

Polska w grze o przyszłość:

Polityka dla sektora
półprzewodników 2025+

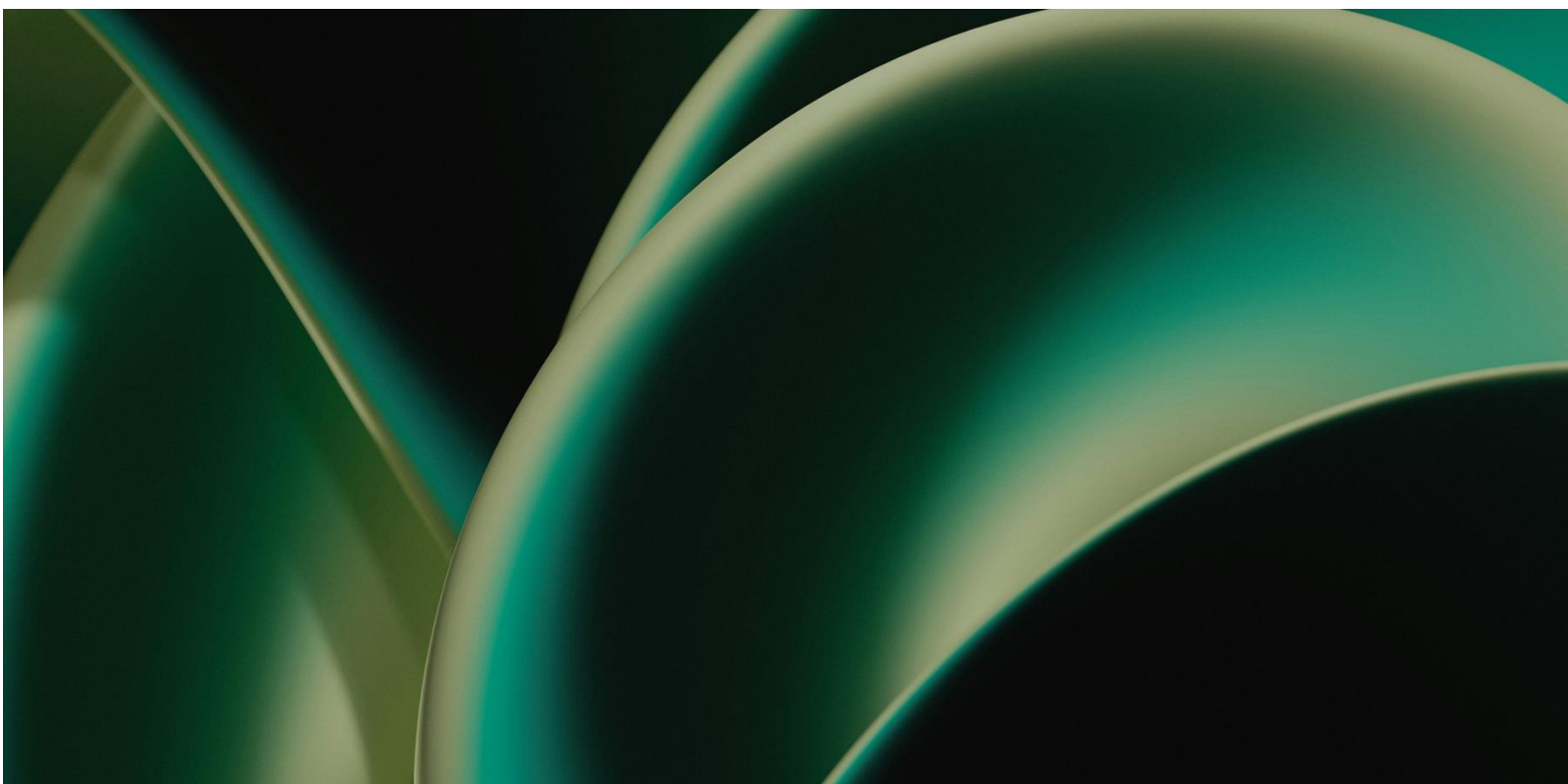
Projekt do konsultacji



Tu tworzymy przyszłość

Spis treści

Wstęp i globalny kontekst	2
Kluczowe pojęcia i procesy	7
Polska branża półprzewodników	10
Siedem filarów polityki dla polskiego sektora półprzewodników	14
I. Infrastruktura	18
II. Impuls państwa	25
III. Współpraca regionalna i międzynarodowa	28
IV. Inwestycje i finansowanie	34
V. Talenty i edukacja	38
VI. Energia i woda	43
VII. Chemikalia i surowce	47



Wstęp i globalny kontekst



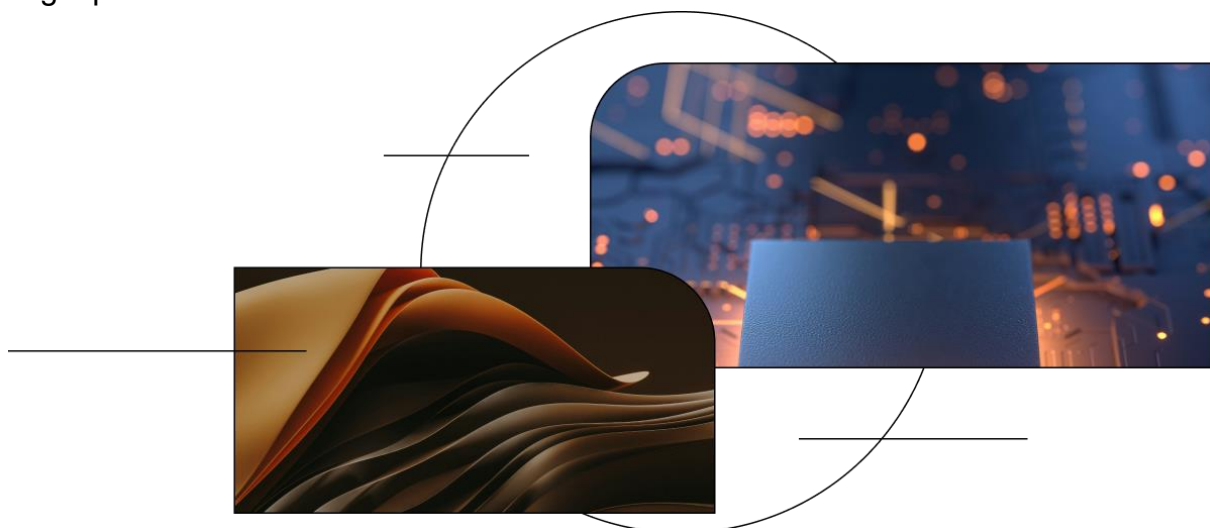
Ministerstwo
Cyfryzacji

Tu tworzymy przyszłość

Wstęp i globalny kontekst

Półprzewodniki stały się kluczowym elementem współczesnej gospodarki oraz rywalizacji technologicznej i geopolitycznej.

Są fundamentem innowacji – od urządzeń elektronicznych, przez motoryzację, telekomunikację i energetykę, po zaawansowane systemy medyczne, obronne oraz sztuczną inteligencję (AI). Napędzają rozwój przełomowych technologii, takich jak komputery kwantowe czy zaawansowane systemy autonomiczne, a także umożliwiają pozyskiwanie, przetwarzanie i analizę ogromnych ilości danych niezbędnych dla funkcjonowania nowoczesnej gospodarki i rozwoju wiedzy. Rosnące zapotrzebowanie na innowacje cyfrowe prowadzi do wzrostu ich roli w gospodarce.



Ze względu na fundamentalne znaczenie półprzewodników dla współczesnych technologii, w Strategii Cyfryzacji Państwa¹ uznano za kluczowe wzmocnienie pozycji Polski w ich globalnym łańcuchu dostaw. Przyjęcie polityki dla tego sektora stanowi odpowiedź na dynamiczny rozwój międzynarodowy, który uczynił półprzewodniki zasobem o strategicznym znaczeniu dla państw i regionów.

W 2024 roku **wartość globalnego rynku półprzewodników wyniosła ok. 600 miliardów euro**, a do 2030 roku prognozuje się jej wzrost do **1 biliona euro**ⁱⁱ. Przemysł półprzewodników rozwija się w imponującym tempie, co obrazuje skala produkcji: w 2023 roku powierzchnia dostarczonych na świecie płytek krzemowych, będących podstawą produkcji półprzewodników, wyniosła ok. 8 milionów metrów kwadratowych – odpowiada to obszarowi ponad tysiąca boisk piłkarskichⁱⁱⁱ. Przy założeniu, że z jednej płytki można wyprodukować setki do tysięcy układów scalonych, oznacza to produkcję miliardów czipów rocznie. Rozwój sektora napędzają nie tylko postępująca miniaturyzacja układów, ale także nowe technologie, innowacyjne materiały oraz zaawansowane technologie produkcyjne. **Kraje, które rozumieją złożoność i dynamikę tego rynku, zyskają szansę na zbudowanie trwałej przewagi konkurencyjnej w jednym z najszybciej rozwijających się sektorów.**

Niektórzy analitycy porównują obecny wyścig technologiczny w sektorze półprzewodników do projektu Manhattan – ogromnego przedsięwzięcia badawczego i inżynierskiego, które pozwoliło opanować technologię atomową i zmieniło układ sił geopolitycznych w XX wieku. **Dziś stawką jest kontrola nad kluczowymi technologiami**, takimi jak AI, opartymi na zaawansowanych półprzewodnikach.

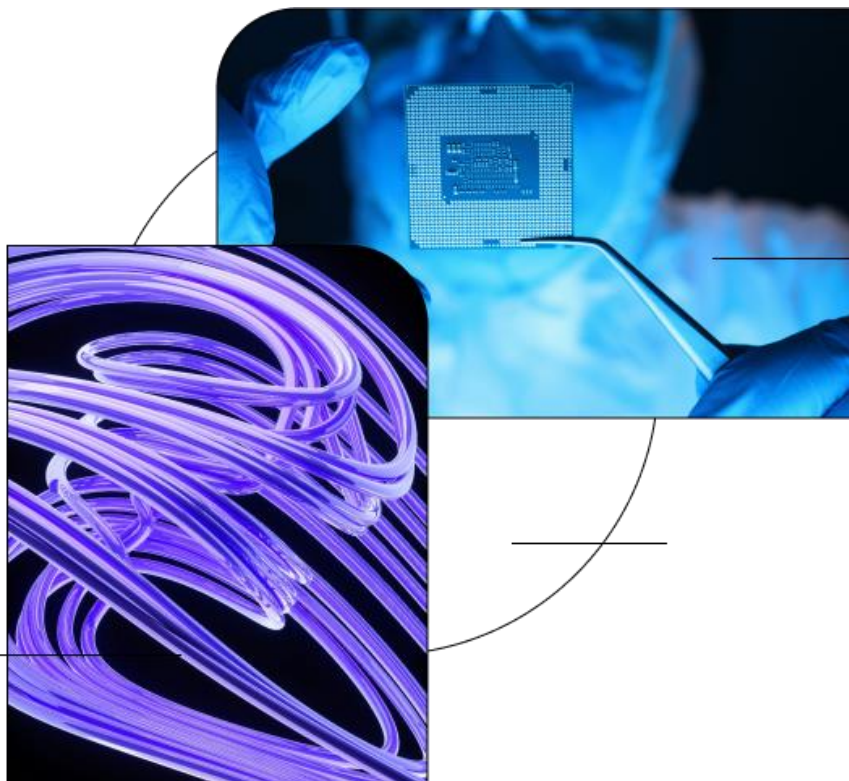
Pandemia COVID-19 oraz narastające napięcia geopolityczne uwidoczniły **ryzyka związane z globalnym łańcuchem dostaw**. **Ponad 70% światowej produkcji półprzewodników przypada na Azję**, podczas gdy **Europa i USA**, dominujące w badaniach oraz produkcji urządzeń do wytwarzania półprzewodników, odpowiadają za zaledwie **10-12% globalnej produkcji czipów**^{iv}. Jednocześnie **Chiny kontrolują większość surowców** potrzebnych w produkcji półprzewodników i zaczynają ograniczać do nich dostęp, podkreślając, jak **technologia stała się narzędziem globalnej geopolityki**.

Produkcja półprzewodników to bardzo złożony proces, który wymaga precyzyjnej koordynacji dziesiątek etapów technologicznych i współpracy z globalnym łańcuchem dostaw obejmującym setki firm na całym świecie. Komponenty przemierzają tysiące kilometrów, zanim staną się gotowym produktem, co podkreśla zarówno globalny charakter sektora, jak i jego podatność na zakłócenia. Taka złożoność dowodzi, że żadne państwo nie jest w stanie działać samodzielnie – kluczowa jest współpraca, często realizowana w ramach bloków geopolitycznych.

Dla zabezpieczenia funkcjonowania swoich gospodarek i umożliwienia niezależnego rozwoju, w ostatnich latach państwa na całym świecie, takie jak Niemcy, Francja, USA, Korea Południowa czy Japonia, przyjęły **ambitne strategie i polityki półprzewodnikowe**, obejmujące zarówno subsydia dla przemysłu, jak i rozwój badań. Celem tych działań jest **przyciągnięcie inwestycji** oraz **budowa lokalnych zdolności produkcyjnych**. Międzynarodowa rywalizacja coraz bardziej przybiera charakter regionalny – zamiast jednego globalnego centrum, wyłaniają się konkurujące ośrodki technologiczne, które dążą do uniezależnienia się od

dominujących graczy. Jest to ogromne wyzwanie, wymagające znaczących nakładów finansowych i technologicznych.

Rywalizacja o przewagę w tym sektorze wykracza jednak poza kwestie lokalizacji produkcji. Kluczowe są innowacje w materiałach, nowych technologiach projektowania i produkcji oraz adaptacja do megatrendów. Półprzewodniki stanowią dziś punkt, w którym technologia, geopolityka i gospodarka wzajemnie się przenikają, definiując przyszłość zarówno lokalnych strategii, jak i globalnych sojuszy.



Polska, choć obecnie nie odgrywa kluczowej roli w branży półprzewodników, posiada znaczący potencjał. Dzięki odpowiednio opracowanej i ukierunkowanej polityce, ma realną szansę na włączenie się w globalny łańcuch wartości i wzmocnienie niezależności technologicznej.

Kluczowe pojęcia i procesy



Ministerstwo
Cyfryzacji

Tu tworzymy przyszłość

Kluczowe pojęcia i procesy

Podstawowe komponenty łańcucha wartości

Półprzewodniki to miniaturowe układy elektroniczne, które umożliwiają kontrolowany przepływ prądu elektrycznego, w ten sposób precyzyjnie sterując przepływem energii lub informacji. To sterowanie jest niezbędne do działania niemal wszystkich używanych dziś urządzeń. Zastosowanie półprzewodników stało się powszechne dzięki ich miniaturyzacji do postaci układów scalonych, zwanych czypami, co znacząco zmniejszyło ich wymiary i obniżyło koszty produkcji.

Produkcja półprzewodników hierarchicznie według zaawansowania technologicznego i wartości dodanej obejmuje (z ang.): *design*, *front-end* oraz *back-end*.

Za poszczególne etapy może odpowiadać jedna firma – najczęściej jednak wykonują je współpracujący partnerzy.

- **Design** czyli projektowanie architektury układu scalonego to etap, kiedy infrastruktura produkcyjna nie jest jeszcze potrzebna. Konieczni są jednak projektanci – eksperci o rzadkich kompetencjach oraz dostęp do specjalistycznego oprogramowania, bez którego projekt nie może powstać. Właściwy projekt to podstawa udanego czipa, więc sprawdzone projekty osiągają znaczną wartość i są prawnie chronione jako kluczowe zasoby intelektualne. Szczególnym elementem projektowania jest inżynieria materiałowa – opracowywanie nowych materiałów półprzewodnikowych z których będą produkowane coraz bardziej zaawansowane generacje czipów.
- **Front-end** to etap najbardziej zaawansowany technologicznie: obejmuje produkcję półprzewodnikowych płytek (najczęściej – krzemowych), na których z olbrzymią dokładnością wytwarza się struktury czipów. Te procesy wymagają specjalnych pomieszczeń i unikalnych maszyn do produkcji płytek, zużywają także duże ilości energii i wody. Nowoczesna fabryka płytek półprzewodnikowych – tzw. fab – kosztuje od kilkuset milionów do kilku miliardów euro i zatrudnia kilkadziesiąt do kilkuset wysoko wykwalifikowanych pracowników.
- **Back-end** obejmuje obróbkę płytek, montaż i integrację oraz kontrolę jakości – na tym etapie powstają gotowe do instalacji czipy. Zakłady wymagają specjalistycznych maszyn i większej ilości personelu w stosunku do wcześniejszych etapów produkcji. Prawidłowa integracja oraz kontrola jakości są kluczowe dla powodzenia produkcji półprzewodników – kompetencje pozyskane w tej dziedzinie mają zastosowanie także w nowych obszarach

rozwoju tej branży, takich jak fotoniczne układy scalone czy łączące różne technologie układy hybrydowe.

Rozwój technologiczny powoduje stały wzrost kosztów produkcji coraz gęściej upakowanych czipów. Od kilku dekad trwa trend specjalizacji: firmy rezygnują z kosztownego prowadzenia własnych fabryk na rzecz zlecenia tego etapu produkcji u wyspecjalizowanych producentów, którzy dzięki efektowi skali uzyskują niższe koszty. Firmy skupiają się na projektowaniu i sprzedaży produktów pod własnymi markami, tymczasem operatorzy fabryk powiększają swoje zdolności produkcyjne bez tworzenia własnych produktów. Ten model biznesowy produkcji czipów z wyłączeniem procesów front- i back-end nazywamy (z ang.) *fabless*.

Fotoniczne układy scalone

Jednym z kierunków obecnego rozwoju technologii półprzewodników jest integracja i miniaturyzacja układów fotonicznych (optoelektronicznych), które do transmisji informacji i energii zamiast prądu wykorzystują światło. Dzięki temu umożliwiają szybszą transmisję danych i nowe zastosowania w komunikacji, czujnikach czy komputerach kwantowych. Zintegrowane z tradycyjnymi strukturami krzemowymi mogą także tworzyć układy hybrydowe, łącząc zalety obu technologii. Fotoniczne układy scalone wymagają nowych materiałów i metod produkcji. Co ważne: **w tej technologicznej rewolucji polskie podmioty odgrywają istotną rolę i mają szansę na silną pozycję na światowym rynku.**

Pozostałe elementy łańcucha wartości

Łańcuch wartości półprzewodników nie mógłby funkcjonować bez **dostawców surowców pierwotnych**, takich jak krzem i metale rzadkie oraz **producentów zaawansowanych materiałów i chemikaliów**. Kluczowe są również firmy zajmujące się **projektowaniem i produkcją maszyn** do wytwarzania półprzewodników, a także **dostawcy oprogramowania** umożliwiającego projektowanie układów scalonych. Ekosystem uzupełniają **integratorzy systemów, instytuty badawcze i ośrodki edukacyjne**, firmy odpowiedzialne za budowę i utrzymanie infrastruktury fabryk, a także podmioty zajmujące się **logistyką** czy **recyklingiem**.



Polska branża półprzewodników



Ministerstwo
Cyfryzacji

Tu tworzymy przyszłość

Polska branża półprzewodników

Polski przemysł półprzewodników, mimo niewielkich obecnie rozmiarów, **posiada potencjał**, aby stać się istotnym elementem europejskiego i globalnego ekosystemu technologicznego. Obecnie sektor generuje mniej niż 1% polskiego PKB, ale **rozwija się dynamicznie w wysoce wyspecjalizowanych obszarach technologicznych**. W kraju **w tradycyjnie rozumianej branży półprzewodnikowej** (mikroelektronika krzemowa) działa około **20 firm**. Zatrudniają one **łącznie około 9 tysięcy osób**. Tę liczbę należy powiększyć o ok. **200 podmiotów z bliźniaczej branży fotoniki** oraz przedsiębiorstwa działające na styku pokrewnych obszarów (np. systemy wspierające produkcję czy oprogramowanie dla czipów)^v.

Polskie firmy tej branży to m.in. jedyny w Europie producent modułów pamięci komputerowych, firmy specjalizujące się w architekturze czipów, systemach druku półprzewodników czy projektowaniu układów do specjalistycznych zastosowań (tzw. ASIC). Szczególnym przykładem jest światowy lider w technologii jednofotonowych detektorów podczerwieni, który obecnie rozwija technologię produkcji czipów fonicznych do zastosowań w automatyzacji produkcji, autonomicznej mobilności, zdalnej medycynie czy systemach zbrojeniowych.

Sukces tego projektu otworzy Polsce perspektywę uzyskania pozycji globalnego lidera w tej dziedzinie do 2030 roku.



Polski sektor półprzewodnikowy ma długą historię, obejmującą pełny łańcuch produkcji, od układów scalonych po pamięci komputerowe i inne komponenty elektroniczne. Po transformacji ustrojowej ekosystem ten uległ dezintegracji, jednak **kluczowe kompetencje przetrwały** w sektorze prywatnym, na uczelniach i w instytutach badawczych. Obecnie te doświadczenia, wsparte nowoczesną infrastrukturą, stanowią solidną podstawę dla dalszego rozwoju technologii.

Polska wyróżnia się specjalizacją w takich obszarach jak projektowanie układów scalonych i fotonika – kilkanaście krajowych firm z powodzeniem działa na globalnym rynku oferując konkurencyjne produkty i usługi. **Rozwijane są również zaawansowane materiały półprzewodnikowe** – zwłaszcza azotek galu (GaN) i materiały dla fotoniki scalonej. **Na małą skalę produkowane są urządzenia i systemy wspierające procesy produkcji czipów**. Szczególnym **obszarem kompetencji są zaawansowane detektory i systemy pomiarowe oparte na technologiach fonicznych**. Technologie te mają duże znaczenie dla przyszłych rynków o wysokim potencjale wzrostu, takich jak e-medycyna, pojazdy autonomiczne, inteligentne akcesoria osobiste (np. (z ang.) *smartwatch*) czy systemy obronne.

W odniesieniu do najbardziej rozpowszechnionych półprzewodników krzemowych Polska posiada kompetencje głównie w zakresie badań oraz projektowania układów scalonych. **Polskie podmioty działające w tych obszarach są obecne i rozpoznawalne na rynku międzynarodowym, a rozwój tych kompetencji, zwłaszcza tworzenie firm produkujących wyspecjalizowane półprzewodniki w modelu *fables*, to cenny trend, który warto wspierać.**

W dwóch dalszych fazach produkcji półprzewodników: *front-endzie* oraz procesach *back-endowych* nasze kompetencje są mniejsze i niekompletne. W obszarze *front-endu* aktywność ogranicza się głównie do prac akademickich lub technologii starszej generacji. Procesy *back-endowe* są natomiast słabo reprezentowane. Próby rozwoju tego obszaru technologii nie przyniosły dotąd oczekiwanych rezultatów. Obecnie w Polsce **realizowana jest przemysłowa produkcja półprzewodnikowych fonicznych elementów detektorowych**, nie prowadzi się jednak pełnego procesu produkcji półprzewodników krzemowych. **Polska ma jednak dobre warunki – wykwalifikowaną kadrę, bliskość rynków europejskich i rozwijającą się infrastrukturę – by przyciągnąć duże inwestycje** w te obszary.

Instytuty badawcze, takie jak **Łukasiewicz – Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki, CEZAMAT Politechniki Warszawskiej i Instytut Wysokich Ciśnień PAN (UNIPRESS)**, wspierają rozwój kluczowych technologii półprzewodnikowych w Polsce. **Pięć wiodących ośrodków akademickich** (Warszawa, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Poznań) tworzy solidne zaplecze dla rozwoju sektora zaawansowanych technologii i umożliwiają dalszą integrację z globalnymi łańcuchami wartości – wspiera je kilka kolejnych ośrodków, rozwijających poszczególne obszary technologiczne.

Polska przyciągnęła także globalnych graczy, którzy rozwijają centra badawczo-rozwojowe. Jeden ze światowych liderów technologii laserowych od dekad prowadzi w Polsce działalność badawczą i produkcyjną. W kraju działają także światowi liderzy w obszarach projektowania układów scalonych, oprogramowania dla układów scalonych oraz technologii pamięci masowej.

Polska dysponuje także dużym rynkiem wewnętrznym dla półprzewodników, który tworzą liczni producenci urządzeń AGD, elektroniki użytkowej, największy w regionie segment firm OEM i EMS, a także rozwijająca się dynamicznie branża obronna, pojazdów bezzałogowych czy kosmiczna.



Mimo istniejącej solidnej bazy technologicznej i licznych osiągnięć (w szczególności w projektowaniu), w Polsce potencjał inwestycji w zakłady produkcyjne półprzewodników nie został dotychczas wykorzystany. Jest to jedno z głównych wyzwań w dalszym rozwoju sektora, wymagające kompleksowego podejścia. Kluczowe jest zatem wspieranie działań zmierzających do uzupełnienia tej luki.

Siedem filarów polityki



Ministerstwo
Cyfryzacji

Tu tworzymy przyszłość

Siedem filarów polityki dla polskiego sektora półprzewodników

Prezentowana polityka wynika z założeń polityki Unii Europejskiej, w szczególności programu **Droga ku cyfrowej dekadzie do 2030 roku, który zakłada zwiększenie udziału Europy w globalnej produkcji najnowocześniejszych półprzewodników do co najmniej 20% wartości globalnej. W tym kontekście uchwała Rady Ministrów dotycząca Krajowego planu działania^{vi} potwierdza, że **Polska zamierza kontynuować działania podejmowane w obszarze półprzewodników, aby wesprzeć UE w staniu się silnym graczem rynkowym.****

Celem polityki jest stworzenie solidnych podstaw umożliwiających rozwój lokalnych kompetencji, zwiększenie atrakcyjności inwestycyjnej kraju oraz integrację z europejskim i globalnym rynkiem.



Rozwój sektora półprzewodników w Polsce powinien łączyć racjonalne wykorzystanie zasobów publicznych z budowaniem przewagi technologicznej w obszarach o najwyższej wartości dodanej. Takie podejście wpisuje się w unijną strategię wspierania przełomowych technologii o potencjale transformacyjnym.

Sugerowane działania skupiono wokół siedmiu kluczowych filarów:

- I. **Infrastruktura** – rozwój nowoczesnych centrów badawczo-rozwojowych, pilotażowych linii badawczych i produkcyjnych oraz dostępu do narzędzi projektowania.
- II. **Impuls państwa** – zaangażowanie podmiotów kontrolowanych przez państwo w roli katalizatora i użytkownika innowacji, promowanie synergii między sektorem publicznym, prywatnym i naukowym.
- III. **Współpraca regionalna i międzynarodowa** – budowanie partnerstw w ramach Unii Europejskiej i poza nią oraz promocja polskich kompetencji za granicą.
- IV. **Inwestycje i finansowanie** – mobilizacja zasobów publicznych i prywatnych w celu stworzenia atrakcyjnych warunków inwestycyjnych.
- V. **Talenty i edukacja** – budowa kapitału ludzkiego poprzez edukację, przyciąganie międzynarodowych talentów i specjalistów i rozwój współpracy między uczelniami a przemysłem.
- VI. **Energia i woda** – zapewnienie stabilnych, dostępnych i konkurencyjnych cenowo zasobów dla energochłonnych procesów produkcyjnych.
- VII. **Chemikalia i surowce** – zapewnienie dostępu do kluczowych dla produkcji surowców i chemikaliów.

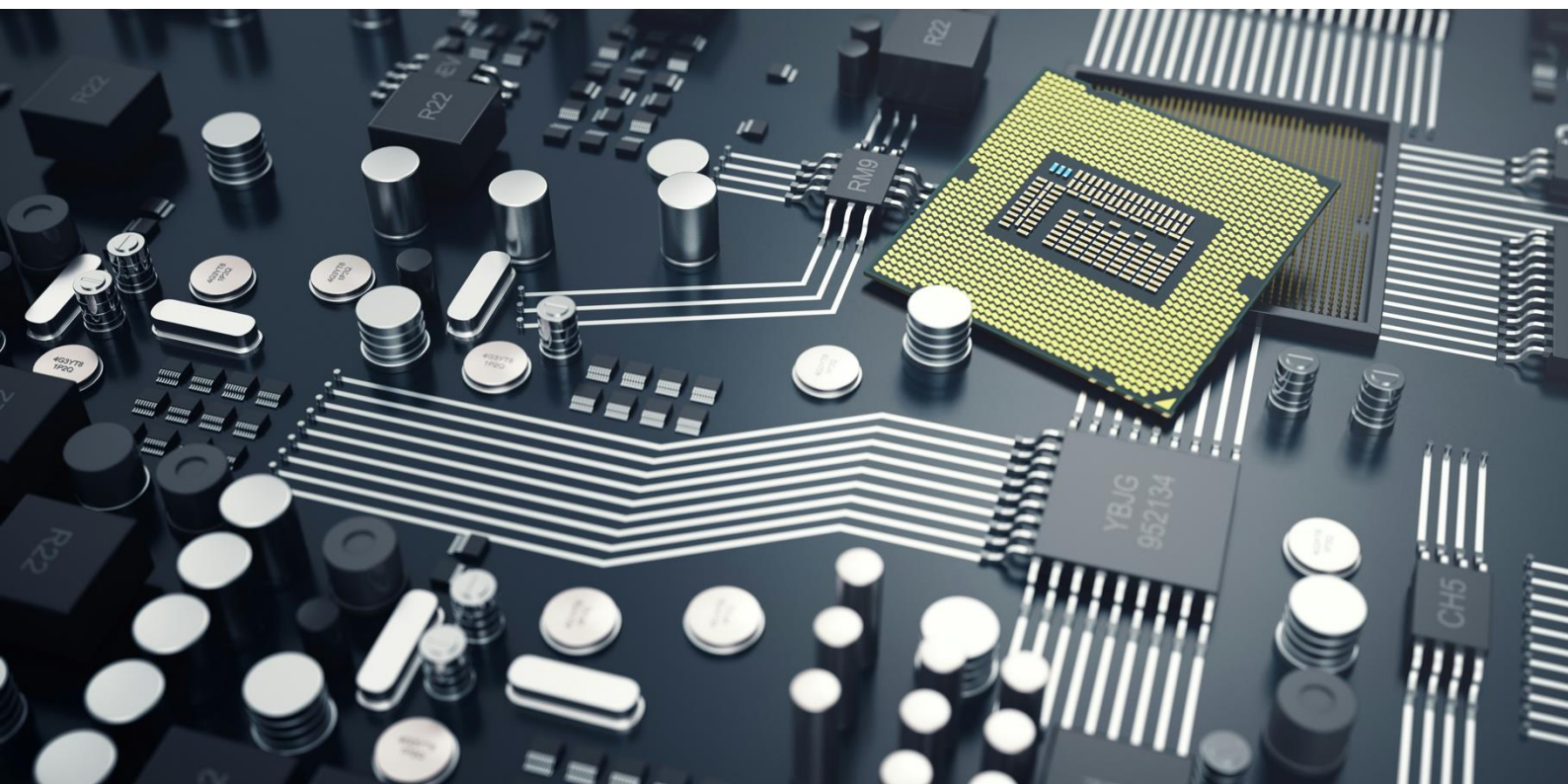


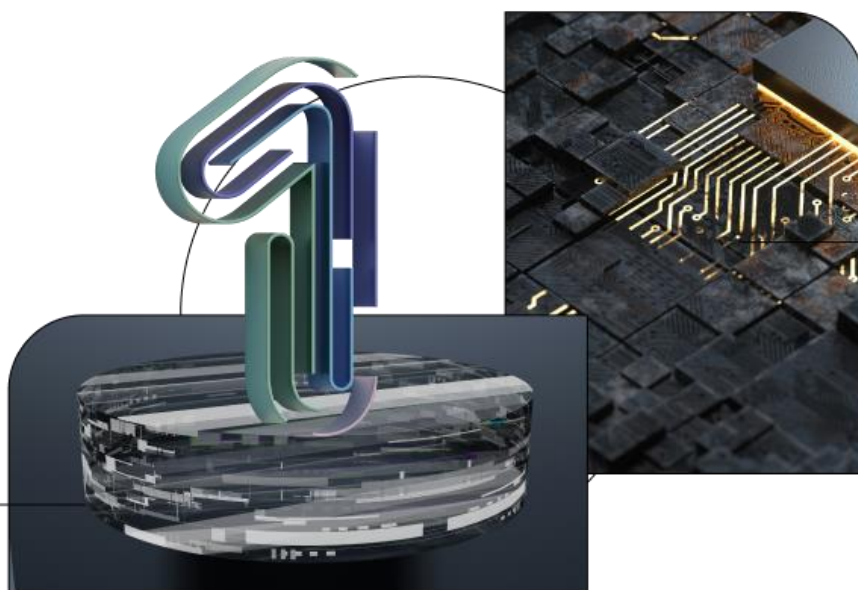
Polityka opiera się na zdolności Polski do szybkiego nadrobienia technologicznych opóźnień dzięki umiejętności przeskakiwania tradycyjnych etapów rozwoju. Promuje inwestycje w nowoczesne rozwiązania i infrastrukturę oraz **wspiera pozycjonowanie Polski w segmentach rynku o wysokiej wartości dodanej.**

Polityka kładzie również nacisk na znaczenie **synergii z europejskim ekosystemem technologicznym**, na przykład poprzez uczestnictwo w strategicznych unijnych projektach czy implementację europejskiego aktu w sprawie czipów. Położenie Polski w sąsiedztwie realizowanych inwestycji półprzewodnikowych w niemieckiej Saksonii oraz w Czechach tworzy też szansę na **utworzenie komplementarnego mikroregionu technologicznego**, wzmacniającego współpracę w Europie.

Celem polityki jest koncentracja na technologiach przyszłości o potencjale transformacyjnym. Dzięki temu Polska może przyciągać inwestycje i odgrywać aktywną rolę w kształtowaniu globalnych trendów technologicznych.

Kluczową kompetencją Polski jest fotonika, wspierająca innowacje w produkcji układów scalonych, energetyce, medycynie, telekomunikacji, autonomicznej mobilności oraz licznych zastosowaniach z zakresu bezpieczeństwa i obronności. Polska jest globalnym liderem rozwoju **fotoniki scalonej na zakres podczerwieni**. Jej rozwój może przyciągnąć inwestorów i umocnić pozycję kraju jako lidera zaawansowanych technologii.





1. Infrastruktura

Zapewnienie infrastruktury technologicznej jest podstawowym warunkiem rozwoju sektora półprzewodników oraz wzmocnienia strategicznej niezależności Europy w tym obszarze. Działania na rzecz rozwoju sektora prowadzone były już wcześniej na różnych frontach, jednak europejski akt w sprawie czipów z 2023 roku dał impuls do ich przyspieszenia i lepszej koordynacji. Dokument ten stworzył ramy dla rozwoju badań, innowacji i zdolności produkcyjnych w całej Unii Europejskiej.

Sukces sektora półprzewodników w Europie – i w Polsce – będzie w dużej mierze zależał od skutecznego wdrożenia aktu oraz inwestycji w rozwój infrastruktury. Akt wskazuje trzy priorytetowe obszary: wspieranie badań i innowacji poprzez rozbudowę zaplecza badawczego, rozwój lokalnych zdolności produkcyjnych dla wzmocnienia bezpieczeństwa dostaw oraz stworzenie mechanizmów monitorowania i reagowania kryzysowego, tak by zapewnić stabilność europejskiego rynku.

Kluczowe dla rozwoju polskiego sektora półprzewodników będzie skoncentrowanie się na infrastrukturze, która maksymalnie wykorzysta krajowy potencjał i odpowie na globalne trendy technologiczne. Wzmacnianie zdolności badawczych i produkcyjnych, zwłaszcza w obszarach takich jak projektowanie i integracja wyspecjalizowanych układów scalonych, półprzewodniki szerokoprzerwowe, fotonika scalona, układy hybrydowe (elektroniczno-fotoniczne)

oraz rozwiązania dla AI i zaawansowanych systemów obliczeniowych, umożliwi skuteczniejsze reagowanie na zmiany w łańcuchach dostaw i rozwój lokalnych kompetencji technologicznych.

W ramach działań priorytetowych zaleca się:

- **Rozbudowę infrastruktury badawczej i centrów kompetencji**, co umożliwi rozwój innowacji oraz budowę specjalistycznych kompetencji.
- **Zwiększenie dostępności narzędzi projektowania**, aby wspierać konkurencyjność polskich firm projektujących półprzewodniki na rynku globalnym.
- **Wspieranie udziału polskich podmiotów w europejskich liniach pilotażowych**, co pozwoli na integrację z kluczowymi inicjatywami UE i wzmocnienie lokalnych zdolności badawczych.
- **Stworzenie własnej krajowej infrastruktury pilotażowych i małoskalowych linii produkcyjnych oraz utworzenie dedykowanego parku technologicznego**, który stanie się platformą współpracy między sektorem publicznym, prywatnym i nauką.

Inwestycje w te obszary umożliwią **optymalne wykorzystanie istniejących kompetencji** oraz **elastyczne reagowanie na dynamiczne zmiany na rynku globalnym**. Wzmocnią także pozycję Polski jako wiarygodnego partnera w europejskiej transformacji cyfrowej.

Rozbudowa infrastruktury badawczej i centrów kompetencji

Rozwój infrastruktury badawczo-rozwojowej jest niezbędny dla budowy lokalnego ekosystemu półprzewodników i wdrażania innowacyjnych technologii w przemyśle. Kluczową rolę w tym procesie odegra kompletna infrastruktura badawcza oraz centra kompetencji, które powinny pełnić rolę **hubów innowacji**. Mogą one **wspierać rozwój technologii** (np. szerokoprzerwowych półprzewodników i fotoniki scalonej), jednocześnie promując ich **szersze zastosowania w przemyśle**. Tego rodzaju centra są także istotne w **kontekście kształcenia kadr** oraz rozwijania wyspecjalizowanych kompetencji. Centra kompetencji odegrają również kluczową rolę w integracji infrastruktury pilotażowej z potrzebami rynku.

Ponadto, **wsparcie inwestycji w badania podstawowe** oraz **współpraca z europejskimi partnerami** stanowią szansę na podniesienie poziomu polskiego przemysłu wysokich technologii (z ang. *deep tech*) i zwiększenie atrakcyjności Polski jako miejsca realizacji zaawansowanych projektów badawczo-rozwojowych.

Zwiększenie dostępności narzędzi projektowania

Koszty dostępu do zaawansowanego oprogramowania do projektowania półprzewodników stanowią istotną barierę dla wielu firm, szczególnie tych wchodzących na rynek. Polskie podmioty mają istotne kompetencje w zakresie projektowania układów scalonych (elektronicznych i fotonicznych), ale **wysoki koszt wejścia ogranicza rozwój konkurencyjnego środowiska** opartego na innowacjach i wiedzy.

Należy wypracować rozwiązania zmniejszające bariery dostępu do specjalistycznego oprogramowania, jednocześnie chroniąc prawa własności intelektualnej.

Przykładem może być rozwój narzędzi (z ang.) *open-source* oraz ułatwienie dostępu do platform projektowania w chmurze. Inne opcje to wspólne platformy w ramach klastrów technologicznych, współdzielenie narzędzi w konsorcjach lub negocjowanie korzystniejszych warunków licencyjnych na poziomie krajowym i europejskim.

Działania w tym zakresie powinny wspierać dostępność narzędzi dla firm, jednocześnie zachowując rynkową dynamikę konkurencji i budując sektory oparte na kompetencjach. Subwencje mogą być rozważane jako rozwiązanie ostateczne, gdy rynek nie jest w stanie zapewnić odpowiednich rozwiązań.

Ułatwienie dostępu do narzędzi projektowania otworzy polskim firmom drzwi do pełnego uczestnictwa w globalnym rynku półprzewodników, wzmacniając ich zdolność do rywalizacji w obszarach kluczowych kompetencji.

Stworzenie krajowej infrastruktury pilotażowych i małoskalowych linii produkcyjnych w oparciu o potrzeby krajowego przemysłu

Linie pilotażowe oraz małoskalowe linie produkcyjne są kluczowym narzędziem wspierającym rozwój i testowanie zaawansowanych technologii w warunkach przemysłowych. W obliczu **rosnącej potrzeby optymalizacji wydajności i zmniejszenia zależności od zewnętrznych dostawców**, na rynku półprzewodników obserwuje się dynamiczny wzrost pionowej integracji w projektowaniu i produkcji czipów. Szczególnie widoczne jest to w **sektorze centrów danych i systemów obliczeniowych AI**. Coraz więcej przedsiębiorstw technologicznych – zarówno dużych (tzw. hiperskalerzy) jak i mniejszych

producentów specjalistycznych rozwiązań – rozwija własne, wyspecjalizowane układy scalone, aby zoptymalizować parametry swoich produktów i zmniejszyć zależność od wąskiego grona dostawców. Takie podejście generuje **rosnące zapotrzebowanie na elastyczne, krótkoseryjne linie produkcyjne**, które mogą dostosowywać swoją produkcję do specyficznych potrzeb.

Debata dotycząca ograniczeń eksportowych na zaawansowane czipy AI, wprowadzonych przez administrację USA, dodatkowo uwypukliła znaczenie elastyczności i samowystarczalności krajowego sektora technologicznego. Polska, choć obecnie ma wystarczający dostęp do tych produktów, dostrzega ryzyko związane z ograniczeniami i potencjalnymi zaburzeniami w dostępie do kluczowych komponentów. **Rozwój krajowych małoskalowych linii produkcyjnych zmniejszy to ryzyko, umożliwiając lokalne wytwarzanie specjalistycznych półprzewodników**. Polscy inżynierowie już opracowują takie rozwiązania, w tym układy kryptograficzne i zabezpieczające systemy łączności, zaawansowane sterowniki, podzespoły mocy oraz elementy odporne na promieniowanie.

Własne zdolności produkcyjne w połączeniu z kompetencjami w projektowaniu dadzą szansę na większy udział Polski w **strategicznych europejskich inicjatywach**, umożliwiając realizację bardziej ambitnych projektów. Polska, rozwijając te zdolności, będzie mogła lepiej integrować się z globalnym łańcuchem wartości i zwiększać potencjał krajowej gospodarki i nauki na arenie międzynarodowej.

Elastyczne linie małoskalowe umożliwiają produkcję dostosowaną do potrzeb krajowych producentów urządzeń elektronicznych. Wiele zaawansowanych branż, takich jak obronna, kosmiczna, dronowa czy automatyka przemysłowa, z powodu braku krajowych zdolności produkcyjnych jest zmuszonych do korzystania ze standardowych rozwiązań dostępnych na rynku. **Zapewnienie dostępu do specjalistycznych półprzewodników dostosowanych do ich specyficznych wymagań** – np. pod względem odporności środowiskowej, efektywności energetycznej czy bezpieczeństwa – **pozwoliłoby im osiągnąć lepsze parametry produktów i zwiększyć przewagę konkurencyjną**.

Bardzo ważną kwestią jest także bezpieczeństwo produktów. Produkcja układów do zastosowań wrażliwych – w systemach obronnych, cyberbezpieczeństwie i infrastrukturze krytycznej – musi gwarantować pełną ochronę na każdym etapie. Takie wymagania może spełnić wyłącznie linia produkcyjna ulokowana w kraju i kontrolowana przez odpowiednio przygotowane podmioty publiczne.

Szacowane krajowe **zapotrzebowanie na specjalistyczne układy scalone o podwyższonych parametrach bezpieczeństwa lub odporności środowiskowej wynosi 10 milionów sztuk rocznie**, uzasadniając stworzenie własnych zdolności produkcyjnych o odpowiedniej skali. Kompleksowy projekt ustanowienia takich zdolności, wraz z rozwojem własnej technologii produkcji oraz wykształceniem odpowiedniej puli kadr, przedstawiła Politechnika Warszawska w oparciu o swój CEZAMAT.

Zaleca się stworzenie elastycznej infrastruktury badawczo-produkcyjnej, która umożliwi krótkoseryjną produkcję wyspecjalizowanych czipów dla specyficznych zastosowań, trudnych do wytworzenia w dużych zakładach nastawionych na masową produkcję.

Pierwszym krokiem w realizacji tego celu powinno być **zainicjowanie dialogu z głównymi graczami rynkowymi i krajowymi podmiotami przemysłowymi.**

Do końca 2025 roku należy przeprowadzić pogłębioną analizę rynku, aby zidentyfikować zapotrzebowanie na produkty ewentualnych linii pilotażowych oraz możliwości ich szerszego wykorzystania przez polski przemysł.

Wyniki tych konsultacji posłużą do opracowania szczegółowego programu i harmonogramu tworzenia krajowych linii pilotażowych, które powinny zostać przedstawione w 2026 roku.

Krajowa infrastruktura pilotażowych i małoskalowych linii produkcyjnych będzie działać równolegle do projektów europejskich (oba to odrębne, niezależne byty), w których Polska współuczestniczy w ramach europejskiego aktu w sprawie czipów (opisanych poniżej), uzupełniając je i dostosowując się do specyficznych potrzeb polskiego przemysłu. Jej rozwój wymaga jednak stworzenia dedykowanego modelu finansowania.

Inwestycje w tego rodzaju infrastrukturę wzmocniłyby zdolności Polski jako partnera w globalnym łańcuchu dostaw półprzewodników. **Elastyczne podejście do produkcji przyciągnie projekty od partnerów międzynarodowych i wzmocni lokalne kompetencje technologiczne.**

Wsparcie dla polskiego udziału w europejskich liniach pilotażowych

Europejskie linie pilotażowe są elementem projektów realizowanych w ramach europejskiego aktu w sprawie czipów. Stanowią wspólną rozproszoną infrastrukturę, tworzoną i prowadzoną przez konsorcja badawcze, która umożliwia testowanie nowych technologii w kontrolowanych warunkach produkcyjnych. Są **kluczowym narzędziem wspierającym rozwój przedsiębiorstw** dzięki wprowadzaniu technologii cyfrowych oraz komercjalizację zaawansowanych rozwiązań technologicznych w obszarach o wysokiej wartości dodanej.

Polska bierze udział w trzech z pięciu europejskich projektów linii pilotażowych:

- **FAMES** rozwija technologię FD-SOI (w pełni zubożony krzem na izolatorze), umożliwiającą wyższą integrację układów przy zmniejszeniu zużycia energii. Ta technologia ma zastosowanie w zaawansowanych systemach dla motoryzacji, internetu rzeczy (IoT) i urządzeń mobilnych.
- **WBG** (Wide Bandgap) skupia się na półprzewodnikach szerokoprzerwowych (GaN, SiC, Ga₂O₃), kluczowych dla sektorów energetycznego, motoryzacyjnego i obronnego. Te materiały charakteryzują się większą sprawnością energetyczną i odpornością na ekstremalne warunki.
- **PIXEurope** rozwija fotoniczne układy scalone z zastosowaniami m.in. w medycynie (diagnostyka), telekomunikacji (szybkie łącza internetowe) oraz infrastrukturze kosmicznej. **W ramach tej linii Polska rozwija własną unikalną technologię fotoniki scalonej na zakres podczerwieni.**

Udział w tych projektach pokazuje, że Polska ma potencjał, by stać się ważnym graczem w rozwoju zaawansowanych technologii półprzewodnikowych w Europie.

Należy kontynuować wsparcie dla polskiego udziału w europejskich liniach pilotażowych, zwłaszcza poprzez przystąpienie do nowych linii, które mogą powstać w przyszłości, oraz maksymalne wykorzystanie ich potencjału do rozwoju lokalnych kompetencji.

Ponadto, aby utrzymać i umocnić wiodącą pozycję Polski w obszarze fotoniki scalonej na zakres podczerwieni, należy zapewnić kompletną infrastrukturę badawczą umożliwiającą krajowym uczelniom stały rozwój tej unikalnej w skali Europy technologii.

Utworzenie parku technologicznego dedykowanego sektorowi półprzewodników

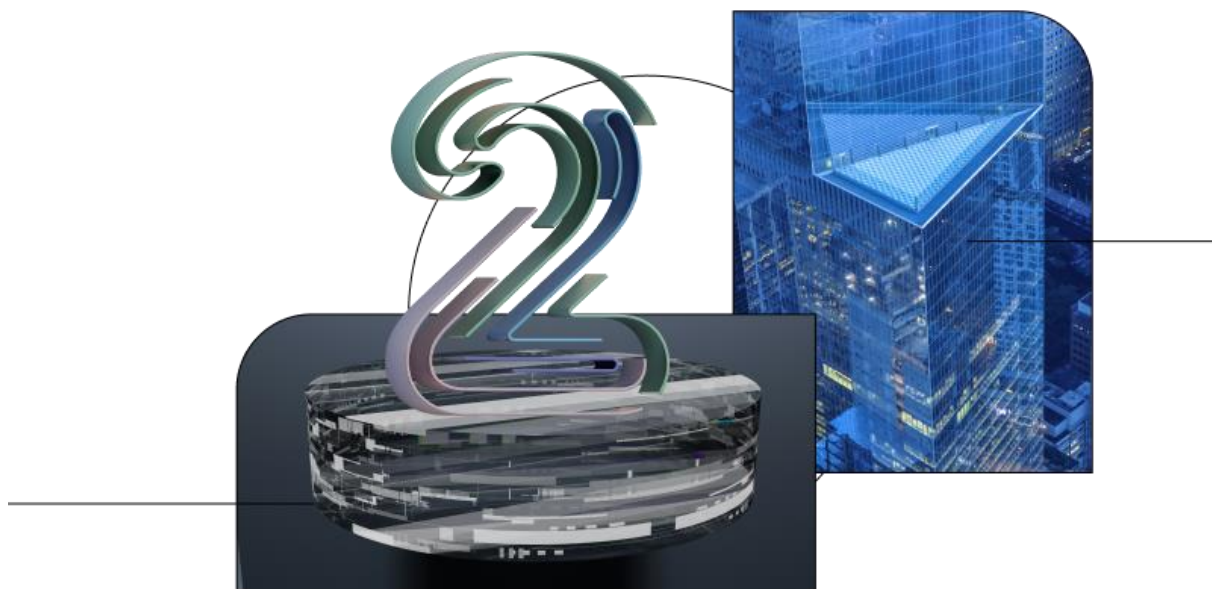
Zaleca się utworzenie w Polsce parku technologicznego dedykowanego sektorowi półprzewodników, opierając się na dokładnej analizie dotyczącej lokalizacji oraz programu inwestycyjnego, którą należy przeprowadzić do końca 2025 roku.

Taki park powinien pełnić rolę platformy integrującej różne elementy krajowego ekosystemu technologicznego, wspierając współpracę między startupami, MŚP, uczelniami oraz globalnymi liderami sektora, a tym samym znacząco przyspieszyć rozwój lokalnych kompetencji oraz zwiększyć atrakcyjność Polski jako miejsca dla inwestycji zagranicznych.

Nowoczesna infrastruktura badawczo-rozwojowa, energetyczna i telekomunikacyjna stworzyłaby warunki do prowadzenia zaawansowanych prac nad technologiami przyszłości. **Park mógłby pełnić rolę katalizatora dla realizacji projektów pilotażowych, linii małoskalowej produkcji oraz rozwoju przemysłów pokrewnych**, takich jak zaawansowana chemia, elektronika i recykling surowców krytycznych.

Projekt miałby potencjał przyciągnięcia środków z unijnych programów wsparcia, w tym kolejnych iteracji europejskiego aktu w sprawie czipów.





II. Impuls państwa

Rola państwa w rozwoju sektora półprzewodników nie może ograniczać się jedynie do tworzenia regulacji – musi obejmować funkcję katalizatora innowacji, strategicznego partnera oraz promotora synergii między sektorem publicznym, prywatnym i naukowym. Współpraca powinna opierać się na jasno zdefiniowanych priorytetach.

Rola państwa w generowaniu innowacji

Aby w pełni wykorzystać potencjał krajowego sektora półprzewodników, ważne jest zainicjowanie trwałej, dobrze zdefiniowanej współpracy między administracją publiczną, spółkami z udziałem Skarbu Państwa oraz sektorem prywatnym. **Państwo powinno aktywnie działać jako katalizator innowacji, generując realne zapotrzebowanie na nowe rozwiązania technologiczne**, które będą miały konkretne zastosowania gospodarcze i przemysłowe. Takie podejście pozwoli łączyć rzeczywiste potrzeby krajowej gospodarki z globalnymi trendami technologicznymi.

Istotne jest, aby projekty te odpowiadały faktycznym wyzwaniom rynku i przynosiły przełomowe efekty.

Spółki z udziałem Skarbu Państwa, ze znaczącym potencjałem technologicznym, przemysłowym i finansowym, powinny odegrać kluczową rolę w inicjowaniu strategicznych projektów badawczo-rozwojowych dla krajowej branży półprzewodników.

Przykładowe obszary takich inicjatyw to zaawansowane systemy monitorowania emisji przemysłowych lub przebudowa krajowej sieci energetycznej, niezbędna w dobie zielonej transformacji – oba oparte na krajowych technologiach półprzewodnikowych.

Tego rodzaju rozwiązania, obniżające koszty procesów przemysłowych, nie tylko **przyczynią się do podniesienia konkurencyjności polskich przedsiębiorstw**, lecz także **stworzą pionowy łańcuch wartości**, który będzie wspierał rozwój całego sektora półprzewodników. Odrębną kwestią jest większe wykorzystanie istniejących kompetencji polskiej branży technologicznej w krajowych projektach zbrojeniowych, gdzie mogą pozytywnie wpłynąć na wzrost potencjału obronnego państwa.

Państwo powinno wspierać projekty tworzenia w Polsce przełomowych rozwiązań technologicznych, które pozwolą na dalszy rozwój globalnej branży produkcji półprzewodników.

Przykładem takiej inicjatywy jest **opracowanie narzędzi do kwantowych symulacji nowych materiałów półprzewodnikowych**. Pozwoliłoby to wykorzystać istniejące krajowe kompetencje w takich obszarach jak programowanie, zaawansowane materiały czy fizyka kwantowa, wspierając budowę długotrwałej przewagi technologicznej. Narzędzia tego typu – dziś jeszcze nieistniejące – umożliwiłyby szybsze opracowywanie i weryfikację wielu kombinacji materiałowych. Projektowanie oparte na takich symulacjach pomoże **przewyciężyć obecne ograniczenia technologiczne**, które uniemożliwiają pełne wykorzystanie mocy obliczeniowych najnowszych układów o bardzo wysokim stopniu integracji. **Opracowanie w kraju takich innowacyjnych technologii wzmocni pozycję polskiego przemysłu w globalnych łańcuchach wartości sektora półprzewodników.**

Państwo powinno priorytetowo wspierać zdolności sprzedażowe produktów i technologii rozwijanych przez polskie firmy, w tym szczególnie MŚP.

Programy promocji międzynarodowej, pomoc w nawiązywaniu partnerstw oraz ułatwianie dostępu do globalnych łańcuchów wartości umożliwiają polskim firmom skuteczniejsze konkutowanie na rynkach zagranicznych. Działania te należy nie tylko kontynuować, ale także systematycznie rozwijać i intensyfikować.

Lepsza koordynacja działań

Spójność i koordynacja priorytetów państwa, takich jak energetyka, cyfryzacja i rozwój przemysłowy, są niezbędne do osiągnięcia efektów synergii.

Wykorzystanie krajowych zdolności technologicznych w tych obszarach umożliwi budowę ekosystemu półprzewodnikowego. Wspólne cele, takie jak **rozwój gospodarczy regionów, modernizacja infrastruktury czy transformacja energetyczna, mogą zostać skoordynowane**, aby skuteczniej wykorzystać dostępne zasoby oraz realizować projekty o szerokim oddziaływaniu.

Przykładem takiego podejścia może być koncepcja **rozwoju branży półprzewodnikowej na Śląsku**, który zмага się z wyzwaniami transformacji przemysłowej i koniecznością tworzenia nowych miejsc pracy w miejsce wygaszanych sektorów tradycyjnych. Region dysponuje odpowiednim potencjałem demograficznym, badawczym i infrastrukturalnym.

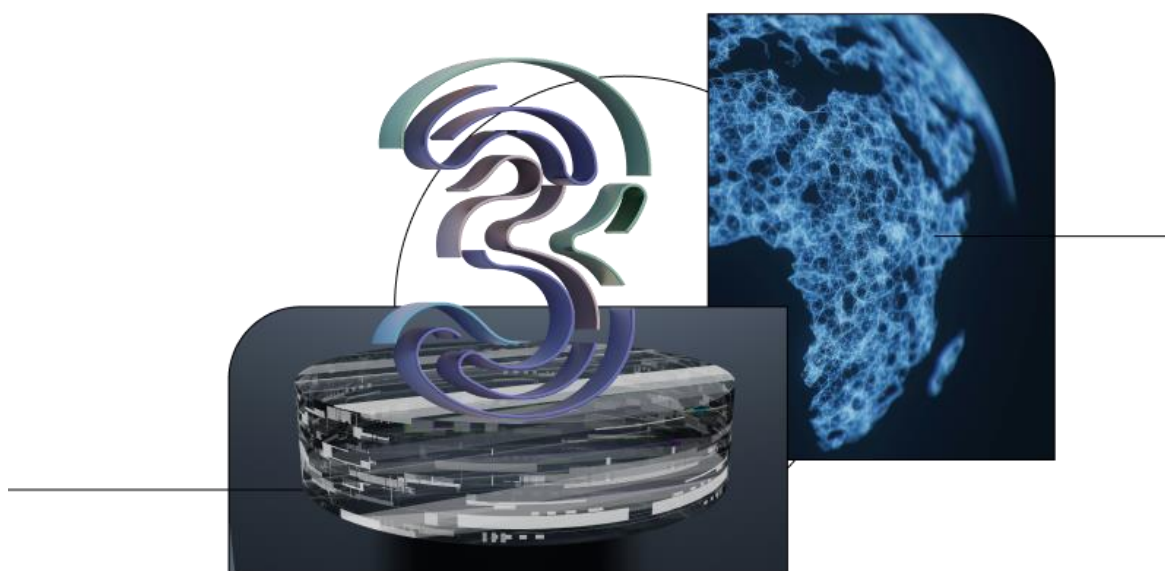
Aby skutecznie realizować cele polityki, korzystne będzie rozwinięcie działań międzyresortowego zespołu półprzewodnikowego^{vii} i rozszerzenie jego zakresu. Warto także rozważyć powołanie Koordynatora ds. polityki półprzewodnikowej dla spójnej koordynacji i wdrażania inicjatyw.

Do wykonania niniejszej polityki wymagana jest **bliska współpraca Ministerstwa Cyfryzacji, Ministerstwa Obrony Narodowej, Ministerstwa Rozwoju i Technologii, Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Ministerstwa Edukacji Narodowej oraz Ministerstwa Aktywów Państwowych**. Działania te powinny być wspierane przez odpowiednie ramy prawne oraz mechanizmy monitorujące, które zapewnią zgodność podejmowanych inicjatyw z rzeczywistymi potrzebami rynku.

Budowanie zaufania pomiędzy sektorem publicznym, prywatnym i naukowym będzie fundamentem sukcesu tych działań. Dlatego **zespół powinien dysponować skutecznymi narzędziami umożliwiającymi regularne konsultacje wszystkich zainteresowanych stron**.

Jednym z takich narzędzi są stałe struktury wspierające współpracę – zarówno wewnątrz branży, jak i z jej partnerami publicznymi i prywatnymi. Aby pogłębić integrację sektora, zwiększyć ekspozycję jego oferty technologicznej na różne

gałęzie przemysłu oraz wspierać ekspansję na rynki zagraniczne, należy wykorzystać potencjał organizacji klastrowych. Dzięki efektywnej współpracy i jasnej koordynacji możliwe będzie pełne wykorzystanie potencjału krajowego sektora półprzewodników.



III. Współpraca regionalna i międzynarodowa

Polityka zakłada dwutorowe podejście: z jednej strony udział w tworzeniu komplementarności kompetencji w Europie Środkowej, z drugiej budowę globalnej pozycji lidera w fotonice, przede wszystkim fotonice scalonej – szybko rozwijającym się obszarze o ogromnym potencjale technologicznym i rynkowym. Obie te ścieżki są kluczowe dla wzmocnienia krajowego sektora technologicznego, ale muszą być uzupełnione o bardziej zdefiniowaną rolę Polski jako lidera inicjatyw regionalnych oraz partnera globalnego w transferze technologii i budowie zrównoważonych łańcuchów dostaw.

Mikroregion technologiczny Polska–Czechy–Niemcy

Budowanie europejskiej siły w sektorze półprzewodników wymaga **wspólnego, skoordynowanego podejścia**, a nie rozdrobnionych działań poszczególnych krajów. **Żaden pojedynczy kraj europejski nie jest w stanie samodzielnie konkurować z globalnymi gigantami**, dlatego współpraca regionalna staje się kluczowa. Europa Środkowa, z jej potencjałem przemysłowym, badawczym, demograficznym i położeniem geograficznym, ma wszystkie atuty, by stworzyć zintegrowany ekosystem technologiczny oparty na komplementarności kompetencji i partnerskim podejściu.

Należy wykorzystać połączone potencjały sąsiadujących regionów Polski, Czech oraz Niemiec (w szczególności Saksonii) jako punkt wyjścia do stworzenia mikroregionu technologicznego.

Każdy kraj mógłby wnieść swoją unikalną wartość. Saksonia, dzięki wieloletnim inwestycjom w technologie krzemowe i rozwiniętej infrastrukturze badawczo-produkcyjnej, stanowi solidny fundament oraz źródło doświadczeń, z którego możemy czerpać inspirację. Czechy wyróżniają się kompetencjami w elektronice mocy oraz pozycją światowego lidera w elektronowej mikroskopii. Polska z kolei może wzbogacić ten układ poprzez kompetencje w zakresie projektowania czipów, materiałów półprzewodnikowych, zaawansowanych technologii integracji oraz fotoniki scalonej.

Dodatkowo **warto rozwijać wspólne centra badawczo-rozwojowe**, które mogłyby obejmować pilotażowe linie produkcyjne, laboratoria oraz ośrodki badawcze skupione na nowych materiałach i technologiach.

Należy dążyć do integracji infrastruktury badawczej i logistycznej między Polską, Czechami i Niemcami, aby wzmocnić spójność regionu oraz zwiększyć jego zdolność do szybkiego wdrażania innowacji.

Polska mogłaby również uzupełnić czeskie i niemieckie zdolności, oferując swoje kompetencje w projektowaniu układów scalonych i wspólnie rozwijając technologie montażu oraz testowania.

Należy unikać scenariusza, w którym europejskie zdolności w zakresie produkcji półprzewodników rozwijają się bez udziału Polski, zwłaszcza w tak bliskim sąsiedztwie. Kluczowe jest, abyśmy aktywnie uczestniczyli w tym

ekosystemie nie tylko jako beneficjenci zagranicznych inwestycji, ale jako partnerzy współtworzący europejskie zdolności technologiczne.

Polska powinna aktywnie uczestniczyć w budowie zdolności produkcyjnych i badawczych mikroregionu technologicznego Polska–Czechy–Saksonia.

Kluczowe jest koordynowanie działań, w tym wspólne aplikowanie o projekty unijne, takie jak IPCEI – Projekty Ważne dla Wspólnego Interesu Europejskiego.

W celu najszerzego wykorzystania powstających możliwości współpracy należy zachęcić zainteresowane polskie województwa, aby przystąpiły do Europejskiego Sojuszu na rzecz Półprzewodników (ESRA).

ESRA to inicjatywa skupiająca województwa europejskie z ambicjami rozwoju sektora półprzewodników – Saksonia jest jednym z członków założycieli, a dodatkowo uczestniczą w nim trzy województwa z Czech. **Włączenie Dolnego Śląska**, a także **Mazowsza** lub **Pomorza**, jest uzasadnione i przyniesie dodatkowe korzyści.

Obok mikroregionu technologicznego Polska–Czechy–Saksonia należy rozwijać współpracę także z innymi państwami naszego regionu.

Jednym z możliwych tematów współpracy może być **przeciwdziałanie ryzykom zaburzeń dostaw poprzez zapewnienie dostępności elementów pasywnych i analogowych – niskomarkowych komponentów nieprodukowanych w Europie**, bez których nie uda się zbudować żadnego elektronicznego urządzenia.

Do 2027 roku należy opracować wspólny system monitorowania bezpieczeństwa łańcucha dostaw półprzewodników w mikroregionie Polska–Czechy–Saksonia. System powinien obejmować narzędzia do analizy ryzyk i oceny niezawodności dostawców.

Fotonika jako polska specjalizacja i szansa na silną pozycję globalną

Fotonika, będąca jedną z kluczowych technologii wspomagających (horyzontalnych), to obszar, w którym Polska posiada znaczący potencjał. Projekty o randze europejskiej, jak **HyperPIC – IPCEI w zakresie mikroelektroniki** oraz uczestnictwo w europejskiej linii pilotażowej **PIXEurope**, dowodzą, że **krajowe firmy**

i instytucje badawcze mogą stać się liderami w rozwoju technologii fotoniki scalonej, jednocześnie potwierdzając potencjał Polski jako koordynatora złożonych inicjatyw technologicznych.

Polski przemysł ma obecnie pozycję globalnego lidera rozwoju fonicznych układów scalonych na zakres podczerwieni. Zastosowania tych urządzeń to przede wszystkim innowacyjne sensory i układy pomiarowe dla wielu obszarów gospodarki – ich wprowadzenie będzie zatem skutkowało silnym impulsem rozwojowym dla dużej części polskiego przemysłu.

Fotonika, jako dziedzina wymagająca zaawansowanych procesów i dopasowania technologicznego, tworzy **przestrzeń do budowy relacji partnerskich**, a nie tylko outsourcingowych. **Polska może stać się technologicznym partnerem dla innych krajów europejskich**, wnosząc do długofalowych przedsięwzięć przemysłowych, badawczych lub infrastrukturalnych unikalne kompetencje krajowych podmiotów.

Należy zainicjować stworzenie w Polsce wiodącego regionalnego ośrodka badawczo-rozwojowego w dziedzinie fotoniki, bazując na istniejących kompetencjach i korzystając ze wzorów najlepszych centrów europejskich, np. w Niderlandach i Hiszpanii.

Taki ośrodek powinien stanowić platformę współpracy międzynarodowej, oferując konkretne korzyści, takie jak wspólne projekty badawcze, transfer technologii oraz dostęp do specjalistycznych linii produkcyjnych. Należy zdefiniować, jaką wartość dodaną dla partnerów regionalnych zaoferuje ten ośrodek i oprzeć model współpracy na wzajemnym uzupełnianiu kompetencji.

Współpraca z globalnymi hubami technologicznymi

Budowanie silnej pozycji Polski w sektorze półprzewodników wymaga aktywnego rozwijania relacji z globalnymi liderami, takimi jak **USA, Tajwan, Korea Południowa czy Japonia** a także z dynamicznie rozwijającymi się rynkami w **Indiach, Wietnamie i Malezji**. Włączenie Polski do globalnych łańcuchów dostaw stanowi kluczowy warunek transferu technologii oraz wzmocnienia krajowego potencjału w tym sektorze.

Należy wyważyć budowanie własnych zdolności z otwartością na współpracę z partnerami spoza UE, uwzględniając rosnące znaczenie bezpieczeństwa ekonomicznego i technologicznego.

Tylko takie podejście umożliwi efektywną integrację z globalnym sektorem półprzewodników i korzystanie z wynikających z tego szans rozwojowych.

Partnerstwo transatlantyckie

Polska powinna kontynuować działania na rzecz strategicznego partnerstwa ze Stanami Zjednoczonymi, uznając ich rolę nie tylko jako kluczowego dostawcy zaawansowanych technologii, ale także istotnego inwestora wspierającego rozwój krajowego sektora technologicznego. Współpraca z USA jest fundamentem dla budowania odpornych łańcuchów dostaw, rozwoju nowoczesnych technologii oraz umacniania pozycji Polski w globalnym ekosystemie innowacji.

Obecne ograniczenia eksportowe (wynoszące 50 tysięcy zaawansowanych procesorów AI do 2027 roku) wynikające z obaw przed wyciekami technologii do krajów trzecich, zmuszają Polskę do ubiegania się o licencje na większe partie kluczowych komponentów. Choć **wprowadzone limity są wystarczające do zaspokojenia bieżących potrzeb infrastruktury obliczeniowej**, ich istnienie ogranicza potencjał rozwijania bardziej ambitnych przedsięwzięć w obszarze superkomputerów i zaawansowanych technologii AI.

Polska powinna realizować skoordynowaną politykę na rzecz uzyskania pełnego, nieograniczonego dostępu do kluczowych technologii, poprzez połączenie działań na poziomie transatlantyckim i unijnym. Dialog z administracją USA powinien akcentować rolę Polski jako strategicznego sojusznika, podkreślając jej rosnące kompetencje technologiczne oraz wkład w bezpieczeństwo i innowacyjność regionu. Jednocześnie współpraca z UE powinna koncentrować się na wypracowaniu wspólnego stanowiska wspierającego równy dostęp wszystkich państw członkowskich do kluczowych technologii (obecnie 10 krajów znajduje się w najwyższej kategorii dostępu, bez udziału Polski), zapewniając wszystkim państwom członkowskim równe możliwości rozwoju oraz konkurencji w sektorach technologicznych.

Relacje z pozostałymi globalnymi liderami

Polska powinna rozwijać bliskie relacje gospodarcze z kluczowymi partnerami w regionie Azji i Pacyfiku (w tym z Tajpej, które produkuje 92% najbardziej zaawansowanych czipów^{viii}). Współpraca z wiodącymi graczami, takimi jak **Korea Południowa** i **Japonia**, stworzy możliwości wymiany wiedzy i technologii, wspierając rozwój lokalnych kompetencji oraz innowacyjności. Jednocześnie partnerstwa z krajami, takimi jak **Indie**, **Wietnam** i **Malezja**, mogą wzmocnić dostęp do zrównoważonych i konkurencyjnych cenowo łańcuchów dostaw. Rozwijanie relacji z tymi państwami pozwoli na zabezpieczenie dostaw oraz wykorzystanie polskich kompetencji w zakresie projektowania i technologii produkcyjnych.

Dostosowanie polityki do nowego kontekstu suwerenności technologicznej

Przenoszenie produkcji bliżej rynków docelowych i do zaufanych partnerów otwiera nowe możliwości przyciągania znaczących inwestycji w obszarze półprzewodników.

Polska powinna postrzegać strategiczną autonomię UE jako szansę na przyciąganie inwestycji i rozwój lokalnych kompetencji, wpisując się w procesy powrotu produkcji do Europy (z ang. *reshoring*) oraz lokowania inwestycji w krajach przyjaznych (z ang. *friendshoring*) lub bliskich geograficznie (z ang. *nearshoring*).

Aby skutecznie korzystać z tych możliwości, **kluczowe będzie zapewnienie najwyższych standardów bezpieczeństwa infrastruktury technologicznej oraz stabilności politycznej.** Polska, jako zaufany partner, powinna podkreślać swoje zaangażowanie w ochronę kluczowych technologii oraz zdolność do ich bezpiecznego rozwijania i wykorzystywania. Zbudowanie takiego zaufania jest warunkiem koniecznym, aby w pełni korzystać z procesów friendshoringu oraz umacniać swoją pozycję w europejskim i globalnym ekosystemie technologicznym.

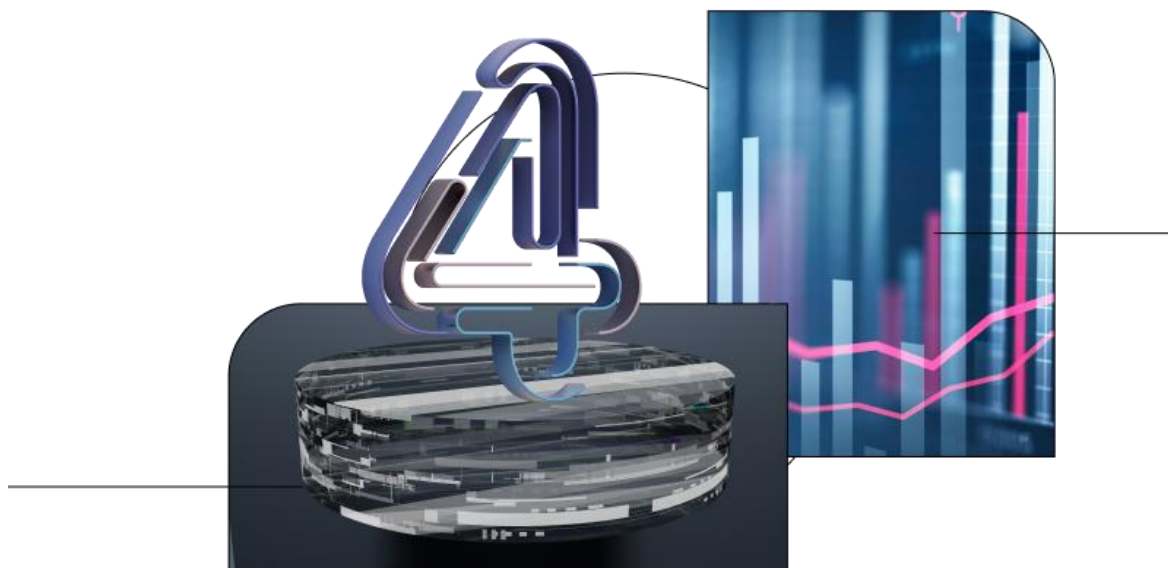
Na wzór Niderlandów **należy łączyć budowę krajowych zdolności z otwartością na współpracę w globalnych łańcuchach dostaw.** Wspieranie unijnej polityki strategicznej autonomii przez rozwój krajowych kompetencji, takich jak projektowanie układów scalonych do specjalnych zastosowań, technologie półprzewodników szerokoprzerwowych czy fotonika scalona, może wzmocnić pozycję Polski jako wiarygodnego partnera technologicznego.

Należy aktywnie wspierać eksport polskich rozwiązań technologicznych, zwłaszcza w obszarze fotoniki i półprzewodników szerokoprzerwowych.

Polityka eksportowa powinna uwzględniać aktualne uwarunkowania bezpieczeństwa ekonomicznego UE, w tym kontrolę technologii krytycznych, przy jednoczesnej otwartości na współpracę poza UE tam, gdzie to możliwe.

Zaleca się działania na rzecz zwiększenia eksportu polskich rozwiązań fonicznych i mikroelektronicznych o 25% do 2028 roku poprzez rozwój sieci dystrybucyjnej i strategii promocyjnych.

Równowaga między krajowymi ambicjami a współpracą międzynarodową pozwoli uniknąć nadmiernych ograniczeń, które mogłyby osłabić konkurencyjność polskich przedsiębiorstw, a jednocześnie umożliwi realizację strategicznych celów Polski i UE.



IV. Inwestycje i finansowanie

Rozwój sektora półprzewodników wymaga dużych nakładów kapitałowych i efektywnego wykorzystania źródeł finansowania – publicznych i prywatnych. Wysoka ryzykowność tych inwestycji, wynikająca z ich kapitałochłonności i długoterminowego charakteru, wymaga działań w zakresie zapewnienia stabilnego finansowania, przyjaznych regulacji oraz uproszczenia procedur. Nowy pięcioletni mandat Komisji Europejskiej, realizowany pod hasłem wzmocnienia konkurencyjności, stwarza impuls do reform, które mogą znacząco poprawić warunki inwestycyjne w Polsce.

Dostosowanie krajowych programów wsparcia

Krajowe Ramy Wspierania Strategicznych Inwestycji Półprzewodnikowych^{ix} z budżetem 1,5 miliarda euro na lata 2024–2026 są głównym narzędziem wsparcia

publicznego, wpisującym się w założenia europejskiego aktu w sprawie czipów. Program został zaprojektowany z myślą o przyciąganiu inwestycji w różnych częściach łańcucha wartości półprzewodników. Dotychczasowe działania Polski koncentrowały się jednak głównie w obszarze *back-end*, co odpowiadało istniejącym warunkom inwestycyjnym i regionalnym potrzebom.

Należy rozważyć przedłużenie okresu realizacji programu oraz wprowadzenie większej elastyczności, aby zwiększyć jego atrakcyjność i dostosować go do dynamicznie zmieniających się potrzeb rynku.

Kluczowym celem powinno być aktywne poszerzanie zakresu wsparcia na inne etapy produkcji, takie jak projektowanie, *front-end* czy tworzenie centrów badawczo-rozwojowych, co pozwoli lepiej integrować polski ekosystem z globalnym łańcuchem wartości. Warto także przeprowadzić szczegółową analizę, czy oferowane środki wsparcia są wystarczająco **konkurencyjne w porównaniu z dotacjami dostępnymi w innych krajach Europy Wschodniej**, biorąc pod uwagę zmieniające się potrzeby rynku i oczekiwania inwestorów.

Ważnym krokiem będzie również **aktywniejsze poszukiwanie inwestorów**, szczególnie w segmentach o wysokiej wartości dodanej oraz skuteczna promocja Polski jako konkurencyjnej lokalizacji inwestycyjnej, w tym poprzez prezentację istniejącego i rozwijanego ekosystemu technologicznego.

Polska stawia sobie za cel pozyskanie minimum trzech dużych inwestorów z sektora półprzewodników w ciągu najbliższej dekady.

Osiągnięcie tego celu umożliwi wypełnienie kluczowych luk technologicznych oraz braków w łańcuchach wartości, jednocześnie nadając silny impuls rozwojowi sektora. Priorytetowo należy traktować inwestorów z Europy, USA oraz bliskich sojuszników w Azji, którzy wniosą do Polski nie tylko kapitał, ale także zaawansowane kompetencje technologiczne. Równocześnie stworzenie skutecznego systemu wsparcia dla rodzimego sektora *fabless* oraz firm rozwijających technologie pokrewne pozwoli na budowę solidnych podstaw dla lokalnego ekosystemu.

Wykorzystanie instrumentów europejskich

Programy takie jak **IPCEI – Projekty Ważne dla Wspólnego Interesu Europejskiego** – odgrywają **kluczową rolę jako mechanizmy wspólnego finansowania projektów strategicznych**, korzystających z wyjątków od reguł pomocy publicznej. To narzędzie pozwala na łączenie zasobów krajowych i europejskich w celu wspierania przełomowych technologii. **Polska zdobywa już**

doświadczenie jako lider projektu HyperPIC, co pokazuje, że krajowe podmioty mogą skutecznie uczestniczyć w tych inicjatywach. Jednak **wyzwania związane z IPCEI**, takie jak znaczne obciążenie administracyjne, skomplikowane procedury aplikacyjne i ograniczona dostępność dla mniejszych firm, **wskazują na potrzebę reform**.

Kluczowe problemy obejmują wielostopniowy proces aplikacyjny, wymagający wielokrotnych przeglądów i walidacji, a także niewystarczającą integrację MŚP w ramach IPCEI.

Należy dążyć do uproszczenia procedur aplikacyjnych, poprawy koordynacji działań na poziomie lokalnym i między państwami członkowskimi oraz zwiększenia dostępności mechanizmów wsparcia dla małych i średnich przedsiębiorstw w ramach unijnych instrumentów finansowych.

Rozważenie szerszego zastosowania mechanizmów zwolnień blokowych mogłoby umożliwić większej liczbie polskich firm włączenie się w ten mechanizm, nawet w mniejszej skali. Budowa partnerstw między dużymi przedsiębiorstwami a mniejszymi firmami jest istotna dla wzmacniania ich pozycji w europejskim łańcuchu wartości. Mechanizmy takie mogą zwiększyć dostęp MŚP do infrastruktury, wiedzy i zasobów niezbędnych do realizacji innowacyjnych projektów.

Nadchodzące negocjacje ws. Wieloletnich Ram Finansowych UE (2028–2034) stanowią istotną szansę na zdobycie nowych funduszy na rozwój technologii strategicznych, takich jak półprzewodniki, AI czy fotonika. Doświadczenia z europejskiego aktu w sprawie czipów, gdzie z deklarowanych 43 miliardów euro faktycznie zabezpieczono jedynie 3 miliardy, pokazują skalę wyzwań w zapewnieniu stabilnego finansowania. Tego rodzaju przykład powinien być lekcją na przyszłość i wskazówką, jak unikać podobnych sytuacji.

W trakcie rozmów nad nowym unijnym budżetem na lata 2028-2034 Polska powinna zadbać, aby zapewniono wystarczające środki na rozwój technologii, w tym półprzewodnikowych i fotoniki, oraz uproszczono zasady ich dostępności dla polskich podmiotów.

Taka perspektywa pozwoli lepiej wspierać polskie podmioty w dostępie do finansowania i budowaniu przewagi konkurencyjnej.

Łatwiejszy dostęp do finansowania dla sektora prywatnego

Rozwój sektora półprzewodników w Polsce wymaga przede wszystkim **stworzenia skutecznych mechanizmów wspierających prywatne finansowanie**, kluczowe dla skalowania technologii i komercjalizacji innowacji. Publiczne środki mogą odegrać istotną rolę w rozwoju innowacyjnych projektów, szczególnie tych obarczonych wysokim ryzykiem technologicznym, umożliwiając ich dojście do etapu, na którym potencjał rynkowy może zostać oceniony przez prywatnych inwestorów. Takie podejście pozwala budować pomost między wczesną fazą badań a komercjalizacją, wspierając jednocześnie rozwój przełomowych technologii. **Stabilność polityki fiskalnej, jasne i przewidywalne ramy prawne oraz podatkowe**, a także **zachęty inwestycyjne**, takie jak **ulgi na badania i rozwój**, powinny pozostać kluczowymi elementami polskiej oferty inwestycyjnej, wspierając tworzenie sprzyjającego otoczenia dla inwestorów.

Głównym wyzwaniem pozostaje zapewnienie firmom w Polsce, zwłaszcza małym i średnim, dostępu do różnych źródeł finansowania, zarówno krajowych, jak i międzynarodowych, by przyspieszyć **wdrażanie innowacji na szeroką skalę**. Skalowanie działalności w sektorze półprzewodników wymaga **zaangażowania instytucjonalnych źródeł kapitału**, takich jak fundusze emerytalne, fundusze inwestycyjne i banki rozwojowe. Te instytucje mogą odegrać fundamentalną rolę w finansowaniu długoterminowych projektów technologicznych, oferując stabilne i konkurencyjne warunki finansowania. **Tanie kredyty oraz dedykowane linie finansowe powinny stanowić integralną część tego ekosystemu**. Jednocześnie kluczowe jest **wzmocnienie dostępu i obecności polskich firm na rynkach kapitałowych**, przede wszystkim wokół Giełdy Papierów Wartościowych. Uproszczenie zasad oraz lepsza integracja z międzynarodowymi rynkami mogą znacząco zwiększyć ich możliwości w pozyskiwaniu kapitału i wspierać globalną konkurencyjność sektora.

Wraz z dojrzewaniem sektora półprzewodników w Polsce należy spodziewać się wzrostu aktywności w zakresie fuzji i przejęć, co niesie ze sobą zarówno szanse, jak i wyzwania. **Konsolidacja rynku może przyczynić się do wzmocnienia pozycji polskich firm w globalnym łańcuchu wartości, ale wymaga jednocześnie mechanizmów ochrony strategicznych aktywów** przed nadmiernym wykupem przez podmioty zagraniczne. Wzmocnienie zdolności negocjacyjnych polskich firm oraz ich dostępu do taniego i elastycznego finansowania jest kluczowe, aby mogły aktywnie uczestniczyć w procesach konsolidacyjnych, zachowując kontrolę nad kluczowymi technologiami i infrastrukturą.



V. Talenty i edukacja

Rozwój sektora półprzewodników w Polsce wymaga strategicznych inwestycji w kapitał ludzki. Polska wyróżnia się jednym z najwyższych wskaźników zatrudnienia w UE (77,9% w 2023 roku), niskim odsetkiem przedwczesnego kończenia edukacji (3,7%) oraz wysokimi wynikami młodych Polaków w międzynarodowych badaniach edukacyjnych. Przyszły sukces sektora zależy jednak od nowoczesnych programów kształcenia, współpracy międzynarodowej i przyciągania globalnych talentów. **Rozwój infrastruktury wspierającej interdyscyplinarne badania naukowe, w tym w ramach wysokowydajnego przetwarzania danych (superkomputerów) oraz mechanizmy wspomagające komercjalizację wyników badań powinny stać się priorytetem.** Holistyczne podejście integrujące edukację, sektor prywatny i publiczny pozwoli Polsce budować konkurencyjność w globalnym ekosystemie technologicznym.

Integracja interdyscyplinarności w edukacji podstawowej i średniej

Inwestycja w edukację młodzieży na poziomie podstawowym i średnim jest kluczowym krokiem w budowaniu przyszłych kadr.

Należy wprowadzić programy edukacyjne rozwijające zainteresowanie technologią już od najmłodszych lat, ze szczególnym uwzględnieniem jej podstawowego znaczenia jako procesu wytwarzania.

Przykładami takich działań mogą być zajęcia praktyczne w laboratoriach oraz interdyscyplinarne projekty łączące nauki przyrodnicze i techniczne (STEM).

Warto w tym celu wykorzystać dostępne już w Europie narzędzia, w tym **zestawy pomocy naukowych wprowadzających uczniów w sferę technologii półprzewodnikowych** czy fotoniki.

Realizacja tych działań powinna być zgodna z założeniami Polityki Cyfrowej Transformacji Edukacji^x, która kładzie nacisk na dostosowanie systemu edukacji do wyzwań cyfrowych i technologicznych XXI wieku. Polityka ta wyznacza ramy dla modernizacji procesu nauczania, podkreślając znaczenie interdyscyplinarności oraz kształcenia kompetencji przyszłości, takich jak kreatywność, krytyczne myślenie i umiejętność współpracy.

Podstawa programowa powinna zawierać podstawowe zagadnienia dotyczące nowoczesnych technologii, w tym mikroelektroniki, aby dodatkowo wzmacniać zainteresowanie młodych ludzi technologią.

Z uwagi na potencjał szeroko rozumianych rozwiązań hybrydowych (najciekawsze pomysły rodzą się na pograniczu dziedzin) **kształcenie powinno kłaść nacisk na powiązania pomiędzy różnymi dziedzinami życia, gospodarki i nauki** – przeciwdziałając wąskiemu postrzeganiu technologii i świata. **Technika i ogólnokształcące szkoły średnie wymagają modernizacji**, aby kształcić specjalistów gotowych do pracy w zaawansowanych branżach przemysłu – w tym w półprzewodnikowym.

Postulaty dotyczące inicjowania i współfinansowania programów rozwoju szkół technicznych we współpracy z sektorem prywatnym są słuszne i powinny być traktowane priorytetowo, aby zwiększyć liczbę wykwalifikowanych pracowników.

Proponuje się również stworzenie sieci horyzontalnej współpracy łączącej uczelnie wiodące w branży oraz mniejsze ośrodki akademickie.

Kluczowym założeniem jest wsparcie techników i mniejszych uczelni w rozwijaniu specjalistycznych kompetencji oraz ich integracja z dużymi centrami technologicznymi, np. w Warszawie czy Wrocławiu. Pozwoli to na zmniejszenie różnic regionalnych i wykorzystanie potencjału całego kraju.

Zaawansowane kształcenie na poziomie wyższym

Polska dysponuje solidną bazą akademicką w zakresie edukacji związanej z mikroelektroniką i półprzewodnikami, jednak dalszy rozwój sektora wymaga znaczącego wsparcia i rozbudowy. Uczelnie takie jak **Politechnika Warszawska**, **Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie**, **Wojskowa Akademia Techniczna** oraz politechniki we **Wrocławiu**, **Gdańsku**, **Poznaniu** i na **Śląsku** mają potencjał, aby stać się liderami w kształceniu kadr dla sektora półprzewodników. Dodatkowo, uczelnie takie jak **Politechnika Bydgoska**, **Politechnika Łódzka** oraz **Politechnika Lubelska** mogą odegrać istotną rolę w rozwijaniu zaplecza talentów w regionach.

Obecnie w Polsce rocznie około **5 tysięcy**^{xi} absolwentów kończy kierunki związane z elektroniką, mikroelektroniką i technologią półprzewodników.

Liczba absolwentów kierunków technicznych, choć zadowalająca w obecnych realiach, musi zostać zwiększona, aby sprostać przyszłym wymaganiom dynamicznie rozwijającego się sektora.

Konieczne jest zapewnienie studentom jak najszerszego dostępu do infrastruktury badawczej w ramach wspólnych projektów naukowo-przemysłowych, co zwiększy ich kompetencje i umożliwi praktyczne wykorzystanie zdobytej wiedzy.

Szczególnym wyzwaniem jest zapewnienie dostępu do nowoczesnych laboratoriów, które umożliwią studentom zdobywanie, testowanie oraz rozwijanie wiedzy i umiejętności. W tym celu ważne jest zwłaszcza optymalne wykorzystanie już istniejących zasobów poprzez **programy współpracy i współdzielenia infrastruktury**. Współpraca między uczelniami a przedsiębiorstwami technologicznymi może też przyspieszyć transfer wiedzy i zwiększyć efektywność kształcenia.

Przyciąganie międzynarodowych talentów i rozwój krajowych kadr

Przyciąganie i rozwijanie talentów, zarówno krajowych, jak i międzynarodowych, jest kluczowe dla rozwoju sektora półprzewodników.

Polska powinna upraszczać procedury związane z dostępem do rynku pracy, aby wspierać wykwalifikowanych specjalistów i zachęcać ich do rozwijania kariery w kraju.

Wdrożenie systemu monitorowania losów zawodowych absolwentów w kontekście zaawansowanych technologii (np. poprzez systemy takie jak ELA – Ekonomiczne Losy Absolwentów) może przyczynić się do lepszego kształtowania polityki wsparcia karier w sektorze teleinformatycznym (z ang. ICT).

Rozsądne i przejrzyste regulacje, połączone z programami wsparcia relokacyjnego dla wykwalifikowanych specjalistów, mogą pomóc w budowaniu konkurencyjnej pozycji Polski na globalnym rynku talentów, jednocześnie uwzględniając potrzeby gospodarki oraz lokalnych społeczności.

W kontekście osób, które przybyły do Polski w wyniku konfliktu w Ukrainie, szczególnie ważne jest stworzenie im możliwości zawodowego rozwoju w sektorze technologii. Wsparcie takie przyniesie korzyści zarówno dla tych osób, jak i dla polskiej gospodarki.

Programy przyciągania talentów powinny zaowocować wzrostem liczby wysoko wykwalifikowanych specjalistów w sektorze o 20% do 2030 roku.

Koordinacja działań i centra kompetencji

Skuteczne zwiększenie skali kształcenia i rozwoju kadr dla mikroelektroniki i fotoniki wymaga optymalnego wykorzystania zasobów – kadry, programów kształcenia i infrastruktury – dostępnych na uczelniach, w instytutach badawczych oraz w sektorze prywatnym. Międzyresortowy zespół ds. polityki półprzewodnikowej powinien wspierać ich efektywne wykorzystanie, tworząc **kompleksowy system wspierający rozwój zasobów ludzkich na wszystkich poziomach** – od techników po wysoko wykwalifikowanych inżynierów.

Centra kompetencji będą także propagować możliwości **współpracy z międzynarodowymi ośrodkami naukowymi**, szczególnie w ramach mikroregionu, dostępne dla podmiotów zaangażowanym w proces kształcenia i rozwoju kadr. Wspólne projekty umożliwią wymianę doświadczeń, przyspieszą transfer wiedzy oraz zwiększą dostępność zaawansowanej infrastruktury badawczej dla polskich naukowców i studentów.

Centra kompetencji powinny do 2030 roku osiągnąć status wiodącego sieci ośrodków w Europie Środkowej, nawiązując stałą współpracę z pięcioma partnerami z regionu.

Centra powinny także pełnić funkcję platformy, która łączy sektor naukowy z przemysłowym, wspierając wdrożenia innowacyjnych rozwiązań oraz

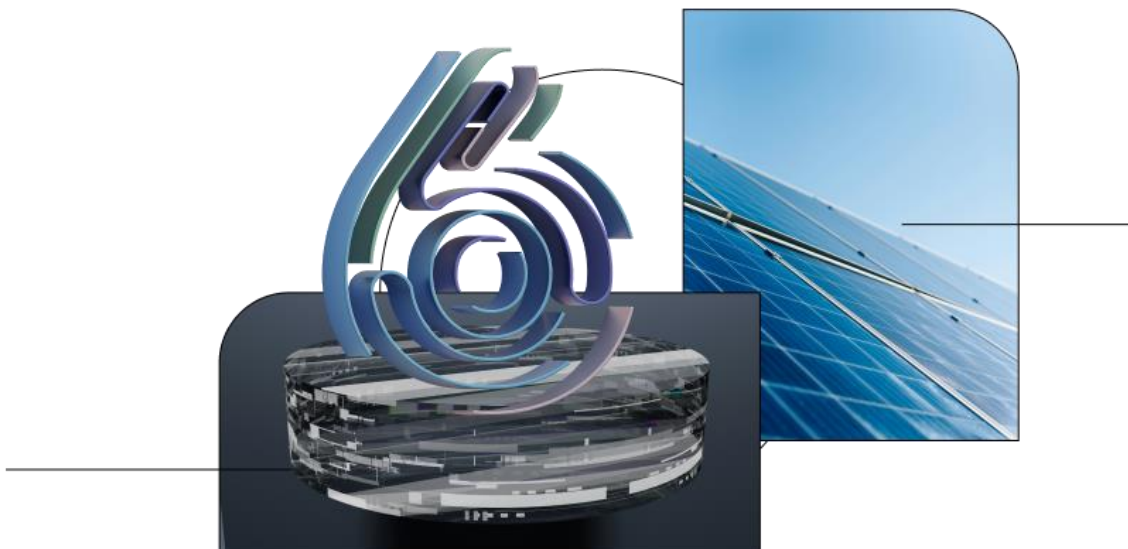
dostosowywanie programów kształcenia do dynamicznie zmieniających się potrzeb rynku. Stała współpraca z przemysłem, programy wymiany studenckiej, współpraca akademicka z uczelniami zagranicznymi oraz udział w międzynarodowych konsorcjach badawczych będą kluczowe dla wzmocnienia pozycji naukowej polskich uczelni oraz zwiększenia atrakcyjności ich oferty dla najlepszych studentów z kraju i świata.

Demograficzne wyzwania i inwestycje w przyszłość

Polska stoi w obliczu wyzwań demograficznych, w tym spadku liczby osób w wieku produkcyjnym, która według prognoz zmniejszy się z 21,4 miliona w 2030 roku do 20,7 miliona w 2035 roku^{xii}.

Taka sytuacja wymaga nie tylko **zwiększenia efektywności systemu edukacji**, ale także **lepszego wykorzystania potencjału** osób obecnych na rynku pracy, w tym **kobiet i seniorów**, których udział w aktywności zawodowej wciąż pozostaje poniżej średniej unijnej^{xiii}. W sektorze półprzewodników kluczowe będzie przekształcenie zasobów ludzkich w strategiczny atut poprzez **dostosowanie programów kształcenia do potrzeb zaawansowanych technologii i rozwój atrakcyjnych ścieżek kariery**. Wzmacnianie współpracy uczelni z przemysłem, inwestycje w nowoczesne metody kształcenia, takie jak e-learning i laboratoria wirtualne, oraz **stworzenie kompleksowych programów przekwalifikowania** mogą zapewnić Polsce konkurencyjność i stabilny rozwój w obliczu zmieniających się trendów demograficznych.

Do 2028 roku w Polsce powinno powstać co najmniej pięć programów przekwalifikowania zawodowego w sektorze półprzewodników i fotoniki, skierowanych do osób powracających na rynek pracy oraz seniorów, z celem objęcia 10 tysięcy osób.



VI. Energia i woda

Dostęp do przystępnych cenowo, niezawodnych i nowoczesnych usług energetycznych, a także samej energii w przystępnej cenie jest jednym z kluczowych czynników determinujących rozwój przemysłu w Polsce, w szczególności sektora półprzewodników. **Produkcja czipów charakteryzuje się wyjątkowo wysokim zapotrzebowaniem na energię** elektryczną, wymagając jednocześnie stabilności, przewidywalności i optymalnych kosztów operacyjnych. Wysokie ceny energii w Polsce stanowią wyzwanie dla sektora, szczególnie w porównaniu z innymi krajami regionu, co podkreśla potrzebę działań na rzecz poprawy konkurencyjności.

Rozwój energochłonnych fabryk półprzewodników oraz wdrażanie technologii przyszłości powinny zostać uwzględnione w trwających pracach nad rozwiązaniem problemu wysokich kosztów energii jako integralny element szerszej polityki przemysłowej państwa.

Transformacja energetyczna Polski, oparta na rozwoju odnawialnych źródeł energii, nieemisyjnych technologii oraz elastycznych usług sieciowych, otwiera przed krajem

możliwości zmniejszenia kosztów energii oraz redukcji śladu węglowego w gospodarce.

Budowa elektrowni jądrowej na Pomorzu, rozwój morskiej energetyki wiatrowej oraz zwiększenie udziału lądowych źródeł odnawialnych w miksie energetycznym to kluczowe kroki dla zapewnienia Polsce długoterminowej przewagi konkurencyjnej.

Zielona energia jest nie tylko tańsza, ale także coraz częściej staje się wymogiem ze strony inwestorów oraz odbiorców produktów z sektora przemysłowego.

Transformacja sieci energetycznej w kierunku nowoczesnej, rozproszonej infrastruktury, zdolnej do integracji kolejnych źródeł OZE, stworzy dodatkowe możliwości rozwoju energochłonnych inwestycji, nawet na terenach o obecnie ograniczonym dostępie do energii.

Rola technologii półprzewodnikowych w energetyce

Półprzewodniki, szczególnie szerokoprzerwowe, mogą odegrać kluczową rolę w transformacji energetycznej Polski. Technologie takie jak mikroelektronika mocy, umożliwiające integrację systemów magazynowania energii i zaawansowanych sieci elektroenergetycznych, nie tylko stabilizują infrastrukturę, ale także przyczyniają się do obniżenia kosztów transformacji energetycznej.

Należy rozwijać własne zdolności produkcyjne w mikroelektronice mocy, co może istotnie obniżyć koszty transformacji energetycznej, jednocześnie generując wartość dodaną w gospodarce poprzez rozwój produkcji przemysłowej.

Efektywne wykorzystanie technologii zmniejszających zużycie energii w procesach produkcyjnych to kolejny ważny element polityki. Wdrażanie systemów zarządzania energią oraz optymalizacja procesów technologicznych obniżą koszty operacyjne zarówno po stronie przedsiębiorstw energetycznych, jak i innych przemysłowych odbiorców energii. **Ważnym elementem tego podejścia jest wspieranie rozbudowy i modernizacji sieci elektroenergetycznych.**

Spółki energetyczne z udziałem Skarbu Państwa mogą inicjować projekty stymulujące rozwój zaawansowanych technologii – w tym fotoniki

i mikroelektroniki mocy – wskazując na konkretne zapotrzebowanie wspierające optymalizację pracy sieci energetycznych.

Te działania wpisują się w szerszą koncepcję roli państwa w wyznaczaniu kierunków rozwoju strategicznych sektorów gospodarki.

Rozwój sektora półprzewodników powinien też być skoordynowany z działaniami na rzecz zwiększenia odporności gospodarki na zagrożenia z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego. Te kwestie dotyczą również operatorów systemów energetycznych, co stwarza dodatkowy efekt synergii i umożliwia równoczesne realizowanie strategicznych celów polityki państwa w różnych, choć powiązanych ze sobą obszarach.

Znaczenie wody w produkcji półprzewodników

Woda to kluczowy zasób w produkcji półprzewodników. **Fabryki czipów zużywają ogromne ilości ultra-czystej wody** do procesów takich jak litografia czy czyszczenie.

Polska powinna uwzględnić dostępność i zarządzanie zużyciem wody w regionach wybranych pod budowę infrastruktury produkcyjnej.

Technologie związane z monitorowaniem stanu zasobów wody, jej recyklingiem a także systemy minimalizujące jej zużycie mogą stać się istotnym elementem przewagi konkurencyjnej kraju, jednocześnie ograniczając negatywny wpływ na środowisko.

Energia w centrum planowania lokalizacji i infrastruktury

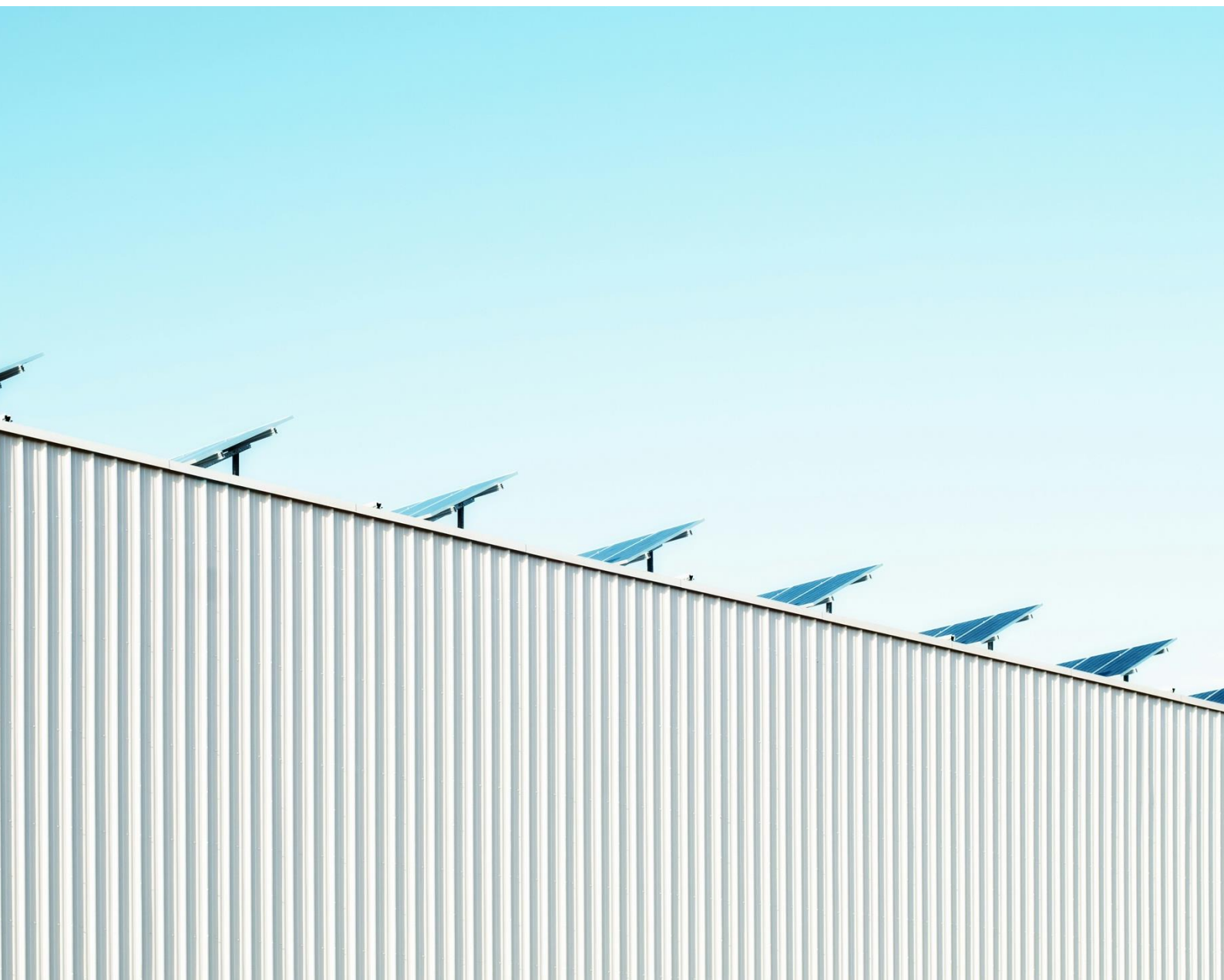
W ramach polityki należy uwzględnić także **rozwój infrastruktury dostosowanej do potrzeb zaawansowanych technologii tego sektora.**

Inwestycje półprzewodnikowe możliwe są w regionach zapewniających stabilny dostęp do bezemisyjnej energii.

Wymaga to powiązania z w/w procesami planowania rozwoju systemów energetycznych i usług sieciowych, w tym elastyczności systemu. Możliwe jest także

włączenie stosownego planowania w działania niezbędne do transformacji regionów w ramach założeń społecznie odpowiedzialnej i sprawiedliwej polityki neutralności klimatycznej.

Tworzenie infrastruktury wspierającej – w tym sieci elektroenergetycznych – stwarza także możliwość **promowania rozwiązań typu integracja sektorów** (z ang. *sector-coupling*), które łączą potrzeby energetyczne z zaawansowanymi, nieemisyjnymi systemami chłodzenia i oczyszczania powietrza. Technologie te są kluczowe dla funkcjonowania zakładów wymagających kontrolowanej atmosfery, co jednocześnie wpisuje się w szersze wyzwania związane z transformacją sektora ciepła i chłodu.





VII. Chemikalia i surowce

Polska, chcąc wzmocnić swój sektor półprzewodników, powinna zagwarantować dostęp do kluczowych chemikaliów i surowców oraz sprostać regulacyjnym wyzwaniom związanym z ich użytkowaniem. Równocześnie rozwój technologii odzysku oraz alternatyw chemicznych może zwiększyć konkurencyjność krajowego przemysłu.

Znaczenie chemikaliów w produkcji półprzewodników

Dostęp do kluczowych surowców i chemikaliów, takich jak krzem, metale ziem rzadkich czy PFAS (per- i polifluoroalkilowe związki chemiczne), **stanowi jeden z filarów rozwoju sektora półprzewodników.** PFAS są niezastąpione w procesach litograficznych, trawienia oraz izolacji w produkcji półprzewodników, dzięki swoim unikalnym właściwościom, takim jak odporność na ekstremalne temperatury, stabilność chemiczna i minimalna przepuszczalność. Są również wykorzystywane w badaniach i rozwoju jako kluczowy składnik materiałów laboratoryjnych. Jednocześnie trwałość PFAS w środowisku oraz powszechność ich zastosowań wzbudzają obawy o wpływ na zdrowie publiczne i środowisko.

Polska powinna rozwijać kompetencje w zakresie badań nad alternatywami dla PFAS, które w przyszłości mogą zmniejszyć zależność sektora od tej grupy substancji.

Wpływ regulacji chemicznych na sektor półprzewodników

Rozporządzenie REACH (Rejestracja, Ocena, Udzielanie Zezwoleń i Ograniczenia w zakresie Chemikaliów), będące **podstawowym aktem prawnym Unii Europejskiej w zakresie zarządzania chemikaliami**, jest obecnie **przygotowywane do przeglądu**, którego celem jest dostosowanie prawa do nowych wyzwań związanych z ochroną środowiska, zdrowia publicznego oraz rozwojem technologicznym.

W nadchodzących latach można spodziewać się, że **proces przeglądu REACH uwzględni zaostrzenie przepisów dotyczących stosowania substancji**, takich jak PFAS. Może to obejmować zwiększenie wymogów rejestracyjnych i oceny ryzyka, co wpłynie na działalność przemysłową i badawczą w wielu sektorach. Wzmocnienie zasad zarządzania ryzykiem może również ograniczyć dostęp do niektórych substancji, co z kolei może wpłynąć na globalną konkurencyjność europejskiego przemysłu.

Polska powinna aktywnie śledzić dyskusje dotyczące REACH na poziomie unijnym oraz promować inteligentne rozwiązania, które będą łączyć potrzeby rozwoju technologicznego z ochroną środowiska i zdrowia publicznego.

Surowce krytyczne – strategiczne wyzwania

Dostęp do surowców krytycznych, takich jak metale ziem rzadkich i krzem, stanowi jedno z najpoważniejszych wyzwań dla Europy, która pozostaje w dużej mierze uzależniona od ich importu, głównie z Chin. **Europejski akt w sprawie surowców krytycznych z 2023 roku**, zakładający m.in. osiągnięcie 15% recyklingu tych materiałów do 2030 roku, stwarza **szansę na zmniejszenie tej zależności poprzez rozwój lokalnych zdolności przetwarzania i odzysku**.

Polska, dzięki potencjałowi przemysłowemu Śląska i możliwościom rozwoju innowacyjnych technologii, ma szansę odegrać główną rolę jako regionalne centrum odzysku surowców oraz przetwarzania.

Należy wykorzystać istniejącą infrastrukturę, inwestować w technologie hydrometalurgiczne oraz rozwijać współpracę w ramach unijnych działań surowcowych, aby zwiększyć zdolności Polski w zabezpieczaniu, odzysku i przetwarzaniu surowców, takich jak metale ziem rzadkich i krzem.



-
- ⁱ Ministerstwo Cyfryzacji, Strategia Cyfryzacji Polski do 2035 roku.
- ⁱⁱ World Semiconductor Trade Statistics (WSTS), raport 2024.
- ⁱⁱⁱ Przeliczone na podstawie danych z raportu SEMI Silicon Manufacturers Group (SMG), 2023, dotyczących globalnych dostaw płytek krzemowych
- ^{iv} Komisja Europejska, „Wniosek dotyczący rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającego ramy środków na rzecz wzmocnienia ekosystemu półprzewodników w Europie – Dokument roboczy służb Komisji”, 2022.
- ^v Raport Tek.info „Osiągnięcia i perspektywy branży produkcji półprzewodników w Polsce”, 2024. Własna analiza na podstawie danych D&B.
- ^{vi} Uchwała nr 125 Rady Ministrów z dnia 22 października 2024 r. w sprawie Krajowego planu działania do programu polityki „Droga ku cyfrowej dekadzie” do 2030 r. (M.P. poz. 989).
- ^{vii} Międzyresortowy Zespół do spraw Krajowych Ram Wspierania Strategicznych Inwestycji Półprzewodnikowych, ustanowiony Zarządzeniem nr 24 Prezesa Rady Ministrów z dnia 5 marca 2024 r. (M.P. poz. 191).
- ^{viii} Niderlandzka Agencja Przedsiębiorczości, „Badanie dotyczące przemysłu półprzewodników nowej generacji na Tajwanie”, 2022.
- ^{ix} Krajowe Ramy Wspierania Strategicznych Inwestycji Półprzewodnikowych, ustanowione uchwałą nr 239 Rady Ministrów z dnia 8 grudnia 2023 r. (M.P. poz. 1419).
- ^x Uchwała nr 98 Rady Ministrów z dnia 12 września 2024 r. w sprawie przyjęcia polityki publicznej pod nazwą „Polityka Cyfrowej Transformacji Edukacji” (M.P. poz. 812).
- ^{xi} Własna analiza na podstawie danych z platformy RAD-on (grudzień 2024), obejmujących liczbę absolwentów kierunków technicznych i inżynierskich w Polsce. Analiza uwzględnia kierunki związane z elektroniką, elektrotechniką oraz innymi pokrewnymi dziedzinami technologicznymi, przy zestawieniu danych z podziałem na uczelnie techniczne i specjalizacje.
- ^{xii} Główny Urząd Statystyczny, „Prognoza ludności rezydującej dla Polski na lata 2023–2060”, 2023.
- ^{xiii} Komisja Europejska, „Raport monitorujący sytuację zatrudnienia w Unii Europejskiej”, 2024.