



Grzegorz Kądzielawski  
Marcin Lis

# WYKORZYSTANIE AI W PROCESIE DEKARBONIZACJI PRZEMYSŁU



GREEN  
INDUSTRY  
FOUNDATION

**Akademia WSB**  
Dąbrowa Górnicza, Kraków, Cieszyń, Żywiec, Olkusz, Gliwice, Tychy

**WSB University**

# WSTĘP

Zmiany klimatyczne wywołane działalnością człowieka, szczególnie przez emisje gazów cieplarnianych, są uznawane za jedno z największych zagrożeń dla przyszłych pokoleń. Proces dekarbonizacji przemysłu, czyli redukcji emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) oraz innych gazów cieplarnianych, stanowi kluczowy element strategii walki ze zmianami klimatu. Przemysł odpowiada za około 30% globalnych emisji, co czyni jego transformację niezbędną do osiągnięcia celów klimatycznych, takich jak neutralność klimatyczna do 2050 roku.

Równocześnie technologia sztucznej inteligencji (AI) rozwija się w szybkim tempie, a jej potencjał do zastosowania w różnych branżach przemysłu staje się coraz bardziej widoczny. AI odgrywa coraz większą rolę, umożliwiając optymalizację procesów produkcyjnych, zarządzanie energią i wspieranie innowacji technologicznych.

Szacuje się, że wdrożenie rozwiązań AI w sektorze przemysłowym mogłoby zmniejszyć globalne emisje CO<sub>2</sub> o około 4 gigatony rocznie do 2030 roku. Zastosowanie sztucznej inteligencji w procesie dekarbonizacji nie tylko może pomóc przedsiębiorstwom spełniać regulacje środowiskowe, ale także obniżyć koszty operacyjne oraz zwiększając konkurencyjność w skali globalnej.

Celem raportu przygotowanego przez ekspertów Green Industry Foundation oraz Instytutu Badań nad AI Akademii WSB, jest szczegółowe przedstawienie roli sztucznej inteligencji w procesach dekarbonizacji przemysłu, a także identyfikacja konkretnych przypadków zastosowań, wyzwań oraz możliwości, jakie niesie ze sobą integracja technologii AI w kluczowych sektorach przemysłu. Raport kończą wnioski i rekomendacje, których wdrożenie może przyczynić się do dynamicznego rozwoju AI w procesie dekarbonizacji przemysłu.



# KLUCZOWE WYZWANIA I POTRZEBY ZWIĄZANE Z DEKARBONIZACJĄ PRZEMYSŁU



Dekarbonizacja przemysłu to jedno z największych wyzwań stojących przed globalną gospodarką w obliczu kryzysu klimatycznego. Przemysł, będący jednym z głównych emitentów gazów cieplarnianych, ma kluczowe znaczenie w realizacji ambitnych celów klimatycznych, takich jak osiągnięcie neutralności emisyjnej do 2050 roku, co zostało zapisane m.in. w European Green Deal.

Sektor przemysłowy odpowiada za 30% światowych emisji CO<sub>2</sub>, a jego transformacja jest nieodzowna w walce o ograniczenie globalnego ocieplenia. Proces dekarbonizacji jednak wiąże się z wieloma wyzwaniami technologicznymi, finansowymi i legislacyjnymi, które muszą być uwzględnione w najbliższych latach.



# WYZWANIA TECHNOLOGICZNE I STRUKTURALNE

Przemysł ciężki, w tym sektory takie jak hutnictwo, branża cementowa, chemiczna oraz produkcja energii, opierają się na energochłonnych procesach wykorzystujących paliwa kopalne. Procesy te są trudne do zastąpienia alternatywami nisko-emisyjnymi ze względu na skalę i specyfikę produkcji.

Wymaga to rozwoju i wdrożenia nowych technologii, takich jak produkcja stali z wykorzystaniem wodoru czy wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (CCS – Carbon Capture and Storage).

Chociaż technologia CCS jest obiecująca, jej wdrożenie na skalę przemysłową napotyka na poważne wyzwania, zwłaszcza kosztowe. Jak wskazuje Międzynarodowa Agencja Energii (IEA), do 2030 roku technologia ta musi zostać wdrożona na szeroką skalę, aby zrealizować cele neutralności klimatycznej.

Ponadto, rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) i ich integracja z istniejącymi systemami przemysłowymi wymagają zaawansowanej infrastruktury, co może być szczególnie trudne w regionach o niskiej dostępności energii odnawialnej.

# WYZWANIA FINANSOWE

Transformacja przemysłu w kierunku neutralności klimatycznej wymaga ogromnych nakładów inwestycyjnych. W raporcie McKinsey & Company (2023) szacuje się, że globalne inwestycje w dekarbonizację przemysłu do 2050 roku muszą wynieść od 20 do 25 bilionów dolarów, przy czym większość tych środków będzie musiała być przeznaczona na modernizację technologii produkcyjnych, optymalizację procesów oraz rozwój nowych źródeł energii.

Jednym z kluczowych wyzwań finansowych jest potrzeba równoczesnego utrzymania konkurencyjności przemysłowej,

zwłaszcza w regionach, gdzie koszty energii są już wysokie. W tym kontekście wiele firm przemysłowych obawia się, że szybka dekarbonizacja może prowadzić do wzrostu kosztów produkcji, co zmniejszyłoby ich konkurencyjność na rynku międzynarodowym. Z tego względu konieczne są odpowiednie mechanizmy wsparcia publicznego, takie jak fundusze unijne w ramach Funduszu Sprawiedliwej Transformacji oraz mechanizmy ochronne, takie jak podatek węglowy na granicach UE (CBAM – Carbon Border Adjustment Mechanism), który ma na celu wyrównanie kosztów emisji pomiędzy producentami z krajów UE a tymi spoza Unii.



# WYZWANIA LEGISLACYJNE

Dekarbonizacja przemysłu wiąże się również z koniecznością dostosowania się do rosnącej liczby regulacji krajowych i międzynarodowych. Jednym z kluczowych dokumentów regulujących te kwestie w Europie jest Europejski Zielony Ład, który zakłada osiągnięcie neutralności klimatycznej przez Unię Europejską do 2050 roku. Plan ten zobowiązuje przemysł do redukcji emisji CO<sub>2</sub> o 55% do 2030 roku (w stosunku do poziomów z 1990 roku), co stanowi wyzwanie szczególnie dla sektorów o wysokiej emisyjności.

Dodatkowo, w ramach Europejskiego Zielonego Ładu, powstała inicjatywa Fit for 55, która nakłada jeszcze bardziej restrykcyjne normy emisji gazów cieplarnianych i zwiększa zakres unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS).

Dla przemysłu ciężkiego, który do tej pory otrzymywał darmowe uprawnienia, jest to znaczne obciążenie finansowe, zmuszające do inwestycji w nisko-emisyjne technologie.

Dla przykładu w Stanach Zjednoczonych Inflation Reduction Act (IRA) wprowadzony w 2022 roku przyznaje duże ulgi podatkowe i wsparcie finansowe dla firm inwestujących w technologie związane z dekarbonizacją, w tym w energię odnawialną, pojazdy elektryczne oraz wychwytywanie dwutlenku węgla. W skali globalnej, niezbędna jest również harmonizacja regulacji w celu uniknięcia tzw. "ucieczki emisji", czyli przenoszenia produkcji do krajów o mniej restrykcyjnych regulacjach środowiskowych.



# POTRZEBY W ZAKRESIE INNOWACJI TECHNOLOGICZNYCH



Przemysł wymaga nowych innowacyjnych technologii, które umożliwią obniżenie emisji przy jednoczesnym zachowaniu lub zwiększeniu efektywności produkcji. Kluczowe obszary, w których potrzebne są innowacje, to:

## 01. Zastosowanie AI do optymalizacji procesów produkcyjnych

AI może wspierać optymalizację zużycia energii w procesach przemysłowych, identyfikując mniej efektywne obszary i sugerując bardziej ekologiczne alternatywy.

## 03. Integracja AI z systemami zarządzania energią

Stymulowanie rozwoju AI, która współpracuje z systemami zarządzania energią (Energy Management Systems), aby efektywnie wykorzystywać zielone źródła energii w przemyśle.

## 02. AI w modelowaniu energetycznym

AI może pomagać w tworzeniu zaawansowanych modeli zużycia energii i strategii przechodzenia na źródła odnawialne.

## 04. AI w gospodarce obiegu zamkniętego

Rozwój AI, która wspiera gospodarkę cyrkularną poprzez identyfikację możliwości ponownego wykorzystania surowców i mini-malizację odpadów.



# SZANSE WYKORZYSTANIA AI W DEKARBONIZACJI PRZEMYSŁU

## OPTIMALIZACJA ZUŻYCIA ENERGII

Sztuczna inteligencja może analizować dane w czasie rzeczywistym, optymalizując zużycie energii w zakładach przemysłowych. Na przykład w przemyśle stalowym i cementowym wykorzystanie AI do optymalizacji pieców prowadzi do zmniejszenia zużycia energii o **10-20%**, co przekłada się na obniżenie emisji CO<sub>2</sub>. Szacuje się, że do 2030 roku globalne oszczędności energetyczne wynikające z zastosowania AI mogą wynieść nawet **1,5 biliona dolarów**.

## ULEPSZANIE PROCESÓW PRODUKCYJNYCH

AI wspiera analizę i optymalizację procesów produkcyjnych, co pozwala na zmniejszenie zużycia surowców i ograniczenie ilości odpadów. Przykłady pokazują, że wdrożenie algorytmów AI w przemyśle chemicznym pozwala na zmniejszenie emisji o **15-30%** oraz redukcję zużycia surowców o **10-15%**. W globalnej skali np. przemysł chemiczny mógłby zaoszczędzić około **150 miliardów dolarów** dzięki wdrożeniu rozwiązań bazujących na AI do 2030 roku.

## ROZWÓJ NOWYCH TECHNOLOGII MATERIAŁOWYCH

Sztuczna inteligencja wspiera badania nad nowymi, niskoemisyjnymi materiałami i technologiami. Algorytmy AI przyspieszają proces odkrywania nowych materiałów, takich jak alternatywy dla cementu, którego produkcja generuje ok. **8%** globalnych emisji CO<sub>2</sub>. Wdrożenie bardziej zrównoważonych materiałów mogłoby przynieść przemysłowi budowlanemu oszczędności rzędu **200 miliardów dolarów** w perspektywie do 2040 roku.

## ZARZĄDZANIE ŁAŃCUCHAMI DOSTAW

AI może zoptymalizować łańcuchy dostaw, co przekłada się na redukcję emisji związanych z transportem i logistyką. Przewiduje się, że do 2030 roku wdrożenie AI do zarządzania łańcuchami dostaw mogłoby obniżyć globalne emisje związane z transportem o **10-15%**, co pozwoliłoby na zaoszczędzenie około **500 miliardów dolarów** w kosztach paliw i logistyki.

## MONITOROWANIE EMISJI I RAPORTOWANIE

Wdrożenie AI do monitorowania emisji w czasie rzeczywistym pozwala przedsiębiorstwom na lepsze zarządzanie emisjami CO<sub>2</sub> i spełnianie norm środowiskowych. Koszt technologii AI do monitorowania i raportowania emisji szacuje się na około **100 milionów dolarów** dla dużych zakładów przemysłowych, jednakże oszczędności wynikające z unikania kar za przekroczenia emisji i poprawy efektywności mogą wynosić nawet **500 milionów dolarów** rocznie.



# PRZYKŁADY SKUTECZNYCH WDROŻEŃ AI W PROCESIE DEKARBONIZACJI PRZEMYSŁU



## Przemysł stalowy: Tata Steel

Firma Tata Steel wdrożyła system bazujący na AI do optymalizacji procesów wytopu stali. Systemy AI monitorujące piece hutnicze umożliwiły precyzyjne zarządzanie surowcami i energią, co doprowadziło do redukcji emisji CO<sub>2</sub> o **15%**. Oszczędności wynikające z mniejszego zużycia energii i poprawy efektywności produkcji wyniosły około **300 milionów dolarów** rocznie.



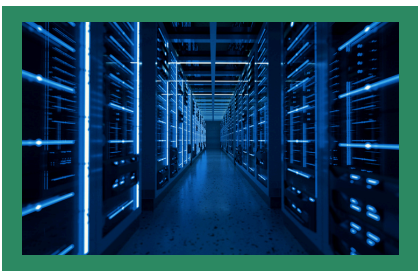
## Cementownia: Heidelberg Cement

Heidelberg Cement wykorzystuje AI do optymalizacji procesów spalania i zużycia energii w piecach cementowych, co pozwoliło na obniżenie emisji CO<sub>2</sub> o **20%** na tonę wyprodukowanego cementu. Dzięki temu firma zaoszczędziła około **200 milionów dolarów** rocznie na kosztach energii.



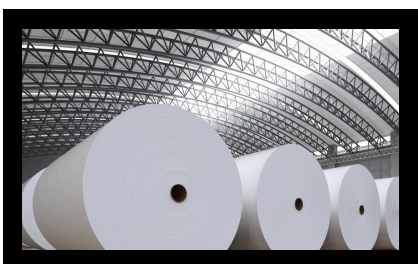
## Chemia przemysłowa: BASF

BASF wykorzystuje AI do monitorowania i optymalizacji procesów chemicznych, co pozwoliło na obniżenie emisji CO<sub>2</sub> o **25%** w wybranych zakładach. Szacuje się, że oszczędności wynikające z mniejszego zużycia surowców i energii wynoszą około **1 miliarda dolarów** rocznie.



## Zarządzanie energią: Google Data Centers

Google wdrożyło AI w swoich centrach danych, co pozwoliło na redukcję zużycia energii o **40%**. Szacuje się, że dzięki optymalizacji systemów chłodzenia, firma zaoszczędziła **200 milionów dolarów** rocznie na kosztach energii, jednocześnie zmniejszając emisje CO<sub>2</sub>.



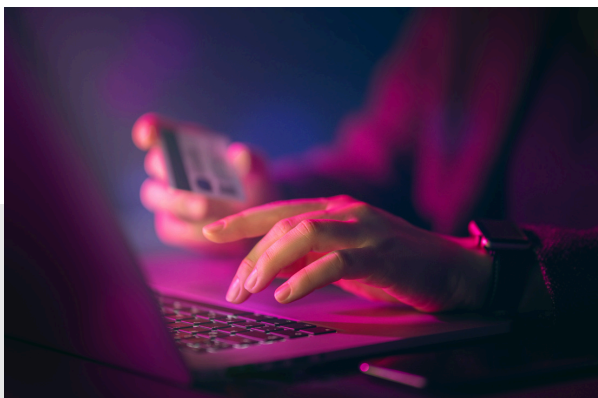
## Przemysł papierniczy: UPM-Kymmene

Firma UPM-Kymmene wdrożyła AI do optymalizacji procesów produkcji papieru, co pozwoliło na redukcję emisji CO<sub>2</sub> o 10% oraz zmniejszenie zużycia wody o **15%**. Oszczędności wynikające z wdrożenia AI wyniosły około **50 milionów dolarów** rocznie.





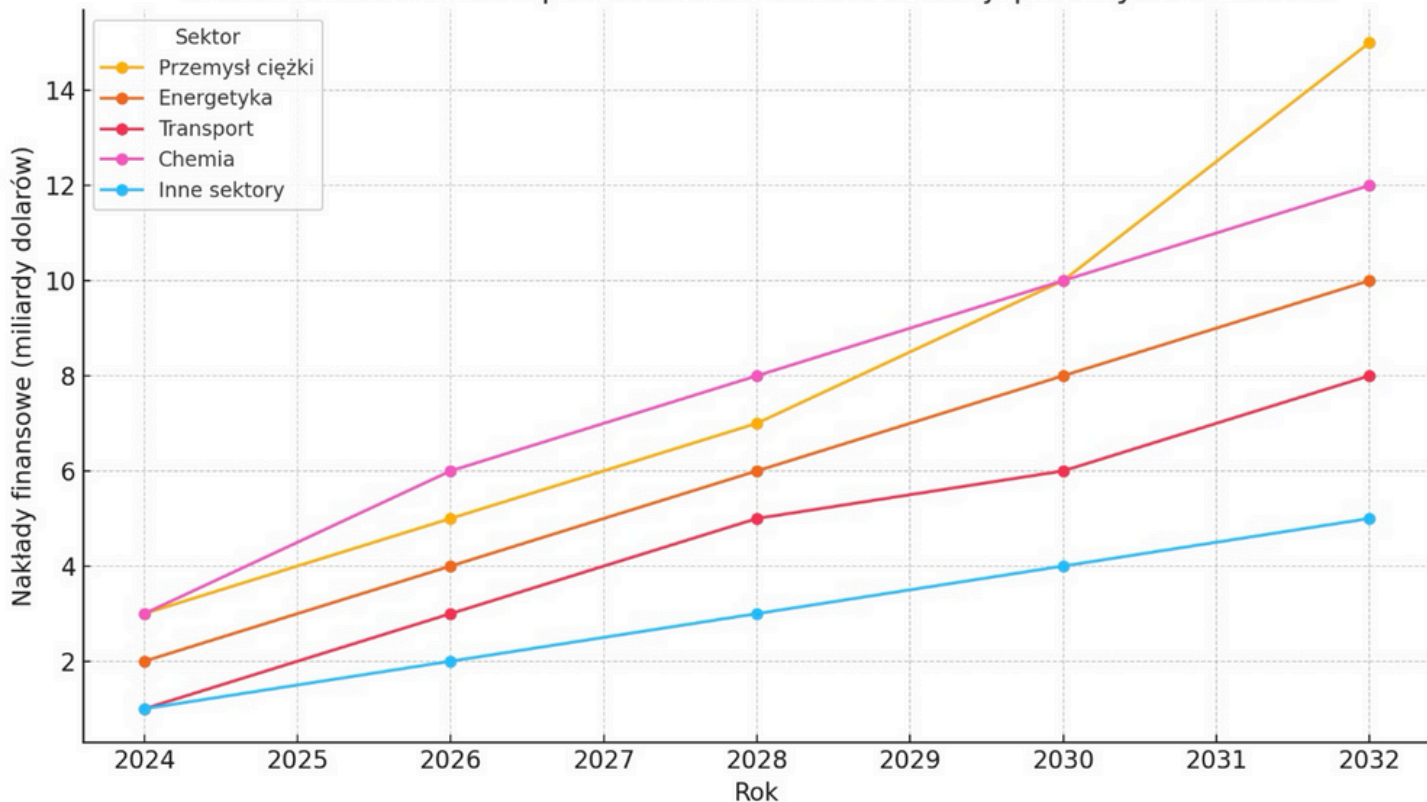
# ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z WYKORZYSTANIEM AI



## Wysoki koszt wdrożenia

Koszt wdrożenia AI w procesie dekarbonizacji przemysłu może wynieść do **50 miliardów dolarów** dla średnich i dużych zakładów przemysłowych w perspektywie do roku 2032. Szczególnie dla małych i średnich przedsiębiorstw początkowe koszty wdrożenia systemów AI mogą stanowić barierę nie do pokonania, szczególnie bez odpowiedniego wsparcia finansowego lub subwencji.

Skala nakładów na AI potrzebna do dekarbonizacji przemysłu w czasie



# ZAPOTRZEBOWANIE NA ENERGIĘ PO STRONIE AI

Systemy sztucznej inteligencji (AI) pochłaniają znaczną ilość energii, zwłaszcza w procesach związanych z uczeniem maszynowym, przetwarzaniem dużych zbiorów danych oraz operacjami w chmurze. Zużycie energii przez te systemy staje się coraz większym problemem, szczególnie w kontekście ich rosnącego wykorzystania w różnych sektorach gospodarki.

Obecnie systemy AI zużywają ogromne ilości energii, szczególnie w przypadku treningu dużych modeli AI, takich jak GPT-3 czy BERT. Procesy te są wysoce energochłonne, ponieważ wymagają przetwarzania ogromnych ilości danych i licznych operacji obliczeniowych na dużych klastrach serwerów.

Trening modeli AI, takich jak GPT-3, może zużywać od 200 do 500 megawatogodzin (MWh) energii na trening jednego modelu. Jest to równowartość rocznego zużycia energii przez 100–200 przeciętnych gospodarstw domowych w USA. Systemy AI często działają w dużych centrach danych, które zużywają ogromne ilości energii elektrycznej. Według danych International Energy Agency (IEA), w 2021 roku centra danych odpowiadały za około 1% globalnego zużycia energii elektrycznej, z czego znaczna część była związana z obliczeniami wykonywanymi przez AI i usługi chmurowe.

Wraz z rosnącą popularnością i rozwojem sztucznej inteligencji, zużycie energii przez te systemy będzie rosło, o ile nie zostaną wprowadzone bardziej efektywne energetycznie technologie.

Z raportu opublikowanego przez OpenAI wynika, że zapotrzebowanie na moc obliczeniową dla trenowania modeli AI podwaja się mniej więcej co 3,4 miesiąca. Jeśli ten trend się utrzyma, zużycie energii przez systemy AI będzie rosło wykładniczo w nadchodzących latach. IEA prognozuje, że do 2030 roku zużycie energii przez centra danych (w tym te obsługujące systemy AI) może wzrosnąć o 50%, co będzie wynikało głównie z rosnącego zapotrzebowania na moc obliczeniową związaną z rozwojem AI, Internetu Rzeczy (IoT) oraz usług w chmurze.

W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie na energię, wprowadza się technologie mające na celu zmniejszenie zużycia energii przez systemy AI. Firmy technologiczne, takie jak Google czy NVIDIA, inwestują w opracowywanie układów scalonych (chipów) zoptymalizowanych pod kątem AI, które zużywają mniej energii. Chipy te, takie jak TPU (Tensor Processing Unit) czy GPU nowej generacji, mają na celu zmniejszenie zużycia energii przy jednoczesnym zwiększeniu mocy obliczeniowej. Optymalizacja systemów chłodzenia centrów danych, które są jednym z głównych odbiorców energii, może znacząco zmniejszyć zużycie energii. W 2021 roku Google poinformowało, że wdrożenie AI do zarządzania temperaturą w swoich centrach danych zmniejszyło zużycie energii na chłodzenie o 40%.

# BEZPIECZEŃSTWO DANYCH

Wraz z rosnącą zależnością od technologii cyfrowych, pojawiają się istotne wyzwania związane z ochroną danych. Systemy AI, które gromadzą, analizują i przetwarzają duże ilości informacji, stają się potencjalnym celem cyberataków, co sprawia, że koszty związane z ich zabezpieczeniem rosną.

Sztuczna inteligencja wykorzystuje ogromne ilości danych do trenowania modeli, które pozwalają na optymalizację procesów przemysłowych, zarządzanie energią i redukcję emisji. Dane dotyczące zużycia energii, wydajności maszyn, emisji CO<sub>2</sub> oraz inne dane operacyjne są podstawą, na której opiera się AI w sektorze przemysłowym.

Z tego względu, systemy AI muszą być zabezpieczone przed cyberatakami, które mogą zakłócić działalność przedsiębiorstw lub nawet doprowadzić do wycieku wrażliwych informacji. Na przykład, w przypadku cyberataków na infrastrukturę energetyczną, nie tylko przemysł ponosi straty finansowe, ale istnieje także zagrożenie dla bezpieczeństwa publicznego.

Wraz z rosnącą cyfryzacją procesów przemysłowych, rośnie liczba zagrożeń związanych z cyberbezpieczeństwem. Do najważniejszych należą:

**Ataki na dane treningowe AI:** Dane wykorzystywane do trenowania algorytmów AI mogą zostać zainfekowane lub zmanipulowane, co prowadzi do błędnych wyników optymalizacji procesów przemysłowych. Tego typu manipulacje mogą nie tylko wpłynąć na efektywność dekarbonizacji, ale także zwiększyć zużycie energii lub surowców.

**Kradzież danych operacyjnych:** Dane dotyczące emisji CO<sub>2</sub>, wydajności zakładów przemysłowych czy zużycia energii są cenne zarówno z punktu widzenia przemysłowego, jak i konkurencyjnego. Kradzież tych danych może prowadzić do strat finansowych oraz utraty przewagi rynkowej.

**Ataki ransomware:** W ostatnich latach ataki ransomware, które polegają na blokowaniu dostępu do danych przedsiębiorstw do momentu zapłacenia okupu, stały się jednym z największych zagrożeń dla firm korzystających z AI.

Koszty zabezpieczenia danych w systemach AI są istotnym elementem planowania inwestycji w cyfryzację procesów dekarbonizacji. Obejmują one zarówno koszty infrastruktury, jak i szkolenia pracowników oraz zabezpieczenia operacyjne.

Koszty związane z infrastrukturą obejmują wdrażanie zaawansowanych narzędzi do monitorowania, szyfrowania danych, systemów zapobiegania włamaniom (IPS) oraz zapór ogniowych (firewalls).

Reakcja na incydenty, w tym zatrudnienie ekspertów do analizy i odzyskiwania danych, może generować dodatkowe koszty. W zależności od skali incydentu, koszty te mogą sięgać od kilku tysięcy do milionów dolarów, zwłaszcza jeśli atak dotyczy infrastruktury krytycznej, takiej jak sieci energetyczne czy systemy produkcyjne.

Wdrożenie sztucznej inteligencji w sektorze energetycznym, transportowym i przemysłowym zwiększa potencjalne ryzyko cyberataków. Tylko w Stanach Zjednoczonych w 2021 roku koszty związane z cyberatakami w przemyśle energetycznym wyniosły około 6 miliardów dolarów, co pokazuje skalę wyzwań, przed którymi stoją firmy wdrażające AI w procesach produkcyjnych.

Według raportu Accenture z 2022 roku, globalne koszty cyberbezpieczeństwa w przemyśle mogą wzrosnąć do 2025 roku o 40%, głównie z powodu rosnącej liczby cyberataków na infrastrukturę krytyczną oraz zwiększonego wykorzystania sztucznej inteligencji w optymalizacji procesów. Koszty związane z zabezpieczeniem danych w systemach AI będą oscylować od 10 do 20 miliardów dolarów rocznie, w zależności od sektora i regionu.

# WPŁYW NA ZATRUDNIENIE

Jak każda rewolucja technologiczna, również i wdrożenie technologii opartej na AI w przemyśle wpłynie na zatrudnienie, przekształcając istniejące stanowiska pracy, tworząc nowe miejsca pracy w niektórych sektorach, ale również eliminując część z nich w tradycyjnych obszarach produkcji. Prognozy dotyczące wpływu AI na zatrudnienie są zróżnicowane w zależności od branży, ale istnieje ogólny konsensus, że zmiany te będą wymagały podniesienia kwalifikacji pracowników i dostosowania się do nowych warunków pracy.

Automatyzacja procesów produkcyjnych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji i technologii uczenia maszynowego może prowadzić do zmniejszenia liczby miejsc pracy w sektorach przemysłu ciężkiego, energetyki oraz w niektórych obszarach produkcji. Przemysł oparty na tradycyjnych, energochłonnych procesach może być najbardziej narażony na redukcje etatów.

Według raportu McKinsey & Company (2022), do 2030 roku automatyzacja procesów przemysłowych może zastąpić do 20% stanowisk pracy w sektorach takich jak hutnictwo, cementownie oraz sektor chemiczny. Dotyczy to przede wszystkim prac manualnych oraz stanowisk związanych z monitorowaniem i kontrolą produkcji, które mogą zostać zautomatyzowane.

Przykładowo, w energetyce tradycyjnej (opartej na paliwach kopalnych), wdrożenie systemów AI do zarządzania sieciami i optymalizacji produkcji może zmniejszyć zapotrzebowanie na pracowników operacyjnych. Według Międzynarodowej Agencji Energii (IEA), sektor ten może zredukować zatrudnienie o 5-10% w ciągu najbliższej dekady.

Z drugiej strony, transformacja w kierunku gospodarki niskoemisyjnej i wykorzystanie AI stwarzają nowe możliwości zatrudnienia, zwłaszcza w sektorach związanych z odnawialnymi źródłami energii, cyfryzacją przemysłu i analizą danych. AI wymaga wysoko wykwalifikowanej siły roboczej, która będzie w stanie projektować, wdrażać i zarządzać złożonymi systemami technologicznymi.

Również według prognoz IEA, rozwój odnawialnych źródeł energii, takich jak fotowoltaika, energetyka wiatrowa oraz magazynowanie energii, może stworzyć do 2030 roku ponad 10 milionów nowych miejsc pracy globalnie. Wdrożenie AI do zarządzania tymi technologiami wymagać będzie specjalistów od sztucznej inteligencji, automatyzacji i inżynierów zajmujących się nowoczesnymi rozwiązaniami energetycznymi.

AI opiera się na dużej ilości danych, które muszą być analizowane, interpretowane i przetwarzane w czasie rzeczywistym. W związku z tym rosnąć będzie zapotrzebowanie na specjalistów ds. analizy danych, inżynierów AI oraz specjalistów ds. cyberbezpieczeństwa. W raporcie World Economic Forum (WEF) z 2023 roku prognozuje się, że do 2025 roku na świecie powstanie 97 milionów nowych miejsc pracy związanych z technologiami cyfrowymi, w tym AI, w różnych sektorach gospodarki.

Zastosowanie AI w dekarbonizacji przemysłu jest kluczową częścią rewolucji Przemysłu 4.0. Nowoczesne fabryki będą wymagały specjalistów od robotyki, automatyzacji oraz zarządzania inteligentnymi sieciami energetycznymi. Według raportu McKinsey, w Europie do 2030 roku może powstać około 1,5 miliona miejsc pracy związanych z cyfryzacją przemysłu i automatyzacją procesów produkcyjnych.

---

Jednym z największych wyzwań związanych z wdrożeniem AI w dekarbonizacji przemysłu będzie konieczność podnoszenia kwalifikacji pracowników. Automatyzacja może zastępować stanowiska wymagające rutynowych, powtarzalnych czynności, ale jednocześnie rosnąć będzie zapotrzebowanie na pracowników zdolnych do obsługi bardziej złożonych systemów. Przemiany na rynku pracy wymuszą przekwalifikowanie pracowników (tzw. **reskilling**) oraz rozwój nowych kompetencji u osób już zatrudnionych (tzw. **upskilling**).

Europejski Zielony Ład przewiduje wsparcie finansowe i programy szkoleniowe dla pracowników sektora przemysłowego, aby umożliwić im przejście do zawodów związanych z nowymi technologiami.

W ramach inicjatywy Just Transition Mechanism (Mechanizm Sprawiedliwej Transformacji) UE planuje przeznaczyć około 100 miliardów euro na szkolenia i wsparcie pracowników w regionach najbardziej dotkniętych transformacją klimatyczną.

Wprowadzenie AI i automatyzacji wpłynie na zatrudnienie w różny sposób w zależności od regionu i sektora. Regiony oparte na tradycyjnych gałęziach przemysłu mogą doświadczyć większych redukcji zatrudnienia, podczas gdy regiony, które zainwestowały w technologie związane z odnawialnymi źródłami energii i nowoczesnym przemysłem, mogą stać się beneficjentami transformacji.



# WNIOSKI I REKOMENDACJE

Sztuczna inteligencja ma potencjał, aby zrewolucjonizować przemysł i przyspieszyć proces dekarbonizacji, oferując oszczędności finansowe oraz znaczne zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub>. Jednak wdrożenie AI wiąże się z wysokimi kosztami początkowymi i ryzykami, którymi firmy muszą odpowiednio zarządzać. Pomimo tych wyzwań, długoterminowe korzyści ekonomiczne i środowiskowe przeważają nad kosztami początkowymi, a odpowiednio zarządzana transformacja cyfrowa może przynieść znaczne korzyści globalnemu przemysłowi.

Rozwój systemów bazujących na AI, które można wykorzystać w procesach dekarbonizacji przemysłu powinien zostać wsparty w kilku obszarach. Poniżej prezentujemy zbiór rekomendacji, których realizacja mogłaby przyczynić się do dynamiczniejszego wykorzystania AI w procesie dekarbonizacji przemysłu:

**Rozwój narzędzi AI do monitorowania emisji CO<sub>2</sub>:** Należy wspierać rozwój zaawansowanych systemów AI do monitorowania i optymalizacji emisji gazów cieplarnianych w czasie rzeczywistym w różnych sektorach przemysłowych.

**Wprowadzenie norm technicznych dla AI w kontekście zrównoważonego rozwoju:** Ustanowienie norm i standardów technicznych, które będą regulować, w jaki sposób AI może być wykorzystywane w procesach przemysłowych związanych z dekarbonizacją.

**Certyfikacja narzędzi AI do monitorowania emisji:** AI używane do monitorowania emisji powinno podlegać certyfikacji przez odpowiednie organy regulacyjne, aby zagwarantować ich rzetelność i skuteczność.

**Promowanie współpracy między-narodowej:** Regulacje powinny wspierać współpracę międzynarodową w zakresie wymiany technologii AI oraz najlepszych praktyk w celu globalnego rozwoju strategii dekarbonizacji.

**Ochrona danych przemysłowych:** Konieczne jest wprowadzenie przepisów chroniących dane generowane przez AI w przemyśle, zwłaszcza te związane z emisjami i zużyciem energii, w celu zachowania konkurencyjności przedsiębiorstw.

**Zachęty dla przemysłu do wdrażania AI:** Wprowadzenie regulacji, które zachęcą przedsiębiorstwa do wykorzystywania AI w swoich strategiach dekarbonizacyjnych, np. poprzez dostęp do ulg podatkowych.

**Ulgi podatkowe za inwestycje w AI wspierające dekarbonizację:** Przemysł powinien mieć możliwość odliczania od podatku inwestycji w technologie AI, które zmniejszają emisje i optymalizują zużycie energii.

**Obniżki podatków od innowacyjnych technologii AI:** Należy rozważyć zmniejszenia podatków dla przedsiębiorstw rozwijających lub wdrażających innowacyjne rozwiązania AI w dziedzinie dekarbonizacji.

**Podatek węglowy zależny od wykorzystania AI:** Należy rozważyć wprowadzenie dynamicznych mechanizmów podatkowych, w których przedsiębiorstwa stosujące AI do redukcji emisji mogłyby płacić niższy podatek od emisji węglowej.



# BIBLIOGRAFIA

1. Accenture (2023). The Financial Impact of AI on Industry.
2. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. Norton & Company.
3. DeepMind (2021). AI for Energy Efficiency at Google.
4. European Commission. (2020). Shaping Europe's Digital Future.
5. Global Enabling Sustainability Initiative (GeSI). (2019). Digital with Purpose: Delivering a SMARTer 2030.
6. Heikkilä, A.-M., & Valkama, J. (2020). AI in Energy Systems: Emerging Challenges and Solutions. IEEE Access, 8, 143740–143754.
7. International Energy Agency (IEA). (2021). Digitalization and Energy. Paris.
8. IEA (2022). Artificial Intelligence and the Future of Energy.
9. IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change.
10. McKinsey & Company (2023). How AI can accelerate decarbonization in industry.
11. OECD. (2021). AI in Society: Harnessing AI to Accelerate Decarbonization.
12. PwC. (2020). AI and the future of work: How ready is the industry?
13. Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.
14. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2021). AI for Decarbonization in Industry: Global Impact and Opportunities.

## **Wykorzystanie AI w procesie dekarbonizacji przemysłu**

Redakcja: dr Grzegorz Kądzielawski, dr hab. Marcin Lis, prof AWSB

ISBN 978-83-973718-0-4

Warszawa, październik 2024 r.

Wydawca:  
Green Industry Foundation  
ul. Postępu 9  
02-676 Warszawa  
[www.greenindustry.pl](http://www.greenindustry.pl)

Numer KRS: 0000889069  
REGON: 388434203  
NIP: 5213922720

Projekt i skład: Nadia Płońska

Copyright © by Green Industry Foundation  
Wszelkie prawa zastrzeżone.