

SŁOWA KLUCZOWE KEYWORDS

zielone technologie
odnawialne źródła energii
pojazdy elektryczne
baterie litowo-jonowe
fotowoltaika

JEL

Q42
Q48
F14
F52
O33

ZGŁOSZONO SUBMITTED

2.07.2026

ZAAKCEPTOWANO ACCEPTED

13.07.2026

OPUBLIKOWANO PUBLISHED

14.07.2026

Wolny, K. (2026). Chińska dominacja w sektorze zielonych technologii jako wyzwanie dla konkurencyjności UE. *Ekonomiczno-Ekonometryczne Roczniki Naukowe*, 1(1), 5–24.
<https://doi.org/10.67455/eern.2026.1.1.2>



CHIŃSKA DOMINACJA W SEKTORZE ZIELONYCH TECHNOLOGII JAKO WYZWANIE DLA KONKURENCYJNOŚCI I BEZPIECZEŃSTWA GOSPODARCZEGO UNII EUROPEJSKIEJ

Celem artykułu jest analiza dominacji Chin w sektorze zielonych technologii oraz identyfikacja kluczowych czynników, które determinują tę przewagę. W pracy zbadano konsekwencje koncentracji produkcji i innowacji w wybranych trzech najważniejszych sektorach zielonych technologii, tj. fotowoltaice (PV), bateriach litowo-jonowych oraz samochodach elektrycznych (EV). Na potrzeby badań zastosowano analizę danych statystycznych oraz metodę desk research, polegającą na przeglądzie literatury przedmiotu oraz raportów branżowych. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że sektor zielonych technologii rozwija się bardzo dynamicznie, jednak występuje bardzo duża nierównowaga sił na rynku. Chiny we wszystkich analizowanych obszarach osiągają znaczącą przewagę konkurencyjną, zarówno w kwestii rozwiązań technologicznych, jak i po stronie kosztów produkcji. Z tego względu Unia Europejska (UE), z jednej strony jako drugi co do wielkości producent zielonych technologii, konkuruje z chińskimi producentami, z drugiej jednak strony wykorzystuje bardziej ekonomiczne chińskie rozwiązania technologiczne. Systemowe podejście Chin do rozwoju zielonych technologii, wysokie nakłady inwestycyjne, jak i kontrola dostępu do kluczowych surowców mogą stanowić istotne wyzwanie dla rozwoju tych technologii w Europie.

Kinga Wolny, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Wstęp

Dynamiczny rozwój Chińskiej Republiki Ludowej (ChRL) w ciągu ostatnich kilku dekad znacząco zmienił pozycję tego państwa w światowej gospodarce. Skutki tego widoczne są nie tylko w rozwoju wewnętrznym gospodarki, ale również w oddziaływaniu na poziom konkurencyjności oraz charakterystykę globalnych łańcuchów dostaw. Relacje gospodarcze między Chinami a Unią Europejską (UE) pozostają znaczące, co potwierdza wolumen wymiany handlowej między nimi. Chiny są trzecim co do wielkości partnerem UE, a UE jest największym partnerem handlowym Chin. Handel towarami i usługami między nimi odpowiada łącznie za prawie 30% światowego handlu oraz za ponad jedną trzecią światowego PKB (Rada Unii Europejskiej, 2025). W 2024 r. UE wyeksportowała do Chin towary o wartości 213,3 mld euro, natomiast import z Chin osiągnął 517,8 mld euro (Eurostat, 2025).

Chińska polityka gospodarcza coraz częściej łączy mechanizmy współdziałania z elementami rywalizacji, przy czym centralnym punktem napięć jest obszar innowacji technologicznych oraz dostęp do surowców krytycznych (Pindyuk, 2023). W światowej świadomości społecznej Chiny rzadko były postrzegane jako kluczowy ośrodek innowacji w sektorze zielonych technologii. W ostatnich latach zaszła jednak wyraźna zmiana zarówno w ich strategii rozwojowej, jak i w sposobie postrzegania roli tego sektora w krajowym modelu wzrostu. W 2020 r. prezydent Chin Xi Jinping ogłosił, że kraj osiągnie maksymalny poziom emisji dwutlenku węgla przed 2030 r., a do 2060 r. stanie się neutralny pod względem emisji. Deklaracja Xi dotycząca neutralności węglowej była wyraźnym sygnałem politycznym, który zachęcił do rozwoju i inwestycji w obszarze zielonych technologii (Li i Du, 2025).

Zaangażowanie Chin w globalne zarządzanie klimatem jest nierozdzielnie związane z ich walką o nową tożsamość, która wiąże się z próbą przejmowania przywództwa (Yang, 2022). Chińska narracja podkreśla, że są oni gotowi brać na siebie większą odpowiedzialność i wykazywać proaktywną postawę wobec światowych wyzwań. Biorąc pod uwagę, że Chiny przez dekady konsekwentnie odrzucały proekologiczne postawy, słusznym staje się dokładne zrozumienie przyczyn widocznej zmiany. Jednymi z nich są konsekwencje szybkiego wzrostu gospodarczego i presja dotycząca bezpieczeństwa energetycznego. Zmusiło to Chiny do rozpoczęcia masowych inwestycji w technologie wytwarzania czystej energii, co stworzyło ogromny rynek zbytu dla chińskich przedsiębiorstw w kraju, ale również za granicą (Voïta, 2021). Innymi wskazywanymi przyczynami są m.in. budowanie dobrej reputacji na arenie międzynarodowej (Lian i Li, 2024), walka z wysokim zanieczyszczeniem powietrza (Shi et al., 2022), ale przede wszystkim rozwój nowych technologii w tym sektorze. Dzięki takiemu podejściu Chiny stały się światowym liderem w dziedzinie energii odnawialnej, a także w użytkowaniu pojazdów elektrycznych i produkcji akumulatorów (Heggelund, 2021). Głównymi siłami napędowymi wzrostu gospodarczego Chin były kiedyś sprzęty AGD, produkcja mebli i odzieży. Obecnie władze określiły tzw. „nową trójkę”, czyli trzy strategiczne obszary budowania siły ekonomicznej: ogniwa słoneczne, baterie litowo-jonowe i pojazdy elektryczne (Lipke, Barnes-Dacey, O'Sullivan i Oertel, 2024).

W obliczu obserwowanej w wielu miejscach na świecie transformacji energetycznej i rosnącej presji na ograniczanie emisji gazów cieplarnianych, istotne staje się dokładne analizowanie kształtowania się rynku technologii, które są do tego niezbędne. Celem artykułu jest zidentyfikowanie obszarów zielonych technologii, w których Chiny osiągnęły dominującą pozycję w globalnych łańcuchach dostaw oraz ocena tego, jaki będzie miało to wpływ na rozwój i konkurencyjność tych technologii w Europie.

W artykule przyjęto główną hipotezę badawczą, że chińska dominacja w sektorze zielonych technologii prowadzi do obniżenia konkurencyjności przemysłowej Unii Europejskiej, ograniczając jej zdolność do samodzielnego rozwoju technologicznego. Stawiane hipotezy pomocnicze brzmią: uzależnienie Unii Europejskiej od chińskich technologii niskoemisyjnych zwiększa podatność europejskiej gospodarki na zaburzenia bezpieczeństwa ekonomicznego, zwłaszcza w warunkach napięć geopolitycznych oraz potencjalnych zakłóceń w globalnych łańcuchach dostaw. Druga hipoteza pomocnicza przyjmuje, że zbudowana przez Chiny przewaga kosztowa i skala produkcji prowadzi do systematycznego wypierania

europejskich producentów z rynku zielonych technologii. W konsekwencji w przyszłości Chiny mogą stać się głównym ośrodkiem innowacji w tym sektorze.

Przegląd literatury

Ramy pojęciowe: definicja i zakres zielonych technologii

W literaturze przedmiotu terminy takie jak „zielone technologie”, „zielona energia”, „transformacja energetyczna” czy „zielona transformacja” funkcjonują jako odrębne pojęcia, którym przypisuje się różne, często bardzo precyzyjnie zdefiniowane znaczenia. Funkcjonowanie wielu odmiennych definicji i sposobów klasyfikowania zielonych technologii komplikuje rozumienie niektórych procesów m.in. przez trudności w zestawianiu wyników badań oraz tworzeniu jednolitych baz danych wykorzystywanych w analizach gospodarczych (Gubanova, Clasen i Theuvsen, 2015). Niniejszy podrozdział przedstawia ramy pojęciowe niezbędne do prawidłowego zrozumienia analizy chińskiej dominacji w sektorze zielonych technologii oraz jej konsekwencji dla Unii Europejskiej.

W pracy „zielone technologie” są rozumiane jako rozwiązania, które chronią środowisko, są mniej zanieczyszczające, wykorzystują wszystkie zasoby w sposób bardziej zrównoważony, poddają recyklingowi więcej odpadów i produktów oraz przetwarzają odpady reszkowe w sposób bardziej akceptowalny niż technologie, dla których były zamiennikami (UNCED, 1992). Ujęcie to doprecyzowuje United Nations Environment Programme (UNEP) wskazując, że nie są to jedynie pojedyncze technologie, ale całościowe systemy obejmujące know-how, procedury, towary, usługi oraz sprzęt, a także procedury organizacyjne i zarządcze służące promowaniu zrównoważonego rozwoju środowiska (UNEP, 2018). Podobne stanowisko prezentowane jest także w raporcie World Intellectual Property Organization (WIPO, 2025), który bezpośrednio opiera się na definicji przedstawionej w Agendzie 21, która jest programem działań ONZ mającym na celu wspieranie zrównoważonego rozwoju poprzez integrację aspektów środowiskowych, społecznych i gospodarczych.

Kluczowym rozróżnieniem wskazywanym w tej pracy jest oddzielenie pojęć „zielonej energii” i „zielonych technologii”. Pierwsze z nich odnosi się do energii ze źródeł odnawialnych, czyli kategorii energii zdefiniowanej prawnie w Unii Europejskiej jako „energia ze źródeł odnawialnych” lub „energia odnawialna” oznaczająca energię z odnawialnych źródeł niekopalnych, m.in. energię wiatru, energię słoneczną, geotermalną czy energię wodną (European Parliament and Council of the European Union, 2023). Oznacza to, że „zielona energia” jest efektem, a „zielone technologie” to środki, które umożliwiają wytwarzanie, przesyłanie, magazynowanie oraz efektywne wykorzystanie energii, m.in. poprzez zastosowanie modułów fotowoltaicznych (ang. photovoltaics, PV), magazynów energii (baterii) oraz komponentów sieci elektroenergetycznej.

Przedstawione ramy identyfikacji pojęć koncentrują analizę na obszarach szczególnie istotnych w kontekście dominacji technologicznej Chin, takich jak fotowoltaika (PV), baterie litowo-jonowe oraz samochody elektryczne (ang. electric vehicles, EVs). Ujęcie to pozwala nie tylko na uporządkowanie kluczowych zagadnień, lecz także na wyznaczenie kierunków dalszych rozważań nad mechanizmami, które umożliwiły Chinom osiągnięcie przewagi w tych strategicznych sektorach.

Chiny jako lider zielonych technologii

Sukces Chińskiej Republiki Ludowej w obszarze innowacji technologicznych nie jest zjawiskiem przypadkowym, ale wynikiem przemyślanej strategii, która obejmuje wiele czynników takich jak siła gospodarcza, strategia terytorialna i umiejętnie stosowane mechanizmy instytucjonalne (Altıparmak, Thies i Shutters, 2025), w tym wspierająca polityka rządu, kontrola łańcuchów dostaw surowców krytycznych poprzez inwestycje krajowe i zagraniczne, ale także przedsiębiorczość chińskiego sektora prywatnego (Bian et al., 2024). Aby podnieść jakość rozwoju gospodarczego, w 2017 r. rząd Chin zaproponował stworzenie pilotażowych stref poświęconych reformom i innowacjom w obszarze zielonych finansów, określanych jako Green Finance Reform and Innovation Pilot Zones (Xu et al., 2025). W kontekście zadeklarowanej

neutralności węglowej, zielone finanse są kluczowym motorem transformacji. Wspierają innowacje technologiczne i pomagają w efektywniejszym wykorzystaniu zasobów (Xu et al., 2025). Tezę tę potwierdzają także wyniki badań Liu i Xie (2025), które wskazują, że skuteczność zielonej transformacji zależy od stopnia sprzężenia instrumentów finansowych z zielonymi innowacjami.

Rozwój nauki oraz opanowanie kluczowych technologii stanowią podstawę dążeń Chin do uzyskania statusu wiodącej potęgi gospodarczej i militarnej. Szczególny nacisk kładziony jest na ogromne inwestycje m.in. w sektory technologii informacyjno-komunikacyjnych (ang. Information and Communication Technologies, ICT) i zielonej energii (Berman i Fabry, 2021). Istota świadomej i długofalowej polityki realizowana według planów pięcioletnich przekształciła Chiny z importera w największego na świecie dostawcę czystych technologii (Müller i Zheng, 2024). W analizie handlu międzynarodowego odnotowano wyraźną zmianę pozycji Chin. W latach 2000-2021 liczba komponentów czystych technologii (spośród 36 komponentów fotowoltaiki, energetyki wiatrowej, magazynowania energii oraz elektrolizy), w których Chiny wykazywały przewagę komparatywną w eksporcie, wzrosła z 4 do 32. Równocześnie liczba komponentów w chińskim imporcie zmniejszyła się z 21 do 9, co wskazuje na spadek relatywnej zależności importowej w tej grupie produktów (Müller i Zheng, 2024). W 2022 r. Chiny odpowiadały za około 30% światowego eksportu samochodów elektrycznych. Jeszcze większą przewagę miały jednak w segmencie akumulatorów do tych pojazdów, ponieważ ich udział w globalnym eksporcie sięgnął blisko 80%. Jest to szczególne osiągnięcie, biorąc pod uwagę, że w 2020 r. eksport ten wynosił 40% (García Herrero i Schindowski, 2024). Przewaga na rynku akumulatorów litowo-jonowych wynikała m.in. ze spadku cen litu, jak i licznych dotacji rządowych do zakupu nowych samochodów elektrycznych (Bian et al., 2024).

Chiny nie tylko umocniły swoją pozycję w światowym eksporcie zielonych technologii, lecz także konsekwentnie przesuwają granice rozwoju technologicznego. Szczególnie wyróżniają się osiągnięciami w produkcji urządzeń w sektorze energetyki wiatrowej oraz w wytwarzaniu ogniw fotowoltaicznych (García Herrero i Schindowski, 2024). Od 2011 r. Chiny zainwestowały ponad 50 miliardów dolarów w łańcuchy dostaw tych produktów i stworzyły 300 tys. miejsc pracy w sektorze zielonej produkcji. Prognozy wskazują, że do 2030 r. produkcja tych urządzeń znacznie przewyższy krajowe zapotrzebowanie, co jeszcze mocniej nasili tendencje eksportowe (Bian et al., 2024). Obserwowany wzrost w tym segmencie wynikał głównie z działań stymulujących popyt m.in. poprzez taryfy gwarantowane, zabezpieczenia kredytowe, liczne ulgi podatkowe, ale również znaczne wsparcie publiczne przekazywane na badania i rozwój (Bian et al., 2024).

Pragmatyczna mentalność władz chińskich przełożyła się na kształt polityki klimatycznej. Silnie scentralizowana na szczeblu państwowym polityka przemysłowa pozwala skutecznie stosować podejście podporządkowywania zobowiązań klimatycznych pod priorytety wzrostu gospodarczego (Li i Du, 2025). Różnice w sposobie zarządzania wyraźnie widać na rynku wodoru. Chiny i Unia Europejska mają podobne ambicje rozwoju tego segmentu, ponieważ należą do globalnych liderów technologii wodorowej. Jednak Chiny opierają swój proces na decentralizacji, w myśl której znacząca część inicjatywy regulacyjnej i wdrożeniowej jest przenoszona na poziom lokalny. Unia Europejska natomiast wyznacza cele strategiczne oraz minimalne standardy, które oczekują na adaptację i koordynację ze strony państw członkowskich (Gong, 2025). Trzeba jednak wyraźnie podkreślić, że niezastąpionym atutem UE jest bycie największym na świecie stabilnym rynkiem opartym na rządach prawa, standardach i demokratycznych wartościach (Berman i Fabry, 2021).

Skutki dominacji technologicznej Chin dla stabilności UE

Unia Europejska bardzo długo ignorowała wzrost potęgi Chin (Berman i Fabry, 2021). Tymczasem chińska dominacja technologiczna w sektorze zielonych technologii i zwiększony potencjał przemysłowy stwarzają zagrożenia dla europejskiej konkurencyjności gospodarczej, bezpieczeństwa europejskiego, bezpieczeństwa energetycznego, a nawet dla realizacji celów klimatycznych (Lipke et al., 2024). Z jednej strony UE, jako drugi największy producent energii odnawialnej, korzysta z chińskiej siły dzięki dostępowi do tanich technologii i surowców (Altıparmak, Thies i Shatters, 2025). Silnie rozwinięta produkcja w Chinach powoduje, że ceny komponentów solarnych, wiatrowych i pojazdów elektrycznych spadają do rekordowo

niskich poziomów, a to w konsekwencji przyspiesza globalną transformację w stronę gospodarki bardziej zrównoważonej. Współpraca w zakresie inwestycji, prowadzenia badań, transakcji joint ventures i wymiany wiedzy specjalistycznej daje ogromne możliwości rozwojowe (Li i Du, 2025). Z drugiej jednak strony rozwój chińskich technologii powoduje trudności i poważne ryzyko uzależnienia się, co może skutkować ograniczeniem autonomicznej polityki energetycznej i przemysłowej (Altiparmak, Thies i Shatters, 2025). Technologie napędzające zieloną i cyfrową transformację opierają się na znacznym zużyciu pierwiastków ziem rzadkich. Obecnie aż 95% dostaw tych surowców do Europy pochodzi z Chin, które jednocześnie kontrolują 85% globalnych zdolności ich przetwarzania (Berman i Fabry, 2021). Chińska przewaga w globalnych łańcuchach dostaw obejmuje zarówno kluczowe surowce mineralne, jak i całe procesy produkcyjno-montażowe, co rodzi poważne zagrożenia gospodarcze. Szeroko oferowane subsydia oraz preferencyjne kredyty stosowane w Chinach stworzyły warunki sprzyjające nieuczciwym praktykom handlowym. Skutkiem takich działań jest występująca nadprodukcja, która przez swoją siłę rynkową osłabia pozycję międzynarodowych konkurentów (Wang, Sun i Xiao, 2022). Z drugiej jednak strony istnieje duża szansa dla UE. Chińska zielona transformacja postawiła na skalę produkcji i wzrost ilościowy. Celem UE zatem powinno stać się wzmacnianie konkurencyjności i globalnej odporności przemysłowej, dzięki jakości oferowanych rozwiązań technologicznych i standardom produktów (Yi Wei, 2025).

Dyplomacja klimatyczna UE często spotyka się z oporem regionów zależnych od paliw kopalnych. Tymczasem Chiny skuteczniej łączą rozwój technologii niskoemisyjnych z tradycyjną infrastrukturą, wspierają biedniejsze regiony i oferują wyraźne korzyści społeczno-ekonomiczne (Skalamera, 2025). Europa stawia sobie trudne wyzwania i stara się je realizować równocześnie. Jednoczesna realizacja celów gospodarczych, klimatycznych i tych dotyczących bezpieczeństwa narodowego jest niemożliwa, dlatego kluczowe staje się pytanie, jaką rolę mają odgrywać Chiny jako partner w zielonej transformacji (Lipke et al., 2024). Ta zaś coraz silniej zależy od stabilności i odpowiedniej polityki handlowej. Dominacja prowadzi do zauważalnych wahań cen, opóźnień i presji politycznej w okresach globalnych kryzysów. Kluczowym celem dla UE powinno być budowanie odporności poprzez dywersyfikację dostawców (Si Mohammed et al., 2025). W warstwie deklaratywnej Chiny przedstawiają swoje ambicje klimatyczne jako wyraz troski o dobra publiczne. Jednocześnie tego typu deklaracje pełnią fundamentalną funkcję instrumentu wzmacniania wpływów politycznych zarówno wewnątrz, jak i na arenie międzynarodowej. Z punktu widzenia UE oznacza to, że Chiny z jednej strony mogą być dobrym partnerem w zakresie realizacji formalnych celów dotyczących redukcji emisji, ale należy mieć na szczególnej uwadze fakt, że ambicje tego państwa w znacznym stopniu uzależnione są od ich strategicznych planów i aktualnych uwarunkowań politycznych (Lian i Li, 2024).

Metodyka badań

Celem niniejszej pracy jest identyfikacja oraz ocena kluczowych czynników determinujących przewagę technologiczną Chin w najważniejszych segmentach zielonych technologii. Sformułowano hipotezę główną, zgodnie z którą rosnąca dominacja Chin w sektorze zielonych technologii negatywnie wpływa na konkurencyjność przemysłową Unii Europejskiej oraz ogranicza jej możliwości samodzielnego rozwoju technologicznego. Przyjęto również hipotezy pomocnicze, zakładające, że zwiększające się uzależnienie UE od chińskich technologii niskoemisyjnych może osłabiać bezpieczeństwo ekonomiczne europejskiej gospodarki, szczególnie w sytuacji napięć geopolitycznych i zakłóceń w globalnych łańcuchach dostaw. Ponadto założono, że przewaga kosztowa Chin oraz duża skala produkcji przyczyniają się do stopniowego wypierania europejskich producentów z rynku zielonych technologii, co w dłuższej perspektywie może doprowadzić do umocnienia pozycji Chin jako głównego centrum innowacji w tym sektorze.

Prezentowane materiały przedstawiają dane z lat 2015-2025, co umożliwia zobrazowanie zmian, jakie miały miejsce w przeciągu ostatnich 10 lat. W badaniu zastosowano podejście triangulacyjne, koncentrując się na obszarach o fundamentalnym znaczeniu dla rozwoju technologicznego, tj. fotowoltaice, bateriach litowo-jonowych oraz pojazdach elektrycznych. Badanie przeprowadzono w oparciu o analizę danych wtórnych, pochodzących z ogólnodostępnych baz danych, takich jak Eurostat, Statista czy raportów

branżowych publikowanych m.in. przez International Energy Agency (IEA). Materiał empiryczny stanowiły także dane statystyczne i handlowe dotyczące wolumenu produkcji, mocy wytwórczych oraz bilansu handlowego w wyżej wymienionych sektorach technologicznych.

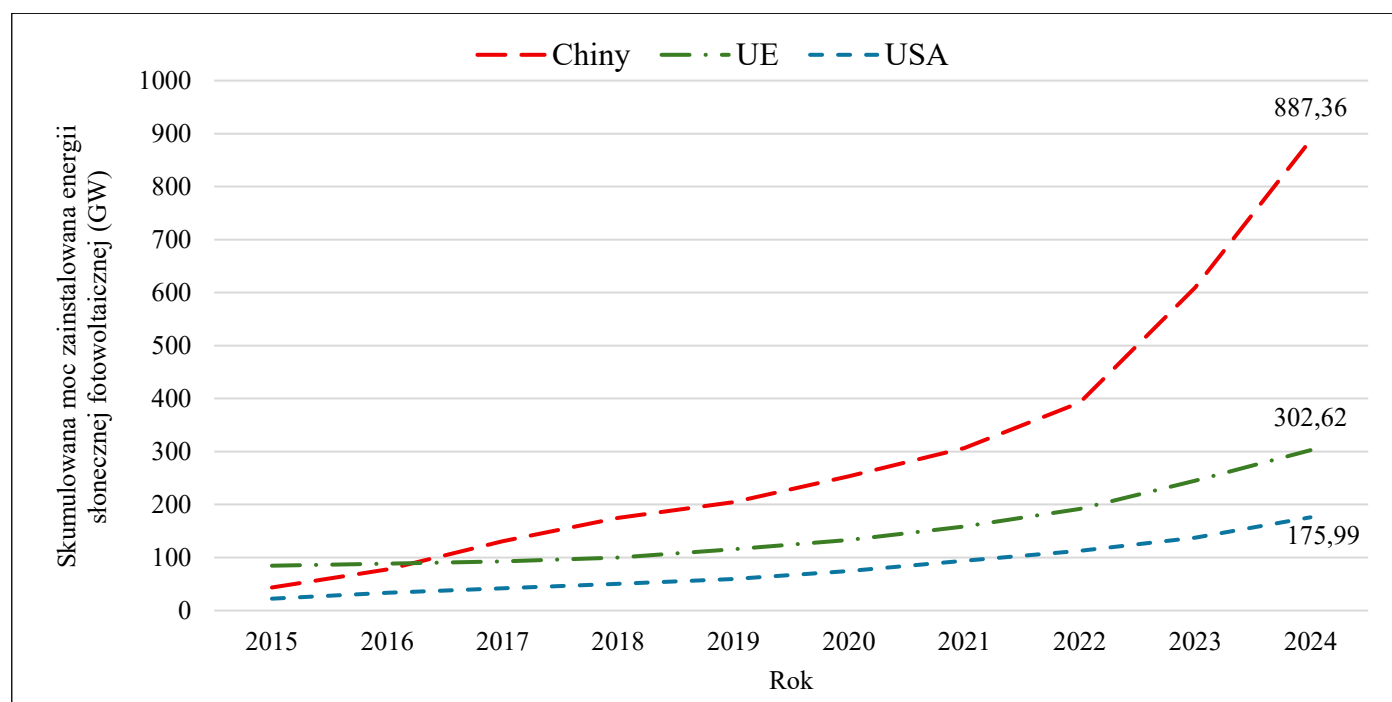
W ramach pracy przeprowadzono analizę dokumentów publikowanych przez kluczowe instytucje Unii Europejskiej, w tym Komisję Europejską oraz Radę Europejską, w celu identyfikacji instrumentów polityki przemysłowej. Na tej podstawie zostały wyodrębnione konkretne wnioski dotyczące podejmowanych działań na rzecz bezpieczeństwa surowcowego, wsparcia produkcji oraz działalności badawczo-rozwojowej. Zastosowana metodyka pozwala ocenić przewagę technologiczną Chin, uwzględniając zarówno skalę ich dominacji w wybranych sektorach, jak i mechanizmy jej utrwalania oraz skutki dla globalnej konkurencji technologicznej.

Kluczowe segmenty technologiczne

Fotowoltaika

Panele fotowoltaiczne są podstawowym komponentem technologii PV, stanowiącej jeden z najważniejszych segmentów rynku zielonych technologii. Obserwowany rozwój technologiczny w tym sektorze sprawił, że nie jest to już wyłącznie element infrastruktury energetycznej, ale strategiczny produkt przemysłowy o rosnącym znaczeniu dla bezpieczeństwa energetycznego i gospodarczego. Wraz z gwałtownym wzrostem wykorzystania energii słonecznej, rośnie także skala wdrożeń m.in. energetyki wiatrowej, wodnej, bioenergii oraz geotermii. To w dłuższej perspektywie przekłada się na systematyczną poprawę efektywności energetycznej. Chiny umiejętnie wykorzystały ten fakt, łącząc politykę przemysłową z masowymi inwestycjami i skalowaniem produkcji. Dzięki temu szybko przekształciły rosnący popyt na odnawialne źródła energii (OZE) w trwałą przewagę technologiczną i kosztową. Według prognoz International Energy Agency (IEA) w perspektywie najbliższej dekady Chiny pozostaną największym rynkiem OZE, odpowiadając za ok. 45-60% nowych instalacji paneli fotowoltaicznych, jednocześnie utrzymując pozycję czołowego producenta większości technologii związanych z odnawialnymi źródłami energii (IEA, 2025).

Rysunek 1. Skumulowana moc energii fotowoltaicznej w latach 2015-2024 w Chinach, USA i UE.

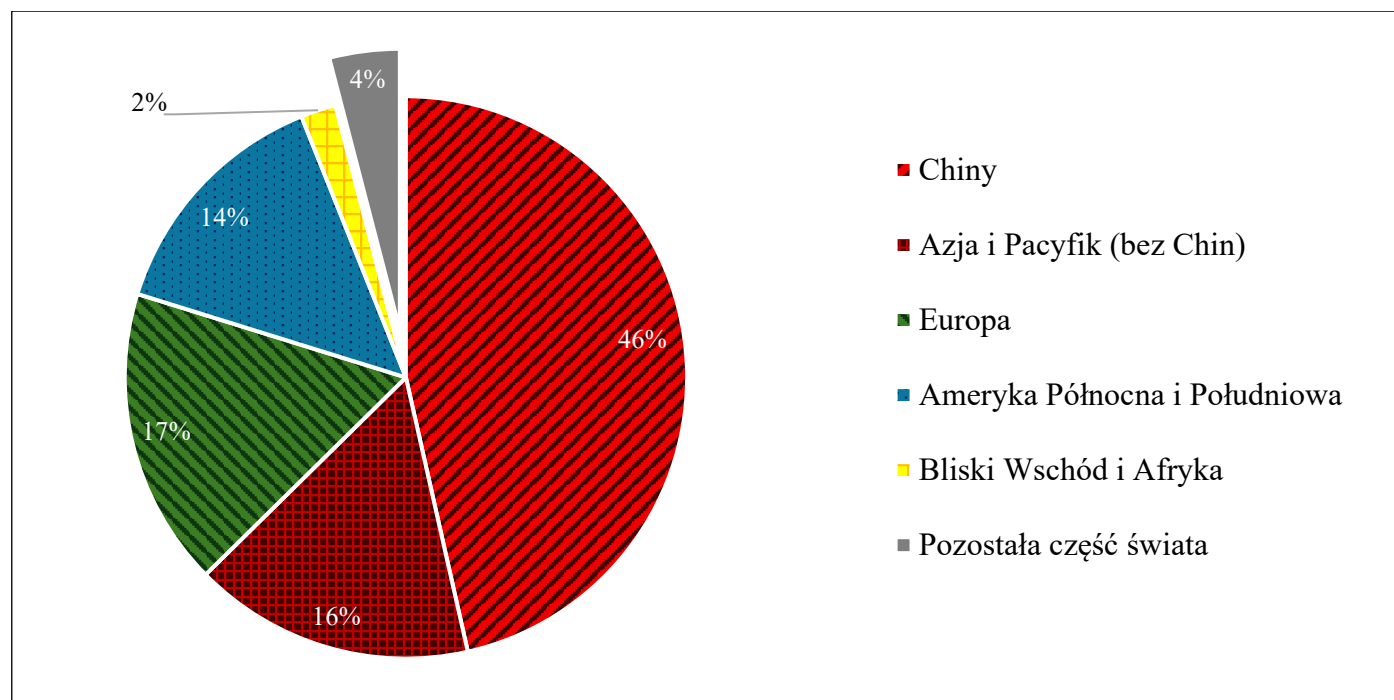


Źródło: Opracowanie na własne na podstawie Renewable Energy Statistics 2025, International Renewable Energy Agency (IRENA).

Rysunek 1 przedstawia poziom skumulowanej mocy zainstalowanej energii słonecznej fotowoltaicznej w latach 2015-2024 w Chinach, Unii Europejskiej oraz Stanach Zjednoczonych, ukazując dynamiczny rozwój fotowoltaiki. We wszystkich analizowanych regionach obserwowany jest wyraźny trend wzrostowy, co potwierdza rosnące znaczenie fotowoltaiki jako jednej z kluczowych zielonych technologii. Unia Europejska, z lekką przewagą, podobnie jak Stany Zjednoczone charakteryzują się umiarkowanym, ale stabilnym wzrostem. Najbardziej dynamiczny wzrost jest jednak obserwowany w Chinach. Tempo przyrostu zainstalowanej mocy fotowoltaicznej po 2020 r. wyraźnie przyspiesza, wzrastając z poziomu ok. 250 GW do 887,36 GW w 2024 r., co zdecydowanie przewyższa poziomy osiągnięte w tym samym roku przez UE (302,62 GW) i USA (175,99 GW). Zróżnicowane tempo wzrostu skumulowanej mocy fotowoltaiki odzwierciedla odmienne strategie rozwoju i wdrażania zielonych technologii oraz zróżnicowanie uwarunkowań technologicznych, ekonomicznych i instytucjonalnych, które kształtują skalę i dynamikę upowszechniania rozwiązań fotowoltaicznych, a szerzej rozwoju całego rynku zielonych technologii. Dane z Rysunku 1 potwierdza także globalny rozkład nowych instalacji fotowoltaicznych zaprezentowany na Rysunku 2.

W 2024 r. największy udział w przyrostach mocy fotowoltaicznej należał do Chin, które odpowiadały aż za 46% przyrostów globalnych mocy fotowoltaicznych. Na drugim miejscu znalazła się Europa, jednak z wartością zaledwie 17%. Przy tej skali zróżnicowania zasadnicza koncentracja i kumulacja wzrostu mocy pozostają po stronie Chin, które utrzymują dominującą pozycję w rozwoju fotowoltaiki.

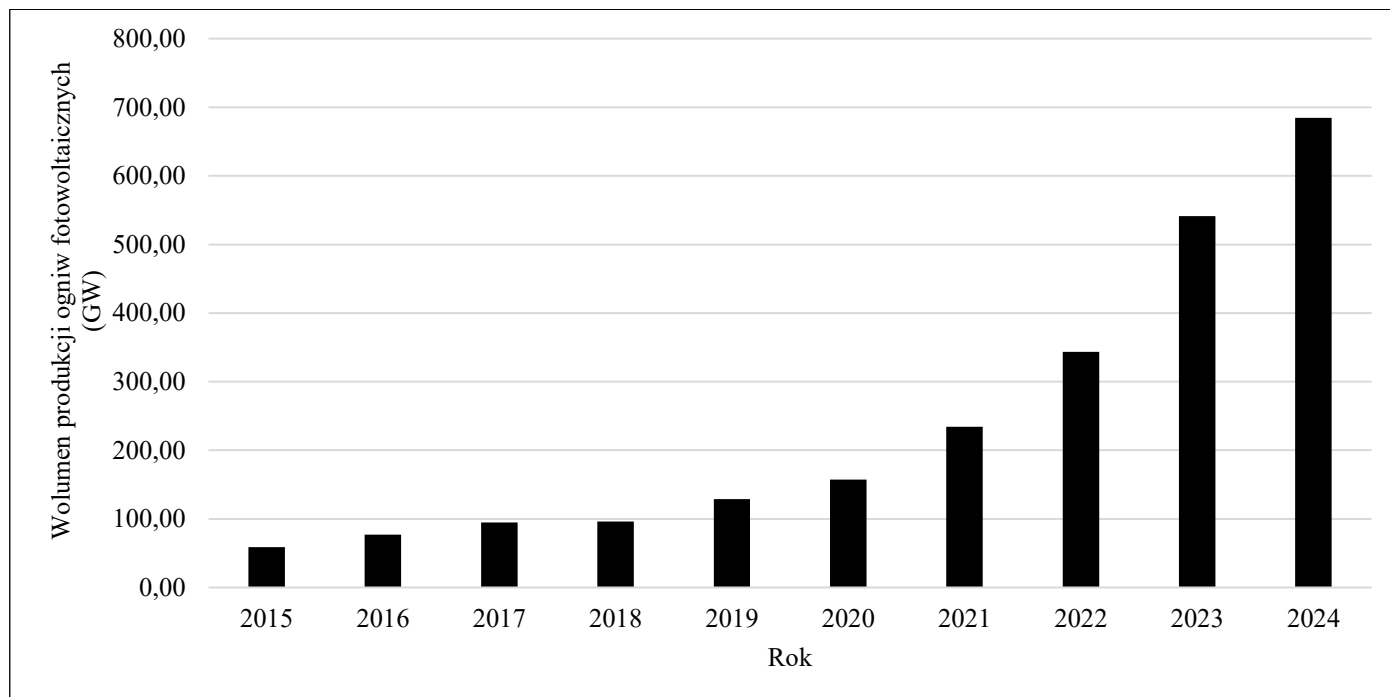
Rysunek 2. Udział regionów w globalnych przyrostach mocy fotowoltaicznej w 2024 roku.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Statista (2025, kod: 1260812).

Chiny charakteryzują się nie tylko bardzo wysokim poziomem zainstalowanej mocy fotowoltaicznej, lecz także znacznym udziałem własnej produkcji tej technologii, co potwierdzają dane dotyczące wolumenu krajowej produkcji przedstawione na Rysunku 3.

W analizowanym okresie w Chinach produkcja ogniw fotowoltaicznych systematycznie się zwiększała (Rysunek 3). Na przestrzeni niespełna dekady wzrosła ona z poziomu około 58,63 GW w 2015 r. do aż 684,50 GW w 2024 r. Od 2022 r. wolumen produkcji ogniw charakteryzował się dużą dynamiką, ponieważ rósł rok do roku w następującym tempie: 46,82% w 2022 r., 57,48% w 2023 r. oraz 26,49% w 2024 r.

Rysunek 3. Wolumen produkcji ogniw słonecznych w Chinach w latach 2015–2024.

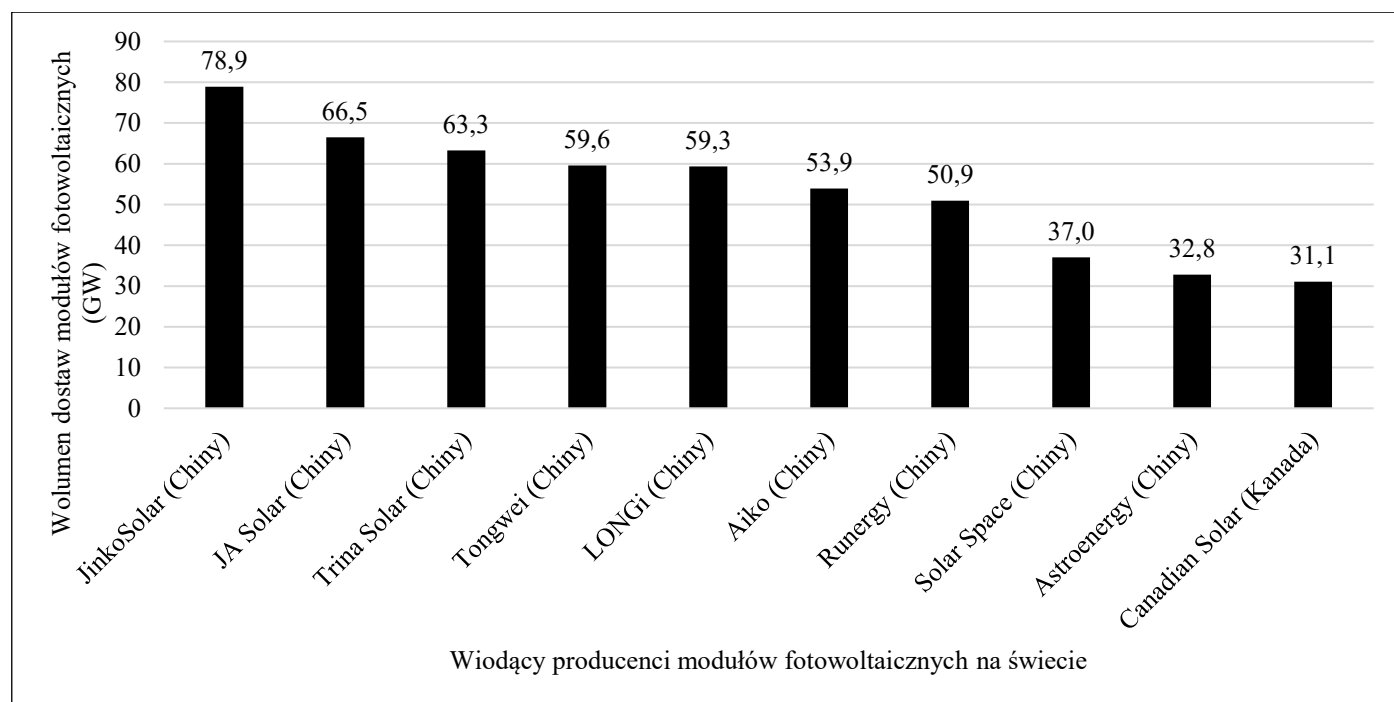
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Statista (2025, kod: 1482069).

Próbując wskazać globalnych liderów technologicznych w obszarze zielonych technologii, kluczowe jest przeanalizowanie struktury rynku producentów technologicznych. Kumulacja liderów przekłada się na koncentrację produkcji i jej skalę, co determinuje tempo rozwoju i wzrostu, dostępność oraz konkurencyjność technologii. Rysunek 4 prezentuje największych producentów modułów fotowoltaicznych na świecie w 2024 r. według wielkości dostaw. Należy zauważyć, że spośród przedstawionych dziesięciu liderów, aż dziewięć największych firm to przedsiębiorstwa chińskie, na czele z JinkoSolar, którego dostawy w 2024 r. wyniosły około 78,9 GW. Biorąc pod uwagę skumulowaną wartość, to łączna wielkość dostaw modułów fotowoltaicznych przez producentów pochodzenia chińskiego w 2024 r. wyniosła aż 502,20 GW. Jedynym producentem wybijającym się z chińskiej dominacji jest firma Canadian Solar z produkcją na poziomie 31,10 GW.

Czynnikami determinującymi dominację gospodarek w sektorze nowych technologii są nie tylko przewagi związane z rozwiązaniami technologicznymi i patentami, ale także przewagi wynikające z korzystnych uwarunkowań kosztowych, co zostało zaprezentowane w Tabeli 1. W oparciu o scenariusz *Current Policies*¹ można zauważyć istotne zróżnicowanie tych parametrów (IEA, 2025). Zestawione dane jednoznacznie wskazują, że Chiny charakteryzują się najniższymi kosztami inwestycyjnymi zarówno w segmencie instalacji wielkoskalowych (ang. utility-scale), jak i instalacji fotowoltaicznych na budynkach. Wcześniej przedstawione dane dotyczące skumulowanej mocy zainstalowanej oraz regionalnych przyrostów mocy potwierdzają, że Chiny odpowiadają za największą część nowych instalacji fotowoltaicznych na świecie, bo za niemal połowę globalnych przyrostów. Biorąc pod uwagę ich skalę produkcji ogniw fotowoltaicznych w Chinach, zauważalna jest ich kosztowa przewaga. Już w 2024 roku koszty inwestycyjne w Chinach były istotnie niższe niż w USA i UE, a dostępne prognozy wskazują na dalsze pogłębianie się tej przewagi w kolejnych latach. Równocześnie roczne koszty eksploatacji i utrzymania w Chinach pozostają na relatywnie niskim i stabilnym poziomie, co dodatkowo wzmacnia konkurencyjność tej technologii.

¹ Scenariusz *Current Policies* uwzględnia obowiązujący w danym momencie zestaw polityk i regulacji oraz przedstawia ostrożną perspektywę tempa, w jakim nowe technologie energetyczne są wdrażane i integrowane z systemem energetycznym (IEA, *World Energy Outlook 2025*).

Rysunek 4. Najwięksi producenci modułów fotowoltaicznych na świecie w 2024 roku według wielkości dostaw (w GW).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Statista (2025, kod: 269741).

Tabela 1. Prognozy nakładów inwestycyjnych oraz rocznych kosztów eksploatacji instalacji fotowoltaicznych.

Fotowoltaika – instalacje wielkoskalowe (utility-scale)						
Region	Nakłady inwestycyjne (USD/kW)			Roczne koszty eksploatacji i utrzymania (USD/kW)		
	2024	2035	2050	2024	2035	2050
USA	1 060	680	570	16	16	16
UE	760	480	410	12	10	10
Chiny	590	360	290	10	10	10
Fotowoltaika – instalacje na budynkach						
Region	Nakłady inwestycyjne (USD/kW)			Roczne koszty eksploatacji i utrzymania (USD/kW)		
	2024	2035	2050	2024	2035	2050
USA	1 000	640	550	14	14	14
UE	3 300	2 140	1 840	50	46	44
Chiny	660	390	320	12	10	10

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych International Energy Agency (2025).

Baterie litowo-jonowe

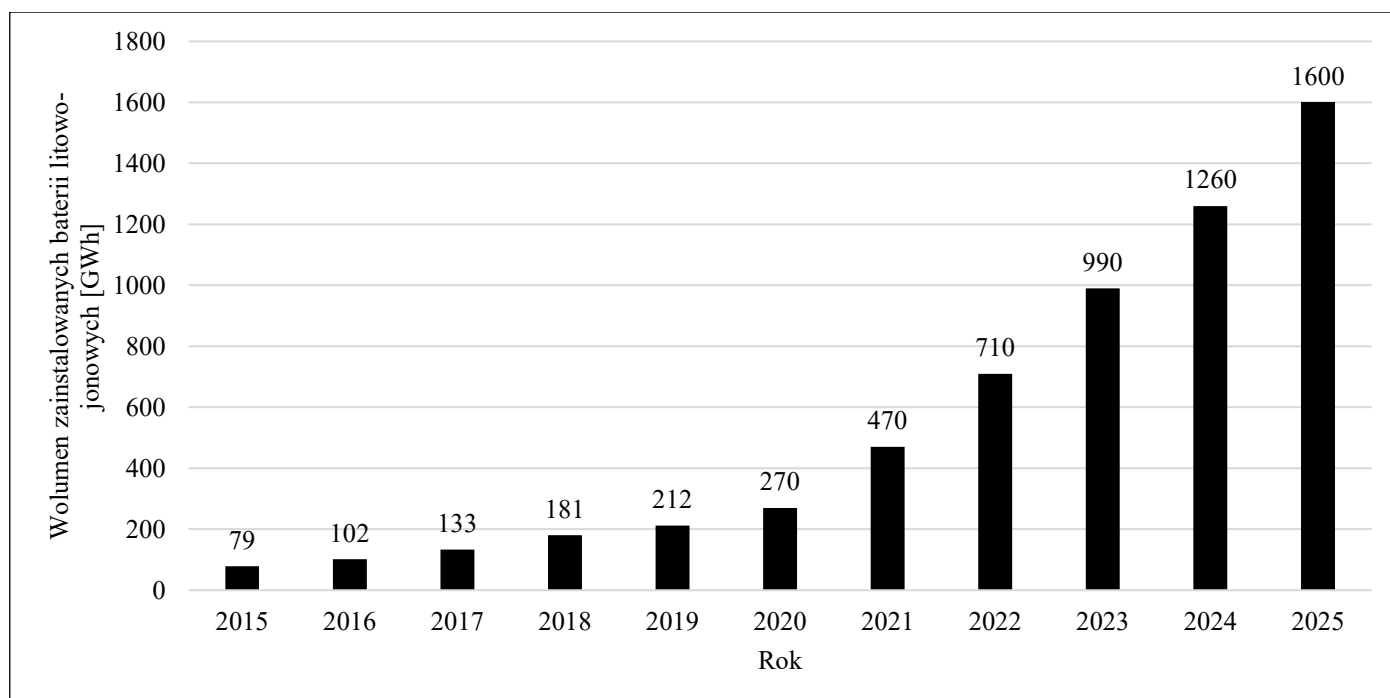
Baterie litowo-jonowe (li-ion) stanowią obecnie kluczową technologię magazynowania energii. W 2025 r. wartość światowego rynku baterii li-ion przekroczyła 150 mld dolarów, osiągając wynik wyższy o ponad 20% w stosunku do roku poprzedniego (IEA, 2026). Chińskie przedsiębiorstwa są liderem w produkcji i przetwarzaniu baterii. UE stara się zwiększyć swoją rolę w globalnym łańcuchu dostaw w tym sektorze, m.in. lokując produkcję komponentów niezbędnych do produkcji baterii w Europie (Gong et al., 2026). Nie można

jednak zapominać, że równocześnie chińskie przedsiębiorstwa produkujące baterie do pojazdów elektrycznych również dynamicznie rozszerzają swoją działalność na rynku europejskim (Gong et al., 2026).

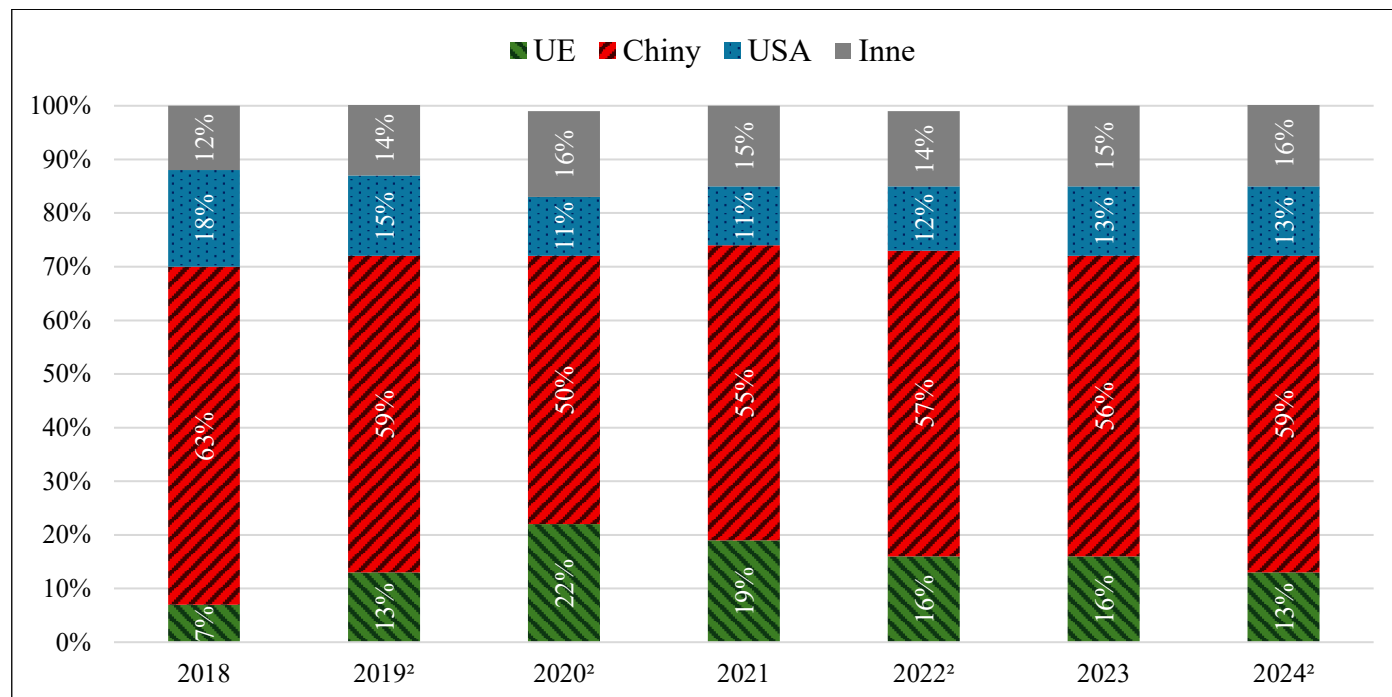
Baterie znajdują zastosowanie w wielu kluczowych obszarach przemysłowych i strategicznych, od motoryzacji i elektroniki użytkowej po systemy AI oraz rozwiązania militarno-obronne. W rezultacie baterie stają się jednym z fundamentów infrastruktury technologicznej współczesnych gospodarek (IEA, 2026). Obserwowany w ostatnich latach spadek kosztów produkcji baterii, w połączeniu z rozszerzającym się zakresem ich zastosowań, sprzyja dynamicznemu wzrostowi globalnego popytu na te technologie. Rysunek 5 przedstawia szybki wzrost globalnego zapotrzebowania na baterie li-ion na przestrzeni 10 lat.

W ciągu dekady wykorzystanie baterii wzrosło ponad dwudziestokrotnie, osiągając w 2025 r. instalacje na poziomie 1600 GWh. Baterie znajdują zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, jednak w ostatnich latach ich kluczowym obszarem wykorzystania stał się sektor motoryzacyjny, ponieważ pojazdy elektryczne odpowiadają za ponad 70% całkowitego wykorzystania akumulatorów litowo-jonowych (IEA, 2026).

Rysunek 5. Globalny wolumen instalacji baterii litowo-jonowych w latach 2015-2025.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych International Energy Agency (2026).

Rysunek 6. Popyt na baterie litowo-jonowe do pojazdów elektrycznych w latach 2018-2024.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Global EV Outlook 2025².

Rosnący popyt na baterie jest bardzo mocno skoncentrowany geograficznie. W latach 2018-2024 struktura globalnego popytu na baterie do pojazdów elektrycznych charakteryzowała się dominującą pozycją Chin, których udział przekraczał połowę światowego zapotrzebowania. Analiza danych przedstawionych na Rysunku 6 pokazuje, że udział Stanów Zjednoczonych w globalnym popycie na baterie utrzymuje się na stałym i relatywnie niskim poziomie, oscylując w latach 2020-2024 średnio wokół 12%. W przypadku Unii Europejskiej obserwowano wzrost udziału od 2018 r. do 2020 r. Jednak w kolejnych latach nastąpiło jego stopniowe obniżenie, co świadczy o osłabieniu pozycji Unii w strukturze światowego zapotrzebowania i wykorzystania baterii do pojazdów elektrycznych.

Chiny wyróżniają się nie tylko najwyższym zapotrzebowaniem na baterie, ale również ich największą globalną produkcją. W 2025 roku chińskie przedsiębiorstwa dominowały w strukturze rynkowej tego sektora, odpowiadając za niemal 75% globalnej produkcji baterii. Szczegółowy rozkład przedsiębiorstw odgrywających kluczową rolę na globalnym rynku baterii przedstawiono w Tabeli 2.

Zdecydowanym liderem w produkcji baterii jest firma CATL z udziałem niemal 40% rynku (Tabela 2). Drugą co do wielkości jest chińska firma BYD z udziałem ponad 20%. Przedsiębiorstwa koreańskie i japońskie łącznie generują niecałe 20% udziału. Chińska przewaga w tym sektorze została dodatkowo wzmocniona przez korzystne uwarunkowania rynkowe. Niskie ceny surowców mineralnych doprowadziły do spadku cen akumulatorów, jednak spadki te były wyraźnie zróżnicowane. W 2024 r. ceny w Chinach obniżyły się o blisko 30%, podczas gdy w Europie i Stanach Zjednoczonych spadek wyniósł jedynie 10-15% (IEA, 2025). Dysproporcja ta pogłębiła różnice kosztowe między rynkami i przełożyła się na dalsze umocnienie przewagi konkurencyjnej chińskich producentów baterii oraz pojazdów elektrycznych (IEA, 2025). Różnice te wynikały głównie z efektywniejszej redukcji kosztów, innowacji technologicznych zwiększających efektywność produkcji, dostępu do wykwalifikowanej siły roboczej i głębokiej integracji łańcucha dostaw.

² Lata 2019, 2020, 2022 i 2024 nie sumują się do 100%, ze względu na błąd zaokrąglenia w danych z strony <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-vehicle-battery-demand-by-region-2018-2024>

Tabela 2. Udział rynkowy największych producentów baterii litowo-jonowych w 2025 r.

Kraj	Producent	Udział rynkowy	Skumulowany udział rynkowy
Chiny	CATL	39,20 %	74,50 %
	BYD	20,50 %	
	CALB	5,30 %	
	Gotion High-Tech	4,50 %	
	Eve Energy	2,60 %	
	Svolt	2,40 %	
Korea Płd.	LG Energy Solution	9,20 %	15,40 %
	SK On	3,80 %	
	Samsung SDI	2,40 %	
Japonia	Panasonic	3,70 %	3,70 %

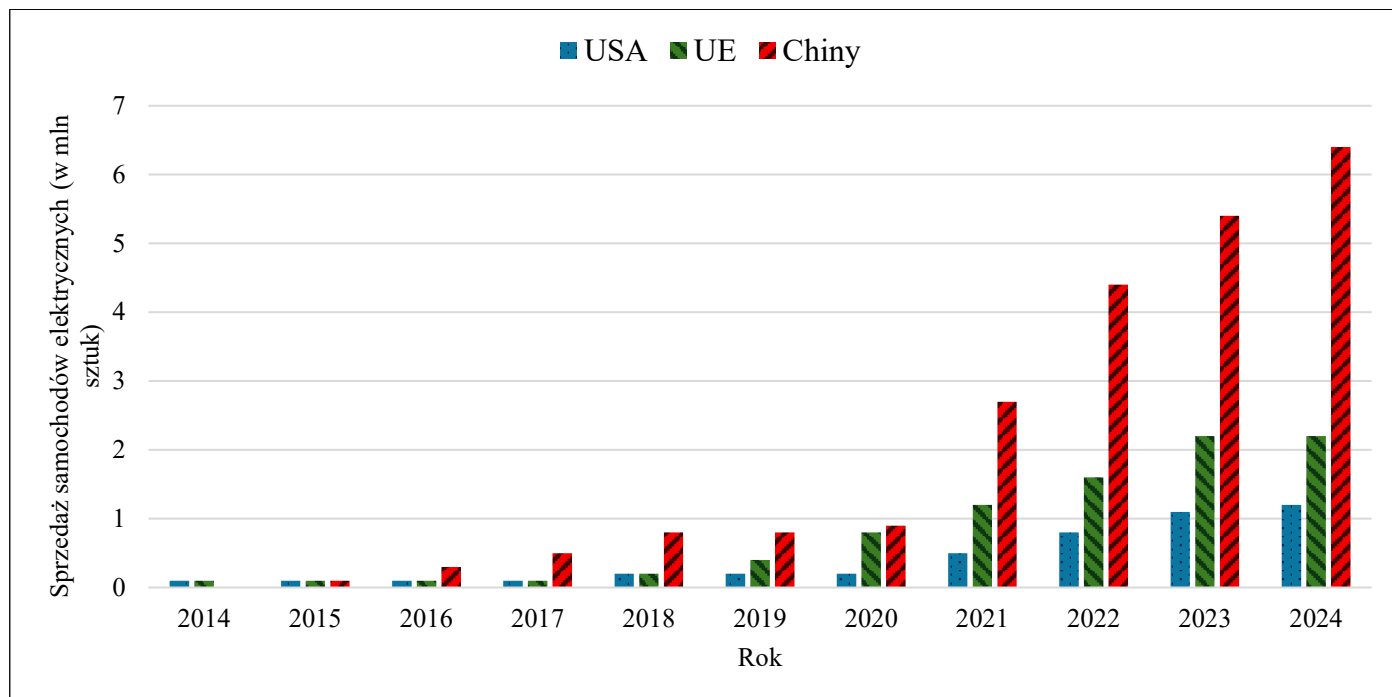
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych SNE Research (2025).

Chińscy producenci konsekwentnie rozwijają innowacje w zakresie chemii oraz efektywności baterii, wyznaczając nowe standardy technologiczne i podnosząc barierę konkurencyjną dla pozostałych uczestników rynku. Chiny posiadają wyraźnie dominującą pozycję w zakresie rafinacji i przetwórstwa kluczowych minerałów wykorzystywanych do produkcji komponentów baterijnych. W 2024 roku odpowiadały za 80% globalnej produkcji ogniw baterijnych, a ponadto dominowały w wytwarzaniu urządzeń do produkcji baterii litowo-jonowych (IEA, 2025).

Samochody elektryczne

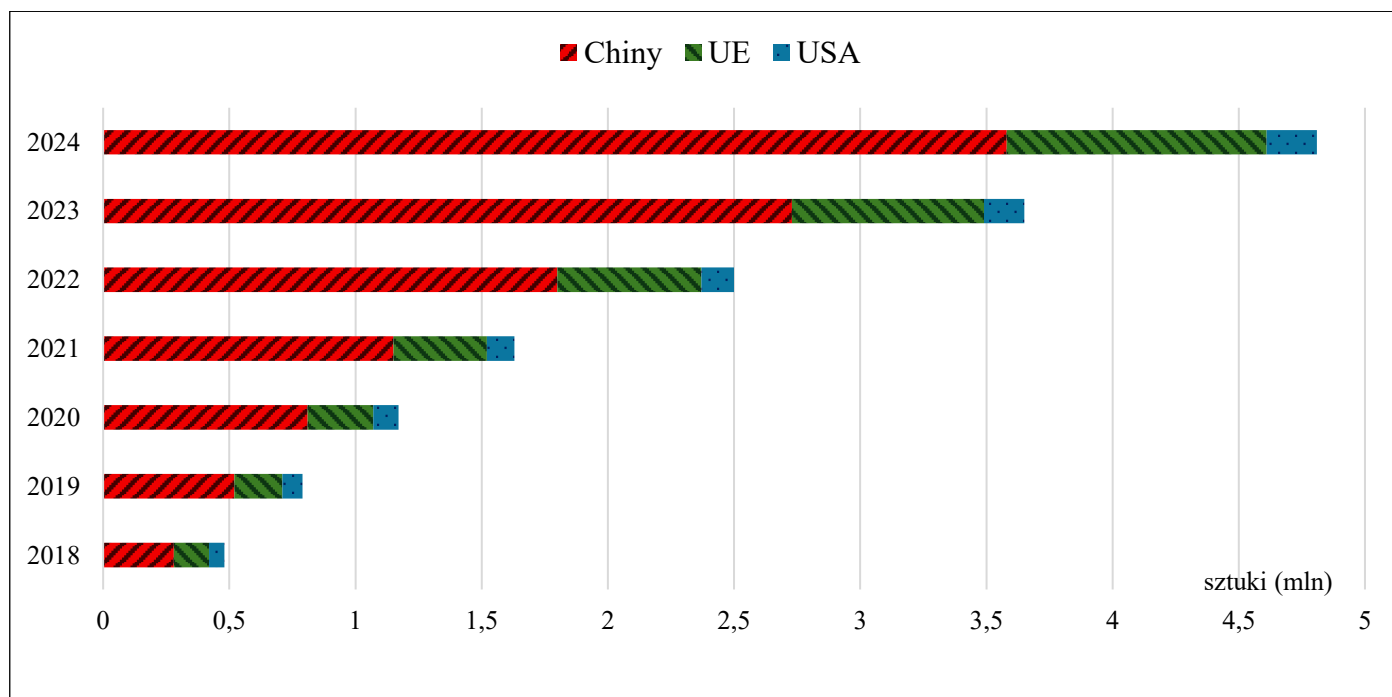
Charakteryzowany wcześniej rynek baterii litowo-jonowych pozostaje w bezpośrednim związku z kolejną istotną zieloną technologią, w której Chiny również osiągają bardzo dobre wyniki. Baterie są nierozdzielnie powiązane z rozwojem samochodów elektrycznych, stanowiąc ich kluczowy komponent technologiczny i kosztowy. Skala tego powiązania widoczna jest w danych dotyczących zużycia energii. W 2024 r. globalna flota pojazdów elektrycznych zużyła około 180 TWh energii elektrycznej, co oznacza wzrost o blisko 60% w porównaniu z rokiem poprzednim (Global EV Outlook, 2025). Dynamika ta sugeruje zwiększanie znaczenia tego segmentu w kształtowaniu struktury światowego zapotrzebowania na energię. Tendencja ta będzie się pogłębiać, biorąc pod uwagę wzrost sprzedaży samochodów elektrycznych, który został zaprezentowany na Rysunku 7. Na przestrzeni ostatnich dziesięciu lat bardzo dokładnie widać, jak sektor samochodów elektrycznych się rozwijał. Globalna sprzedaż EV w 2024 r. wynosiła prawie 10 milionów sztuk, z czego 6,4 miliona to pojazdy chińskie. Chiny bardzo dobrze radzą sobie również w zakresie wdrażania elektrycznych samochodów ciężarowych. W 2024 roku odpowiadały za ponad 90% globalnej sprzedaży elektrycznych ciężarówek średniej ładowności (International Council on Clean Transportation, 2025).

Już od dawna przemysł motoryzacyjny uważany był przez chińskie władze za strategiczny obszar działalności gospodarczej. Organy administracji publicznej zarówno na szczeblu państwowym, jak i lokalnym wdrożyły wiele polityk mających na celu promowanie rozwoju tego sektora (Li et al., 2022). Oferowane liczne programy wsparcia finansowego wywarły bardzo pozytywny wpływ na sprzedaż samochodów elektrycznych na chińskim rynku (Shang et al., 2024). Chiny odnotowały największe bezwzględne wydatki publiczne wspierające branżę motoryzacyjną. Ich całkowita kwota do 2024 r. była szacowana na 2,7 mld dolarów (Global EV Outlook, 2025).

Rysunek 7. Sprzedaż samochodów elektrycznych według regionu w latach 2014-2024.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Global EV Outlook 2025.

Chiny nie dominują wyłącznie w sprzedaży, ale także w produkcji EV. W 2024 r. na całym świecie wyprodukowano aż 17,3 mln samochodów elektrycznych, czyli o około 25% więcej w stosunku do roku poprzedniego (Global EV Outlook, 2025). Wysokie wyniki w dużej mierze wynikają z dominującej roli chińskiego przemysłu motoryzacyjnego, który osiągnął produkcję na poziomie 12,4 mln pojazdów, co przełożyło się na około 72% udziału w globalnej produkcji. Pomaga to popularności EV w Chinach.

Rysunek 8. Globalna liczba publicznych punktów ładowania w latach 2018–2024.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Global EV Outlook 2025.

Chiny od samego początku bardzo strategicznie podchodziły do wdrażania elektromobilności, zapewniając odpowiedni poziom infrastruktury niezbędnej do obsługi samochodów. W 2024 r. liczba punktów do ładowania przekroczyła tam 3,5 mln. W tym samym czasie w Europie liczba takich punktów kształtowała się na poziomie trochę powyżej 1 mln. Na tym tle zdecydowanie słabiej wypadają Stany Zjednoczone, gdzie w 2024 roku liczba punktów ładowania wyniosła około 0,2 mln. Dodatkowym potwierdzeniem dalszego rozwoju branży samochodów elektrycznych są również przewidywania dotyczące redukcji emisji spalin. Prognozy pokazują, że globalne emisje z transportu drogowego i zużycie paliw płynnych osiągnęły szczyt w 2025 r. Sugerowane spadki związane są z redukcją emisji spalin wynikającą z poprawy efektywności pojazdów i elektryfikacji na dużych rynkach, takich jak Chiny i Unia Europejska (International Council on Clean Transportation, 2025).

Strategiczne mechanizmy budowania przewagi technologicznej

Rola surowców krytycznych i rafinacji metali ziem rzadkich

Surowce krytyczne, w tym metale ziem rzadkich (REE, ang. rare earth elements), odgrywają kluczową rolę w rozwoju nowoczesnych technologii, zwłaszcza w sektorze energetyki odnawialnej oraz elektromobilności. To właśnie one są niezbędne m.in. do produkcji samochodów elektrycznych, turbin wiatrowych i silników. Nie są to zwykłe surowce przemysłowe, a materiały o wysoce strategicznej pozycji dla przyszłości gospodarek (Ningappa et al., 2025). Szczególne znaczenie ma nie tylko ich wydobycie, lecz przede wszystkim proces rafinacji, który decyduje o dostępności tych zasobów i kształtuje globalne zależności gospodarcze. Większość niezbędnych minerałów jest wydobywana i przetwarzana poza UE. Raporty publikowane przez IEA wskazują, że Chiny są głównym rafinerem dla 19 z 20 strategicznych minerałów, ze średnim udziałem ok. 70% w rafinacji (IEA, 2025). Nie dotyczy to wyłącznie pierwiastków ziem rzadkich (REE), lecz wpisuje się w szerszy wzorec chińskiej dominacji w przetwarzaniu minerałów krytycznych. Przykładowo dostarczają oni aż 97% magnezu. Chiny zajmują silną pozycję nie tylko w separacji i rafinacji REE, ale również w przetwarzaniu innych surowców strategicznych, takich jak lit, kobalt, grafit, mangan czy nikiel (Xu et al., 2025). Oznacza to, że przewaga Chin nie opiera się wyłącznie na dostępie do zasobów naturalnych, lecz przede wszystkim na kontroli kluczowych etapów całego procesu, tj. rafinacji, oczyszczania, separacji chemicznej i produkcji materiałów o wysokiej wartości dodanej.

Tak ukształtowany monopol na niektóre surowce stanowi wyzwanie dla strategicznej autonomii UE i podkreśla potrzebę zwiększenia produkcji krajowej i bardziej efektywnego wykorzystania zasobów (European Court of Auditors, 2026). Wraz z rosnącym znaczeniem zielonych technologii i ograniczeniami na rynku surowców przewiduje się wzrost cen oraz wyraźne zwiększenie popytu na te surowce. (Balaram, 2019). Unia Europejska dąży do osiągnięcia neutralności klimatycznej, czyli zerowej emisji netto do 2050 r. W związku z tym wyznacza ambitne cele w zakresie polityki energetycznej. Dąży ona do rozwoju w wyżej wymienionych sektorach zielonych technologii i wytwarzania do 2030 r. co najmniej 42,5% energii ze źródeł odnawialnych (European Court of Auditors, 2026). Należy jednak wziąć pod uwagę trudności związane z uniezależnieniem się od dostaw z Chin. Wiele innych źródeł pozyskiwania niezbędnych surowców jest krótkookresową alternatywą. Brak subsydialności wynika z ograniczonych mocy produkcyjnych, wyższych kosztów oraz braku rozwiniętej infrastruktury rafinacyjnej poza Chinami. Dlatego realne zmniejszenie zależności wymaga nie tylko dywersyfikacji importu, ale budowy całego krajowego łańcucha wartości: od wydobycia, przez rafinację i recykling, po produkcję komponentów dla zielonych i zaawansowanych technologii (Oka, 2025).

Przewaga Chin w sektorze metali ziem rzadkich ma złożony charakter i nie wynika wyłącznie z samego wydobycia. Jak wskazują Chen et al., zasoby REE nie są ograniczone jedynie do Chin, a w ostatnich latach coraz większą rolę w globalnym wydobyciu odgrywają także inne państwa, w tym Stany Zjednoczone. Kluczowe znaczenie ma jednak fakt, że Chiny nadal dominują w dalszych etapach łańcucha wartości, zwłaszcza w rafinacji, separacji i przetwarzaniu metali ziem rzadkich. Relacja między Chinami a Stanami Zjednoczonymi staje się więc coraz bardziej współzależna. Stany Zjednoczone dostarczają Chinom znaczną część surowców, natomiast Chiny pełnią funkcję głównego centrum ich przetwarzania i wykorzystują je w

produkcji komponentów dla technologii niskoemisyjnych, takich jak magnesy trwałe, turbiny wiatrowe czy silniki pojazdów elektrycznych. W tym sensie chińska przewaga w zielonych technologiach nie opiera się jedynie na produkcji gotowych wyrobów, lecz także na kontroli strategicznych etapów łańcucha wartości metali ziem rzadkich (Chen et al., 2024).

Nowe obszary rozwoju zielonych technologii

Wybrane wyżej obszary zielonych technologii to obecnie główne kierunki rozwoju tej branży, biorąc pod uwagę skalę produkcji oraz globalny popyt. Niemniej jednak stale prowadzone są liczne badania nad nowatorskimi rozwiązaniami, które rewolucjonizują nasze postrzeganie zielonych technologii. W obszarze nowoczesnych rozwiązań transportowych szczególnie widoczna jest dominacja krajów azjatyckich. Jeśli chodzi o największe ośrodki aktywności innowacyjnej, to są: Chiny, Japonia, Korea Południowa, ale również Stany Zjednoczone oraz Niemcy. Te pięć krajów odpowiada za 90% wszystkich zgłoszeń patentowych, w tym wielu z zakresu zielonych technologii (World Intellectual Property Organization, 2025). Chiny już teraz należą do liderów światowych innowacji, lecz także w coraz większym stopniu wyznaczają długookresowe kierunki i standardy rozwoju tych technologii.

Jedną z chińskich strategii długoterminowych jest tzw. gospodarka niskiego pułapu, która stanowi jeden z najbardziej zaawansowanych przykładów rozszerzania chińskiej dominacji w sektorze zielonych technologii. Ich strategia polega na przejściu od produkcji pojedynczych produktów do budowy zintegrowanych ekosystemów technologicznych. Jednym z najważniejszych aspektów gospodarki niskiego pułapu jest rozszerzenie elektryfikacji transportu na przestrzeń powietrzną (Shusen i Gan, 2025). Badania Wang i Gana pozwalają uznać gospodarkę niskiego pułapu za przykład nowej generacji zielonych technologii, w której elektryfikacja transportu zostaje połączona z lotnictwem, sztuczną inteligencją, komunikacją satelitarną i infrastrukturą miejską. W tym ujęciu chińska dominacja technologiczna nie polega wyłącznie na produkcji paneli fotowoltaicznych, baterii czy samochodów elektrycznych, lecz na tworzeniu zintegrowanych ekosystemów przyszłej mobilności. Szczególne znaczenie mają tu eVTOL (ang. electric vertical take-off and landing), czyli elektryczny statek powietrzny pionowego startu i lądowania, drony oraz systemy autonomicznego sterowania (Shusen i Gan, 2025). Jednocześnie autorzy pokazują, że rozwój tego sektora wymaga dalszych inwestycji w infrastrukturę, regulacje oraz technologie rdzeniowe, zwłaszcza chipy, silniki i sensory. Wielu autorów podkreśla szerokie zastosowanie eVTOL m.in. jako bardziej zrównoważona alternatywa dla tradycyjnych helikopterów w transporcie miejskim (Meng et al., 2025). Jego przewagi obejmują niższy hałas, niższe koszty eksploatacji, brak lokalnych emisji oraz możliwość operowania z mniejszych przestrzeni miejskich.

Głównym ośrodkiem rozwoju tych technologii jest miasto Shenzhen. Wciąż jednak istnieje wiele barier technologicznych i problemów, które blokują rozwój tych rozwiązań; niemniej jednak prace nad ich wdrożeniem skupione są w Chinach (Xu et al., 2025). Chiny rozwijają zdolności technologiczne wielowymiarowo, nie ograniczając się wyłącznie do klasycznych sektorów zielonej transformacji, takich jak elektromobilność czy odnawialne źródła energii, lecz inwestując również w obszary komplementarne, m.in. sztuczną inteligencję. Ma to kluczowe znaczenie, ponieważ zielone technologie przyszłości nie będą opierały się jedynie na produkcji elektrycznych pojazdów, lecz coraz częściej na inteligentnych systemach zarządzania mobilnością, infrastrukturą i przepływem danych (Hu et al., 2026).

Dyskusja

Przeprowadzona analiza wskazuje wyraźnie, że Chiny osiągnęły znaczący sukces w rozwoju zielonych technologii, a ich działania skierowane są na dalszy rozwój wielu innowacji dot. m.in. technologii wodorowych czy eVTOL. Dotychczasowe badania podkreślają, że rozwój technologii, takich jak panele fotowoltaiczne, baterie i pojazdy elektryczne wymagają dostępu do surowców krytycznych, zaawansowanych komponentów oraz stabilnych łańcuchów dostaw. W literaturze przedmiotu często podkreśla się, że Chiny osiągnęły przewagę dzięki długofalowej polityce przemysłowej, subsydiom, kontroli nad łańcuchami dostaw oraz konsekwentnemu wspieraniu strategicznych sektorów gospodarki. Wyniki przeprowadzonych badań są

zgodne z tym kierunkiem i pokazują, że z jednej strony rozwój chińskich technologii przyspiesza i ułatwia globalne zmiany w obszarze zielonych technologii, umożliwiając masową produkcję tańszych paneli fotowoltaicznych, baterii oraz pojazdów elektrycznych. Z drugiej strony analiza ujawnia, że ta sama przewaga technologiczno-produkcyjna prowadzi do wzrostu zależności państw europejskich od chińskich dostawców. W tym sensie pozytywny wpływ rozwoju Chin w tym obszarze staje się równocześnie źródłem wyzwań dla UE. w kontekście bezpieczeństwa surowcowego.

Uzyskane wyniki wskazują, że przewaga Chin nie dotyczy wyłącznie skali eksportu gotowych produktów, lecz obejmuje również produkcję baterii, pojazdów elektrycznych, komponentów dla odnawialnych źródeł energii oraz przetwarzanie surowców krytycznych. Oznacza to, że rynek europejski w znacznym stopniu opiera się na technologiach i zasobach, nad którymi UE nie posiada pełnej kontroli. Istnieje zasadność twierdzenia, że w przyszłości Chiny mogą stać się głównym ośrodkiem innowacji w sektorze zielonych technologii. Dotychczas przewaga Chin była często kojarzona przede wszystkim z masową produkcją i zdolnością do obniżania kosztów. Wyniki pracy wskazują jednak, że coraz większe znaczenie ma także rosnący potencjał innowacyjny Chin, widoczny w rozwoju technologii baterii, elektromobilności, energetyki odnawialnej oraz rozwiązań związanych z zielonym przemysłem.

Wnioski

Przeprowadzona analiza dostarcza dowodów, że Chiny odgrywają kluczową rolę w globalnym rozwoju technologii zielonych. Ich działania obejmują innowacje, produkcję, sprzedaż i dystrybucję, a nawet kontrolę nad globalnymi łańcuchami dostaw niezbędnych surowców krytycznych. Zidentyfikowane mechanizmy dominacji wskazują, że przewaga ta wynika nie tylko ze skali rynku, lecz także z celowej, długofalowej strategii państwowej, co niesie istotne konsekwencje dla gospodarki światowej. Sukces ten został podyktowany kilkoma czynnikami. Duże znaczenie odegrała aktywna i dobrze zaplanowana polityka państwowa, która od dziesięcioleci wpiera rozwój strategicznych sektorów m.in. przez różnego rodzaju subsydia, wprowadzane regulacje, ale także inwestycje infrastrukturalne.

Przyjęta w pracy hipoteza główna została potwierdzona. Chińska dominacja w sektorze zielonych technologii rzeczywiście prowadzi do osłabienia konkurencyjności przemysłowej Unii Europejskiej, ponieważ ogranicza możliwości samodzielnego rozwijania kluczowych technologii, produkcji komponentów oraz kontroli nad strategicznymi segmentami łańcucha wartości.

W dłuższym horyzoncie czasowym skutki dominacji Chin mogą stanowić dla Europy zarówno czynnik stymulujący dalszy rozwój, jak i źródło wyzwań oraz napięć geopolitycznych. W odpowiedzi na te uwarunkowania gospodarki, takie jak Unia Europejska oraz Stany Zjednoczone, powinny szczególnie zatroszczyć się o działania ukierunkowane na dywersyfikację łańcuchów dostaw oraz ograniczenie poziomu zależności surowcowych. Sukces polityki niezależności musi obejmować także długoterminowe strategie dotyczące budowania własnych kompetencji technologicznych i ich rozwoju na lokalnych rynkach.

Dalsze badania powinny koncentrować się głównie na odkrywaniu potencjału wewnętrznych możliwości innowacyjnych UE. W związku z tym jeszcze bardziej istotnym staje się pogłębiona analiza roli innowacji technologicznych w rozwoju alternatywnych materiałów oraz nowoczesnych metod recyklingu. Rozwiązania te mogą przyczynić się do ograniczenia zależności od surowców krytycznych, zmniejszenia presji na zasoby naturalne oraz zwiększenia efektywności wykorzystania dostępnych materiałów. Szczególne znaczenie mają technologie umożliwiające zastępowanie trudno dostępnych lub strategicznie istotnych surowców bardziej powszechnymi odpowiednikami, a także procesy pozwalające na odzyskiwanie wartościowych komponentów z produktów wycofanych z eksploatacji. Rozwój takich rozwiązań może nie tylko wspierać zrównoważony rozwój tych technologii, ale także wzmacniać bezpieczeństwo surowcowe i konkurencyjność gospodarki Unii Europejskiej.

Deklaracja wykorzystania SI

W niniejszej pracy wykorzystano narzędzia generatywnej sztucznej inteligencji (ChatGPT), w szczególności do wsparcia przeglądu literatury, redakcji tekstu, obejmującej korektę stylistyczną i językową. Deklaruję, że ręcznie zweryfikowano każdy element wygenerowanej treści i biorę za nią pełną odpowiedzialność.

Bibliografia

- Altiparmak, S. O., Thies, C. G., & Shutters, S. T. (2025). The geoeconomics of renewable energy: China's strategic positioning and impact on the EU market. *Sustainability*, 17(13), Artykuł 5998. <https://doi.org/10.3390/su17135998>
- Balaram, V. (2019). Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 10(4), 1285–1303. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.12.005>
- Bian, L., Dikau, S., Miller, H., Pierfederici, R., Stern, N., & Ward, B. (2024). China's role in accelerating the global energy transition through green supply chains and trade. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics and Political Science. <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/chinas-role-in-accelerating-the-global-energy-transition-through-green-supply-chains-and-trade/>
- Bermann, S., & Fabry, E. (2021). *Building Europe's strategic autonomy vis-à-vis China* (Policy Paper No. 124). Institut Jacques Delors.
- Chen, W.-Q., Eckelman, M. J., Sprecher, B., Chen, W., & Wang, P. (2024). Interdependence in rare earth element supply between China and the United States helps stabilize global supply chains. *Nature Communications*, 15, Artykuł 5666.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r. zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001, rozporządzenie (UE) 2018/1999 i dyrektywę 98/70/WE w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylająca dyrektywę Rady (UE) 2015/652. (2023). *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 2023/2413, 1–77.
- European Court of Auditors. (2026). *Critical raw materials for the energy transition: Not a rock-solid policy* (Special Report No. 04/2026). <https://www.eca.europa.eu/en/publications?ref=SR-2026-04>
- Eurostat. (2025, March 4). *Slight decline in imports and exports from China in 2024*. Komisja Europejska. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250304-1>
- García Herrero, A., & Schindowski, R. (2024). *Unpacking China's industrial policy and its implications for Europe* (Bruegel Working Paper No. 11/2024). Bruegel.
- Gong, H., Guo, Y., Chen, Y., & Asheim, B. (2026). Integrating geoeconomics into the GPN framework: The internationalization of Chinese EV battery firms amid China–EU strategic interaction. *Economic Geography*, 102(1), 1–30.
- Gong, X. (2025). A comparative study of China and the EU's experimental approaches to creating hydrogen markets. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 34(1), 56–68.
- Gosens, J., & Lu, Y. (2014). Prospects for global market expansion of China's wind turbine manufacturing industry. *Energy Policy*, 67, 301–318. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.055>
- Gubanova, A., Clasen, M., & Theuvsen, L. (2015). Definitions, classifications and data banks of green technology start-ups. W *Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2015* (ss. 61–64). Gesellschaft für Informatik.
- Heggelund, G. M. (2021). China's climate and energy policy: At a turning point? *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 21(1), 9–23. <https://doi.org/10.1007/s10784-021-09528-5>
- Hu, J., Wang, W., Liu, Y., & Zhang, J. (2026). Large model in low-altitude economy: Applications and challenges. *Big Data and Cognitive Computing*, 10(1), Artykuł 33. <https://doi.org/10.3390/bdcc10010033>
- International Council on Clean Transportation. (2026). *Vision 2050: Update on the global zero-emission vehicle transition in 2025*. <https://theicct.org/publication/vision-2050-update-on-the-global-zev-transition-in-2025/>
- International Energy Agency. (2025a). *Global EV outlook 2025*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- International Energy Agency. (2025b). *World energy outlook 2025*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025>
- International Energy Agency. (2026a). *Data and statistics*. <https://www.iea.org/data-and-statistics>

- International Energy Agency. (2026b). *Global battery markets are growing strongly – and so are the supply risks*. <https://www.iea.org/commentaries/global-battery-markets-are-growing-strongly-and-so-are-the-supply-risks>
- International Renewable Energy Agency. (2026). *IRENASTAT online data query tool*. <https://pxweb.irena.org/pxweb/en/IRENASTAT/>
- Li, S., Zhu, X., Ma, Y., Zhang, F., & Zhou, H. (2022). The role of government in the market for electric vehicles: Evidence from China. *Journal of Policy Analysis and Management*, 41(2), 450–485.
- Li, X., & Du, M. (2025). China's green industrial policy and world trade law. *East Asia*, 42(3), 261–278.
- Lian, C., & Li, J. (2024). Legitimacy-seeking: China's statements and actions on combating climate change. *Third World Quarterly*, 45(1), 171–188.
- Lipke, A., Barnes-Dacey, J., O'Sullivan, D., & Oertel, J. (2024). *Trust and trade-offs: How to manage Europe's green technology dependence on China*. European Council on Foreign Relations.
- Liu, G., & Xie, R. (2025). How the coupling of green finance and green technology innovation affects the synergistic effect of pollution and carbon emission reduction: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 434, Artykuł 140203. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140203>
- Meng, Z., Ji, J., Liu, L., Liu, S., Sun, Z., Xiao, Q., & Yang, Z. (2025). eVTOL aircraft for the low-altitude economy: A review of development history, core technologies, and future trends. *Case Studies on Transport Policy*, 22, Artykuł 101629. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2025.101629>
- Müller, V. P., & Zheng, L. (2024). Can success be planned? China's path to technology leadership in green electricity and hydrogen and its implications for Europe and the United States. W *Proceedings of the 20th International Conference on the European Energy Market (EEM 2024)* (ss. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EEM60825.2024.10608492>
- Ningappa, N. G., Vishweswariah, K., Anil Kumar, M. R., Dawkins, J. I., Selva, T. M. G., & Zaghib, K. (2025). Sustainable transformation of rare earth metals value chain for dual-use technologies. *Energy Storage Materials*, 76, Artykuł 104799. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2025.104799>
- Oka, A. (2025). Diversification of rare earth metals supply chain: Can the US rely on non-Chinese sources? *Journal of Government and Economics*, 17, Artykuł 100156. <https://doi.org/10.1016/j.jge.2025.100156>
- Paunov, C., Rochell, C., Labrue, L., & Planes-Satorra, S. (2025). *What is unique about green innovation?* (OECD Science, Technology and Industry Working Papers No. 2025/03). OECD Publishing.
- Pindyuk, O. (2023). *Implications of China's growing geo-economic influence for the EU: Addressing critical dependencies in the green transition* (Policy Note No. 67). Vienna Institute for International Economic Studies.
- Rada Unii Europejskiej. (2025). *Handel UE–Chiny*. <https://www.consilium.europa.eu/pl/infographics/eu-china-trade/>
- Shang, W. L., Zhang, J., Wang, K., Yang, H., & Ochieng, W. (2024). Can financial subsidy increase electric vehicle penetration? Evidence from a quasi-natural experiment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 190, Artykuł 114021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114021>
- Shi, Q., Zheng, B., Zheng, Y., Tong, D., Liu, Y., Ma, H., & Zhang, Q. (2022). Co-benefits of CO₂ emission reduction from China's clean air actions between 2013–2020. *Nature Communications*, 13(1), Artykuł 5061.
- Si Mohammed, K., Magdalena, R., Said Khalfa, S., Popescu, L., & Barbulescu, M. (2025). Clean energy and the fragile supply chain: Lessons from US–China trade tensions and energy shocks. *Frontiers in Environmental Science*, 13, Artykuł 1660197. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1660197>
- Skalamera, M. The distributional effects of the EU's and China's climate diplomacy in Central Asia. *Int Environ Agreements* 25, 321–342 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10784-025-09680-2>
- SNE Research. (2026). *From Jan to Dec 2025, global EV battery usage posted 1,187GWh, a 31.7% YoY growth*. https://www.sneresearch.com/en/insight/release_view/586/page/0
- Statista. (b.d.). *Statista – baza danych*. <https://www.statista.com/>
- Statista. (2024). *Leading solar PV manufacturers worldwide in 2023, based on shipments (in gigawatts)* (kod 269741).

- Statista. (2024). *Shipments of solar PV manufacturers worldwide in 2023* (kod 1260812).
- United Nations. (1992). *Agenda 21*. United Nations Conference on Environment and Development. <https://sdgs.un.org/publications/agenda21>
- United Nations Environment Programme. (2018). *Trade in environmentally sound technologies: Implications for developing countries*. <https://www.unep.org/resources/report/trade-environmentally-sound-technologies-implications-developing-countries>
- Voïta, T. (2021). Economic growth and climate change – Beijing's hard choices. *GREEN*, 1(1), 19–22.
- Wan, S., & Gan, X. (2025). China's low-altitude economy: Theoretical foundations, development status, and policy directions. *China Economist*, 20(6), 68–100.
- Wang, X., Sun, K., & Xiao, Z. (2022). *Industrial policy and the rise of China's strategic emerging industries* [Working paper]. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=5478030>
- World Intellectual Property Organization. (2025a). *Green technology book: Solutions for confronting climate disasters*. <https://www.wipo.int/web-publications/green-technology-book-solutions-for-confronting-climate-disasters/en/index.html>
- World Intellectual Property Organization. (2025b). *WIPO technology trends: Future of transportation*. <https://www.wipo.int/web-publications/wipo-technology-trends-future-of-transportation/en/index.html>
- Xu, W., Yuan, Q., Chen, N., & Ye, J. (2025). Green finance and energy structure transition: Evidence from China. *Sustainability*, 17(11), Artykuł 4838. <https://doi.org/10.3390/su17114838>
- Yang, J. (2022). Understanding China's changing engagement in global climate governance: A struggle for identity. *Asia Europe Journal*, 20(4), 357–376.
- Yi Wei, H. (2025). China's green innovation boom and the quantity-quality paradox [Preprint]. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=5374407>