unia Europejska i Stany Zjednoczone opracowały zestaw zaleceń dotyczących sieci ładowania, w tym harmonizację standardów między dwoma regionami. Opracowany wspólnie system MCS

(Megawatt Charging System), który pozwala na ładowania do 3,75 MW, został uznany przez międzynarodowe organizacje normalizacyjne, takie jak SAE International i Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO).

● W 2024 r. w Europie w życie weszło rozporządzenie w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (AFIR), które przewiduje elektryfikację transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T). Jeśli chodzi o samochody ciężarowe, w tym roku ma dotyczyć to tylko 15 proc. tras, gdzie mają się pojawić strefy ładowania o mocy 1,4 MW. Do końca 2027 r. wzdłuż połowy sieci bazowej TEN-T będą już jednak musiały funkcjonować przeznaczone dla elektrycznych pojazdów ciężarowych (eHDV) strefy ładowania o mocy co najmniej 2,8 MW każda. Rozmieszczone mają być co 120 km, a pełna elektryfikacja wyznaczona jest na 2030 r. Wówczas moc stref ma sięgać 3,6 MW.

● Z kolei McKinsey szacuje, że do 2030 r. na całym kontynencie liczba publicznych i prywatnych punktów

ładowania dla średnich i ciężkich samochodów ciężarowych zwiększy się 30-krotnie – z 10 tys. do 300 tys. Koszt takiej inwestycji to 7 mld euro, z czego tylko jedna czwarta została zabezpieczona. Analitycy przekonują jednak, że w znacznym stopniu utrzyma się obecny model podróży jednodniowych. Na tej podstawie szacują strukturę modeli przewozowych na koniec dekad:

– **55 proc.** ciężarówek jeżdżących po europejskich drogach nie będzie korzystać z infrastruktury publicznej, ładując się tak jak dotychczas, gdy po zakończeniu dnia pracy zjadą na własne zajezdnie.

– **40 proc.** będzie wykonywać jednodniowy transport towarów pomiędzy węzłami na autostradach. Będą to regularne trasy od 250 km do ponad 800 km i na tych dłuższych konieczne okaże się korzystanie z publicznych ładowarek.

– **5 proc.** będą to wielodniowe, długodystansowe podróże. Ta kategoria pojazdów będzie



zmuszona do ładowania w trasie, ale także najwolniej ma podlegać elektryfikacji.

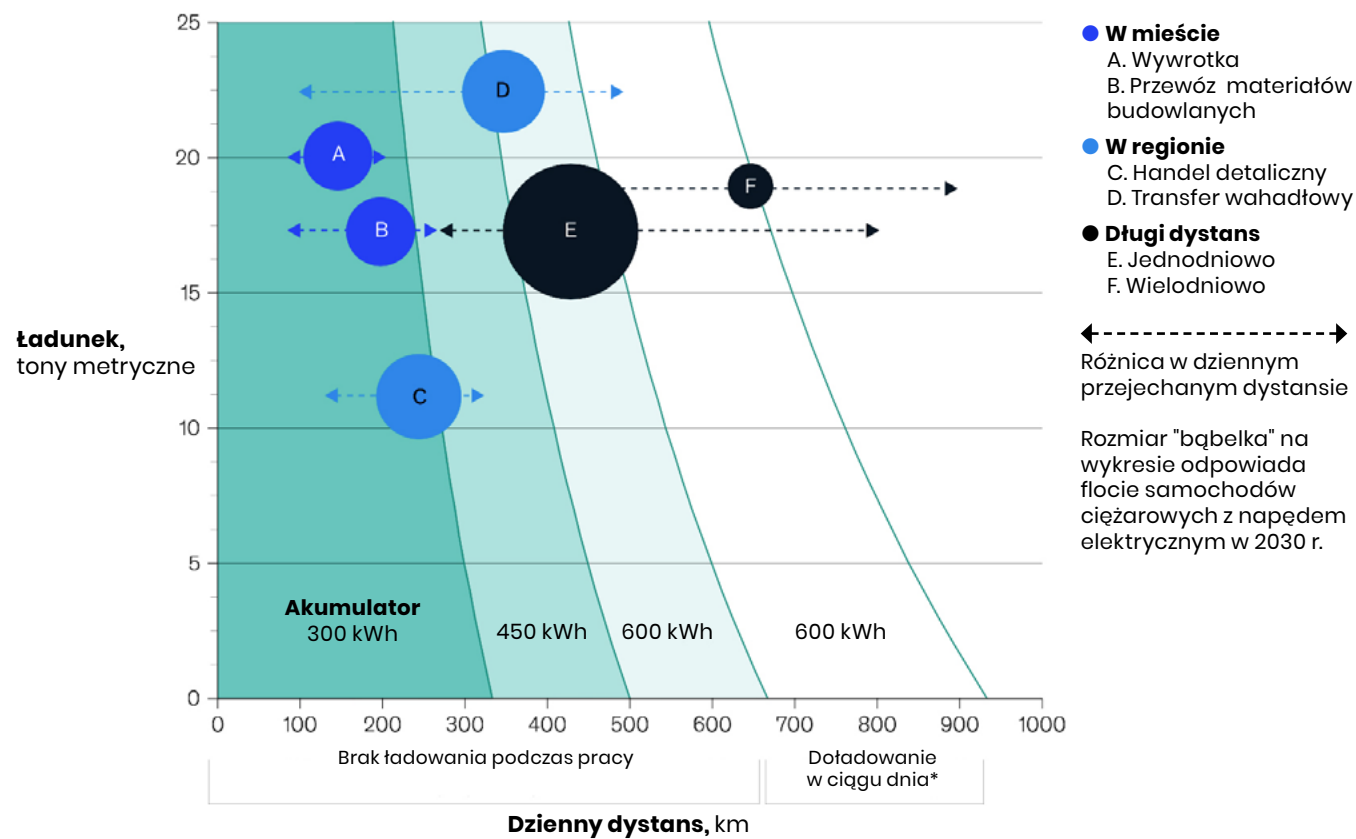
- Firma doradcza zwraca przy tym uwagę na charakterystykę topograficzną sieci ładowarek. „Do 2030 r. instalacje ładowania powstaną głównie w pobliżu dużych zakładów przemysłowych lub węzłów logistycznych, a nawet w prywatnych centrach, w tym bezpośrednio przy dokach załadunkowych, będą stanowić ponad 90 proc. całej infrastruktury ładowania, co będzie wymagało całkowitej inwestycji w wysokości 5,5 mld euro i ma pokryć 75 proc. zapotrzebowania na energię elektryczną dla ciężarówek do 2030 r.”, zaznaczają analitycy.

- Tak rozwinięta infrastruktura o dużej mocy będzie przy tym bardzo energochłonna. Według McKinseya rocznie będzie pochłaniać 20 TWh energii elektrycznej (w 2030 r.), co stanowi około 0,5 proc. całkowitego zapotrzebowania Europy na prąd. Na ten aspekt zwracają też uwagę eksperci IEA. „Chociaż ładowanie

o dużej mocy ułatwi dekarbonizację przewozu ładunków, może również stanowić wyzwanie dla sieci elektrycznej, takie jak wahania jakości energii lub nierównowaga podaży i popytu. Może powodować to zatłoczenie sieci na poziomie lokalnym i wpłynąć na całe regiony, w których znajduje się duża elektryczna flota HDV. Niektóre kraje, takie jak Holandia, już opracowują politykę, aby przewidzieć te problemy. Jednym ze sposobów złagodzenia wyzwań i uniknięcia szczytowego popytu są stacjonarne baterie, współlokowane z ładowarkami o dużej mocy. To rozwiązanie wymagałoby znacznych nakładów kapitałowych (CAPEX) na instalację dużych, stacjonarnych baterii, ale mogłoby również zaoferować nowe strumienie przychodów właścicielom stacji ładowania, takie jak arbitraż cen energii elektrycznej lub świadczenie usług sieciowych”, zaznaczają eksperci IEA.

Aby skutecznie elektryfikować transport ciężarowy, konieczna jest wzajemna optymalizacja infrastruktury ładowania, wzorców jazdy i rozmiarów akumulatorów.

Prognoza 2030, przypadki wykorzystania transportu



*Zakłada się ładowanie podczas obowiązkowej przerwy trwającej 45 minut za pomocą ładowarki DC o mocy 400 kW. McKinsey & Company



Ciężarówki: baterie lepsze niż wodór

● Transport wodorowy podobnie jak dotychczas rozwija się w umiarkowanym tempie, a dynamika rynku aut osobowych gaśnie już od 2023 r., gdy przyrost floty zmniejszył się z 35 do 15 proc. Trend ten utrzymał się także w 2024 r. Całkiem przeciwną sytuację mamy jednak w przypadku autobusów i ciężarówek, gdzie rynek wyraźnie przyspieszył z 25 proc. do 50 proc. Taki model widać przede wszystkim w Chinach, które stały się drugim po Korei krajem najintensywniej wykorzystującym paliwa wodorowe. Tutaj znajduje się 95 proc. wszystkich ciężarówek z ogniwami wodorowymi – na koniec czerwca 2024 r. było ich tu 12 tys., podczas gdy w Europie zaledwie 350, a w USA 170. Wówczas ich udział w całym parku elektrycznych ciężarówek sięgnął 13 proc. (pojazdy z ogniwami wodorowymi również są napędzane silnikiem elektrycznym i stanowią alternatywę dla baterii).

To najlepiej pokazuje, o ile większe znaczenie mają w stosunku do aut osobowych – udział samochodów wodorowych w tym segmencie sięga zaledwie 0,1 proc.

● Na rynku amerykańskim pewnie ożywienie wprowadziła **Nikola**, postrzegana niekiedy jako odpowiednik Tesli w autach wodorowych. W 2023 r. sprzedała zaledwie 35 pojazdów, ale w 2025 r. zamówienia opiewają na 100 sztuk. Firma wciąż ma jednak spore problemy finansowe związane z ciągnącymi się od lat stratami, co sprawiło, że w lutym udała się pod ochronę sądową przed wierzycielami i zdecydowała na sprzedaż majątku. Z analogicznego powodu inny amerykański producent ciężarówek wodorowych **Hyzon** wycofał się z rynku australijskiego i europejskiego. Nikola z Europy wycofała się już w 2023 r., a jej działalność przejął jej

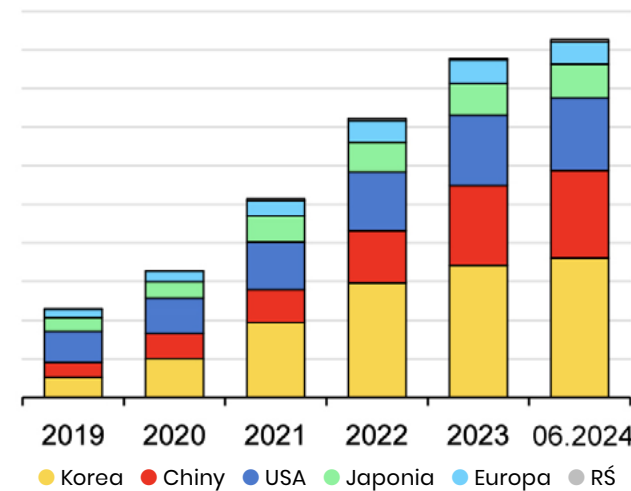
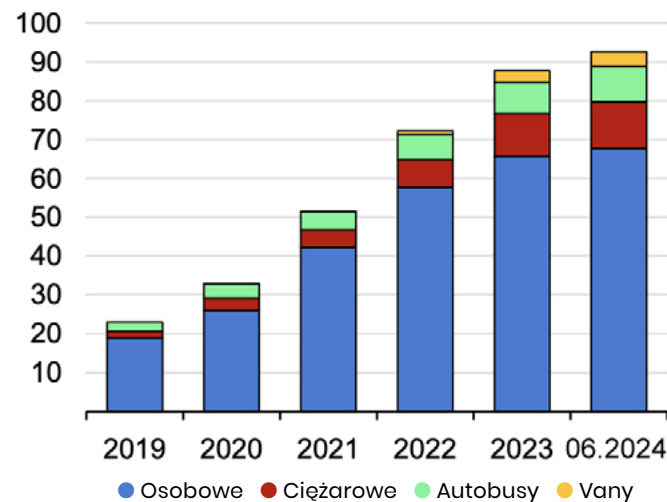
miejscowy partner, włoskie **Iveco**. Można więc podejrzewać, że także jej amerykańskie aktywa przejmie jeden z branżowych graczy. Problemy te nie zniechęcają jednak innych firm do rozwoju technologii:

– **Daimler i Linde** wspólnie opracowały nowatorski proces tankowania skroplonego wodoru, który ma zapewnić zasięg ponad 1 tys. km. Obie firmy pracują również nad ustanowieniem wspólnego

standardu tankowania płynnego i komercjalizacją tych technologii.

– **MAN** w tym roku chce za to wprowadzić na rynek ciężarówki z wodorowym silnikiem spalinowym.

Liczba pojazdów elektrycznych z ogniwami paliwowymi według segmentu i regionu, 2019–2024
tys. sztuk



Drugi rok z rzędu wzrost w segmencie pojazdów FCEV był najwyższy w segmencie samochodów ciężarowych. IEA. CC BY 4.0.

Uwagi: RŚ = Reszta świata. Pojazdy użytkowe obejmują lekkie pojazdy użytkowe (LCV), średnie ciężarówki i ciężkie ciężarówki.

Obejmuje dane do czerwca 2024 r.

Źródła: analiza IEA oparta na danych z Advanced Fuel Cells Technology Collaboration Programme (Program współpracy w zakresie zaawansowanych technologii ogniw paliwowych), Hydrogen Fuel Cell Partnership (Partnerstwo na rzecz ogniw paliwowych wodorowych), Korea, Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (Ministerstwo Ziemi, Infrastruktury i Transportu), International Partnership for Hydrogen and Fuel Cell in the Economy (Międzynarodowe partnerstwo na rzecz wodoru i ogniw paliwowych w gospodarce) oraz ankiety krajowe z inicjatywy Clean Energy Ministerial Hydrogen Initiative (Ministerstwa ds. czystej energii i inicjatywy wodorowej).



– Nad podobnym projektem pracuje **Volvo Trucks**, który jednak dopiero w 2026 r. rozpocznie testy.

● O osłabieniu entuzjazmu wobec aut wodorowych najlepiej świadczy znaczące spowolnienie w rozwoju sieci do ładowania pojazdów. W dużym stopniu wiąże się to z faktem, że obok wielu nowych punktów w ostatnich dwóch latach mieliśmy dużo zamknięć stacji ładowania. Są takie kraje jak Korea Płd., mocno promujące tę technologię i dotujące infrastrukturę, która stale się rozwija. Pewne ożywienie mamy także w Chinach, gdzie testuje się wodór jako paliwo dla długodystansowych ciężarówek. W USA sytuację mamy już jednak odwrotną. Tutaj dostawcy paliw mają znacznie bardziej komercyjne spojrzenie na sprawę, więc część z nich zdecydowała o likwidacji swoich stacji – np. Shell, który w lutym 2024 r. podjął decyzję o zamknięciu całej sieci działającej w Kalifornii. Wcześniej to samo zrobił w Wielkiej Brytanii, a po nim z powodu niskiego popytu na paliwo z utrzymywania stacji w Danii zrezygnował

Everyfuel. To efekt m.in. tego, że sprzedaż samochodów osobowych z ogniwami paliwowymi w Europie nie wzrosła, pozostawiając znaczną część kosztownej infrastruktury niewykorzystaną, a w Kalifornii, gdzie sprzedaż była bardziej znacząca, częste przestoje stacji zaszkodziły nastrojom konsumentów.

● Jak zauważa IEA, innym sygnałem, że branża może mieć problemy z rozwojem, była liczba wyprzedaży przedsiębiorstw zajmujących się tankowaniem wodoru:

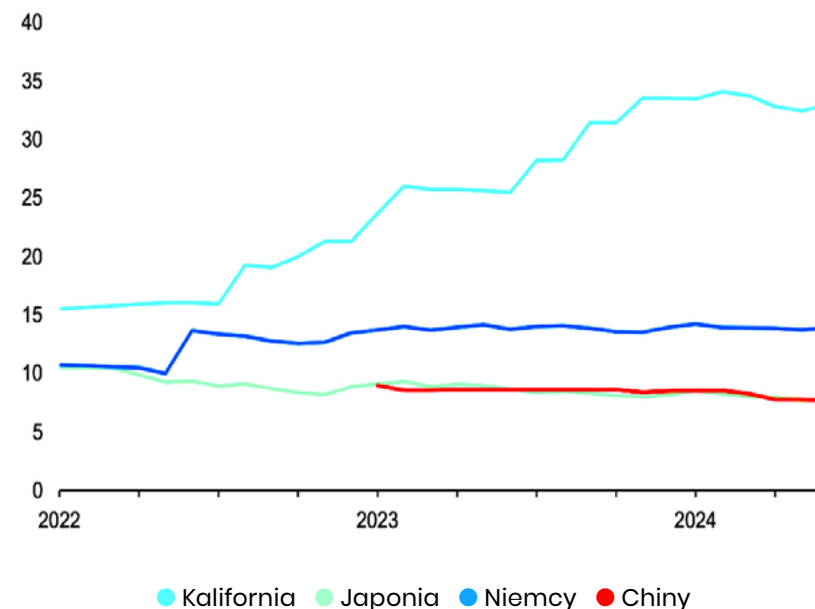
- w październiku 2023 r. brytyjska spółka ITM Power sprzedała swoje joint venture Motive Fuels
- w lipcu 2024 r. francuska firma McPhy sfinalizowała sprzedaż swojego biznesu HRS (hydrogen refuelling stations)
- w czerwcu 2024 r. norweska firma Nel swoją działalność w tym obszarze wydzieliła do osobnego podmiotu Cavendish Hydrogen, który skupi się na tankowaniu pojazdów ciężarowych.

Wszystkie te firmy zauważyły, że zmiany były motywowane chęcią skoncentrowania się na ich

podstawowej działalności, jaką są elektrolizery. Jak przekonują eksperci IEA, kształtowanie tych trendów jest spowodowane trzema głównymi wyzwaniami – niskim popytem, problemami z niezawodnością i drastycznym wzrostem cen wodoru – które w różnym stopniu dotyczą wszystkich regionów.

● Najbardziej szkodliwy jest w tym względzie wzrost cen wodoru: w Kalifornii między 2021 a końcem 2023 r. stawki wzrosły dwukrotnie. „Problem ten najpoważniejszy był na Zachodnim Wybrzeżu, ale aby złagodzić podobne problemy występujące w Europie, H2 Mobility wprowadziło mechanizm dynamicznych cen, w których stawki zmieniały się w zależności od pochodzenia wodoru, a także wielkości i poziomu ciśnienia stacji. Dzięki temu ich cena sprzedaży odnawialnego wodoru (około 10,3 dol./kg dla ciężarówek i autobusów lub 11,9 dol./kg dla samochodów osobowych i dostawczych) była o 25–30 proc. niższa od ceny standardowej od października 2023 r.”, zwracają uwagę eksperci IEA.

Miesięczne ceny pomp wodorowych dol./kg wodoru



Uwagi: Wartości dla Japonii są średnią wartości z Chubu, Chugoku, Kinki, Kyushu, Tohoku i Japonii Metropolitalnej. W Japonii przyjmuje się, że wartość na czerwiec 2024 r. jest równa majowi 2024 r.

Źródła: Dane dla Kalifornii, Niemiec i Japonii dostarczył Platts, S&P Global Commodity Insights, ©2024 by S&P Global Inc. Dane dla Chin pochodzą z miesięcznego newslettera Hydrogen Observations i odnoszą się do ceny po stronie konsumpcji.



Trzy słabości pojazdów wodorowych

Jak oceniają eksperci z IEA, technologia spalinowych silników wodorowych może odegrać istotną rolę w średnim okresie ze względu na spore wyzwania ogniów paliwowych związanych z kosztami, niższą trwałość w trudnych warunkach eksploatacji oraz brak dostępności wykwalifikowanych techników i części zamiennych. Poniżej kluczowe wyzwania, jakie stoją przed wodorowymi ciężarówkami w ich rywalizacji z pojazdami zasilanymi bateriami:

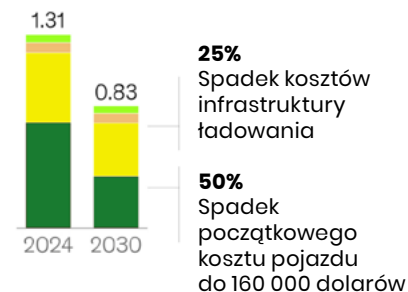
→ **Cena paliwa:** kluczowym wyzwaniem dla aut wodorowych pozostają bardzo wysokie koszty. Dziś w przeliczeniu na przejechany kilometr są dwukrotnie większe niż w przypadku ciężarówek z silnikami Diesla oraz o 43 proc. większe niż przy pojazdach elektrycznych (patrz wykres). To stanowi główny motyw dylematu, kiedy staną się poważną alternatywą dla samochodów zasilanych bateriami. Obecnie podstawową przewagą tych ostatnich jest sam koszt paliwa. W przeliczeniu na zużycie w czasie jazdy czysty prąd

Aby do 2030 r. osiągnąć parytet w całkowitych kosztach posiadania samochodów ciężarowych o zerowej emisji, konieczne będzie znaczne obniżenie kosztów energii i amortyzacji.

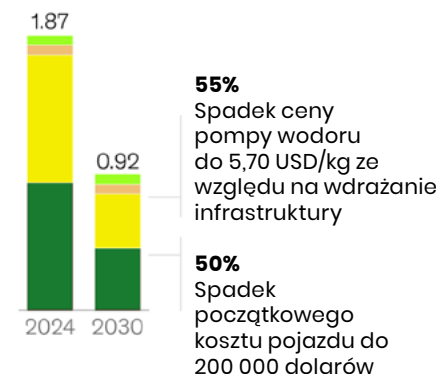
Ciężki samochód ciężarowy do transportu liniowego (ciągnik 40 ton); dzienny zasięg 350 km (90 tys. km rocznie); moc silnika 350 kW.

Całkowity koszt posiadania w Niemczech (dol./km)

Pojazd elektryczny
na baterie



Pojazd elektryczny
na ogniwa paliwowe



● Amortyzacja ● Energia* ● Opłaty ● Konserwacja

*Obejmuje rozłożone koszty infrastruktury ładowania niezbędnej do ładowania pojazdów elektrycznych (przy założeniu ~30% ładowania w trakcie jazdy).
Ceny energii: olej napędowy 1,49 USD/l w 2024 r., 1,52 USD/l w 2030 r.; energia elektryczna 0,21 USD/kWh w 2024 r., 0,17 USD/kWh w 2030 r.; wodór 11,90 USD/kg w 2024 r., 5,70 USD/kg w 2030 r.
Źródło: McKinsey Center for Future Mobility



jest niemal dwukrotnie tańszy niż zielony wodór. Według ekspertów McKinseya konkurencyjny stanie się dopiero wtedy, gdy jego cena na stacji tankowania osiągnie 5,7 dol. za kg.

→ **Cena pojazdu:** drugi nie mniej ważny aspekt to bardzo wysoki koszt produkcji ciężarówek wodorowych. W stosunku do diesli są przeszło trzy razy droższe, a w stosunku do elektryków koszt produkcji jest o 40 proc. wyższy (patrz wykres). Największym wyzwaniem jest tu samo ogniwo wodorowe z towarzyszącym mu systemem paliwowym, które stanowi ponad połowę kosztów. Według analityków McKinseya jest to jednak bariera możliwa do przełamania, nie tylko przez rozwój technologii – tak jak to się dzieje w przypadku baterii – ale także przez zwiększenie skali produkcji. Szacują, że do końca dekady, jeśli co roku na ulicę będzie wyjeżdżało co najmniej 10 tys. ciężarówek z ogniwami wodorowymi, ich cena w stosunku do pojazdów bateryjnych spadnie do 28 proc. Uwzględniając także spadek cen samego paliwa, oznaczałoby

to, że koszt używania ciężarówek wodorowych w przeliczeniu na odległość byłby już tylko o 11 proc. wyższy niż elektrycznych.

→ **Inna kwestia, z którą mierzą się ciężarowe pojazdy wodorowe, to zużycie ogniw paliwowych.** Około 5 tys. godzin pracy zapewniające przebieg 240 tys. km to parametr akceptowalny w przypadku aut osobowych, które dziennie używane są nie więcej niż 2 godziny (średnio). Dotychczas wyzwaniem było jednak samo określenie stopnia degradacji ogniw. Tymczasem podczas prowadzonych w 2024 r. testów naukowcy z China Automotive Technology & Research Center (CATRC) wykazali, że ogniwa paliwowe instalowane w pojazdach po 1 tys. godzin mogą ulegać nawet 15-procentowej degradacji. Stąd inżynierowie na całym świecie prowadzą zaawansowane badania dotyczące zużycia takich elementów jak membrany, warstwy katalizatora, warstwy dyfuzji gazu czy płyty bipolarne. Ekipa z CATRC zwraca przy tym uwagę, że obecne badania nad

trwałością koncentrują się głównie na poziomach pojedynczej komórki i stosu, co wg nich znacznie różni się od scenariuszy użytkowania rzeczywistych pojazdów. Tak więc

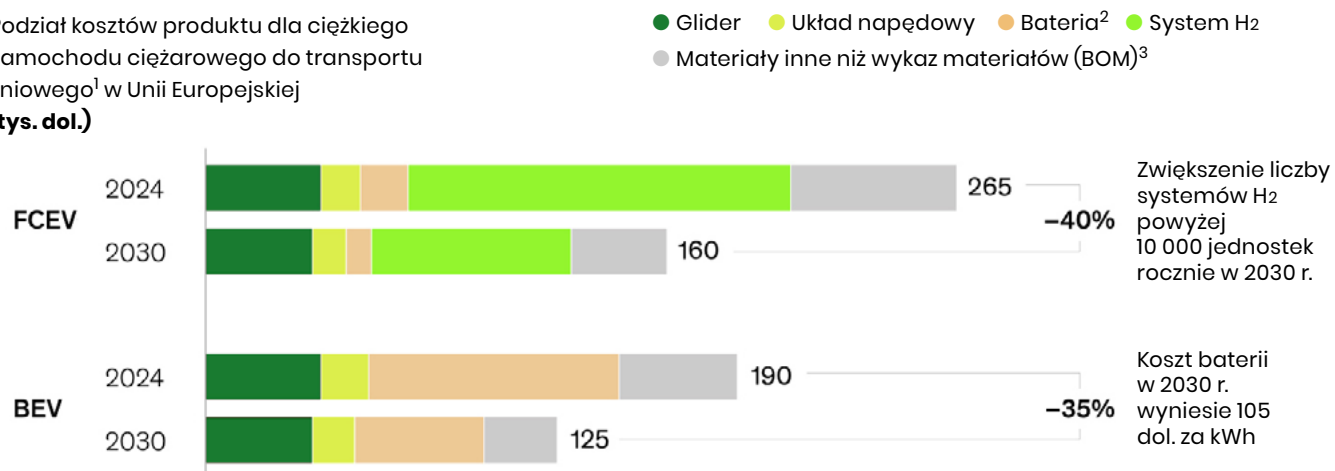
sami opracowali cykl testów wytrzymałościowych na poziomie całego systemu ogniw paliwowych. Wciąż mówimy jednak o procesie rozpoznawania słabości,

więc na przejście do ostatecznego etapu wdrożeniowego trzeba będzie jeszcze nieco poczekać.

Aby całkowity koszt posiadania był konkurencyjny, koszty produkcji ciężarówek bezemisyjnych muszą spaść o 30–40 procent do roku 2030.

Ciężki samochód ciężarowy do transportu liniowego (ciągnik 40 ton); zasięg dzienny 350 km (90 000 km rocznie); moc silnika 350 kW.

Podział kosztów produktu dla ciężkiego samochodu ciężarowego do transportu liniowego¹ w Unii Europejskiej (tys. dol.)



¹Ciągnik klasy 8 o mocy silnika ~350 kW i zasięgu ~350 km między tankowaniami. Pojazdy elektryczne zasilane akumulatorem mogą zmniejszyć koszt z akumulatora ~500 kWh (1,26 kWh/km, 175 USD/kWh) w 2024 r. na ~440 kWh (1,10 kWh/km, 105 USD/kWh) w 2030 r. Pojazdy elektryczne zasilane ogniwami paliwowymi mają pomocniczy akumulator ~60 kWh, system ogniw paliwowych o mocy ~270 kW i zbiornik H₂ o wadze ~36 kg.

²Zawiera komórki.

³Koszt sprzedanych towarów nieujęty w BOM obejmuje bezpośrednią robociznę, wsparcie produkcji (inżynieria, jakość), transport, cła i gwarancję. FCEV = Pojazd elektryczny na ogniwa paliwowe.

BEV = Pojazd elektryczny na baterie.

Źródło: Model elektryfikacji pojazdów użytkowych McKinsey oparty na analizie Centrum Mobilności Przyszłości McKinsey.



NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: na długie trasy wodór lepiej niż baterie

Fot. Unsplash+ Community

Z badań zespołu prof. Williama H. Greena, dyrektora MIT Energy Initiative, wynika, że to jednak nie samochody z bateriami elektrycznymi, ale zasilane ogniwami wodorowymi są najlepszą alternatywą dla ciężarówek napędzanych dieslem (choć pod pewnymi warunkami).

Testowali pojazdy jadące z prędkością 90 km/h i pokonujące dziennie około 1 tys. km na jednym tylko tankowaniu/ładowaniu. Na podstawie tak określonego cyklu jazdy naukowcy zasymulowali wydajność konwencjonalnej ciężarówki z silnikiem Diesla, generując „benchmarki” dotyczące zużycia paliwa, emisji CO₂, kosztów i innych parametrów wydajności.

Samochód na baterie

Aby ocenić pojazdy elektryczne, naukowcy z MIT wykorzystali szacunki wydajności kluczowych komponentów, takich jak akumulator, generatory, silnik etc. Zakładając wcześniej opisany cykl jazdy, określili parametry

pracy, w tym ile mocy potrzebuje układ akumulatorowo-elektryczny. Na tej podstawie obliczyli rozmiar i wagę akumulatora wymaganego do zaspokojenia potrzeb energetycznych ciężarówki elektrycznej.

Wynik nie był zachęcający. Zapewnienie wystarczającej ilości energii do przejechania 1 tys. km bez ładowania wymagałoby baterii o pojemności 2 MWh. „To dużo”, zauważa Kariana Moreno Sader, doktorantka inżynierii chemicznej. „Tyle, ile średnio dwa amerykańskie gospodarstwa domowe konsumują miesięcznie”. A waga takiej baterii znacznie zmniejszyłaby ilość ładunku, który mógłby być przewożony. Pusta ciężarówka z silnikiem Diesla zazwyczaj waży 10 ton, co oznacza, że może zabrać 30 ton ładunku (w Europie te parametry to około 14 ton i 26 ton). Bateria o pojemności 2 MWh ważyłaby około 14 ton, więc znacznie ograniczyłaby ładowność (waga paruset kilo paliwa spalanego po drodze jest pomijalna).

Rozczarowujące rezultaty przyniosła także analiza redukcji emisji,

która może wynikać z przejścia na akumulatorowe elektryczne ciężarówki dalekodystansowe. „Pojazdy elektryczne z baterią są tak czyste jak energia używana do ich ładowania” – zauważa Moreno Sader.

Tymczasem naukowcy z MIT przyjęli, że przez większość czasu kierowcy ciężarówek dalekodystansowych będą pobierać prąd z sieci krajowych, a nie z dedykowanych elektrowni odnawialnych (mimo wcześniejszego założenia, że nie ładują się w trasie). W USA paliwa kopalne stanowią ponad 60 proc. obecnej amerykańskiej sieci energetycznej, więc elektryczne ciężarówki nadal byłyby odpowiedzialne za znaczne poziomy emisji dwutlenku węgla. Dodatkową emisję CO₂ wygenerowałaby przy tym sama produkcja baterii do ciężarówek. Kosztowna będzie też budowa infrastruktury do ładowania, a konkluzja naukowców z MIT jest taka, że przejście ciężarówek z silnikiem Diesla na energię elektryczną z akumulatora przyniosłoby znaczny wzrost kosztów dla branży przewozowej i znikome korzyści z emisji dwutlenku węgla.



Samochód wodorowy

„Myśleliśmy, że wodór rozwiąże wiele problemów, które mieliśmy z energią elektryczną baterii” – mówi Biswas. Jego gęstość energetyczna jest znacznie wyższa, więc nie ma problemu wagi stwarzanego przez ciężkie baterie. Ponadto istniejąca technologia kompresji może zapewnić wystarczającą ilość paliwa wodorowego do zbiornika o regularnej wielkości, aby pokryć wymaganą odległość i zasięg.

Użycie czystego wodoru do transportu długodystansowego zmniejszyłoby emisję dwutlenku węgla, kosztowałoby jednak znacznie więcej niż olej napędowy. Na podstawie szczegółowej analizy wodoru naukowcy doszli do wniosku, że głównym źródłem kosztów jest jego transport. Wodór może zostać wyprodukowany w zakładzie chemicznym, ale następnie musi zostać rozprowadzony do stacji tankowania w całym kraju. Konwencjonalnie istniały dwa główne sposoby transportu

wodoru: jako sprężony gaz i jako ciecz kriogeniczna. Obliczenia naukowców wykazały, że aż 80 proc. kosztów dostarczonego wodoru wynika z transportu i tankowania, a ponadto istnieje potrzeba budowy dedykowanych stacji tankowania, które mogą spełniać nowe normy środowiskowe i bezpieczeństwa dotyczące postępowania z wodorem jako sprężonym gazem lub cieczą kriogeniczną.

LOHC – płynne paliwo wodorowe

Odrzucili więc te konwencjonalne opcje tankowania i sięgnęli po coś mniej powszechnego: dostawa wodoru przy użyciu „płynnych organicznych nośników wodoru” (LOHC), specjalnych organicznych (zawierających węgiel) związków chemicznych, które w pewnych warunkach mogą wchłaniać atomy wodoru. Związek nośnikowy jest łączony z wodorem w obecności katalizatora przy podwyższonej temperaturze i ciśnieniu. Powstaje ciecz, którą można transportować w tzw. warunkach atmosferycznych.

Gdy wodór trzeba odzyskać, związek ponownie jest podgrzewany, a inny katalizator uwalnia gaz.

Wyzwaniem może być jednak dokonanie tej operacji na stacji tankowania. Do podgrzania płynu trzeba by spalić część wodoru przenieszonego przez LOHC. Naukowcy obliczają, że oznacza to 36 proc. strat paliwa. Co więcej, wydostający się wodór jest pod ciśnieniem zbliżonym do otoczenia, trzeba go więc skompresować, a to zużyje jeszcze 20-30 proc. początkowej ilości wodoru. Licząc koszty, trzeba jeszcze uwzględnić wydatki na całą tę infrastrukturę.

Stąd kolejny niekonwencjonalny pomysł: bezpośrednie wykorzystanie LOHC jako paliwa. Podobnie jak olej napędowy, również jest cieczą, więc łatwo można go przewozić i pompować do baków ciężarówek na istniejących stacjach paliw. Następnie wodór miałby być uwalniany na pokładzie, do czego wykorzystywane byłoby ciepło odpadowe ze spalania paliwa w silniku. Konieczny byłby

do tego reaktor, w którym ciepło i katalizator razem uruchomią reakcje chemiczne, które oddzielają wodór od LOHC. Stąd wysyłany byłby do układu napędowego, gdzie spalałby się, wytwarzając energię, która napędza ciężarówkę i ciepło zasilające reaktor. W tym układzie potrzebny byłby dodatkowy zbiornik na rozładowany już LOHC.

Podsumowanie

Naukowcy ustalili, że wdrożenie ich strategii byłoby o 18 proc. droższe niż stosowanie oleju napędowego, a emisje spadłyby o 71 proc. W ich wynikach jest jednak kilka istotnych zastrzeżeń. Jeśli chodzi o auta elektryczne, nie uwzględniono możliwości ładowania w trasie, co było główną przyczyną ogromnego rozděcia baterii. W wyliczeniach aut z ogniwami paliwowymi uwzględniono niebieski wodór, a nie zielony, który jest dwukrotnie droższy (w ogóle przy tym nie podano, na jakich cenach wodoru czy energii elektrycznej bazowano). Poza tym ekipa z MIT wzięta pod uwagę wyłącznie koszty

paliwa, tymczasem – jak wskazują wyliczenia McKinseya – sam pojazd z ogniwem paliwowym jest trzykrotnie droższy niż z dieslem i o 40 proc. od ciężarówek z baterią. A dołożenie dodatkowej instalacji przetwarzania LOHC tylko zwiększyłoby te koszty. Jej działanie jest zresztą tylko założeniem teoretycznym, nieznane są więc ani jej koszty, ani rzeczywista wydajność.

Oprac. na podst. MIT Energy Initiative



Rowery jadą z prądem

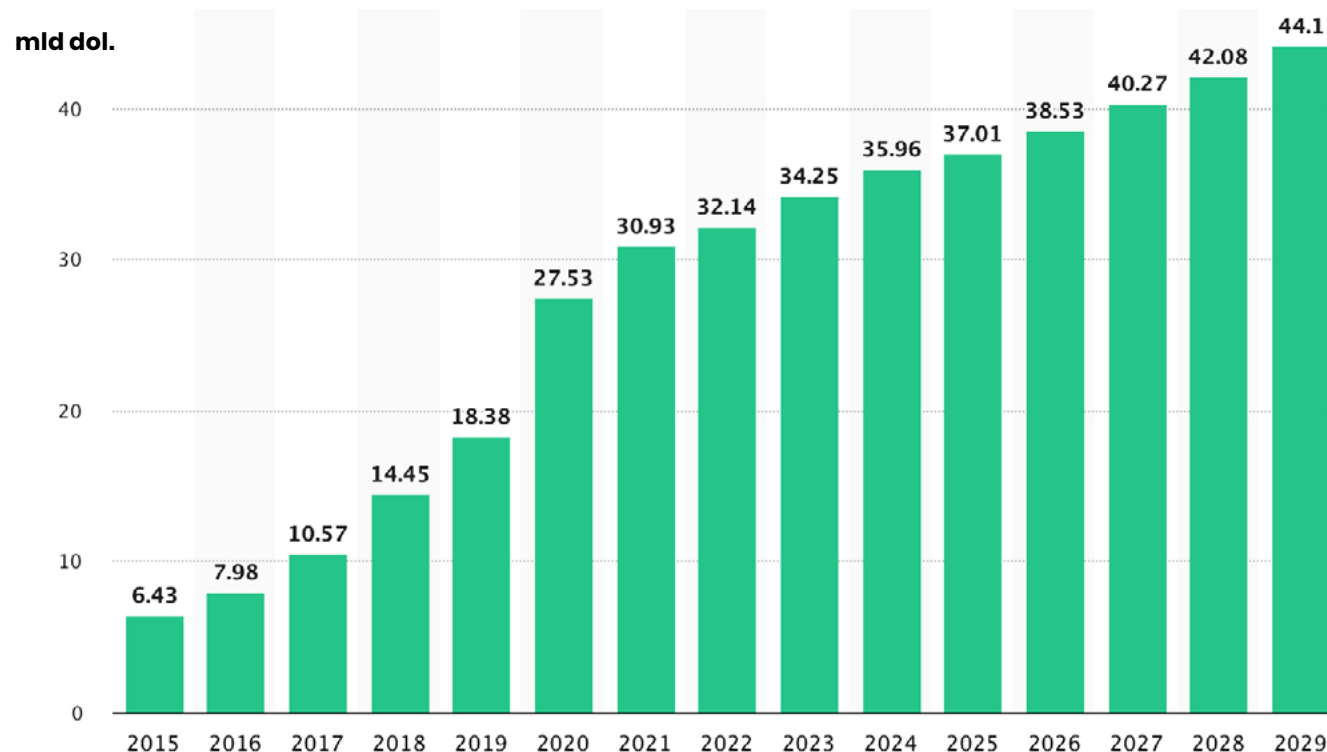
● W ostatnich latach elektryczny napęd w większym stopniu niż motoryzację zrewolucjonizował jazdę na rowerze. W 2023 r. na całym świecie sprzedano 65 mln rowerów elektrycznych, czyli więcej niż konwencjonalnych dwu-trzykołowych pojazdów, takich jak m.in. skutery (55 mln sztuk). Boom na rowery jako takie napędziła pandemia i lockdown, a w największym stopniu widać to było właśnie w pojazdach napędzanych silnikiem. Klasycznych rowerów już wcześniej w społeczeństwie było dość dużo, więc ich sprzedaż w 2020 r. wzrosła, ale w ograniczonym stopniu – w samej Europie z 17,5 do 19,3 mln sztuk, czyli o niespełna 11 proc. Tymczasem jeśli chodzi o rowery elektryczne, w tym samym, pandemicznym roku na całym świecie mieliśmy wręcz eksplozję – rynek się podwoił, rosnąc z 18,4 do 27,5 mld dol. (dane Statisty). Silnik sprawił bowiem, że jednoślady znacząco powiększyły zasięg odbiorców o tych, którzy dotychczas ich nie używali, a jednocześnie zwiększył ich funkcjonalność, znacząco przyspieszając jazdę oraz wydłużając zasięg podróży.

● Wykazało to m.in. badanie norweskich naukowców z Transportøkonomisk Institutt. Z analiz nawyków ludzi, którzy kupili e-rowery w Oslo, wynikało, że ich podróże

na dwóch kółkach wydłużyły się średnio z 2,1 km do 9,2 km dziennie (340 proc.). Błyskawicznie wzrósł też udział rowerów elektrycznych w całym miksie transportowym

ich właścicieli. Podczas gdy na klasycznym jednośladzie wykonywali 17 proc. podróży, na elektryku udział ten wzrósł do 49 proc. Analogiczne, ale znacznie szersze badania naukowcy

Wielkość światowego rynku rowerów elektrycznych w latach 2015–2024 z prognozą do 2029 r.



© Statista 2025



z Uniwersytetu w Zurychu zainicjowali w siedmiu europejskich miastach. Ich opracowanie w pierwszej kolejności skupiało się na badaniu poziomu aktywności fizycznej osób korzystających z rowerów z napędem elektrycznym i bez niego. Wstępem do tego był rzecz jasna pomiar odległości, jakie codziennie średnio przebywa każda z grup, i wyszło, że jest to odpowiednio 8 km dla jazdy elektrykiem i 5,3 km dla tradycyjnych jednośladów.

● Dane przytaczane przez Międzynarodową Agencję Energii wskazują z kolei, że rowery elektryczne są zazwyczaj używane do pokonywania odległości od 3 do 24 km. „Zastępują szeroką gamę innych środków transportu pasażerskiego na obszarach miejskich, w tym transport publiczny, spacer, jazdę na rowerze bez użycia energii elektrycznej i podróże samochodem. Systemy współdzielenia rowerów elektrycznych, gdy są uzupełnione o odpowiednią infrastrukturę rowerową, dodatkowo zwiększają potencjał rowerów elektrycznych w zakresie redukcji

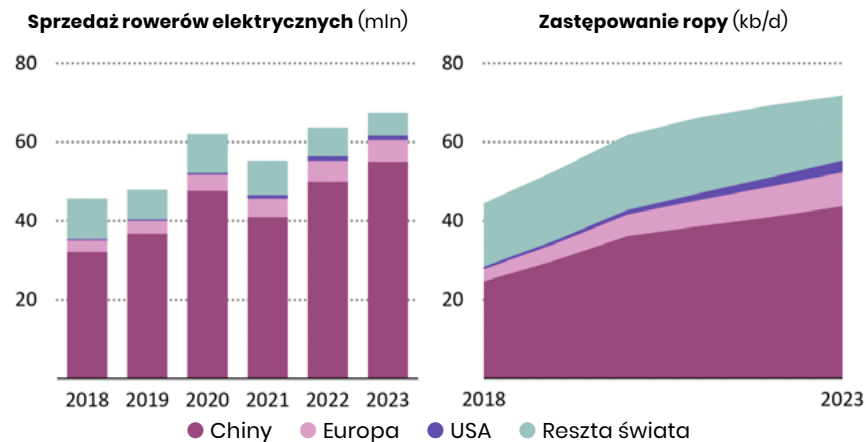
emisji. Stacje ładowania na obszarach miejskich są niezbędne, aby zachęcić do powszechnego przyjmowania rowerów elektrycznych i pomóc w zarządzaniu konsolidacją parkingów dla rowerów elektrycznych. Obecnie ponad 1,5 tys. miast na całym świecie oferuje programy współdzielenia rowerów elektrycznych typu park-and-ride”, podkreślają eksperci IEA.

● W niektórych krajach Europy rowery elektryczne stanowią obecnie ponad połowę wszystkich sprzedawanych rowerów. Liderem jest Holandia, która ten punkt krytyczny osiągnęła już w 2020 r. Niemcy to kolejny ważny rynek z 2,1 mln sprzedanych sztuk, co stanowi 12 proc. całej europejskiej sprzedaży wszystkich rowerów. Jeśli chodzi o skalę, liderem elektryfikacji jednośladów nie jest jednak Stary Kontynent, ale region Azji i Pacyfiku. Ogromna popularność sprawia, że elektryczne rowery i motorowery w rzeczywistości zastępują czterokrotnie większe zapotrzebowanie na ropę naftową niż wszystkie samochody elektryczne jeżdżące po świecie. Według szacunków

Bloomberg New Energy Finance ich flota już dziś zmniejsza popyt na ropę o milion baryłek dziennie, co stanowi około 1 proc. całkowitego jej zużycia. A to tylko początek, bo jak oszacowali badacze z ITDP, gdyby udział podróży rowerem elektrycznym wzrósł do 11 proc. wszystkich przejazdów, emisje pochodzące z transportu spadłyby o blisko 7 proc. To odpowiednik usunięcia z dróg 134 mln samochodów spalinowych i zastąpienia ich elektrykami.

● Perspektywy są zresztą obiecujące. Łatwość zakupu, przystępność cenowa i programy wsparcia sprawiają, że udział dwu- i trójkołowych pojazdów elektrycznych będzie przyrastał najszybciej. Podczas gdy w 2030 r. auta elektryczne łącznie z hybrydami plug-in będą miały 22-procentowy udział we flocie, to według Międzynarodowej Agencji Energii w ich przypadku w najbardziej pesymistycznym scenariuszu (STEPS) zelektryfikowana zostanie już połowa pojazdów, a w nieco bardziej optymistycznym scenariuszu APS – około 60 proc.

Sprzedaż rowerów elektrycznych i zastępowanie popytu na ropę naftową w latach 2015–2023



Ciągły wzrost nabycia i użytkowania rowerów elektrycznych spowodował, że w 2023 r. na całym świecie z samochodów osobowych zniknęło 70 kb/d ropy naftowej.

Uwaga: kb/d = tysiąc baryłek dziennie.

Źródła: analiza IEA oparta na danych z US DOE (2023), Huajing Industry Research Institute (2023) i CONEBI (2024). IEA. CC BY 4.0.



NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: rowery prześcigają samochody



Pojawia się coraz więcej badań i oszacowań, dlaczego jazda na rowerze jest bardziej korzystna niż samochodem:

→ **Office for Cycle Superhighways**

z Danii oszacowało ekonomiczne koszty jednostkowe wyrażone w koronach duńskich, na które składają się koszty wewnętrzne (czasu, zużycia pojazdu, paliwa i zdrowia) oraz koszty zewnętrzne (obejmują wydatki związane z wypadkami drogowymi, hospitalizacją, ochroną środowiska, zatłoczeniem dróg etc.). Dla rowerzysty wysoki jest koszt czasu (5,65 vs. 2,21 korony w aucie), ale korzyści zdrowotne przewyższają je na tyle (10,74 korony), że gdy **na każdym kilometrze kierowca auta traci 5,29 korony, rowerzysta zyskuje 4,79 korony.**

→ **University of Toronto oraz University of Central Florida** przedstawiły za to porównanie czasu dojazdu rowerem i taksówką w Nowym Jorku. Dla obu środków transportu 55 proc. tego typu kursów ma mniej niż 2 mile i takie też podróże,

odbywane w różnych porach dnia, naukowcy brali pod uwagę. Okazało się, że rano, w środku dnia i po południu w przypadku ponad połowy przejazdów na dystansie 3 km (1,8 mili) **rower był równie szybki, a nawet szybszy niż taksówka.** Im dystans krótszy, tym przewaga dwóch kółek robi się większa. W przypadku podróży do 2 km (1,2 mili) nawet **36 proc. przejazdów rowerami** było już całkiem bezkonkurencyjnych wobec taksówek.

→ **University of Westminster's Active Travel Academy** przeprowadziło

za to badania porównujące szybkość dostaw rowerami cargo i furgonetkami w Londynie. Wynika z nich, że rowery **dostawy robią o 61 proc. szybciej niż auta.** Do tego nie wiążą się z nimi obciążenia społeczne – samochody dostawcze i ciężarowe biorą udział w 32 proc. wszystkich kolizji ze skutkiem śmiertelnym – oraz klimatyczne. Naukowcy oszacowali, że wprowadzenie rowerów tylko na 10 proc. tras obsługiwanych przez samochody dostawcze oznaczałoby **oszczędność aż 133 tys. ton CO₂ i 190,4 kg NO_x rocznie.**

Jednocześnie zmniejszyłoby to zatłoczenie miasta i uwolniło łącznie 384 tys. m kw. przestrzeni publicznej zajmowanej zwykle przez zaparkowane samochody dostawcze oraz **16 980 godzin ruchu samochodowego** dziennie.

→ **Scientific American** przygotowało własne zestawienie kosztów przemieszczania się szerokiej puli zarówno istot żywych, jak i maszyn. Energię policzyli w kaloriach spalonych w przeliczeniu na masę (liczoną w gramach) oraz przebytą odległość (liczoną w kilometrach). **Najbardziej efektywny okazał się człowiek na rowerze,** całą resztę pozostawiając mocno w tyle. Najbliżej, chociaż i tak z 2,5-krotnie słabszą wydajnością, podróżuje łosoś, później są konie, których efektywność jest zbliżona do samolotu, a za nimi człowiek chodzący i minimalnie słabszy od niego samochód. Na podobnym poziomie jest krowa. Słaba pozycja maszyn wynika z faktu, że większa część masy, którą przenoszą, to ich ciężar własny (w przeciwieństwie do roweru), co w głównej mierze



stanowi o koszcie ubocznym,
a w konsekwencji o nieefektywności.

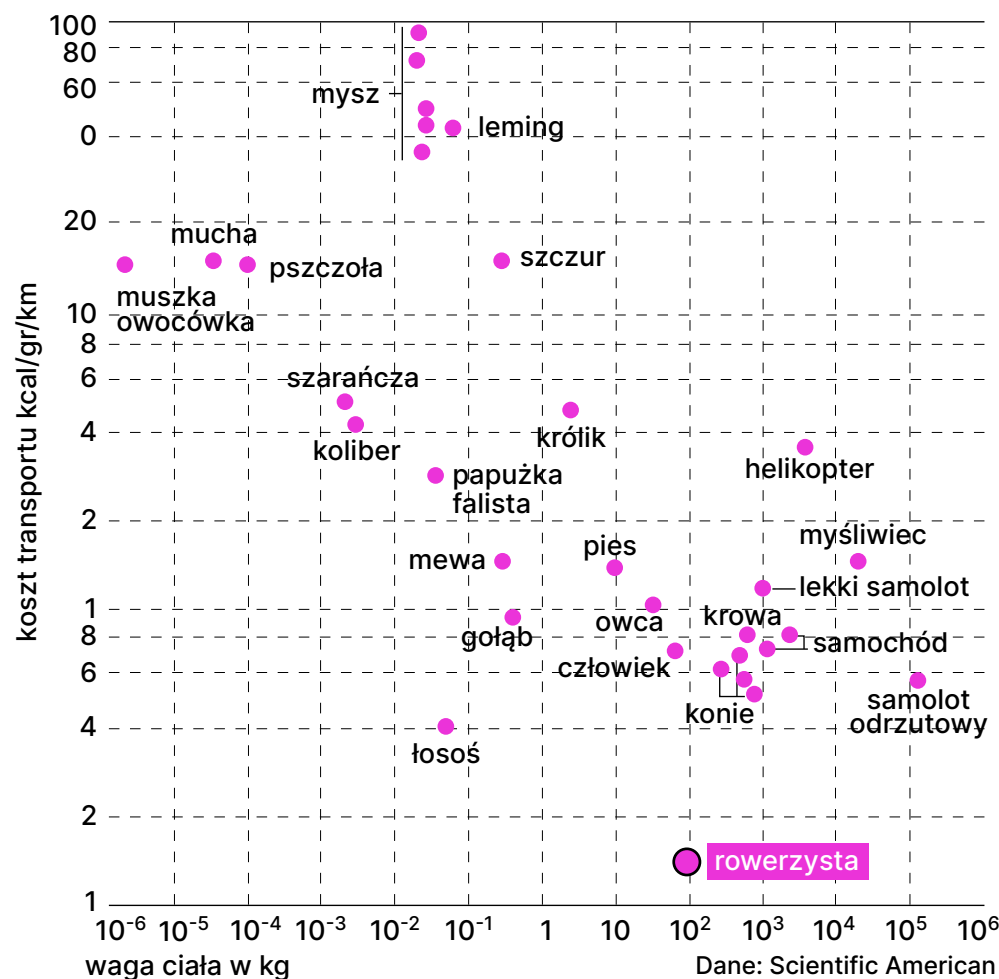
→ **Active Travel England** podlegająca sekretarzowi transportu Wielkiej Brytanii posługuje się danymi, z których wynika, że co roku korki i zatory komunikacyjne kosztują gospodarkę Zjednoczonego Królestwa **30 mld funtów**. Do tego dochodzi zanieczyszczenie powietrza przyczyniające się do ponad 40 tys. przedwczesnych zgonów oraz brak aktywności fizycznej, co kosztuje kraj kolejne **7,4 mld funtów** rocznie.

→ **Barcelona Institute for Global Health** zbadała związek między popularnością ruchu rowerowego a stopą śmiertelności w danym mieście. Dane były zbierane w 167 miastach i wynika z nich, że gdyby 24,7 proc. wszystkich podróży odbyło się rowerem, **liczba przedwczesnych zgonów w Londynie zmniejszyłaby się o 1,2 tys. rocznie, w Rzymie o 433, a w Barcelonie o 248**. Dzięki rozbudowie ścieżek i infrastruktury rowerowej można zmniejszyć odsetek śmiertelności ze

względu na trzy kluczowe czynniki: jakość powietrza, liczbę wypadków drogowych oraz korzyści zdrowotne.

Dojście do sytuacji, w której infrastruktura rowerowa pozwalała odbywać 24,7 proc. wszystkich podróży rowerami, jest jednak kosztowne i czasochłonne. Do tego miasta potrzebowałyby zbudować 315 km ścieżek rowerowych na 100 tys. mieszkańców. To oznacza trasę praktycznie wzdłuż każdej większej ulicy. To jednak inwestycja, która przynosi zwroty – np. gdyby Barcelona zwiększyła swój udział w ruchu rowerowym do przynajmniej 10 proc., mogłaby zaoszczędzić **35 euro na każde euro wyłożone na infrastrukturę rowerową**.

Koszty transportu





NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: rowerowe kraje

● Zespół naukowców z Danii, Holandii, Hiszpanii i USA podjął się szerokiej analizy wzorców wykorzystania rowerów w poszczególnych krajach. Wyróżnił w nich **pięć typów** historycznego rozwoju posiadania samochodów i rowerów (per capita). Poza tymi dwoma konkurującymi ze sobą środkami transportu, sposobem i tempem wzrostu ich wykorzystania, drugim kluczowym czynnikiem jest zasobność danego społeczeństwa,

która mocno rzutuje nie tylko na uwarunkowania historyczne, ale także dynamikę zmian (wyniki opublikowano w „Nature” w artykule „Historical patterns and sustainability implications of worldwide bicycle ownership and use”).

● Nie jest zaskoczeniem, że poziom „urowerowienia” najwyższy jest w bogatych krajach Europy, zwłaszcza jej północnej części

(typ 5). W czołówce są kraje skandynawskie, m.in. Dania i Norwegia, a także Holandia, gdzie na osobę przypada ponad jeden rower.

● W swoim zestawieniu naukowcy uwzględnili także Polskę, w której te relacje – podobnie jak np. we Włoszech – są odwrócone. Jeśli chodzi o „urowerowienie”, to jesteśmy nieco ponad średnią wynoszącą 0,29, ale mamy dużą liczbę aut przypadających na mieszkańca, większą niż bogatsza Francja czy Hiszpania. Mimo tych różnic cała wymieniona grupa dużych krajów Europy pod względem modelu rozwoju rowerów została zakwalifikowana do jednej grupy. To tzw. typ 3, gdzie

przewiduje się dalszy szybki rozwój motoryzacji z dużym poziomem własności zarówno aut, jak i rowerów.

● Jesteśmy więc gdzieś pomiędzy typem 4 z bardzo wysokim poziomem własności aut i nieco niższym rowerów (do tej grupy zaznaczonej na czerwono należą USA, Kanada, Australia i Nowa Zelandia) a typem 5, gdzie sytuacja jest odwrotna: samochodami się już nasycono i jest bardzo dużo rowerów. Poza krajami nordyckimi i Beneluksem do tej grupy należą też Niemcy i Austria oraz Wielka Brytania i Irlandia.

● Autorzy badania wykazują równocześnie, że wysoka własność

rowerów nie musi prowadzić do wysokiego poziomu ich użytkowania. Najlepszym przykładem jest Norwegia, gdzie na mieszkańca przypada 1,3 roweru, a udział podróży rowerowych w całości sięga tylko 5 proc. To znacznie mniej niż np. we Włoszech, gdzie rowerów jest przeszło cztery razy mniej, a ich udział w podróżach sięga 9 proc. Pod tym względem Polska znów jest tylko niewiele powyżej średniej. Nieco inaczej wygląda to w przypadku samochodów, gdzie posiadanie znacznie bardziej skorelowane jest z użytkowaniem. Jeśli chodzi o Polskę, to mamy znacznie powyżej średniego poziomu posiadania aut i tylko nieco wyższy od średniej ich udział w codziennych podróżach.

Typy	Charakterystyka modelu komunikacji	Udział krajów o różnych poziomach dochodów (wg WB)	Przykładowe kraje
Typ 1	Niski poziom posiadania rowerów i niski poziom posiadania samochodów	Niski dochód (17 proc.), niższy średni dochód (58 proc.), górny średni dochód (25 proc.)	Indie, Egipt, Boliwia, Peru, Ekwador, Mozambik
Typ 2	W ostatnich latach szybki rozwój motoryzacji wraz ze wzrostem liczby osób posiadających samochody oraz spadkiem lub ponownym wzrostem liczby osób posiadających rowery	Niższy średni dochód (10 proc.), górny średni dochód (57 proc.), wysoki dochód (33 proc.)	Chiny, Korea, Tajlandia, Turcja, Rumunia, Ukraina, Brazylia, Meksyk
Typ 3	Dalszy szybki wzrost motoryzacji przy jednoczesnej dużej liczbie samochodów i rowerów	Górny średni dochód (17 proc.), wysoki dochód (83 proc.)	Polska , Czechy, Francja, Włochy, Hiszpania, Grecja
Typ 4	Najwyższy wskaźnik posiadania samochodu i wysoki wskaźnik posiadania roweru	Wysokie dochody (100 proc.)	USA, Kanada, Australia, Nowa Zelandia
Typ 5	Najwyższa liczba rowerów i wysoka liczba aut przy nasyconym już rynku samochodowym	Wysokie dochody (100 proc.)	Niemcy, Dania, Szwecja, Finlandia, Holandia, Belgia, Wielka Brytania, Irlandia, Japonia



Elektryczne cargo

TREND

Żaden inny model rowerów nie zyskał na elektryfikacji tak jak cargo. Wcześniej jednym z ich głównych ograniczeń był duży wysiłek potrzebny do ich napędzenia. Silnik elektryczny zmienił wszystko.

Fot. Heetch Bike

Rozwój

O sukcesie elektrycznych rowerów cargo najlepiej świadczy dynamika rozwoju ich rynku, którego globalna wartość sięgnęła 4,8 mld dol. (ponad 13 proc. udziału w całym rynku elektryków): w ciągu kolejnej dekady ma rosnąć o 14,2 proc. rocznie (CAGR) przy 4,4 proc. wzrostu całego rynku e-bike'ów i sięgnąć 18 mld dol. w 2034 r. Rozwój dostaw rowerami cargo napędzają trzy czynniki: wprowadzenie ograniczeń ruchu dla pojazdów, stref niskoemisyjnych oraz likwidacja miejsc parkingowych w kolejnych miastach, a także systemy dopłat. Nie jest to jednak tylko kwestia przewozu towarów. W Holandii wykorzystuje się je do wywozu śmieci, a także do przewożenia dzieci do przedszkoli. Elektryczne riksze dla dzieci wykorzystują także Finowie, a w Paryżu uruchomiona została „korporacja taksówkowa” Heetch Bike. Francuscy przewoźnicy wykorzystujący e-cargo chcą skorzystać z tego, że latem zaczęła funkcjonować Strefa Ograniczonego Ruchu (ZTL), obejmując centrum miasta na prawym brzegu Sekwany.

Zalety

Podstawowa przewaga e-cargo nad samochodem to szybkość oraz koszt. Paryskie taksówki Heetch Bike reklamują się jako 40 proc. szybsze i 20 proc. tańsze niż Uber. Z kolei wg. badań University of Westminster's Active Travel Academy wynika, że rowery cargo w Londynie robią dostawy o 61 proc. szybciej niż furgonetki. Nie niosą ze sobą wielu obciążeń społecznych (samochody dostawcze biorą udział w jednej trzeciej kolizji ze skutkiem śmiertelnym) i klimatycznych: gdyby 10 proc. tras przejeżdżanych w Londynie przez samochody dostawcze zmieniono na e-cargo, oszczędności sięgałyby 133,3 tys. ton CO₂ i 190,4 tys. kg NO_x rocznie. Jednocześnie uwolniło by to 384 tys. mkw. przestrzeni zajmowanej przez zaparkowane auta dostawcze. Inna przewaga to znacznie niższe wydatki – według oszacowań Energy Saving Trust, koszty utrzymania we flocie małej furgonetki diesla sięgają 6 tys. funtów, a w przypadku rowerów e-cargo 295 funtów.

Gracze

Raleigh
GoCab
Muksubussi
Bunch
FoodLogica
Pedal Me
Bond
ONO
Heetch Bike



Baterie do wymiany

TREND

Podobnie jak na rynku samochodów także w przypadku jednośladów rozwijają się systemy wymiany baterii. Związane jest to nie tylko z oszczędnością czasu ładowania, ale także bezpieczeństwem.

Rowery

Tylko w jednym 2023 r. w Nowym Jorku wybuchło 267 pożarów, których przyczyną było przegrzanie i zapłon baterii rowerowych ładowanych w domu. Najczęściej dotyczy to osób wykorzystujących rowery elektryczne do realizacji dostaw, stąd miasto w ramach pilotażu w ubiegłym roku stworzyło sieć „szafek”, w których rozładowane baterie można wymienić na pełne. W środku są one ładowane pod pełną kontrolą – prąd jest odcinany po napełnieniu – a sama szafka jest skonstruowana tak, że zapobiegnie rozprzestrzenianiu się ognia. Rzecz jasna używane są akumulatory kompatybilne z najpopularniejszymi rowerami. System ma spory potencjał, bo w Nowym Jorku 60 tys. dostawców korzysta z e-bike'ów. Nie jest to jednak pierwsze takie rozwiązanie, podobne działa już w Niemczech oraz Indiach.

Skutery

Szybkemu wzrostowi popularności elektrycznych skuterów na Dalekim Wschodzie towarzyszy rozwój sieci wymiany baterii. Przewodzi w tym Gogoro, działająca od dekady tajwańska firma, której innowacyjny skuter określany jest mianem Vespy w erze iPhone'a. Dziś działa już na naprawdę dużą skalę, o czym świadczy partnerstwo o wartości 2,5 mld dol. z indyjskim stanem Maharashtra – 1,5 mld dol. zamierza tu zainwestować we wdrożenie inteligentnej infrastruktury wymiany baterii. Z kolei indyjskie start-upy, takie jak Sun Mobility i Battery Smart, zebrały odpowiednio 50 mln i 33 mln dol. na rozbudowę własnej sieci. Model ten przyjął się także w Afryce: Ampersand, firma z siedzibą w Rwandzie, obecnie dokonuje 140 tys. miesięcznych zamian baterii dla ponad 1,7 tys. klientów, którzy razem podróżują 1,4 mln km tygodniowo w Kigali i Nairobi, a Spiro pozyskał 60 mln dol. na rozwój floty elektrycznych skuterów i sfinansowanie ponad 1 tys. stacji wymiany.

Gracze

PopWheels
Swobbee
Swiftmile
ZapBatt
Gogoro
Sun Mobility
Battery Smart
Ampersand
Spiro



Dwa kółka napędzane wodorem

TREND

Wodór jako paliwo to kolejna inspiracja, jaką jednoślady czerpią z motoryzacji. Gdy zasięg, a zwłaszcza szybkość ładowania w przypadku pojazdów elektrycznych stają się już coraz mniejszym problemem, wciąż jest to wyzwanie dla rowerzystów. Po każdym kilkudziesięciu przejechanych kilometrach podróż trzeba przerwać nawet na parę godzin.

Fot. HydroRide

Rowery

W Europie technologię tę rozwijają co najmniej dwie firmy: francuskie Pragma Mobility ze swoim rowerem Alpha Neo, które mieni się pionierem branży, oraz szwajcarski HydroRide z rowerami z serii Hyryd. System napędowy nie różni się od e-bike'a. Także tu mamy silnik elektryczny, inny jest jednak sposób jego zasilania. Zamiast z baterii moc czerpiemy z ogniwa wodorowego. W przypadku Hyryd starczy go na 60 km, więc na niezbyt długi rajd. Znacznie lepsze osiągi ma za to Alpha Neo, gdzie na jednym tankowaniu mamy 150 km zasięgu. Różnica istotna wiąże się jednak z nieco innym pomysłem na model użytkowania. HydroRide stawia raczej na jazdę miejską w ramach systemów bike sharing. Stąd pomysł, aby samemu rowerowi nie tankować, tylko wymieniać niewielkie kanistry z wodorem na dedykowanych stacjach. Bardziej tradycyjnie do tematu podchodzi Pragma Mobility. Jego Alpha Neo tankuje się samemu, co trwa około 2 minut.

Motory

Inżynierowie z MIT's Electric Vehicle Team dwa lata temu wzięli się za to za budowę motocykla elektrycznego zasilanego wodorem. Na początku używali do tego baterii, aby w pewnym momencie wymienić ją na ogniwo paliwowe południowokoreańskiej firmy Doosan, która produkuje je głównie dla dronów. W pierwszej fazie sięgnęli też po dostępny komercyjnie silnik elektryczny, po czym wzięli się za opracowanie od podstaw własnego modelu, co dało im większą elastyczność. W ramach projektu członkowie zespołu opracowują rodzaj podręcznika opisującego, co zrobili i jak wykonali każdy krok w procesie projektowania i produkcji swojego pojazdu. Chociaż na rynku nie ma jeszcze w sprzedaży wodorowych motorów, to wcześniej zbudowano już kilka prototypów. Dotychczasowe maszyny były jednak nieefektywne oraz drogie i ekipa z MIT chce to zmienić. Ich pojazd jest przy tym zaprojektowany do dalszych badań, można więc wymieniać komponenty, dostosowując go do potrzeb i możliwości.

Gracze

HydroRide
Alpha Neo
MIT's Electric Vehicle Team
Doosan Fuel Cell



NAUKOWCY MAJĄ GŁOS: miejska intermodalność

Gen. SI

Kluczową zmianą, jaką do sposobu przemieszczania się ludzi w mieście wprowadzili hulajnogi elektryczne, nie jest sama prostota używania i zwinność przemieszczania, ale fakt, że wpisały się w cały ekosystem środków transportu alternatywnych dla samochodu. Przez swą dostępność i łatwość w korzystaniu nawet bardziej niż rowery miejskie dopełniły tę układankę, dając możliwość pokonywania tzw. ostatniej mili. Odcinka pomiędzy domem a stacją metra, pociągu czy nawet tramwaju lub autobusu (średni czas przejazdu hulajnogą elektryczną to 11 minut na trasie od 1 do 3 km). Hulajnogi elektryczne stały się bardzo sprawnym stymulatorem miejskiej intermodalności, co pokazały m.in. badania przeprowadzone kilka lat temu w Essex: 44 proc. ankietowanych przyznało, że co najmniej raz używało hulajnogi, aby połączyć się z transportem publicznym. Podobnych empirycznych danych przemawiających za wzrostem miejskiej intermodalności dzięki rozwojowi mikromobilności (także z udziałem rowerów) jest zresztą więcej:

National Association of City Transportation Officials

przedstawiło badania, z których wynika, że około 45 proc. podróży z wykorzystaniem mikromobilności w sześciu miastach USA zastępuje już przejazdy samochodem. Trzeba przy tym wziąć pod uwagę, że 48 proc. wszystkich podróży samochodem w 25 najbardziej zakorkowanych miastach USA liczy mniej niż trzy mile. Do tego organizacja **Micromobility Coalition** oszacowała, że powszechna dostępność mikromobilności – zwłaszcza jeśli chodzi o połączenia pierwszej i ostatniej mili – w przypadku Seattle zwiększyłaby dostęp do 35 proc. większej liczby miejsc pracy, skracając jednocześnie czas dojazdu do pracy i zmniejszając zależność od samochodów.

Transportøkonomisk Institutt,

norweskie centrum badań nad transportem, przeprowadził badania, z których wynika, że w Oslo 57 proc. użytkowników hulajnóg elektrycznych łączy swoje podróże z transportem publicznym. Podobne badania przeprowadzone w Paryżu wskazały,

że 33 proc. podróży współdzielonymi jednoślādami powiązanych jest z podróżą metrem lub autobusem – za 18 proc. odpowiadały rowery bez stacji dokujących, a za 13 proc. hulajnogi elektryczne. W Oslo TOI zwrócił przy tym uwagę na rolę, jaką w zmianie modelu przemieszczania się mogą odegrać sami operatorzy. W 2021 roku taką akcję zrobił m.in. operujący zarówno samochodami, jak i hulajnogami Bolt, który jako opcję dla zamówienia przejazdu zaoferował użytkownikom skorzystanie z jednoślādów. Okazało się, że co najmniej 55 proc. podróży na hulajnodze elektrycznej Bolta odbyło się dzięki takiej sugestii.

Voi, jeden z operatorów współdzielonych hulajnóg, przebadat wybory prawie 10 tys. swoich użytkowników z jedenastu krajów i okazało się, że 36 proc. z nich zadeklarowało, że dzięki wspólnym usługom mobilności drastycznie zmniejszyli korzystanie z samochodu, a nawet całkowicie go porzucili. Kolejne 27 proc. stwierdziło, że korzysta z samochodu nieco mniej



niż wcześniej. Co najważniejsze, ponad 55 proc. korzystających z hulajnóg stwierdziło, że łączy jazdę na jednośladzie z korzystaniem z transportu publicznego. To jeden z kluczowych argumentów za tezą, że współdzielona mikromobilność uzupełnia transport publiczny, a nie konkuruje z nim.

Ipsos wspólnie z operatorem hulajnóg Tier przeprowadzili za to badanie w Niemczech, Francji i Norwegii, pytając prawie 8 tys. użytkowników o ich modele przemieszczania i jak istotnie mikromobilność wpisala się w codzienne życie. Jej udział sięgający 27 proc. niewiele ustępuje już transportowi publicznemu (34 proc.) i podróżom samochodem (36 proc.). W podróżach tych przeważa tzw. mikromobilność osobista, czyli własne pojazdy (20 proc.), ale wśród współdzielonych elektrycznych jednośladów najpopularniejsze są elektryczne hulajnogi, z których korzysta 22 proc. Ważniejsze jednak nawet, że kolejne 28 proc. osób ma to w planach. Jeszcze większy potencjał mają wciąż mniej popularne

rowery elektryczne – używa ich już 14 proc. osób, ale 40 proc. chce to zrobić w przyszłości. Dla co najmniej połowy mieszkańców mikromobilność jest więc atrakcyjną opcją dla przemieszczania się w mieście.

Uniwersytet Amsterdamski oraz Urban Cycling Institute zgłębiły za to, dlaczego stale rośnie popularność połączenia dwóch innych środków transportu – pociągu i roweru.

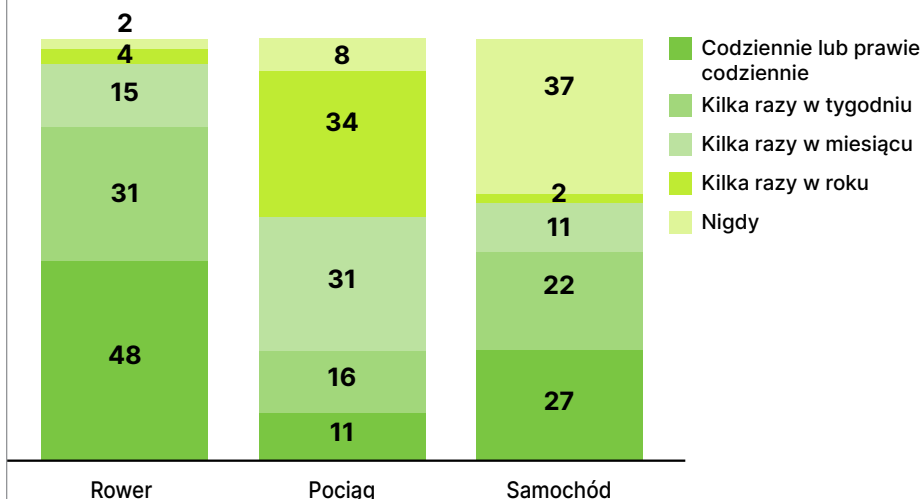
W swoim badaniu zajęły się tym, w jaki sposób przemieszczają się mieszkańcy w rejonie Randstad. Badanie bazowało na tzw. biografii mobilności i miało na celu zidentyfikowanie czynników wyzwających lub „kluczowych zdarzeń”, które prowadzą do upowszechnienia się roweru i pociągu, oraz zbadanie ich związku z istniejącymi zachowaniami podróżniczymi. Naukowcy przeprowadzili badania ankietowe

wśród osób, które zaczęły regularnie dojeżdżać do pracy rowerem i pociągiem. Przede wszystkim wyszło na to, że podobny odsetek respondentów zaczyna dojeżdżać do pracy łączonym środkiem transportu, aby zastąpić jazdę samochodem i transport publiczny, a przeważają ci, którzy wcześniej regularnie korzystali już z rowerów. Innym ciekawym aspektem jest fakt, że zazwyczaj coś musiało się zmienić w układzie przemieszczania się Holendrów: tylko w niektórych przypadkach ludzie przestawiali się na pociąg i rower podczas dotychczasowej podróży do pracy, a większość respondentów zaczęła korzystać z tej formy transportu po zmianie miejsca pracy lub zamieszkania. Do tego pojawiło się wiele bardzo pragmatycznych argumentów za tym, aby nie korzystać z samochodu, najczęściej wymieniane to korki uliczne, brak miejsc do parkowania i niższy koszt, a dopiero na czwartym miejscu wskazywana jest kwestia bardziej zrównoważonego środka transportu. Większość ludzi nie zaczyna więc

dojeżdżać do pracy tandemem rower – pociąg ze względu na szczególne preferencje, ale dlatego, że uważają to za najlepszą dostępną opcję. Jednocześnie duży odsetek respondentów posiadających dostęp do samochodu sugeruje, że system rowerowo-pociągowy może stanowić atrakcyjną alternatywę dla mobilności międzymiastowej opartej na samochodach.

School of Civil Engineering, University College Dublin badała z kolei rolę mikromobilności w połączeniach pierwszej i ostatniej mili z transportem publicznym. Ankiety przeprowadzono w Dublinie, a ich ogólny wynik pokazał, że młodszy (poniżej 35 lat) i mężczyźni preferują mikromobilność, podczas gdy osoby starsze oraz kobiety wolą chodzić, aby dotrzeć do przystanku lub stacji. Podział ogólny przemawia jednak za spacerami, przy tzw. pierwszej mili to wybór 58,4 proc. ankietowanych, podczas gdy rower wskazuje 21,4 proc., a hulajnogę 20,2 proc. Ciekawa jest też opcja pokonania tzw. ostatniej mili – 40,1 proc. ankietowanych mężczyzn wskazało, że zamiast maszerować,

Z jakich środków transportu mieszkańcy korzystali przed wyborem opcji rower+pociąg, w proc.





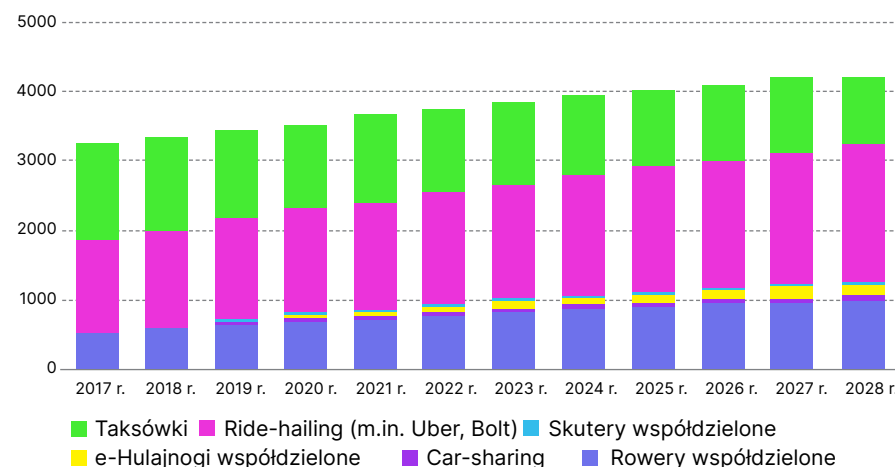
woli skorzystać ze współdzielonych hulajnog lub rowerów (do takiego wyboru skłaniało się 24,9 proc. kobiet). Wynik jest więc relatywnie wysoki, biorąc pod uwagę gęstość sieci transportu publicznego Dublinia i relatywnie krótki dystans, jaki trzeba pokonać do przystanku. Co więcej, Irlandczycy okazują się społeczeństwem wyjątkowo zachowawczym, jeśli chodzi o korzystanie z nowości w miejskim transporcie, w szczególności dotyczy to kobiet – zaledwie 7,4 proc. z nich korzystało ze współdzielonych hulajnog (14,1 proc. mężczyzn), a 5,2 proc. z elektrycznych rowerów (13,2 proc. mężczyzn).

Statista policzyła i oszacowała dalszy rozwój całego rynku miejskiego transportu współdzielonego, który stale rośnie bez względu na zaburzenia, jakie przyniosła pandemia. Dominują i wciąż dominować będą przewozy samochodowe, zarówno taksówkami, jak i tzw. systemami ride-hailing (Uber, Bolt etc.), ich znaczenie systematycznie będzie jednak malało. Jeszcze w 2017 roku łącznie korzystało z nich

83 proc. osób wybierających miejski transport współdzielony (2,7 mld ludzi), w ubiegłym roku ten odsetek skurczył się jednak do 74,1 proc., a w 2028 roku ma wynosić już 70,4 proc. (przy ustępowaniu taksówek na rzecz przejazdów aplikacyjnych). Tylko w niewielkim stopniu zastąpi je car-sharing (1,5 proc.) i zdobywające popularność współdzielenie skuterów (1,2 proc.), a głównym konkurentem mają być miejskie rowery. Liczba

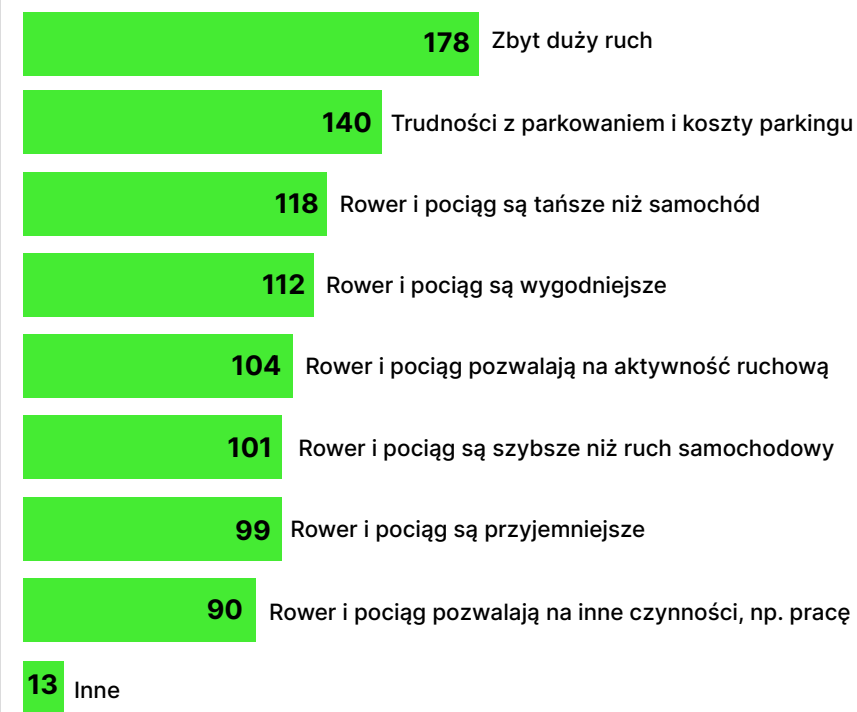
użytkowników systemów bike-sharing już wzrosła od 2017 roku z 513 do 816 mln, co zwiększyło jej udział w mobilności z 15,9 do 21,3 proc., a w perspektywie 2028 roku na wspólnych rowerach ma już jeździć niemal 1 mld osób (23,5 proc.). Uzupełnieniem będą dla nich elektryczne hulajnogi, które w 2017 roku praktycznie nie istniały, a ich obecny udział zwiększy się z 2,4 do 3,4 proc. w 2028 roku.

Transport współdzielony będzie się rozwijał, a znaczenie aut zmaleje (liczba użytkowników w mln)



Dane: Statista

Główne powody korzystania z opcji rower+pociąg zamiast samochodu, w proc.





CASE: solarny skuter



Fot. Lightfoot

Samochód zasilany panelami słonecznymi to wciąż nieosiągalne marzenie rodem z filmów science fiction. Energii solarnej starczy jednak na to, aby zasilić przynajmniej skuter. Jego kształt nie przypomina konstrukcji dobrze znanej z ulic, ale ma być czymś w rodzaju Vespy XXI wieku.

Taki nieco ekscentryczny pojazd stworzyło Otherlab, laboratorium badawcze i projektowe. Pomysł zrodził się podczas prac koncepcyjnych nad samochodem zasilanym panelami słonecznymi. To miała być odpowiedź na uciążliwość związaną z wciąganiem skuterów do mieszkania, gdzie trzeba podłączać je do zasilania. Ich pokryty panelami słonecznymi Lightfoot parkuje się na zewnątrz tak jak zwykły skuter i w tym czasie sam się ładuje. Dzięki temu zawsze jest gotowy do jazdy.

Panele o mocy 120 W są zainstalowane po obu stronach hulajnogi.

W letni dzień w Stanach słońce może dostarczyć wystarczającej mocy, aby przejechać 30–50 km. W zimowy dzień zasięg może wynosić od 15 do 30 km. Jeśli przez kilka dni jest pochmurno, istnieje również opcja podłączenia baterii. Ma ona pojemność 1,1 kWh i po pełnym naładowaniu zapewnia skuterowi zasięg 60 km.

Wszystkie te parametry dystansowe wystarczają do codziennej miejskiej jazdy. Lightfoot jest przy tym wyposażony w dwa silniki wystarczająco mocne, aby nawet przy pełnym obciążeniu poradzić sobie ze stromymi podjazdami. W środku pomiędzy panelami jest bowiem sporo przestrzeni, która pełni funkcję bagażnika. Po uchyleniu panelu można tu schować plecak czy torbę z zakupami.

Pozostaje pytanie o komfort podróżowania. Nawet nie samą jazdę, ale siedzenie na dość wąskiej

ramie wyposażonej w podłużne, dość cienkie siedzisko. Jego twórcy zapewniają jednak, że Lightfoot jest równie wygodny jak klasyczny skuter, m.in. dzięki temu, że jest węższy. Jeśli chodzi o styl, konkurowanie z elektryczną Vespą będzie dość trudne, solarny skuter ma jednak poważną przewagę cenową: podczas gdy włoska maszyna kosztuje około 30 tys. zł, Lightfoot niecałe 20 tys. zł.





Transport publiczny: elektryfikacja autobusów

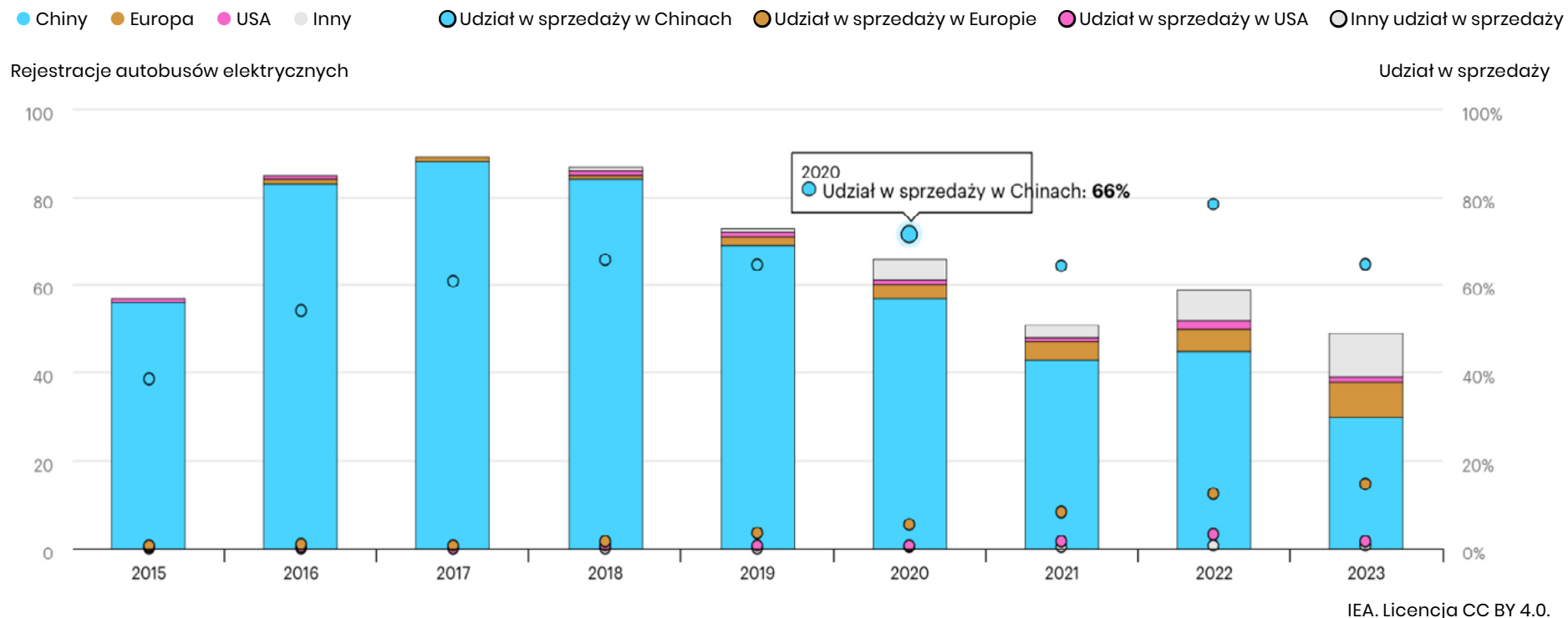
● Kolejne kraje, takie jak Belgia, Norwegia, Szwajcaria, poszły śladem Chin i przekroczyły ważną barierę – już ponad połowę nowych autobusów (także dalekobieżnych) kupują w wersji elektrycznej. Polska w 2023 r. znalazła się w nieco mniej prestiżowej grupie państw, w których stanowią one co najmniej 20 proc. nowej floty. Należy do niej także Kanada, Chile, Finlandia, Holandia, Portugalia i Szwecja. To i tak znacznie powyżej globalnej statystyki – na całym świecie elektryczne autobusy stanowią zaledwie 3 proc. sprzedaży. Ten niski udział wynika przede wszystkim z ograniczonych zakupów w większości krajów rozwijających się, a także niskiej penetracji rynku autobusów elektrycznych na niektórych dużych i bogatych rynkach, takich jak Stany Zjednoczone i Korea.

● Wbrew pozorom globalna sprzedaż elektrycznych autobusów wcale nie rośnie, ale spada. Wynika to jednak wyłącznie ze specyfiki rynku chińskiego, który jeszcze w zeszłej dekadzie zdominował całą branżę.

Wówczas, w 2017 r. odnotowano też pik zakupowy sięgający 88 tys. sztuk. Wiązało się to z masową wymianą starej floty transportowej i ogromnym wzmocnieniem inwestycyjnym miast w nowoczesne pojazdy. Od tego czasu

zakupy taboru ogółem zaczęły po prostu spadać. W latach 2017–2023 zakupy całej floty zmniejszyły się ze 147 do 90 tys. Stąd mimo że w 2023 r. zakupy elektryków osiągnęły najniższy od lat poziom 30 tys.

Udział rejestracji i sprzedaży autobusów elektrycznych według regionów, 2015–2023





pojazdów, czyli niemal trzy razy mniej niż w 2017 r., to jednocześnie udział pojazdów elektrycznych w strukturze zakupów spadł tylko z 60 do 50 proc. (w 2022 r. przy 45 tys. nowych pojazdów sięgał 66 proc., czyli nawet więcej niż w rekordowym roku). Na znaczący spadek sprzedaży w samym 2023 r. wpływ miał też fakt, że rząd przestał wówczas dotować zakupy ekologicznych pojazdów.

● Strukturalne zmiany w inwestycjach chińskich miast w tabor przemeblowały całą branżę, w samej Europie, gdzie zakupy są znacznie bardziej stabilne, widać jednak stały progres. Od 2017 r. zakupy pojazdów elektrycznych rosły regularnie z 1 tys. do 8 tys. w 2023 r. Widać to też w strukturze nowo kupowanej floty – osiem lat temu ich udział w zakupach sięgał 0,6 proc., aby dotrzeć do 13 proc. w 2023 r. i zwiększyć się do 18,5 proc. w 2024 r. Tego samego nie da się powiedzieć o USA, gdzie od lat inwestycje w elektryki oscylują w granicach 1–2 tys. sztuk rocznie, a ich udział w nowych zakupach w 2023 r. znacząco spadł z 2,7 proc. do 0,7 proc.

Coraz większe znaczenie ma czwarta siła, czyli wszystkie pozostałe kraje (poza Chinami, UE i USA), które dokonują inwestycji na coraz większą skalę. W 2023 r. udział elektryków w zakupach był wciąż bardzo niewielki – 0,7 proc. – ale przez dużą skalę wszystkich tych rynków łącznie liczba zakupionych pojazdów była większa niż w Europie. Sięgnęła 10 tys. sztuk.

● Tak znaczące ruchy w dół i w górę sprawiają, że rynek elektrycznych autobusów nie jest już tak bardzo zdominowany przez Chiny. W rekordowym 2017 r. na ulice chińskich miast wyjechało 99 proc. wszystkich nowych pojazdów na całym świecie, a w 2023 r. już tylko 61 proc. Nie oznacza to jednak, że Chiny osłabły jako lider tego segmentu rynku. W tym czasie znacząco zwiększył eksport pojazdów. Całkowicie zdominowały rynki Ameryki łacińskiej, gdzie odpowiadają za 85 proc. zakupów, i znacząco – z 10 do 30 proc. – zwiększyły udział w UE. Pojawienie się tańszych modeli autobusów z Chin sprawiło zresztą, że ich sprzedaż w krajach rozwijających

się tak mocno wzrosła. Miasta Ameryki łacińskiej, takie jak Bogota i Santiago, do 2024 r. kupiły już 6,5 tys. autobusów elektrycznych. Powstają też lokalni gracze tacy jak BasiGo, największa afrykańska firma zajmująca się produkcją autobusów, której najbliższym celem jest sprzedaż 1 tys. pojazdów do Kenii i 200 do Rwandy.

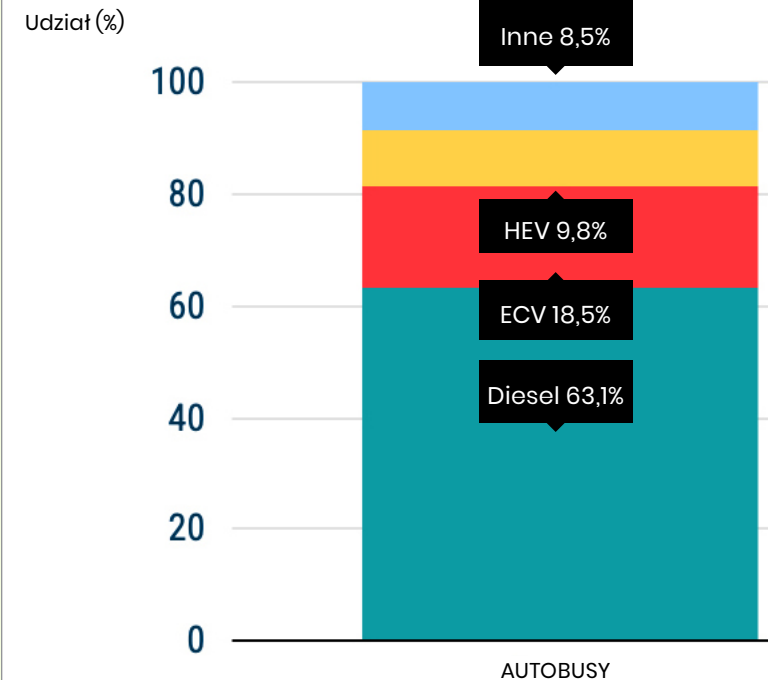
● W krajach rozwijających się duży potencjał elektryfikacji mają systemy BRT (Bus Rapid Transit). W miastach, które nie stworzyły infrastruktury szynowej, działają jak tramwaje – wykorzystują dedykowane dla siebie pasy ruchu z priorytetowym dostępem na skrzyżowaniach. Dobrym przykładem jest elektryczny system BRT, który ma działać w Dakarze. Powstanie pierwszej takiej sieci na kontynencie afrykańskim zostało ogłoszone pod koniec 2023 r., a jej pojemność ma sięgać 320 tys. pasażerów dziennie. Szybkie autobusy promuje też zresztą Europa, gdzie uruchomiony został program European Bus Rapid Transit 2030 (eBRT2030). Jego celem jest poprawa środowiska transportu

miejskiego poprzez opracowywanie innowacyjnych rozwiązań dla elektrycznych BRT. Pilotáže odbywają się m.in. w Amsterdamie, Atenach, Barcelonie i Pradze. Pokazuje to, na ile

szybkie, uprzywilejowane na drogach miast autobusy mają potencjał do elektryfikacji transportu publicznego.

Nowe pojazdy użytkowe według źródła zasilania 2024 UNIA EUROPEJSKA

● Benzyna ● Diesel ● Pojazd z możliwością ładowania elektrycznego (ECV)
● Pojazd hybrydowy elektryczny (HEV) ● Inne



Źródło: ACEA



Transport publiczny: wodór na zajezdni



Fot. Stadt Wien

● Wiedeń to miasto, które od lat przoduje w ekologii – zdecydował, że nie tylko będzie rozwijał flotę autobusów wodorowych, ale w dodatku sam będzie produkował dla nich czyste paliwo. Miejski operator transportu publicznego Wiener Stadtwerke postanowił, że na jednej z zajezdni uruchomi elektrolizer wytwarzający 1,3 tony zielonego wodoru dziennie. Starczy więc na napełnienie około 60 pojazdów. Innym elementem tego przedsięwzięcia będzie pierwsza w Europie linia autobusowa obsługiwana wyłącznie przez pojazdy napędzane wodorem. Od tego roku obsługują trasę 39A w północno-zachodniej części miasta. „Ze względu na wzniesienia, krótkie odległości między przystankami i dużą liczbę pasażerów jest to jedna z najbardziej wymagających linii w mieście, dlatego autobusy wodorowe szczególnie nadają się na tę trasę” – mówi Gudrun Senk, dyrektor zarządzająca ds. technicznych w Wiener Linien.

● Podobnie jak w przypadku pojazdów z bateriami także w transporcie wodorowym liderem nie jest jednak Europa, ale Chiny. Jeździ tu około

75 proc. wszystkich autobusów z ogniwami paliwowymi, których na całym świecie jest około 9,1 tys. (dane z czerwca 2024 r.). Rocznie przybywa ich 1,5 tys., co stanowi zaledwie 3 proc. sprzedaży autobusów z bateriami i pokazuje, na jak wczesnym etapie rozwoju jest ten rynek. Tak jak w przypadku pojazdów osobowych i ciężarówek w autobusach wodorowych nie widać dużej dynamiki wzrostu. Rocznie globalna sprzedaż rośnie o 25 proc. W podobnym tempie rośnie flota zarówno w Chinach, jak i Japonii oraz Europie. Wyjątkiem jest mocno stawiająca na transport wodorowy Korea Płd., która dzięki hojnym dotacjom w 2023 r. zakupy zwiększyła o 130 proc. Jedno tylko miasto Cheonan postanowiło wdrożyć do 2027 r. flotę 350 autobusów z ogniwami paliwowymi. Aby nadążyć za potrzebami, Hyundai zwiększył swoje moce produkcyjne z 500 do 3000 sztuk rocznie.

● Tymczasem w Polsce, w Koninie można już sprawdzić, jak bardzo opłaca się inwestować w transport wodorowy. Jest to bowiem jedno

z pierwszych miast, w których obok autobusów elektrycznych napędzanych bateriami użytkowany jest też autobus z ogniwami paliwowymi. Od przeszło roku jeździ tu Solaris Urbino 12 hydrogen, który według danych przekazanych przez MZK Konin na 100 km trasy spala niecałe 6,5 kg wodoru. Oznaczało to, że początkowo koszt jazdy wynosił 4,52 zł/km, od połowy 2024 r. miasto zaczęło się jednak zaopatrywać w znacznie tańsze paliwo (jego cena spadła z 70 do 56,1 zł za kg), co też obniżyło wydatki na przejazd do 3,62 zł/km. Spadek jest znaczący, niemniej koszt jazdy autobusami elektrycznymi z baterią w tym samym Koninie w zeszłym roku (do 3 kw. 2024) wynosił 1,02 zł/km, co jest kwotą nieporównywalnie niższą. A trzeba też wziąć pod uwagę dużą różnicę w cenie samych pojazdów. Solaris Urbino 12 hydrogen kosztuje około 3,5 mln zł, podczas gdy Solaris Urbino 12 electric około 2,5 mln zł.



Czy darmowe przejazdy ożywiają transport publiczny: Tallin vs. Montpellier



Fot. Rasmus Jurkatam

Kolejne europejskie miasta eksperymentują z bezpłatnymi przejazdami komunikacją miejską. Efekty nie zawsze są obiecujące. W tym względzie bez sukcesu było w Tallinie, ale za to we francuskim Montpellier liczba osób podróżujących autobusami i tramwajami wzrosła o niemal jedną trzecią.

Tallin

W estońskiej stolicy projekt zaczął się w 2013 r. Wówczas udział autobusów i tramwajów w dojazdach do pracy sięgał 40 proc., podobnie jak pojazdów prywatnych. Rządowe statystyki pokazują jednak ogromny rozjazd, jaki nastąpił od tamtego momentu. Udział transportu publicznego spadł poniżej 30 proc., a własnych aut wzrósł do niemal 50 proc. Co interesujące, w większym stopniu dotyczyło to uboższych niż zamożniejszych: korzystanie z transportu publicznego wśród osób z dolnego kwartylu rozkładu dochodów gwałtownie spadło, z ponad 60 proc. do około 35 proc. W międzyczasie wzrosło korzystanie z samochodów – w 2013 r. mniej niż jedna piąta mieszkańców

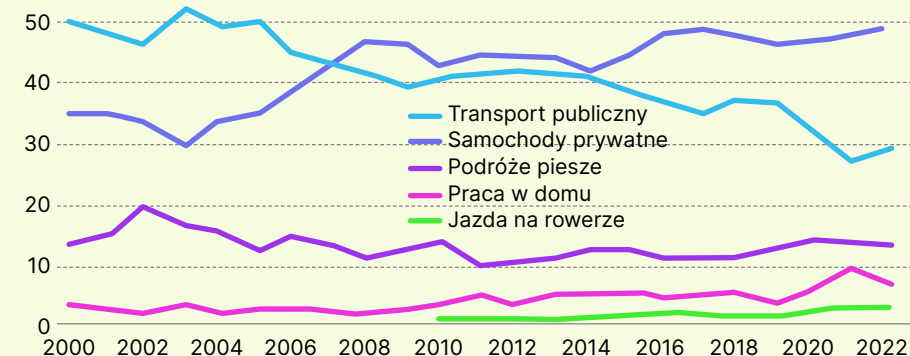
o niskich dochodach dojeżdżała do pracy, a w 2022 r. udział ten wzrósł ponaddwukrotnie.

Okazuje się więc, że wyeliminowanie opłat za przejazdy było bez wpływu na szerszą tendencję, jaką jest stałe przesiadanie się do pojazdów prywatnych. Udział transportu publicznego w przejazdach spada już od początku wieku. Wówczas sięgał 50 proc., a okres 2008–2014 był tylko krótkim przystankiem w podróży w dół, spowodowanym kryzysem finansowym, który

mocno poturbował Estonię. Gdy jednak gospodarka odzyskała równowagę, udział samochodów osobowych zaczął rosnąć. Potwierdził to także wzrost liczby aut.

Pod tym względem Estonia jest w europejskiej czołówce i z 621 samochodami na 1000 mieszkańców zajmuje piąte miejsce w UE. Poza samym bogaceniem się społeczeństwa osoby próbujące wyjaśnić to zjawisko wskazują na postępujące rozlewanie się i tak rozciągniętego Tallina – co sprawia,

Zmiana sposobu podróży do pracy w Tallinie



Dane: Statistikaamet



że samochody stają się opcją numer jeden – oraz ograniczone restrykcje dla kierowców, m.in. jeśli chodzi o parkowanie. Opłaty za postój pobierane są tu tylko w centrum.

Trzeba przy tym zaznaczyć, że najważniejszym celem pomysłu władz Tallina na darmowy transport nie było zachęcenie mieszkańców do porzucenia własnych aut. Szło o znacznie bardziej pragmatyczną kwestię meldunkową. Miała to być zachęta dla nowych, napływowych mieszkańców, aby dopełnili formalności i zameldowali się w stolicy. Tylko w ten sposób otrzymywali przywilej darmowej jazdy, a samo miasto mogło liczyć na większe wpływy podatkowe. Zawiązką zrównoważyły spadek wpływów ze sprzedaży biletów.

Montpellier

W Montpellier bezpłatne przejazdy były prezentem dla mieszkańców na święta Bożego Narodzenia w 2023 r. Władze wprowadzały je jednak stopniowo. To był już kolejny etap zachęcania do korzystania z transportu publicznego.

Od 2020 r. bez opłat jeździć można tu w weekendy, a w 2021 r. wprowadzono bezpłatne bilety dla młodzieży do 18. roku życia oraz seniorów, którzy przekroczyli 65 lat. „Bezpłatny transport publiczny oznacza podejmowanie działań na rzecz przyszłości naszych dzieci i wnuków w obliczu wyzwań związanych ze zmianami klimatu, poprzez udostępnienie mobilności bez emisji CO2 dla wszystkich” – powiedzieli we wspólnym oświadczeniu Michaël Delafosse, burmistrz Montpellier, i Julie Frêche, wiceprezes obszaru metropolitalnego Montpellier.

O tym, że pomysł działa, Francuzi przekonali się już trzy lata temu, po wprowadzeniu zerowych taryf dla najmłodszych i najstarszych mieszkańców. Z możliwości darmowych przejazdów skorzystało dwie trzecie uprawnionych, ale co ważniejsze, nastolatki z transportu publicznego zaczęły korzystać dwa razy częściej niż wcześniej. Po objęciu nimi całej społeczności efekt okazał się również imponujący – w ubiegłym roku z transportu publicznego

skorzystało 110 mln pasażerów. Dla porównania przed wprowadzeniem pierwszych weekendowych zachęt było to 84 mln osób (w 2019 r.). Cały podzielony na etapy program sprawił więc, że przejazdy transportem publicznym wzrosły o 31 proc.

Jednym z kluczowych czynników były względy ekonomiczne – według miejskich wyliczeń dla czteroosobowej rodziny z dorosłymi już dziećmi rocznie to 1470 euro niewydatkowane na przejazdy. Aby zaoferować taki bonus, miejski zakład transportu w Montpellier wciąż sprzedaje bilety przyjezdnym, otrzymuje dotacje ze środków publicznych, ale także nakłada opłaty na firmy zatrudniające co najmniej 11 pracowników. Co istotne, rezygnacja z wpływów z biletów nie oznaczała zmniejszenia budżetu na rozwój zrównoważonej mobilności w mieście: w ciągu sześciu lat na ścieżki rowerowe, carpooling oraz transport publiczny Montpellier wydało 1 mld euro.



Fot. Peter



CASE: metro w roli ekologicznego kuriera



Fot. Benedicto16

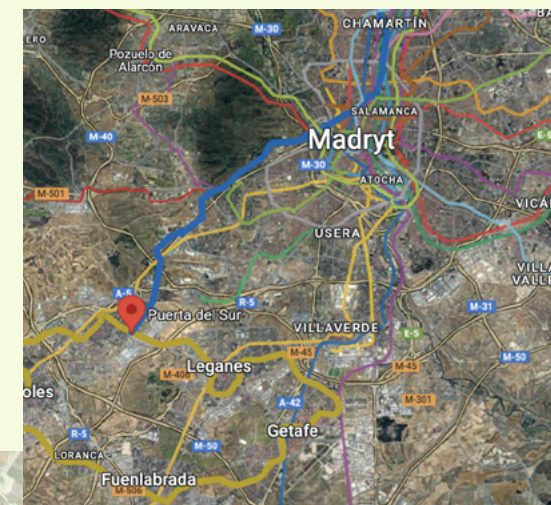
Taki pomysł realizują w Madrycie. Tutejsze metro będzie przewozić przesyłki, aby zmniejszyć ruch samochodów dostawczych na powierzchni, a co za tym idzie – korki oraz emisję spalin. Na razie jest to pilotaż zaplanowany na trzy miesiące.

Decyzję o tym władze hiszpańskiej stolicy podjęły w połowie września. Na pierwszą eksperymentalną trasę wyznaczono tę obsługiwaną przez linię 12. To dość specyficzny odcinek położony na południowo-zachodnim krańcu miasta, który jest swego rodzaju przystawką głównych linii krzyżujących się w centrum (łącznikiem jest tu linia numer 10). Zbudowany został do obsługi miast wchodzących w skład obszaru metropolitalnego Madrytu (Comunidad de Madrid) takich jak Leganes, Getafe czy Fuenlabrada. Paczki będą więc rozwożone do mieszkańców tych podmadryckich

gmin. Nie będzie się to jednak odbywać zwykłymi pociągami metra wożącymi pasażerów (tak jak w pociągach dalekobieżnych tzw. przesyłki konduktorskie). Do przewozu przesyłek zostanie zorganizowany oddzielny pociąg „cargo”, który około 700 paczek rozwiezie już po godzinach szczytu, między 19 a 20. Skład nie zatrzyma się jednak na wszystkich 28 stacjach, ale tylko na trzech. Ważna jest też szybkość samego załadunku i rozładunku, który ma trwać maksymalnie 3 minuty. Chodzi o to, aby nie zakłócić w tym czasie normalnego funkcjonowania metra.

Tak ma wyglądać początek. Pod koniec roku ma zostać uruchomiona druga faza projektu, która obejmie startującą po sąsiedzku linię numer 3. Swoją bieg zaczyna w Villaverde położonym na północny wschód od Leganes i Getafe zmierzając na północ prosto do centrum miasta.

Stąd 400 paczek dziennie pojedzie pociągkiem do stacji Embajadores, zlokalizowanej na południowym obrzeżu starego śródmieścia Madrytu. W centrum odbiorą je kurierzy wyposażeni w ekologiczne środki transportu i rozwieżą do odbiorców. Na razie to tylko pilotaż, miasto już dziś zastanawia się jednak, jakie zrobić dalsze kroki. Tworzy nawet specjalną Agencję Logistycznej Regionu Madrytu, która w przyszłości miałaby rozwijać publiczny system miejskiej logistyki.





Partnerzy raportu Greenbook 2025



Greenbook 2025, kwiecień 2025

Opracowanie i redakcja: Green is Good / Miasto2077

Makieta / Opracowanie graficzne: Aleksandra Krupa / AC Jaworscy

Kontakt: redakcja@miasto2077.pl