

doi: TBA (konferencja SENE, listopad 2023)

Elektryfikacja środków transportu lądowego, powietrznego i wodnego

Streszczenie. Rzecz o elektryfikacji środków transportu w dobie transformacji energetycznej. Kierunki rozwoju – o czym się mówi obecnie, gdzie płynie pieniądź, co skutecznie już zelektryfikowaliśmy.

Abstract. On electrification of means of transportation in the era of energy transition. Directions of development – what is being discussed now, where the money flows, and what has already been successfully electrified. (**Electrification of land, air, and water means of transportation**).

Słowa kluczowe: przemysł i trendy w elektromobilności, elektryfikacja środków transportu, napędy elektryczne, branża półprzewodników.

Keywords: industry and trends in electromobility, electrification of means of transportation, electric drivetrains, semiconductor industry.

Wstęp

Jak będą wyglądały środki transportu za 5 lat? O czym będziemy w tym kontekście mówić na SENE 2028? Czas i nasza kreatywność pokażą na jakich pojazdach pokolenie obecnych 13-latków będzie zdawało prawo jazdy, i czy w ogóle będą mieli kierownicę w swoim samochodzie. Horyzont czasowy nie jest przypadkowy: córka już teraz zastanawia się spośród jakich opcji będzie wybierała swój pierwszy samochód za te 5 lat, a temat BEV/FCEV (battery electric vehicle / fuel cell electric vehicle) vs. (H)ICEV ((hydrogen) internal combustion engine vehicle) wciąż się przewija w naszych rozmowach. W rozmowach tych obok gwiazdek Euro NCAP coraz częściej pojawiają się gwiazdki Green NCAP [73], a naszą uwagę zwracają pojazdy ze szczytu tego rankingu [74][75]. Sprawdźmy zatem jakie są obecnie trendy, i w którą stronę podąża przemysł.

Transport zeroemisyjny/niskoemisyjny

Jako społeczeństwa wyznaczamy sobie na osi czasu położenie określonych kamieni milowych związanych z transformacją energetyczną, w tym transformacją środków transportu. Nie należy przy tym jednak zapominać, że jest to proces, któremu towarzyszy wiele niewiadomych. Nie powinniśmy zatem w tej dyskusji zapominać, że obok elektryfikacji (BEV, FCEV) mamy też inne opcje na stole, takie jak wodorowe ICEV oraz ICEV zasilane paliwami syntetycznymi (e-paliwami, ang. e-fuels). W wybranych obszarach zastosowań silnik spalinowy pozostanie z nami prawdopodobnie jeszcze przez więcej niż dekadę, a e-fuels pozwolą nam zelektryfikować przynajmniej część łańcucha od pierwotnego źródła energii po wytworzenie momentu napędowego (ang. well to wheel, przy czym tę studnię należy rozumieć umownie). Przykładem może być tutaj współpraca Porsche i Siemens Energy [1][2].

Infrastruktura ładowania

Obecnie wojna wtyczek nie toczy się już pomiędzy CCS a CHAdeMO, ale CCS a NACS [66]. Nie dotyczy jednak tym razem protokołów: NACS wspiera m.in. protokół CCS [3]. Ciągła ewolucja standardów wtyczek wynika m.in. z rosnących możliwości pakietów bateryjnych stosowanych w pojazdach. Towarzyszy temu pruning standardów mniej efektywnych.

O ile w przypadku samochodów osobowych ta standaryzacja zatacza coraz większe kręgi, o tyle jesteśmy dopiero na początku drogi związanej ze standaryzacją dla pojazdów ciężarowych. Elektryfikacja transportu ciężarowego rodzi bowiem potrzebę standaryzacji w zakresie złączy 1+ MW. Przykładowymi rozwiązaniami są

MCS [4] oraz Nxu [5][6]. Standaryzacja ta będzie też potrzebna w lotnictwie i transporcie morskim, tak aby zapewnić odpowiednią interoperacyjność.

Energoelektronika WBG

Raporty Yole Group wskazują, że ponad 70% rynku półprzewodników mocy SiC to branża motoryzacyjna (Q2 2023)[7][8]. Technologia jest na tyle dojrzała, że następuje masowa jej adopcja. Wciąż dominują w opracowywanych przez nas materiałach dydaktycznych schematy przekształtników z IGBT? Czas poprawić je na MOSFET. Obecnie obserwujemy drugą odsłonę wyścigu technologicznego w obszarze półprzewodników mocy WBG, a mianowicie wkraczanie do motoryzacji technologii GaN [9][10].

Koncepcja układu napędowego bez pierwiastków ziem rzadkich

Zauważmy, że kupno elektrycznego samochodu osobowego do gospodarstwa domowego to może być wzrost mocy zainstalowanych napędów oraz pojemności elektrochemicznych magazynów energii o ponad rząd wielkości po stronie tego gospodarstwa. Dlatego tak ważną staje się kwestia redukcji lub wręcz całkowitego wyeliminowania z układów napędowych materiałów trudnodostępnych, a zatem też i drogich. Nieodległa wizja masowej elektromobilności skutkuje wzmożonymi badaniami w tych obszarach. W przypadku np. ogniw elektrochemicznych głównym tematem nie jest już tylko zwiększanie gęstości energii, gęstości mocy oraz żywotności, ale również redukcja udziału trudnodostępnych pierwiastków. Przy czym nie chodzi tutaj wyłącznie o pierwiastki należące do formalnej grupy metali ziem rzadkich. Cobalt-free oraz solid-state to silne trendy, które obecnie obserwujemy, a ich ilustracją niech będą ogniwa LFP [12] oraz SSB [13]. Semi-SSB wchodzi właśnie do powszechnego użytku [21][22]. Wysiłek badawczy kierowany jest też w stronę Li-S oraz rozwiązań ery post-litowej, np. ogniw Na-ion [15][68] oraz K-ion [14]. Pojawiają się już przy tym zapowiedzi masowej produkcji pojazdów wyposażonych w ogniwa sodowo-jonowe [67]. Mapy drogowe są już kreślone [70] – pamiętajmy jednak, że te mapy podlegają ciągłej aktualizacji [69]. Z kolei w przypadku produktów w pełni skomercjalizowanych dużym wyzwaniem stawianym przed producentami jest zachowanie ciągłości łańcuchów dostaw przy rosnącym popycie. Przestoje na liniach produkcyjnych samochodów wynikające z przerw w dostawach pakietów akumulatorów nie są w tej branży niestety rzadkością [79].

Z kolei w przypadku maszyn elektrycznych dążymy do ograniczenia udziału magnesów neodymowych w wytwarzaniu momentu napędowego lub w ogóle niesięgania po nie. Obecnie koniem pociągowym elektromobilności jest przede wszystkim maszyna reluktancyjna wspomagana magnesami trwałymi [16], lub jeżeli ktoś woli to maszyna o magnesach trwałych wspomagana momentem reluktancyjnym – nie chodzi tutaj o nazwę, ale o fakt możliwości budowy maszyn, które wypełniają pełne spektrum na osi od maszyny SPMSM o symetrycznym magnetycznie wirniku, w której moment wytwarzany jest wyłącznie w oparciu o magnesy trwałe, aż po maszynę czysto reluktancyjną, w której nie pojawiają się magnesy trwałe, a cały moment obrotowy wytwarzany jest w oparciu o zjawisko reluktancji magnetycznej [17]. Innym sposobem pozbycia się magnesów jest zastosowanie uzwojonego wirnika, co na masową skalę uczyniło swojego czasu Renault [18].

Packaging – miniaturyzacja, integracja, EMI/EMC, thermal management

Dążąc do ciągłego redukcji gabarytów napędów trakcyjnych napotykamy na coraz większe wyzwania dotyczące EMI oraz zarządzania ciepłem. Dotyczy to wszystkich komponentów układu napędowego. Modelowanie i badania termiczne są obecnie niezbędnym elementem projektu magazynu energii elektrycznej, przekształtnika energoelektronicznego oraz maszyny elektrycznej. Przykładem postępującej integracji niech będą moduły GaN ze zintegrowanymi sterownikami bramkowymi [11].

Bateria samonośna/strukturalna, giga press

Zmienia się też nasze podejście do sposobu wytwarzania samonośnej karoserii samochodów. Odlewanie ciśnieniowe całych np. połówek karoserii zwiększa szybkość i dokładność wykonania tej części pojazdu, a przy masowej produkcji obniża też koszt jednostkowy w stosunku do wykonywania takiego elementu karoserii metodą spawania i klejenia z kilkudziesięciu, np. 70, elementów [19]. Natomiast bateria strukturalna jest projektowana jako element, który poza magazynowaniem energii ma również zapewniać sztywność konstrukcji oraz stanowić podparcie np. dla foteli [23].

Reduce, reuse, repair, refurbish, remanufacture, repurpose, recycle

Chcąc budować gospodarkę o obiegu zamkniętym (ang. circular economy), musimy uwzględnić istotny udział środków transportu w tym procesie. Koncepty z grupy „re-x” będą nabrały coraz większego znaczenia wraz z rosnącą liczbą pojazdów elektrycznych kończących swój cykl życia. Za przykłady rozwiązań proponowanych w tym obszarze mogą posłużyć:

- drugie życie baterii jako magazyn stacjonarny [24],
- fabryka samochodów używanych [25],
- Right to Repair [26],
- odzyskiwanie nie tylko niklu oraz kobaltu [27].

Car-sharing, ride-sharing, public transport, MaaS, TaaS – ekonomia współdzielenia i ekopolis

Istotnym elementem budowania zrównoważonego transportu jest nie tylko elektryfikacja jego środków, ale również efektywniejsze sposoby wykorzystania tych środków. Jeżeli spojrzeć na statystyki wykorzystania chociażby samochodów osobowych, dla których szacuje się, że nawet ok. 90% swojego czasu nie są użytkowane oraz ok. 70% przejazdów odbywają jedynie z kierowcą na pokładzie, to widać nieefektywność tego rozwiązania. Istnieje zatem duża przestrzeń do zagospodarowania przy

użyciu rozwiązań MaaS/TaaS. Istnieje silny związek pomiędzy jakością sieci środków transportu publicznego a liczbą prywatnie posiadanych samochodów na mieszkańca danego rejonu miasta [28]. Nie bez powodu elektryfikację środków transportu w miastach warto jest rozpoczynać od floty autobusów miejskich. Daje to już na starcie dużą zmianę ilościową i jakościową z uwagi na stopień wykorzystania tych pojazdów.

Elektryfikacja ciężkich maszyn roboczych, w tym rolniczych

Traktory, koparki [29], spychacze, walce, maszyny dla przemysłu drzewnego? Coraz więcej projektów pilotażowych przechodzących do fazy komercjalizacji. Zauważmy przy tym, że są aplikacje, w których duża masa magazynu energii może być postrzegana jako zaleta, tj. może zostać wykorzystana do zapewnienia niezbędnej funkcjonalności samej maszyny, np. siły nacisku walca [30] lub przeciwwagi w koparce lub dźwigu.

Pojazdy autonomiczne

To jeden z tematów rozgrzewających opinię publiczną. Nie wydaje się on jednak być natury czy, ale kiedy. Przy czym nie jest to temat związany ani wyłącznie z pojazdami, ani też wyłącznie z elektrycznymi środkami transportu. Technologie autonomizacji są rozwijane niezależnie od typu układu napędowego, czy też medium w/po którym porusza się dany środek. Póki co panuje konsensus dotyczący sposobu podejścia do autonomizacji pojazdów drogowych – kolejne poziomy zaawansowania osiągamy przy użyciu technik uczenia maszynowego [31][32]. Brak natomiast konsensusu co do zbioru czujników niezbędnych do osiągnięcia w przyszłości poziomu 5-tego [33]. Kamery pasma widzialnego? Lidar? Radar? Kamery pasma podczerwonego [34][35]? Teoretycznie powinno wystarczyć pasmo widzialne, tak jak nam, czyli biologicznym kierowcom, wystarcza zmysł wzroku. Jeżeli jednak celem jest stworzenie autopilota bezpieczniejszego od kierowcy, to prawdopodobnie pozostaniemy przy fuzji wiedzy z kilku typów czujników np. kamery termowizyjnej oraz kamery pracującej w paśmie widzialnym.

Pamiętajmy przy tym, że obecnie obserwujemy nawet podwójnie wykładniczy wzrost możliwości AI [40], tj. wzrost obserwowany w skali logarytmicznej ma charakter wykładniczy. W przypadku branży motoryzacyjnej każdy odpowiednio oczyjnikowany pod autopilota pojazd prowadzony przez biologicznego kierowcę może zostać wykorzystany jako dostawca zbiorów dla głębokiego uczenia maszynowego. Dodatkowo zbiory te są wzbogacane na podstawie scenariuszy symulowanych.

Przedstawiciele pokolenia mojej córki powinni dwukrotnie zastanowić się zanim wybiorą ścieżkę kariery kierowcy zawodowego.

Elektryfikacja transportu powietrznego

Elektryczne statki powietrzne już dawno zawiąły pod strzechy w postaci dronów. Wraz z rozwojem elektrochemicznych magazynów energii będziemy obserwować kolejne obszary ich zastosowań zarówno cywilne jak i militarne. Drony o napędzie elektrycznym do filmowania i fotografii już dawno stały się częścią krajobrazu planu filmowego, zawodów sportowych, czy zadań inspekcyjnych. Teraz przychodzi czas na drony towarowe [37], pasażerskie [38] i bojowe [36] zasilane bateryjnie. Należy też spodziewać się coraz liczniejszych komercjalizacji w obszarze pionowzlotów (ang. VTOL, vertical take-off and landing). Przykładem może być tutaj taksówka powietrzna eVTOL od Joby Aviation [71][72].

Z tych trzech przestrzeni, tj. ładu, powietrza i wody, to właśnie transport powietrzny jest najtrudniejszy do zelektryfikowania, co wynika z dostępnych gęstości energii

osiąganych przez magazyny elektrochemiczne. I nawet jeżeli zbliżylibyśmy się do teoretycznych maksymalnych gęstości stosowanych technologii, to nadal trasy średnio- i długodystansowe będą poza zasięgiem samolotów bateryjnych. Nawet obsługa połączeń krótkodystansowych (regionalnych) w typowym rozumieniu, tj. np. budowa baterijnego odpowiednika Embraera 145 mogącego zabrać 50 pasażerów na dystansie 3000 km nie będzie domeną napędów bateryjnych. Obecnie jesteśmy na poziomie 10 pasażerów i 500 km [39]. Elektryfikacja tego segmentu będzie odbywała się najprawdopodobniej w oparciu o ogniwa paliwowe lub wręcz pozostanie przy napędzie turbowentylatorowym spalającym paliwo wodorowe lub inne e-paliwa (paliwa syntetyczne). Będziemy mieli zatem do czynienia ze ścieżką podobną jak jedna z tych obranych przez Porsche.

Elektryfikacja transportu wodnego

Napęd elektryczny statków to rozwiązanie stosowane standardowo od ponad 100 lat, przy czym energia elektryczna wytwarzana jest przy użyciu generatorów napędzanych np. silnikami Diesla. Mówiąc zatem o zachodzącej obecnie elektryfikacji tych środków transportu, mamy na myśli ich pełną elektryfikację, tj. zastępowanie w tej topologii części generatorowej magazynem elektrochemicznym lub ogniwami paliwowymi. Sądząc po liczbie projektów pilotażowych oraz zaplanowanych wodowań niedługo podróż baterijnym elektrycznym promem nikogo już nie będzie dziwić. Przykładami niech będą kursujące obecnie: Ellen [48], Basto Electric [49], NZK Pont 100, 101, 102, 103 oraz 104 [50], Penguin Refresh [51], Medstraum [52]. Promy mogące poruszać się w trybie czysto elektrycznym wodowane są również w polskich stocznicach [53]. Pojawiają się deklaracje oraz zamówienia coraz większych jednostek o napędzie baterijnym. Incat planuje 148-metrowy prom o zasięgu 100 mil morskich w trybie baterijnym [54][55]. Stena Line planuje 215-metrową Electrę o zasięgu 50 mil morskich [56]. W kwietniu 2022 roku ochrzczono w Norwegii 80-metrowy elektryczny półautonomiczny kontenerowiec Yara Birkeland [57][58]. Na obecnym etapie rozwoju ogniwa elektrochemicznych mówimy o obsłudze tras na poziomie 30 mil morskich [59]. Fracht transoceaniczny nie będzie domeną statków bateryjnych.

Niemniej jednak będąc technologicznie na etapie zasilanych bateryjnie kontenerowców (co prawda bardzo krótkodystansowych), nie jest zaskoczeniem, że rynek dużo mniejszych jednostek pływających, np. jachtów i łodzi, doczekał się obecnie wielu komercjalizacji w obszarze siłowni okrętowych zasilanych bateryjnie. Przykładami mogą być tutaj Silent Yachts [60], Sialia Yachts [64] wraz z AMPROS [65] oraz wodolot firmy Candela [78] współpracującej z producentem samochodów Polestar.

Warto przy tym zauważyć, że napęd elektryczny z elektrochemicznym magazynem energii jest kluczowy dla okrętów podwodnych, a technologie z tego obszaru rozwijane są od ponad 100 lat [63]. Baterie kwasowo-ołowiowe stanowią ok. 10-15% całkowitej wyporności okrętu. W najnowszych projektach przechodzi się na baterie litowe [61][62].

Elektryfikacja turbosprężarek

Przyglądając się rozwojowi dziedziny napędów elektrycznych w kontekście motoryzacji należy zauważyć, że nawet na pokładzie pojazdu o napędzie spalinowym możemy spotkać nietuzinkowy napęd elektryczny, i to o mocy nawet 6 kW, czyli mocowo odpowiadający pojazdowi elektrycznemu Citroen AMI [44]. A dlaczego nietuzinkowy? Bo kręcący się do ponad 150 000 obr./min. Przykładem niech będzie silnik AMG M139L z turbosprężarką ze wspomaganie napędem elektrycznym [46][47].

Podsumowanie

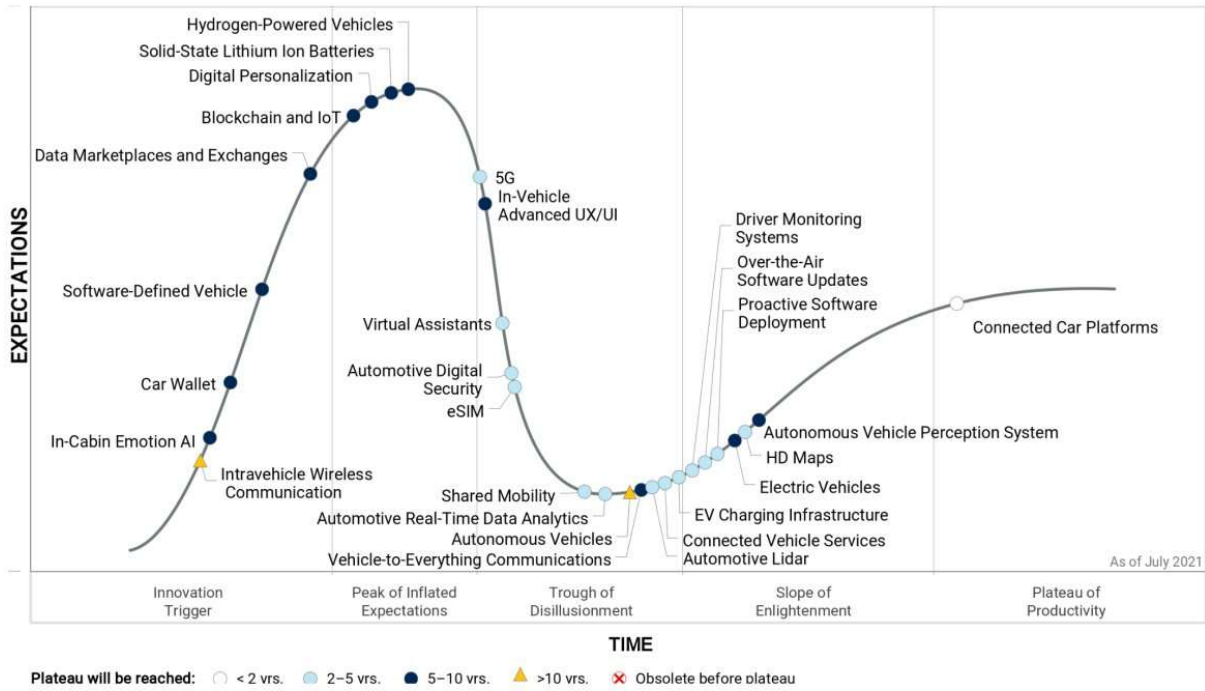
Sterowanie w energoelektronice i napędzie elektrycznym w kontekście elektromobilności z pewnością będzie przedmiotem rozmów na SENE 2028, i prawie na pewno będzie przedmiotem naszych badań nawet jeszcze w 2033 roku. Przy wyborze kierunków badań należy jednak zachować dużo rozwagi, aby nie ulec nadmiernemu hype'owi tam, gdzie czujemy, że już dawno powinniśmy być w dolinie rozczarowań [43]. Ale nawet dolina rozczarowań może oznaczać, że do plateau produktywności mamy jeszcze 10 lat, w tym 10 lat wielu prac wdrożeniowych. W ocenie Gardnera [45], przykładowo, FCEV oraz SSB są na szczycie nadmuchianych oczekiwań z horyzontem 5-10 lat do plateau, pojazdy elektryczne jako takie wchodzą właśnie w fazę oświecenia z horyzontem 2-5 lat do plateau, natomiast pojazdy autonomiczne są w dolinie rozczarowań z horyzontem ponad 10 lat do plateau (Rys. 1 i 2). Pojazdy elektryczne będą bardzo aktywnym obszarem badawczym jeszcze przez pewnie dekadę. Lotnictwo elektryczne natomiast ma przed sobą jeszcze z półtorej do dwóch dekad intensywnych prac badawczych i wdrożeniowych zanim zacznie wchodzić w fazę plateau.

Autor: dr hab. inż. Bartłomiej Ufnalski, Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: bartlomiej.ufnalski@pw.edu.pl.

LITERATURA

- [1] Highly Innovative Fuels, <https://hifglobal.com/>
- [2] Porsche, <https://www.porsche.com/usa/aboutporsche/pressreleases/pag/?id=619733>
- [3] CCS vs NACS - Tesla's sneaky adoption of a standard, just to kill it, <https://www.linkedin.com/pulse/ccs-vs-nacs-teslas-sneaky-adoption-standard-just-kill-f%C3%A9lix-amyot>
- [4] Megawatt Charging System, https://en.wikipedia.org/wiki/Megawatt_Charging_System
- [5] Megawatt Charging Made Possible? Nxu Factory Tour, <https://www.youtube.com/watch?v=neyQ98bCi9M>
- [6] Nxu, <https://nxuenergy.com/>
- [7] Yole Intelligence - Power SiC and GaN Compound Semiconductor Market Monitor Q2 2023, <https://www.youtube.com/watch?v=lzSSW10q7io>
- [8] Yole Intelligence Power SiC and GaN Compound Semiconductor Market Monitor Q2 2023, https://www.youtube.com/watch?v=9OzT8_K1PJg
- [9] ST @PCIM: High voltage DC/DC converters with GaN for automotive (800V DC), <https://www.youtube.com/watch?v=wiDyvEm7rIA>
- [10] GaN Systems CEO Jim Witham Shows Off Automotive Electronics at PCIM Europe 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=8pc85TgRTsE>
- [11] GaN Systems CEO Jim Witham at PCIM Europe 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=YBpZqvxpMk0>
- [12] Tesla Kicks Off Future of LFP Batteries in EVs, <https://eepower.com/market-insights/tesla-kicks-off-future-of-lfp-batteries-in-evs/>
- [13] Explainer: How could solid-state batteries improve next-gen EVs?, <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/how-could-solid-state-batteries-improve-next-gen-evs-2023-06-13/>
- [14] 2023 roadmap for potassium-ion batteries, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7655/acbf76>
- [15] Sodium-ion battery, https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium-ion_battery
- [16] Model Y E16: Electric Motor Comparison MY-M3, Industry review of Electric Motors, Table for Sale!, <https://www.youtube.com/watch?v=V72cmDjuKHA>
- [17] Rare earth free pure synchronous reluctance motor, <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/horizon-results-platform/19677>

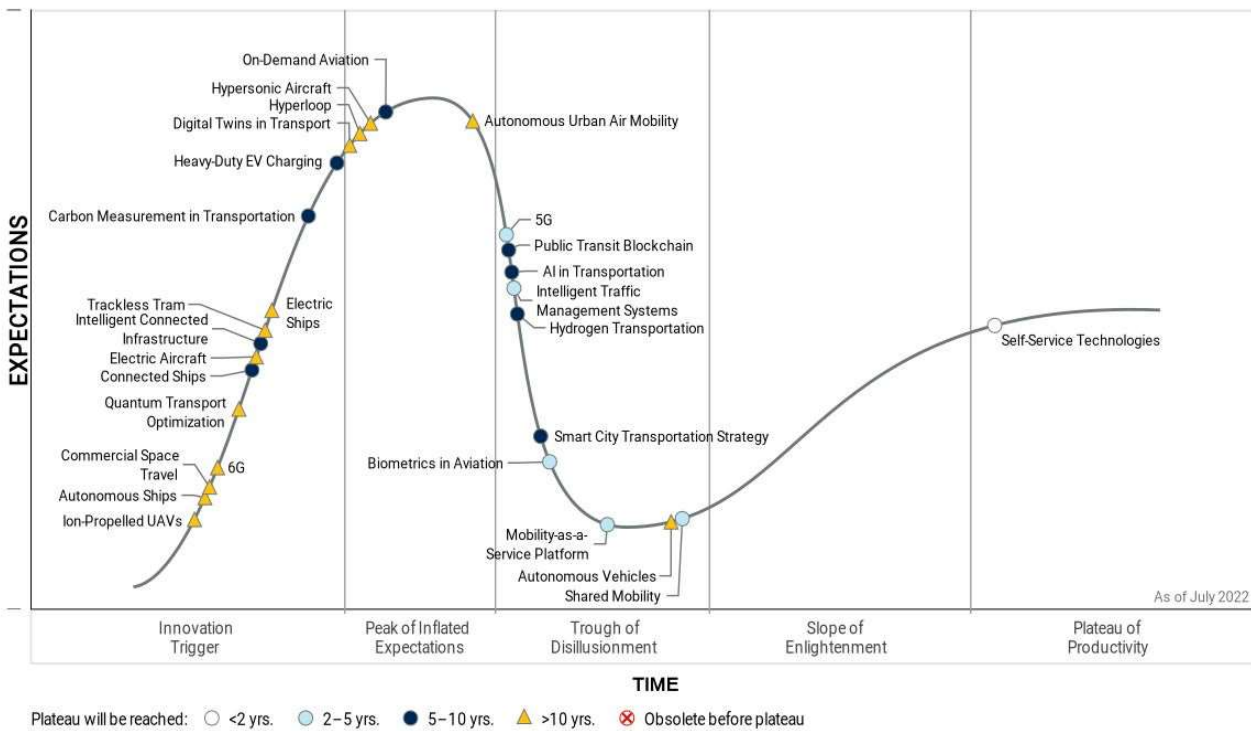
- [18] Electric Motor Engine FACTORY - HOW IT'S MADE a Renault Engine Assembly, <https://www.youtube.com/watch?v=WSH983zUNIo>
- [19] The Incredible Logistics Of The Tesla Giga Press!, <https://www.youtube.com/watch?v=tf8CCyL3BYE>
- [20] WeLion dostarczył Nio pierwsze pakiety baterii o pojemności 150 kWh. Odbiory samochodów jeszcze w lipcu, <https://elektrowoz.pl/magazyny-energii/welion-dostarczylo-nio-pierwsze-pakiety-baterii-o-pojemnosci-150-kwh-odbiory-samochodow-jeszcze-w-lipcu/>
- [21] Will semi-solid battery technology render solid-state batteries redundant?, <https://www.woodmac.com/news/opinion/will-semi-solid-battery-technology-render-solid-state-batteries-redundant/>
- [22] Nio Makes History! The First With Solid State Batteries In Their Cars!, <https://www.youtube.com/watch?v=1OEBKBNQDtw>
- [23] Tesla Model Y 4680 Structural Pack OUT!!!, https://www.youtube.com/watch?v=FXpfU6l_T3w
- [24] How Old EV Batteries are Perfect for Energy Storage, <https://www.youtube.com/watch?v=gKSmlqGvZR4>
- [25] The faces of industry: Stéphane Passerat, Refactory (7/10) | Renault Group, https://www.youtube.com/watch?v=SuSshU6Ke_A
- [26] Right to Repair Farm Equipment Approved in Colorado, <https://www.youtube.com/watch?v=gqOp78IM97M>
- [27] Why It's So Hard To Recycle Electric-Car Batteries | World Wide Waste, <https://www.youtube.com/watch?v=dyDoOcBMAHw>
- [28] Car ownership and public transport, <https://chartingtransport.com/2010/01/17/car-ownership-and-public-transport/>
- [29] New Volvo EC230 @conexpoconagg 2023 something a little different about this one, <https://www.youtube.com/watch?v=fFeIPh3Qm0>
- [30] Holenderski BAM Infra testuje elektryczny walec. 8 godzin pracy na baterii, <https://elektrowoz.pl/transport/holenderski-bam-infra-testuje-elektryczny-walec-8-godzin-pracy-na-baterii/>
- [31] Tesla AI Day 2021, <https://www.youtube.com/watch?v=j0z4FweCy4M>
- [32] Tesla AI Day 2022, https://www.youtube.com/watch?v=ODSJsviD_SU
- [33] SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience, <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>
- [34] SANDY MUNRO: Tesla's FSD "Crap", Better Tech Available, <https://www.youtube.com/watch?v=iPxQxgnlV1o>
- [35] Forget LiDAR: This Tech Will Make Autonomous Vehicles AFFORDABLE | Teledyne FLIR Thermal Fusion, https://www.youtube.com/watch?v=u3OGY_EINtE
- [36] GRUPA WB, <https://www.wbgroup.pl/>
- [37] Drone Delivery Was Supposed to be the Future. What Went Wrong?, <https://www.youtube.com/watch?v=J-M98KLgaUU>
- [38] EHang, <https://www.ehang.com/video/videolist?id=6>
- [39] Eviation Alice - electricity bursts into the sky, <https://www.youtube.com/watch?v=mlU5VOfqzSc>
- [40] AI has started to display 'compounding exponential' progress, founder of ChatGPT rival claims, <https://www.independent.co.uk/tech/ai-anthropic-chatgpt-artificial-intelligence-b2282110.html>
- [41] 2020 Hype Cycle for Connected and Smart Mobility, <https://www.sae.org/news/2020/09/2020-hype-cycle-for-connected-vehicles-and-smart-mobility>
- [42] Software Defined Vehicle - this is not a hype, <https://www.linkedin.com/pulse/software-defined-vehicle-hype-bernhard-kockoth>
- [43] Wschodzące technologie, które zmienią świat – Gartner Hype Cycle 2020, <https://pl.linkedin.com/pulse/wschodzace-technologie-kt%C3%B3re-zmieni%C4%85-%C5%9Bwiat-gartner-hype-pawe%C5%82-flieger>
- [44] Citroën Ami (electric vehicle), [https://en.wikipedia.org/wiki/Citro%C3%ABn_Ami_\(electric_vehicle\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Citro%C3%ABn_Ami_(electric_vehicle))
- [45] Gartner, <https://www.gartner.com/en>
- [46] Mercedes pokazał silnik, który wstrząsnął całą branżą motoryzacyjną. Analiza AMG M139L, <https://www.youtube.com/watch?v=upnUaiwoHm4>
- [47] Award-Winning E-Turbo Technology, <https://www.garrettmotion.com/electric-hybrid/garrett-e-turbo/>
- [48] MarineTraffic – ELLEN, <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:5535192/mmsi:219023531/imo:9805374/vessel:ELLEN>
- [49] MarineTraffic – BASTO ELECTRIC, https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:6363534/mmsi:257122880/imo:9878993/vessel:BASTO_ELECTRIC
- [50] MarineTraffic – NZK PONT 104, https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:7290669/mmsi:244373658/imo:0/vessel:NZK_PONT_104
- [51] MarineTraffic – PENGUIN REFRESH, https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:7561494/mmsi:563079380/imo:0/vessel:PENGUIN_REFRESH
- [52] MarineTraffic – MEDSTRAUM, <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:7114590/mmsi:258009600/imo:9917139/vessel:MEDSTRAUM>
- [53] Innovative hybrid ferries for Norway, <http://www.remontowaholding.pl/en/pages/media-center/news/innovative-hybrid-ferries-for-norway/>
- [54] INCAT HULL CPV2099 / Electric WPC, <https://incat.com.au/incat-vessels/cpv2099/>
- [55] ABB and Incat sign LOI to develop lightweight hybrid-electric ferry, <https://new.abb.com/news/detail/95498/abb-and-incat-sign-loi-to-develop-lightweight-hybrid-electric-ferry>
- [56] Stena Elektra – from vision to vessel, <https://stenaline.com/stena-elektra-from-vision-to-vessel/>
- [57] Self-driving electric container ship sets sail in Norway - BBC News, <https://www.youtube.com/watch?v=N1A29GUqlv0>
- [58] VesselFinder - YARA BIRKELAND, <https://www.vesselfinder.com/pl/?imo=9865049>
- [59] First voyage of the unmanned vessel Yara Birkeland, <https://www.polandatsea.com/first-voyage-of-the-unmanned-vessel-yara-birkeland/>
- [60] Silent Yachts, <https://www.silent-yachts.com/>
- [61] Japan's Advanced Lithium-Ion Submarines, <https://www.usni.org/magazines/proceedings/2022/december/japan-advanced-lithium-ion-submarines>
- [62] Lithium-ion Batteries Are Becoming More Popular In Submarine Industry, <https://defensedomain.com/lithium-ion-batteries-are-becoming-more-popular-in-submarine-industry/>
- [63] The Role of Submarine Batteries in Undersea Warfare Technology, <https://www.batterytechonline.com/materials/role-submarine-batteries-undersea-warfare-technology>
- [64] SIALIA, <https://www.sialia-yachts.com/>
- [65] AMPROS, <https://ampros.pl/>
- [66] Nissan to adopt North American Charging Standard (NACS) for Ariya and future EV models, <https://usa.nissannews.com/en-US/releases/release-1b8d60744001bfa1e4ae234a43015313-nissan-to-adopt-north-american-charging-standard-nacs-for-ariya-and-future-ev-models>
- [67] BYD establishes joint venture to begin mass producing its nascent sodium-ion EV batteries, <https://electrek.co/2023/06/12/byd-joint-venture-mass-producing-sodium-ion-ev-batteries/>
- [68] Sodium Batteries for Electric Bikes? Prof. Chandra | Battery Podcast, <https://www.youtube.com/watch?v=vom2PhrxEzA>
- [69] Why we're not seeing solid-state batteries right now - Prof. Rupp | Battery Podcast, <https://www.youtube.com/watch?v=lr7-PzSr5SU>
- [70] How LMFP and Sodium Ion Batteries will Change the Battery Market // 2023, 2025, and 2030, <https://www.youtube.com/watch?v=ipLhpK6Cg0>
- [71] Joby Delivers First eVTOL Aircraft to Edwards Air Force Base Ahead of Schedule, <https://www.jobyaviation.com/news/joby-delivers-first-evtol-edwards/>
- [72] Joby Aviation delivers electric air taxi to the US Air Force ahead of schedule, part of \$131M contract, <https://electrek.co/2023/09/25/joby-aviation-delivers-electric-air-taxi-us-air-force-ahead-of-schedule/>
- [73] Green NCAP, <https://www.greenncap.com/>
- [74] BYD ATTO 3, <https://www.greenncap.com/assessments/byd-atto-3-2023-0145/>
- [75] Will Chinese electric vehicles (EVs) win globally?, <https://www.ubs.com/global/en/investment-bank/in-focus/2023/byd-teardown.html>
- [76] CANDELA, <https://candela.com/>
- [77] Battery shortage shuttering Cami electric-vehicle plant until spring, <https://lfpres.com/news/local-news/major-layoffs-at-cami-electric-vehicle-plant-amid-battery-shortage-source>



Gartner

Rys. 1. Gartner Hype Cycle for Connected, Electric and Autonomous Vehicles dla roku 2021

Hype Cycle for Transportation and Smart Mobility, 2022



Gartner

Rys. 2. Gartner Hype Cycle for Transportation and Smart Mobility dla roku 2022