



# *Frontiers*

**Trendy technologiczne  
kształtujące przyszłość  
centrum przetwarzania danych**

2026



# Spis treści

Streszczenie .....	06	<b>Trendy technologiczne determinujące wpływ na rynek .....</b>	<b>08</b>	<b>Perspektywy na przyszłość: przewidywane trendy .....</b>	<b>20</b>	<b>Podsumowanie .....</b>	<b>25</b>
		Trend 1: Zasilanie AI .....	10	Kwantowa i neuromorficzna zmiana stopniowa .....	22	<b>Źródła .....</b>	<b>26</b>
		Trend 2: Rozproszona sztuczna inteligencja .....	12	Centra danych w ekstremalnych warunkach środowiskowych .....	22		
		Trend 3: Przyspieszenie autonomii energetycznej .....	14	Fizyczna sztuczna inteligencja i robotyka .....	23		
		Trend 4: Projektowanie i eksploatacja oparte na cyfrowych bliźniakach .....	16	Wpływ AGI na skalę, projekt i działalność .....	23		
		Trend 5: Adaptacyjne, niezawodne chłodzenie cieczą .....	18	Obliczenia, innowacje w dziedzinie krzemu .....	23		

🗨️ **Rozwój sztucznej inteligencji zależy od wysoce zintegrowanej infrastruktury cyfrowej wdrażanej w niespotykanym dotąd tempie i na niespotykaną dotąd skalę. Branża centrów danych musi nieustannie poszerzać granice innowacji — napędzając postępy od sieci energetycznej po chipy, od chipów po ponowne wykorzystanie ciepła — jednocześnie przygotowując się na kolejną falę przełomowych rozwiązań, od fizycznej sztucznej inteligencji po obliczenia kwantowe.**

**Scott Armul**

Wiceprezes wykonawczy ds. globalnego portfela i jednostek biznesowych, Vertiv

# Streszczenie

## Branża centrów przetwarzania danych wchodzi w nową erę, definiowaną przez innowację, skalę i możliwości

Po dwóch dekadach stałej ewolucji – kiedy chmura obliczeniowa zmieniła lokalizację i skalę, ale podstawowa infrastruktura pozostała w dużej mierze niezmienną – kolejna fala transformacji przyspiesza w niespotykanym dotąd tempie.

Ta nowa era, oparta na sztucznej inteligencji i akcelerowanych obliczeniach, na nowo definiuje sposób projektowania, wdrażania i skalowania infrastruktury cyfrowej. Tempo zmian nie ma sobie równych, tworząc nowe możliwości przesuwania granic innowacji.

**Vertiv Frontiers** oferuje spojrzenie w przyszłość – analizę trendów technologicznych i kluczowych sił, które zmieniają kształt infrastruktury cyfrowej. Łączy specjalistyczną wiedzę ekspertów Vertiv w zakresie zasilania, chłodzenia, systemów informatycznych, prefabrykowanej infrastruktury modułowej, zaawansowanych usług i infrastruktury AI, umacniając pozycję Vertiv jako wiodącego lidera wyznaczającego kierunki rozwoju krytycznej infrastruktury cyfrowej.

## Kluczowe czynniki napędzające innowację w centrach danych

Branża centrów danych przechodzi transformację pod wpływem potężnych sił napędzanych rozwojem sztucznej inteligencji i przyspieszeniem obliczeń. Siły te wpływają na każdą warstwę infrastruktury cyfrowej, obejmującą technologie, architektury i segmenty przemysłu.

W centrum tej transformacji znajduje się **ekstremalne zagęszczenie** - definiująca makrosiła, której efekty odczuwalne są w całym centrum danych i krajobrazie technologicznym. Dodatkowe czynniki makro wpisują się w tę zmianę, reprezentując szerokie transformacje, które obejmują zarówno poziom chipów, jak i integrację na poziomie systemowym oraz kompleksowe projektowanie obiektów.

### Ekstremalne zagęszczenie

Zagęszczenie jest kluczowym czynnikiem wpływającym na funkcjonowanie nowoczesnych centrów danych, przyspieszonym przez obciążenia związane ze sztuczną inteligencją i obliczeniami HPC, które powodują wzrost mocy szaf rackowych znacznie powyżej 25 kW, a często nawet do wartości trzycyfrowych. Systemy, które wcześniej zajmowały całą halę danych, obecnie mieszczą się w jednej szafie lub module. Ten wzrost gęstości powoduje dodatkowe komplikacje związane z zasilaniem, chłodzeniem i przestrzenią.

### Skalowanie gigawatowe z dużą prędkością

Obecnie budowane są centra danych o niespotykanej dotąd mocy rzędu gigawatów. Fabrycznie produkowane, modułowe bloki infrastruktury — łączące zasilanie, chłodzenie i technologie informatyczne — są zaprojektowane tak, aby można je było skalować od kilkudziesięciu megawatów do kampusów o mocy wielu gigawatów. Wszystko to musi odbywać się szybko, aby sprostać skróconym terminom wymagań dotyczących wydajności w erze sztucznej inteligencji.

### Centrum danych jako jednostka obliczeniowa

W erze sztucznej inteligencji coraz częściej wymaga się, aby centra danych były budowane i eksploatowane jako jeden system. „Jednostka obliczeniowa” to już nie tylko chip — to cały system. Zasilanie, chłodzenie i obliczenia muszą być w wysokim stopniu zintegrowane w jednej architekturze — od szafy rackowej, przez rząd, aż po lokalizację. Oferty na poziomie komponentów nie są już strategiczne, a rosnąca gęstość mocy powoduje potrzebę większej wydajności i ściślejszej integracji.

### Dywersyfikacja krzemowa

Chipy zasilające sztuczną inteligencję ulegają dywersyfikacji i obejmują nie tylko procesory graficzne, ale także procesory TPU, niestandardowe układy scalone i inne elementy. Dobrą analogią jest przemysł motoryzacyjny, który przechodzi od silników benzynowych do hybrydowych, elektrycznych, a nawet napędzanych wodorem. Przyszła infrastruktura centrów danych musi być zaprojektowana i zoptymalizowana tak, aby obsługiwać pełną gamę chipów i obliczeń.

## Trendy technologiczne wpływające na rynek

W odpowiedzi na te czynniki makro firma Vertiv zidentyfikowała pięć kluczowych trendów kształtujących krajobraz technologii centrów danych. Każdy trend został oceniony pod kątem jego konkretnego wpływu na kluczowe obszary technologiczne i segmenty rynku oraz sklasyfikowany według potencjalnej skali, prawdopodobieństwa i przewidywanego czasu wystąpienia wpływu. **Vertiv Frontiers** wnikliwie bada te trendy.

W niniejszym raporcie omówiono pięć kluczowych trendów, które firma Vertiv uznała za mające obecnie największy wpływ na centra danych. Trendy technologiczne zidentyfikowane i sklasyfikowane przez firmę Vertiv to:

Ranga	Trendy	
1	Zasilanie AI	W najbliższej przyszłości powszechne będą hybrydowe systemy prądu przemiennego i stałego, ale wraz z dojrzywaniem standardów i urządzeń w pełni opartych na prądzie stałym, wyższe napięcie prądu stałego będzie prawdopodobnie coraz bardziej dominować w obiektach hiperskalowych i fabrykach AI.
2	Rozproszona sztuczna inteligencja	Sztuczna inteligencja stanie się coraz bardziej kluczowa dla firm, ale sposób i miejsce świadczenia usług AI zależą będzie od konkretnych wymagań i warunków organizacji.
3	Przyspieszenie autonomii energetycznej	Operatorzy rozbudowują lokalne źródła energii, mimo że dla wielu preferowaną opcją pozostaje sieć energetyczna. Inwestycje w infrastrukturę lokalną będą prawdopodobnie kontynuowane do czasu rozbudowy i transformacji sieci energetycznej.
4	Projektowanie i eksploatacja oparte na cyfrowych bliźniakach	Centra danych można mapować i definiować wirtualnie za pomocą cyfrowych bliźniaków, a IT i infrastruktura zostaną zintegrowane i wdrożone jako jednostki obliczeniowe. Takie podejście będzie miało kluczowe znaczenie dla osiągnięcia rozbudowy na skalę gigawatową, niezbędnej dla przyszłego rozwoju sztucznej inteligencji.
5	Adaptacyjne, niezawodne chłodzenie cieczą	Z czasem układy chłodzenia cieczą mogą stać się analogiczne do układów krążenia z możliwością monitorowania i adaptacji. Wraz z rozwojem technologii pojawią się nowe formy chłodzenia cieczą.

## Perspektywy na przyszłość: przewidywane trendy

Poza horyzontem krótkoterminowym pojawia się dodatkowa fala technologii, która może na nowo zdefiniować infrastrukturę cyfrową. Chociaż te innowacje nie są tak bezpośrednie, mogą one spowodować znaczące zmiany w sposobie zasilania, chłodzenia i skalowania centrów danych w nadchodzących latach.

- Kwantowa i neuromorficzna zmiana stopniowa
- Centra danych w ekstremalnych warunkach środowiskowych
- Fizyczna sztuczna inteligencja i robotyka
- Wpływ AGI na skalę, projekt i działalność operacyjną
- Obliczenia, innowacje w dziedzinie krzemu

## Trendy technologiczne determinujące wpływ na rynek

- 1 / Zasilanie AI
- 2 / Rozproszona sztuczna inteligencja
- 3 / Przyspieszenie autonomii energetycznej
- 4 / Projektowanie i eksploatacja oparte na cyfrowych bliźniakach
- 5 / Adaptacyjne, niezawodne chłodzenie cieczą

Trendy te mają już wpływ na operatorów zaawansowanych centrów danych i prawdopodobnie zostaną przyjęte przez całą branżę w miarę dojrzewania podstawowych technologii i czynników napędzających ten proces.

# 1 / Zasilanie AI

W najbliższej przyszłości powszechne będą hybrydowe systemy prądu przemiennego i stałego, ale wraz z dojrzywaniem standardów i urządzeń w pełni opartych na prądzie stałym, wyższe napięcie prądu stałego będzie prawdopodobnie coraz bardziej dominować w obiektach hiperskalowych i fabrykach AI.

**Powiązany trend:** Przyspieszenie autonomii energetycznej

Chłodzenie cieczą (**Trend 5**) stało się ściśle powiązane ze wzrostem obciążenia pracą sztucznej inteligencji i przyspieszeniem obliczeń. Jednak innowacje w zakresie zarządzania energią, równie istotne dla rozwoju wydajności centrów danych, cieszą się mniejszym zainteresowaniem. Ważnym obszarem innowacji energetycznych jest przejście na dystrybucję energii o wyższym napięciu w obrębie obiektu. Większość starszych centrów danych nadal korzysta z hybrydowego systemu dystrybucji energii AC/DC z sieci do szaf IT, który obejmuje trzy do czterech etapów konwersji i powoduje nieefektywność. To tradycyjne podejście jest zagrożone, ponieważ gęstość wzrasta w dużej mierze pod wpływem obciążeń związanych ze sztuczną inteligencją.

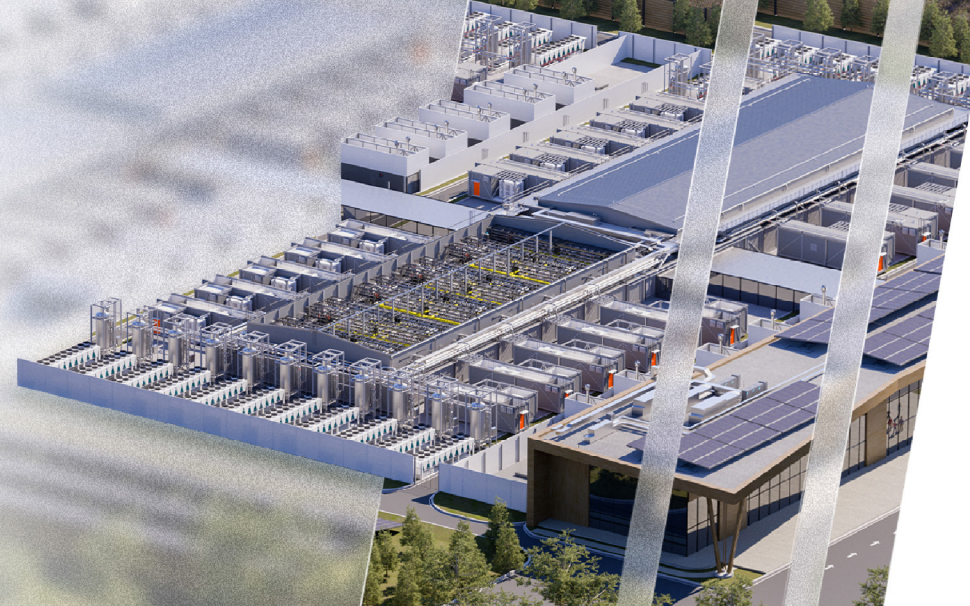
Platformy obliczeniowe AI szybko przesuwają gęstość szaf powyżej 300 kW. W środowiskach o wysokiej wydajności tradycyjne architektury 415 VAC lub 480 VAC napotykają ograniczenia związane z ilością miedzi, stratami termicznymi i efektywnością wykorzystania przestrzeni. Ograniczenia te mogą utrudniać osiągnięcie gęstości niezbędnej do obsługi procesorów graficznych (GPU). Przejście na architektury prądu stałego o wyższym napięciu umożliwia znaczne zmniejszenie natężenia prądu, liczby przewodów i etapów konwersji, jednocześnie centralizując konwersję mocy na poziomie pomieszczenia.

W dziedzinie architektury prądu stałego o wyższym napięciu wprowadzane są już innowacje, w tym niedawne ogłoszenia firmy NVIDIA, wspierane przez Vertiv i inne podmioty, dotyczące

architektury 800 VDC. Technologia 800 VDC umożliwia wydajniejsze dostarczanie energii.

Analitycy, w tym Uptime Institute Intelligence, są zgodni, że sztuczna inteligencja, a konkretnie zagęszczenie, będzie napędzać wdrażanie architektur prądu stałego o wyższym napięciu w centrach danych. „Obecne łańcuchy zasilające i urządzenia elektryczne w centrach danych są bardzo wydajne i mogą obsługiwać szeroki zakres mocy” – powiedział starszy dyrektor ds. badań Uptime Institute Intelligence, Daniel Bizo.<sup>1</sup> „Jednak pomimo najlepszych starań projektantów obiektów i producentów sprzętu, aby ulepszyć systemy niskiego napięcia, nadal nie są one optymalne dla przyszłości charakteryzującej się wysoką gęstością”.

W przyszłości prawdopodobnie energia prądu przemiennego będzie wykorzystywana w sposób bardziej selektywny, w tym w interfejsie sieciowym, który w niektórych scenariuszach może zostać zdegradowany do roli rezerwowej, a prąd stały stanie się optymalnym rozwiązaniem dla wewnętrznej dystrybucji energii. Wykorzystanie architektur prądu stałego o wyższym napięciu jest również zgodne z rozwojem magazynowania energii w centrach danych i na poziomie sieci energetycznej. Kwestie te zostały omówione bardziej szczegółowo w sekcji **Trend 3: Przyspieszenie autonomii energetycznej**, a niektóre centra danych mogą przekształcić się w mikrosieci DC, które integrują lokalną produkcję energii i jej magazynowanie.



“ **Architektury DC o wyższym napięciu są już opracowywane z planowanymi wdrożeniami obsługującymi rosnące gęstości mocy GPU i POD. Operatorzy obiektów i decydenci mogą podjąć natychmiastowe kroki w kierunku planowania gotowych na przyszłość fabryk AI, które będą obsługiwać nadchodzące generacje serwerów AI.**

**Kyle Keeper,**  
Starszy wiceprezes ds. zarządzania zasilaniem, Vertiv

## Siły makro

- **Ekstremalne zagęszczenie:** tradycyjna dystrybucja mocy osiąga swoje granice ze względu na gęstość obliczeniową AI.
- **Centrum danych jako jednostka obliczeniowa:** wdrażanie i zarządzanie mocą, temperaturą i obliczeniami w jednym systemie poprawia wydajność, odporność i wydajność.

## Wpływ na segment

- Hiperskala, chmura i kolokacja (starsze obiekty mogą napotkać trudności związane z modernizacją).

## Czynniki

- Mniejsze straty związane z konwersją oznaczają wyższą wydajność. Tradycyjne systemy zasilania prądem przemiennym charakteryzują się znacznymi stratami energii spowodowanymi wieloma etapami konwersji.
- Opiera się na doświadczeniu zdobytym w zakresie globalnych sieci telekomunikacyjnych, zintegrowanych mikrosieci i innych zastosowań.
- Integracja z alternatywnymi źródłami energii. Alternatywne źródła energii, takie jak panele słoneczne lub ogniwa paliwowe, wytwarzają prąd stały (DC).

## Wyzwania

- Wyższe napięcie może wymagać bardziej rygorystycznych procedur i protokołów bezpieczeństwa.
- Niektórzy operatorzy mogą stanąć w obliczu braku wykwalifikowanego personelu do instalacji i konserwacji.
- Potencjalnie wyższe koszty początkowe, dopóki technologia nie dojrzeje.

## Powiązane/przykładowe technologie

- Systemy UPS o wyższym napięciu, wysokowydajne szynoprzewody DC, przetwornice DC-DC na poziomie szafy oraz systemy zasilania awaryjnego zgodne z DC.
- Mikrosieci DC, magazynowanie energii.

## Sugerowane działania

- Firmy stosujące rozwiązania hiperskalowe oraz inne podmioty wcześniej wdrażające obciążenia AI i systemy o wysokiej wydajności powinny aktywnie badać korzyści płynące z zastosowania prądu stałego o wyższym napięciu – zwłaszcza w ramach lokalnego wytwarzania energii lub wdrażania mikrosieci.
- Wczesny dostęp do projektów referencyjnych i map drogowych umożliwi klientom walidację i wdrażanie infrastruktury pomocniczej równoległe z powstającymi systemami GPU.
- Operatorzy przedsiębiorstw i mniejszych dostawców usług kolokacji powinni badać i szukać możliwości przetestowania technologii, potencjalnie w obszarach o dużym zagęszczeniu w istniejących obiektach. Architektury DC o wyższym napięciu mogą być wdrażane w dzisiejszych tradycyjnych architekturach AC.

<sup>1</sup> Bizo, D., 2024 r. Wywiad Uptime Institute.

## 2 / Rozproszona sztuczna inteligencja

Sztuczna inteligencja stanie się coraz bardziej kluczowa dla firm, ale sposób i miejsce świadczenia usług AI zależą będzie od konkretnych wymagań i warunków organizacji.

**Powiązany trend:** Projektowanie i eksploatacja oparte na cyfrowych bliźniakach

Miliardy zainwestowane do tej pory w centra danych AI dla dużych modeli językowych (LLM) wynikają z oczekiwania, że technologie te będą szeroko stosowane zarówno przez konsumentów, jak i firmy. Zamiast być technologią eksperymentalną używaną przez kilka zaawansowanych organizacji lub pracowników, sztuczna inteligencja stanie się ważnym narzędziem. Wydajność centrum danych AI niezbędna do obsługi tej zmiany może ostatecznie kilkakrotnie przewyższyć obecne możliwości obsługi szkolenia dużych modeli.<sup>2</sup>

Ostatnie badania wskazują na pewne wyzwania związane z wdrażaniem sztucznej inteligencji w przedsiębiorstwach, ale istnieją również oznaki, że sytuacja ta ulega zmianie. Badanie przeprowadzone przez Wharton School Uniwersytetu Pensylwanii wykazało, że 74% firm, które mierzą zwrot z inwestycji (ROI) w generatywną sztuczną inteligencję (GenAI), odnotowało dodatni zwrot.<sup>3</sup>

Jednak sposób wdrażania sztucznej inteligencji o kluczowym znaczeniu dla działalności biznesowej może się różnić w zależności od przedsiębiorstwa, jednostki biznesowej, a nawet konkretnego zastosowania. Branże podlegające ścisłej regulacji, takie jak finanse, obrona i opieka zdrowotna, często muszą utrzymywać prywatne lub hybrydowe środowiska sztucznej inteligencji ze względu na wymagania dotyczące lokalizacji danych, bezpieczeństwa lub opóźnień. Według analityka IDC oczekuje się, że sektor usług finansowych wyda najwięcej na rozwiązania AI do 2028 r. i będzie stanowił ponad 20% wszystkich wydatków na AI.<sup>4</sup> Organizacje mogą również zdecydować się na inwestowanie w prywatne centra danych zoptymalizowane pod kątem sztucznej inteligencji w celu dopracowania zastrzeżonych modeli lub przetwarzania poufnych danych na dużą skalę. W takich przypadkach organizacje prawdopodobnie przyjmą architektury hybrydowe lub

zintegrowane, które łączą lokalne obliczenia z usługami sztucznej inteligencji opartymi na chmurze.

Według analityka Gartnera<sup>5</sup> nastąpi odejście od specjalistycznych modeli tworzonych przez dostawców usług na rzecz wewnętrznych modeli językowych specyficznych dla danej dziedziny (DSLIM), tworzonych i będących własnością dostawców oprogramowania, ale także przedsiębiorstw.

Nie jest jeszcze jasne, jak ta segmentacja modeli sztucznej inteligencji przełoży się na konkretne rozbudowy centrów danych, ale część DSLIM może wymagać dedykowanej, własnej infrastruktury sztucznej inteligencji przez przedsiębiorstwa, w tym obiektów lokalnych i kolokacji. Niektóre organizacje, między innymi dzięki zastosowaniu technologii modułowej, będą rozbudowywać nowe moce lokalne lub będą dążyć do modernizacji lub rozbudowy istniejących obiektów.

Inwestycje w infrastrukturę sztucznej inteligencji są również dostosowane do zmian w obiektach należących do przedsiębiorstw i strategii opartych na chmurze. Jednakże podobnie jak w przypadku usług w chmurze, koszty, uzależnienie od dostawcy, przenoszenie danych i inne kwestie będą miały wpływ na decyzje dotyczące tego, gdzie i w jaki sposób pozyskiwać usługi AI. Dostępność zasilania również stanowi problem, dlatego niektóre przedsiębiorstwa decydują się na rozbudowę istniejących centrów danych pod kątem sztucznej inteligencji, aby jak najlepiej wykorzystać istniejące moce energetyczne. Kwestia suwerenności danych i sztucznej inteligencji będzie również odgrywać rolę w decyzjach dotyczących infrastruktury własnej sztucznej inteligencji.

<sup>2</sup> Noffsinger, J., Patel, M. i Sachdeva, P., 2025. McKinsey & Co.

<sup>3</sup> Korst, J., Puntoni, S., and Tambe, P., 2025. Uniwersytet Pensylwanii

<sup>4</sup> IDC, 2024 r.

<sup>5</sup> Gartner, 2025 r.



**Sztuczna inteligencja stanowi fundament, na którym przedsiębiorstwa mogą budować wartość. Oczekujemy, że czynniki takie jak grawitacja danych i regulacje prawne będą miały wpływ na decyzję, czy najlepszym rozwiązaniem będzie skorzystanie z usług dostawców usług, czy też inwestycja we własne centrum danych.**

**Martin T. Olsen**

Wiceprezes ds. strategii i wdrażania segmentów, Vertiv

### Siły makro

- **Dywersyfikacja krzemowa:** wnioskowanie prawdopodobnie będzie opierać się na najodpowiedniejszych chipach dla danego zastosowania i obciążenia.
- **Ekstremalne zagęszczenie:** przedsiębiorstwa będą prawdopodobnie musiały dostosować się do stref o wysokiej gęstości w lokalnych centrach danych.

### Wpływ na segment

- Centra danych będące własnością przedsiębiorstw (budynki o mieszanym przeznaczeniu i pełne obiekty) oraz dostawcy usług kolokacji dla handlu detalicznego (skupieni na przedsiębiorstwach).

### Czynniki

- Suwerenność i prywatność danych. Przepisy mogą ograniczać możliwość opuszczania wrażliwych danych określonych terytoriów lub środowisk kontrolowanych przez przedsiębiorstwa, co powoduje wzrost inwestycji w rozwiązania lokalne.
- Wymogi dotyczące opóźnień i wydajności. Aplikacje wymagające bardzo niskich opóźnień (np. sterowanie w czasie rzeczywistym, transakcje finansowe, analizy brzegowe) mogą wymagać lokalnych możliwości wnioskowania zamiast zdalnego przetwarzania w chmurze.
- Przewidywalność kosztów. W przypadku przewidywalnych, dużych obciążeń infrastruktura własna może nadal zapewniać niższy całkowity koszt posiadania.

### Wyzwania

- Wdrażanie sztucznej inteligencji może nadal przebiegać w sposób fragmentaryczny i być napędzane przez poszczególnych pracowników i działów bez wymaganego nadzoru kierownictwa i działu IT.
- Integracja sztucznej inteligencji z aplikacjami korporacyjnymi musi stać się priorytetem.

### Powiązane/przykładowe technologie

- Zaawansowane akcelatory.
- Prefabrykowane, modułowe centra danych.
- Serwery AI o dużej gęstości, chłodzone cieczą.

### Sugerowane działania

- Wiele przedsiębiorstw już w pewnym stopniu korzysta ze sztucznej inteligencji, czy to poprzez celowe wdrożenie, czy też poprzez wykorzystanie jej przez pracowników. Organizacje o najwyższym poziomie prywatności danych, bezpieczeństwa i powiązanych czynników prawdopodobnie już badają, a nawet testują usługi AI powiązane z infrastrukturą lokalną.
- W przypadku innych podmiotów decyzja ta powinna być częścią bieżącej oceny wartości istniejących lokalnych centrów danych, w tym dostępu do zasilania oraz kosztów i złożoności modernizacji tych obiektów w celu uzyskania większej gęstości.

# 3 / Przyspieszenie autonomii energetycznej

Operatorzy rozbudowują lokalne źródła energii, mimo że dla wielu preferowaną opcją pozostaje sieć energetyczna. Inwestycje w infrastrukturę lokalną będą prawdopodobnie kontynuowane do czasu rozbudowy i transformacji sieci energetycznej.

**Powiązany trend:** Zasilanie AI.

Wytwarzanie energii na miejscu (w postaci generatorów dieslowskich) od dziesięcioleci ma kluczowe znaczenie dla większości samodzielnych centrów danych. Jednakże ciągle problemy z dostępnością energii sprawiają, że pełna „autonomia energetyczna” staje się niemal nieuniknionym wymogiem dla operatorów.

Centra danych borykały się z problemem niedoboru energii jeszcze przed pojawieniem się sztucznej inteligencji. Więksi operatorzy chmur ponad dwukrotnie zwiększyli zużycie energii elektrycznej w latach 2017-2021,<sup>6</sup> czyli w roku poprzedzającym wprowadzenie ChatGPT. W 2018 r. centra danych zużywały 1,9% całej energii elektrycznej produkowanej w USA.<sup>7</sup> Obecnie, trzy lata po rozpoczęciu ery sztucznej inteligencji, liczba ta wynosi 4,5%, i może wzrosnąć do 6% w 2026 r.<sup>8</sup>

Według firmy Deloitte zapotrzebowanie na energię elektryczną ze strony centrów danych AI w Stanach Zjednoczonych może wzrosnąć ponad 30-krotnie do 2035 r. – z 4 gigawatów w 2024 r. do 123 gigawatów za dziesięć lat.<sup>9</sup>

W rezultacie przewiduje się, że udział tej branży w całkowitym zużyciu energii w Stanach Zjednoczonych wzrośnie do 9,1% do 2030 r.<sup>10</sup> Na przykład w stanie Wirginia centra danych odpowiadają za 25% całkowitego zużycia energii elektrycznej w tym stanie.<sup>11</sup>

W odpowiedzi centra danych przechodzą na własną produkcję energii, zwykle w celu wypełnienia luki, zanim nowa pojemność sieci może zostać uruchomiona. Różnice regionalne są również czynnikiem

wpływającym na operatorów w niektórych krajach – zwłaszcza w regionach rozwijających się – którzy są zmuszeni inwestować w znaczną produkcję energii na miejscu (często za pomocą generatorów dieslowskich) ze względu na niestabilność sieci energetycznej.

Hybrydowe rozwiązania w zakresie zasilania na miejscu obejmują mikrosieci, połączone do elektrowni wiatrowych i słonecznych, w połączeniu z generatorami dieslowskimi, zasilaczami UPS oraz systemami magazynowania energii (BESS).

Technologie wytwarzania energii na miejscu stosowane w centrach danych AI obejmują turbiny gazowe i silniki tłokowe, które zapewniają skalowalną energię elektryczną i termiczną dla CCHT (połączone chłodzenie, ogrzewanie i wytwarzanie energii elektrycznej). Technologie te można wdrażać wraz z rozwiązaniami i usługami w zakresie zasilania i chłodzenia, w postaci modułowych, gotowych bloków, co pozwala skrócić cykle projektowania i ujednolicić wdrażanie.

Inne technologie, które mogą pomóc w sprostaniu wyzwaniom związanym z dostępnością energii, to wodorowe ogniwa paliwowe i energia jądrowa w postaci małych reaktorów modułowych (SMR). W niektórych regionach opcją może być również energia geotermalna. W większości przypadków wybór systemów zasilania na miejscu będzie wymagał połączenia różnych rozwiązań, biorąc pod uwagę trzy czynniki: koszt, bezpieczeństwo i dostępność.



**Firmy zajmujące się centrami danych nie spieszą się z wejściem na rynek energetyczny, ale niesamowity rozwój sztucznej inteligencji i związane z tym zapotrzebowanie na energię będą nadal zmuszać je do poszukiwania nowych rozwiązań. Ostatecznie obejmuje to również samodzielne wytwarzanie energii, nawet jeśli jest to technologia pomostowa, podczas gdy przyszła wydajność sieci pozostaje niepewna.”**

**Peter Panfil**

Czołowy inżynier i wiceprezes ds. rozwoju technicznego w Vertiv

## Siły makro

- **Centrum danych jako jednostka obliczeniowa:** zarządzanie całym układem zasilania od sieci energetycznej po chip – jako zintegrowanym systemem – pomoże sprostać wyzwaniom związanym z dostępnością i wydajnością energii.
- **Skalowanie gigawatowe z dużą prędkością:** wytwarzanie energii na miejscu staje się coraz bardziej niezbędne, aby szybko dostarczać energię do największych obiektów.

## Wpływ na segment

- Hyperscale, duże kolokacje, będą miały skalę i wymagania, aby inwestować w wytwarzanie energii na miejscu.
- Niektóre mniejsze obiekty brzegowe mogą powstać w pobliżu źródeł wytwarzania energii.

## Czynniki

- Rozpowszechnienie sztucznej inteligencji i wynikający z tego wzrost zapotrzebowania na energię i kosztów centrów danych.
- Ograniczenia i niestabilność sieci energetycznej.
- Konieczność realizacji odpowiedzialnych celów biznesowych.

## Wyzwania

- Niedobór sprzętu do wytwarzania energii na miejscu oraz wykwalifikowanej siły roboczej.
- Komplikacje związane z oporem/regulacjami prawnymi dotyczącymi rozmieszczenia energii jądrowej.

## Powiązane/przykładowe technologie

- Turbiny gazowe i związana z nimi technologia.
- Mikrosieci prądu stałego wykorzystujące energię słoneczną, baterie i ogniwa paliwowe.
- Zainteresowanie lokalną produkcją energii jądrowej. Małe reaktory modułowe (SMR) mają średnią moc 300 MW, oferując elastyczne, skalowalne rozwiązania dla dużych centrów danych lub małych klastrów.

## Sugerowane działania

- Strategie BYOP&C (bring your own power and cooling, czyli „przynieś własne zasilanie i chłodzenie”) mogą być stosowane w całym spektrum centrów danych, od przedsiębiorstw po hiperskalerów. Można je również dostosować do konkretnych potrzeb, od baterii o dłuższej żywotności i systemów BESS po generatory i turbiny na gaz ziemny o niskim wpływie na środowisko, a nawet ogniwa paliwowe na wodór o jeszcze mniejszym wpływie. Zaczynij od pilotażowego projektu, który rozbudowuje i uzupełnia istniejącą infrastrukturę ochrony zasilania i zasilania awaryjnego.

<sup>6,10,11</sup> EPRI, 2024 r.

<sup>7</sup> Shehabi, A., Newkirk, A., Smith, S., et. Al., 2024 r. Narodowe Laboratorium Lawrence'a Berkeleya.

<sup>8,9</sup> Stansbury, M., Marchese, K., Hardin, K. i Amon, C., 2025. Deloitte.

# 4 Projektowanie i eksploatacja oparte na cyfrowych bliźniakach

Centra danych można mapować i definiować wirtualnie za pomocą cyfrowych bliźniaków, a IT i infrastruktura zostaną zintegrowane i wdrożone jako jednostki obliczeniowe. Takie podejście będzie miało kluczowe znaczenie dla osiągnięcia rozbudowy na skalę gigawatową, niezbędnej dla przyszłego rozwoju sztucznej inteligencji.

**Powiązany trend:** *Adaptacyjne, niezawodne chłodzenie cieczą*

Technologia cyfrowych bliźniaków jest stosowana wybiórczo w centrach danych od ponad dziesięciu lat, ale zazwyczaj w celu uniknięcia przegrzania lub nieefektywnego chłodzenia, przy użyciu obliczeniowej dynamiki płynów (CFD) i innych metod. Było to narzędzie taktyczne, ale rzadko strategiczne.

Wirtualne modele oparte na sztucznej inteligencji zmieniają teraz oblicze inżynierii i produkcji. Udoskonalenie konwencjonalnych metod CFD i inżynierii wspomaganą komputerowo (CAE) dzięki technologiom takim jak platforma Omniverse firmy NVIDIA do symulacji fizycznych w czasie rzeczywistym,<sup>12</sup> oparta na najnowszych procesorach graficznych, umożliwia wizualizację w czasie rzeczywistym, co pozwala skrócić cykle rozwoju i zwiększyć precyzję.

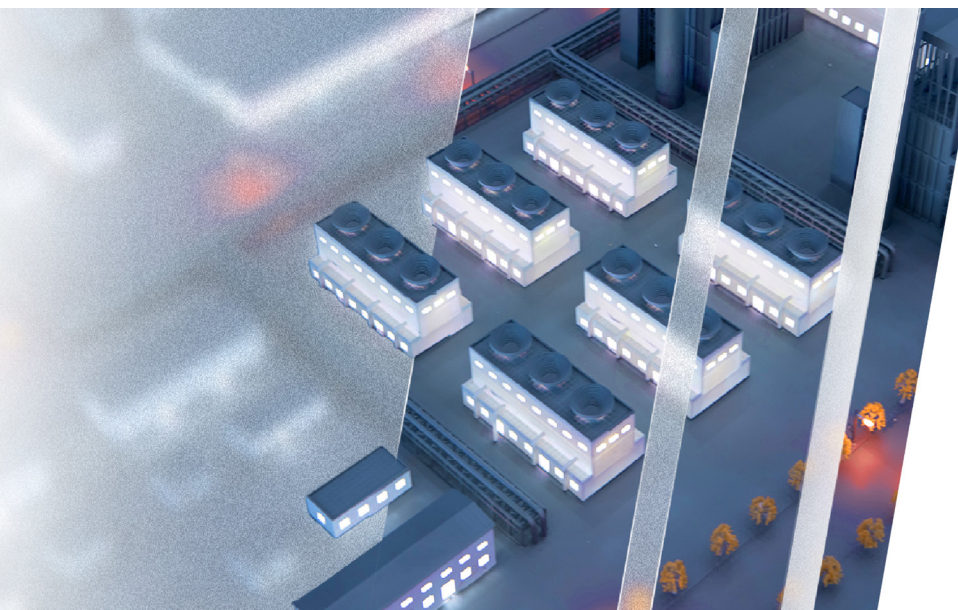
Cyfrowe bliźniaki mogą być wykorzystywane do tworzenia opartych na fizyce, fotorealistycznych modeli architektury referencyjnej. Umożliwia to współpracę w czasie rzeczywistym z architektami, inżynierami i operatorami, co pozwala na szybkie wprowadzanie zmian w projekcie i jego weryfikację przed wdrożeniem. Cyfrowy bliźniak symuluje wydajność infrastruktury, testując zmienne i scenariusze awarii w środowisku wirtualnym, co pozwala zaoszczędzić czas i zmniejszyć ryzyko związane z projektami. Ta funkcja rozciąga się na operacje, zapewniając optymalizację w pętli zamkniętej i sterowanie z wyprzedzeniem w celu ciągłego zwiększania wydajności systemu,

co czyni ją dynamicznym narzędziem umożliwiającym podejmowanie inteligentniejszych decyzji dotyczących infrastruktury w całym cyklu życia.

Jedną z największych potencjalnych zalet technologii cyfrowych bliźniaków w centrum danych jest to, że umożliwia ona symulację decyzji dotyczących projektowania lub wdrażania w przestrzeni wirtualnej przed ich realizacją w świecie fizycznym. Może to potencjalnie zmniejszyć koszty lub wszelkie negatywne skutki dla odporności lub wydajności.

Cyfrowe bliźniaki muszą być również aktualizowane w oparciu o dane w czasie rzeczywistym, dlatego integracja z oprogramowaniem do zarządzania centrami danych i usługami cyfrowymi jest również częścią bieżących prac rozwojowych.

Dzięki połączeniu podejścia opartego na jednostkach obliczeniowych z technologią cyfrowych bliźniaków operatorzy centrów danych będą mogli projektować, wdrażać i obsługiwać obiekty o coraz wyższym poziomie wydajności i odporności. Centra danych nie będą już ręcznie projektowanymi budynkami wyposażonymi w sprzęt IT, ale cyfrowo projektowanymi i obsługiwanymi jednostkami obliczeniowymi.



“ Technologia cyfrowych bliźniaków umożliwia symulację, monitorowanie i optymalizację całej infrastruktury w czasie rzeczywistym przed i po zakończeniu budowy. Infrastruktura nie działa już niezależnie od platform obliczeniowych; centrum danych musi funkcjonować jako system, który nieustannie dostosowuje się do zmian obciążenia obliczeniowego.”

**Steve Blackwell**

Wiceprezes ds. inżynierii, Vertiv

## Siły makro

- **Centrum danych jako jednostka obliczeniowa:** technologia cyfrowych bliźniaków może być wykorzystywana do zarządzania złożonością wdrażania wysoce zintegrowanych systemów.
- **Dywersyfikacja krzemowa:** infrastruktura centrum danych będzie musiała zostać zaprojektowana i zoptymalizowana pod kątem coraz szerszej gamy chipów, które mogą być obsługiwane przez symulacje cyfrowych bliźniaków.

## Wpływ na segment

- Hiperskala, fabryki AI i duża kolokacja. Niektóre konkretne obiekty należące do przedsiębiorstw, takie jak akademickie i badawcze laboratoria wysokowydajnych obliczeń (HPC).

## Czynniki

- Bardziej dokładne planowanie wydajności dzięki możliwości modelowania kompilacji i zmian przed ich wprowadzeniem w rzeczywistości.
- Wizualizacja w czasie rzeczywistym, obiecująca krótsze cykle rozwoju i większą precyzję.

## Wyzwania

- Wdrażanie technologii cyfrowych bliźniaków nabiera tempa, ale wciąż jest w początkowej fazie rozwoju.
- Centra danych nadal projektowane i wdrażane zgodnie z tradycyjnymi liniami produktów, technologii oraz podziałem na IT/infrastrukturę mogą utrudniać holistyczne podejście.

## Powiązane/przykładowe technologie

- Platforma Omniverse firmy NVIDIA.
- Prefabrykowane technologie modułowe dostosowane do podejścia opartego na jednostkach obliczeniowych.

## Sugerowane działania

- Organizacje powinny zbadać technologię cyfrowych bliźniaków centrów danych, aby zrozumieć jej możliwości w zakresie usprawnienia zarówno projektowania, jak i eksploatacji. Koncepcja centrum danych jako kolejnej jednostki obliczeniowej, choć bardziej abstrakcyjna, powinna być wykorzystywana do identyfikowania możliwości zwiększenia wydajności poprzez ściślejszą integrację warstw zasilania, chłodzenia i IT w całym obiekcie.

<sup>12</sup> Vertiv, 2025.

# 5 / Adaptacyjne, niezawodne chłodzenie cieczą

Z czasem układy chłodzenia cieczą mogą stać się analogiczne do układów krążenia z możliwością monitorowania i adaptacji. Wraz z rozwojem technologii pojawią się nowe formy chłodzenia cieczą.

**Powiązany trend:** Projektowanie i eksploatacja oparte na cyfrowych bliźniakach

Sztuczna inteligencja przyspieszyła wdrażanie chłodzenia cieczą. Ten typ chłodzenia przekształcił się z jednorazowej technologii niszowej, stosowanej głównie w laboratoriach HPC, w kluczowy system chłodzenia dla fabryk AI. Według najnowszych badań przeprowadzonych przez analityków branżowych z firmy Dell'Oro, wraz ze wzrostem gęstości racków nastąpi znaczny wzrost popularności chłodzenia cieczą, które stanie się dominującą technologią rozpraszania ciepła. „Płyn przechodzi z niszy do kategorii produktów niezbędnych” – powiedział Alex Cordovil, dyrektor ds. badań w firmie Dell'Oro.<sup>13</sup>

Jednakże, choć wiele uwagi poświęcono sztucznej inteligencji jako czynnikowi sprzyjającemu wdrażaniu chłodzenia cieczą, sztuczna inteligencja może być również wykorzystywana do optymalizacji projektowania i działania systemów chłodzenia cieczą. Wraz ze wzrostem znaczenia chłodzenia cieczą, sztuczna inteligencja może umożliwić pojawienie się „adaptacyjnych” funkcji, takich jak wykrywanie usterek (konserwacja predykcyjna) przed ich wystąpieniem lub przekierowywanie płynu wokół źródeł wycieków. Zaawansowane możliwości adaptacyjne będą wymagały innowacji, takich jak wbudowanie czujników w pętle chłodzące w celu monitorowania temperatury, ciśnienia, jakości chłodziwa i natężenia przepływu. Specjalistyczne oprogramowanie do zarządzania centrami danych oraz powiązane usługi cyfrowe będą również odgrywać ważną rolę w zapewnianiu możliwości konserwacji predykcyjnej.

W przyszłości możliwe jest nawet osiągnięcie postępów w zakresie pewnych form zdolności do „samoleczenia”, ale będzie to wymagało dodatkowych postępów w dziedzinie inteligentnych materiałów – potencjalnie ciekłych metali<sup>14</sup> – aby umożliwić rzeczywistość

samonaprawę (prawdopodobnie nie w przypadku poważnych usterek lub uszkodzeń). AI może również przybierać formę fizycznej sztucznej inteligencji, takiej jak autonomiczne roboty do serwisowania i kontroli urządzeń łańcucha cieplnego, zwłaszcza w trudno dostępnych obszarach obiektu.

Niemniej jednak, pomimo potencjalnych postępów w zakresie serwisowania adaptacyjnego i zautomatyzowanego, instalacja chłodzenia cieczą może być złożonym procesem. Zespoły centrów danych będą nadal potrzebować wykwalifikowanych partnerów serwisowych, którzy zajmą się kluczowymi kwestiami, takimi jak wymagania hydrauliczne, dystrybucja chłodzenia, niestandardowe elementy konstrukcyjne, strategie ograniczania ryzyka oraz architektura rozwiązań zintegrowanych systemów w obrębie pętli cieczy.

Patrząc w przyszłość na to, jak technologia chłodzenia cieczą będzie się rozwijać w ciągu najbliższych pięciu lat i później, można się spodziewać takich rozwiązań, jak zmiana fazy, różne rodzaje płynów chłodzących, a także potencjał całkowitego immersyjnego chłodzenia.<sup>15</sup> Do tej pory stosowanie chłodzenia zanurzeniowego było ograniczone ze względu na pewne złożoności i związane z tym koszty. Immersja polega na zanurzeniu serwerów w cieczy przewodzącej, co eliminuje potrzebę stosowania chłodzenia powietrzem i wentylatorów. Z fizycznego punktu widzenia zanurzenie pozostaje najczystsza formą chłodzenia cieczą, ale jego długoterminowe zastosowanie będzie zależało od pokonania praktycznych wyzwań i kosztów.

“**Technologia chłodzenia cieczą istnieje od czasów komputerów mainframe i od tego czasu nieustannie się rozwija. W przyszłości będziemy świadkami jeszcze szerszego zastosowania chłodzenia cieczą, któremu towarzyszyć będą innowacje, w tym możliwości adaptacyjne i podejścia takie jak pełne zanurzenie.**”

**Nigel Gore**

Wiceprezes ds. rozwiązań o wysokiej gęstości i chłodzenia cieczą, Vertiv

## Siły makro

- **Dywersyfikacja krzemowa:** systemy chłodzenia cieczą będą musiały zostać zoptymalizowane pod kątem szerokiej gamy chipów i systemów obliczeniowych.
- **Ekstremalne zagęszczenie:** rosnąca gęstość szaf serwerowych jest jednym z kluczowych czynników decydujących o wyborze chłodzenia cieczą zamiast tradycyjnego chłodzenia powietrzem.

## Wpływ na segment

- Hiperskala, fabryki AI i duża kolokacja. Niektóre konkretne obiekty należące do przedsiębiorstw, takie jak akademickie i badawcze laboratoria HPC.

## Czynniki

- Zdolności adaptacyjne mogą zwiększyć wydajność i skrócić przestoje dzięki predykcjnemu i proaktywnemu zarządzaniu.
- Lepsze odprowadzanie ciepła. Chłodzenie cieczą wykorzystuje wyższą zdolność przenoszenia ciepła przez wodę lub inne płyny, które są o rząd wielkości bardziej skuteczne niż powietrze, do wydajnego chłodzenia szaf o dużej gęstości.
- Mniejsza powierzchnia. Chłodzenie cieczą pozwala też maksymalnie wykorzystać przestrzeń, bo daje większą gęstość w tej samej powierzchni.

## Wyzwania

- Materiały i możliwości adaptacyjne oraz samonaprawiające się są wciąż w fazie początkowej.
- Niektóre formy chłodzenia cieczą, takie jak zanurzenie dwufazowe, pozostają stosunkowo niszowe poza dziedziną HPC.
- Tradycyjne chłodzenie powietrzem lub rozwiązania hybrydowe mogą być odpowiednie dla niektórych wymagań obliczeniowych przedsiębiorstw związanych z przyspieszeniem sztucznej inteligencji (wnioskowanie AI) w perspektywie średnio- i długoterminowej.

## Powiązane/przykładowe technologie

- Inteligentne czujniki wbudowane do monitorowania i wykrywania usterek.
- Zaawansowane oprogramowanie do zarządzania i kontroli.
- Inteligentne materiały do samonaprawy.
- Autonomiczne roboty do serwisowania i napraw.

## Sugerowane działania

- Operatorzy, którzy już wdrożyli technologie chłodzenia cieczą, powinni nadal monitorować postępy w zakresie nowych technologii, ale także, co ważne, normy w takich obszarach, jak płyny i szafy/architektury. Operatorzy – przede wszystkim operatorzy korporacyjni – którzy nie wdrożyli tej technologii, powinni śledzić dalszy rozwój technologii chłodzenia powietrzem, ale także coraz szerszą gamę dostępnych technologii hybrydowego chłodzenia powietrzem i cieczą. Kluczowe znaczenie ma również dokładna analiza całkowitego kosztu posiadania systemów chłodzenia cieczą.

<sup>13</sup> Dell'Oro Group, 2025.

<sup>14</sup> Yu, M., Zhang, C., Feng, J., i. Al., 2025 r. Materiałoznawstwo i inżynieria materiałowa.

<sup>15</sup> Ebermann, H., 2024. Vertiv.

## Perspektywy na przyszłość: przewidywane trendy

- / Kwantowa i neuromorficzna zmiana skokowa
- / Centra danych w ekstremalnych warunkach
- / Fizyczna sztuczna inteligencja i robotyka
- / Wpływ AGI na skalę, projektowanie i działanie
- / Obliczenia, innowacje w dziedzinie krzemu

W perspektywie długoterminowej pojawia się kolejna fala technologii, która może na nowo zdefiniować infrastrukturę cyfrową. Choć zmiany te nie nastąpią od razu, mogą one wpłynąć na sposób zasilania, chłodzenia i skalowania centrów danych w nadchodzących latach.

## Kwantowa i neuromorficzna zmiana stopniowa

Trendy technologiczne, które mogą zmienić projektowanie i działanie centrów danych, nie ograniczają się tylko do infrastruktury. AI i AGI są oczywiście napędzane przede wszystkim przez technologie informatyczne, choć zależą również od innowacji w zakresie zasilania i chłodzenia. Istnieją jednak inne innowacje po stronie obliczeniowej, które choć powiązane z AI, mogą mieć podobny wpływ. Oprócz samej sztucznej inteligencji, technologia kwantowa jest prawdopodobnie najbardziej znaną, ale też najmniej zrozumiałą dziedziną innowacji obliczeniowych. Analityk Gartner definiuje obliczenia kwantowe jako „rodzaj obliczeń nieklasycznych, które wykorzystują bity kwantowe (qubity) do reprezentowania informacji zamiast zer i jedynek stosowanych w komputerach klasycznych”.<sup>16</sup>

Konkretny wpływ kwantowości na projektowanie i funkcjonowanie centrów danych pozostaje nadal kwestią otwartą. Poza hiperskalerami, które pracują nad udostępnieniem komputerów kwantowych jako usługi, systemy kwantowe prawdopodobnie pozostaną w specjalistycznych ośrodkach HPC i superkomputerowych, przynajmniej w najbliższej przyszłości. Systemy te wymagają zaawansowanych technologii energetycznych i termicznych, w tym zastosowania kriogenicznych systemów chłodzenia. Włączenie systemów kwantowych do centrów danych, które już teraz są przekształcane przez przyspieszone przetwarzanie danych, będzie stanowić wyzwanie, ale także szansę na dalsze innowacje.

Obliczenia neuromorficzne mają na celu opracowanie sprzętu komputerowego i oprogramowania o funkcjach podobnych do ludzkiego mózgu. Podejście to, którego początki sięgają lat 80. XX wieku, poprawia wydajność przetwarzania poprzez ograniczenie przepływu danych i ma zastosowanie w dziedzinie widzenia komputerowego, robotyki i pojazdów autonomicznych.<sup>17</sup> Ma również potencjał w zakresie poprawy wydajności i wykorzystania mocy. Technologia neuromorficzna może być również stosowana w aplikacjach brzegowych, zmniejszając w niektórych scenariuszach zapotrzebowanie na centralnie dostarczane usługi w chmurze.

Włączenie neuromorficznych jednostek przetwarzających (NPU) spowoduje zmianę wymagań architektonicznych ze statycznej wydajności na dynamiczną responsywność. Urządzenia te generują bardzo niestabilne, „dynamiczne” obciążenia, które wymagają szczegółowej telemetrii mocy i pętli sterowania o czasie reakcji poniżej milisekundy. Chociaż samo przetwarzanie jest wydajne, wynikająca z niego integracja o wysokiej gęstości będzie wymagała lokalnych, adaptacyjnych strategii chłodzenia, aby skutecznie zarządzać gorącymi punktami termicznymi.

<sup>16</sup> Gupta, G., 2024. Gartner.

<sup>17</sup> Vertiv, 2025.

<sup>18</sup> Microsoft, n.d.

<sup>19</sup> Samsung, 2025.

<sup>20</sup> Pollina, E., and Piovaccari, G., 2025. Reuters.

<sup>21</sup> Kelkar, A., and Jansen, C., 2025. McKinsey & Co.

<sup>22</sup> Jyoti, R., Lava, S., Murat, M., et. Al., 2023 IDC.

<sup>23</sup> Davis, S., 2025. Semiconductor Digest.

## Centra danych w ekstremalnych warunkach środowiskowych

W ostatnich latach operatorzy centrów danych eksperymentowali z wdrażaniem rozwiązań w niekonwencjonalnych, często ekstremalnych warunkach. Firma Microsoft z powodzeniem wdrożyła pierwsze podwodne centra danych w ramach projektu Natick,<sup>18</sup> a inne podążyły za jej przykładem — najbardziej znanym przykładem jest chińska podwodna grupa centrów danych Highlander. OpenAI i Samsung również ogłosiły niedawno plany dotyczące obiektów pływających.<sup>19</sup> We wszystkich przypadkach obiekty te wykorzystują swoje otoczenie do obniżenia kosztów chłodzenia i zarządzania zużyciem zasobów. Jednakże do tej pory popyt na tego typu obiekty był ograniczony, co oznacza, że przykłady te pozostają wyjątkami i pełnią rolę funkcjonujących projektów pilotażowych. W przyszłości popyt na sztuczną inteligencję i związane z nią zadania może przyczynić się do rozwoju obiektów na powierzchni i pod wodą, pod ziemią, a nawet w kosmosie. Może to być rozwiązaniem problemów związanych z rosnącą dostępnością energii i gruntów. Idea kosmicznych centrów danych przechodzi z dziedziny science fiction do praktycznego zastosowania, a nawet największe firmy technologiczne traktują tę koncepcję poważnie. „Te gigantyczne klastry szkoleniowe lepiej będzie budować w kosmosie, ponieważ mamy tam energię słoneczną dostępną przez całą dobę. Nie ma chmur, nie ma deszczu, nie ma pogody - powiedział niedawno założyciel Amazona Bezos.<sup>20</sup> Założyciel Tesli, Elon Musk, również dokonał podobnych projekcji. Pomimo tej dynamiki, koszt będzie istotną kwestią, którą trzeba będzie rozwiązać, aby osiągnąć prawdziwą skalę.



## Fizyczna sztuczna inteligencja i robotyka

Sztuczna inteligencja fizyczna odnosi się do wykorzystania systemów sztucznej inteligencji do interakcji ze światem rzeczywistym, od inteligentnych kamer, pojazdów autonomicznych, a nawet robotów. Połączenie tych systemów z zaawansowanym oprogramowaniem do zarządzania centrami danych oraz usługami cyfrowymi może przyczynić się do dalszych innowacji w zakresie projektowania i eksploatacji centrów danych (zwłaszcza w połączeniu z postępami w dziedzinie sztucznej inteligencji ogólnej). Od ponad dziesięciu lat obserwuje się stopniowe przejście w kierunku koncepcji „lights-out” lub bezobsługowych centrów danych dla niektórych rodzajów obiektów. Wykorzystanie oprogramowania do zdalnego zarządzania i usług typu „light-touch” pozwala ograniczyć interwencje ludzkie do minimum. Perspektywa postępów w dziedzinie fizycznej sztucznej inteligencji i robotyki może przyspieszyć ten proces. Według McKinsey, sztuczna inteligencja napędza rozwój robotów ogólnego przeznaczenia, które mogą wykonywać różnorodne, niepowiązane ze sobą zadania w różnych środowiskach.<sup>21</sup> Obiekt, który wymaga mniejszego nakładu pracy ludzkiej – z wyjątkiem szczególnych przypadków wyglądałby zupełnie inaczej niż nawet najbardziej zaawansowane dzisiejsze obiekty. Wszystko, od temperatury po przestrzeń między alejkami i wysokość sufitu, aż po środki bezpieczeństwa, jest w pewnym stopniu uzależnione od dostępu ludzi. Zastąpienie ludzi fizycznymi systemami sztucznej inteligencji, w tym kompaktowymi, zręcznymi robotami, mogłoby jeszcze bardziej przyspieszyć zagęszczenie w projektowaniu centrów danych napędzane przez sztuczną inteligencję.

## Wpływ AGI na skalę, projekt i działalność

Ogólna sztuczna inteligencja (AGI) – inteligencja maszynowa na poziomie ludzkim – jest kluczowym celem wielu laboratoriów zajmujących się sztuczną inteligencją. Jak długo potrwa wyłonienie się AGI i jaką przybierze formę, podlega dyskusji, ale szacuje się, że może to zająć co najmniej kilka lat. Według IDC do 2028 r. 30% firm z listy G2000 będzie eksperymentować z systemami AGI (obecnie spekulacyjnymi), które będą miały transformacyjny wpływ na społeczeństwo.<sup>22</sup> Będzie to prawdopodobnie wymagało dalszych inwestycji w fabryki AI o mocy gigawatowej do celów szkoleniowych – chociaż w tym czasie mogą pojawić się nowe podejścia. Oprócz stymulowania dalszej rozbudowy centrów danych, AGI może również mieć wpływ na ich funkcjonowanie. Jeśli funkcje podobne do AGI mogłyby zostać zintegrowane z systemami oprogramowania do zarządzania i kontroli centrów danych, mogłoby to jeszcze bardziej poprawić wydajność, odporność i efektywność. Wymagałoby to również wdrożenia rygorystycznych protokołów bezpieczeństwa i ochrony.

## Obliczenia, innowacje w dziedzinie krzemu

Wraz z makro-trendem dywersyfikacji krzemu oraz specyficznymi zmianami w dziedzinie kwantowej i neuromorficznej, pojawiają się również inne formy innowacji obliczeniowych i krzemowych, które mogą mieć znaczący wpływ na infrastrukturę centrów danych. Jednym z takich obszarów są tak zwane chipy w technologii wafer-scale. Te akceleratory są o rzędy wielkości większe niż tradycyjne procesory CPU lub GPU. Według naukowców<sup>23</sup> mogą one umożliwić szybsze i bardziej wydajne działanie modeli sztucznej inteligencji niż tradycyjne konstrukcje chipów poprzez zmniejszenie ilości komunikacji między chipami. Konkretnym wpływem na infrastrukturę krytyczną centrum danych byłoby umożliwienie tworzenia bardziej kompaktowych fabryk AI o niezwykle wysokiej gęstości i zintegrowanym chłodzeniem cieczą. Nowe formaty na poziomie szafy rackowej mogą również ewoluować wraz z potencjałem modułowych, zoptymalizowanych pod kątem płytek konstrukcji. Więcej szczegółów pojawi się wraz z rozwojem technologii.



## Podsumowanie

Wpływ sztucznej inteligencji staje się coraz bardziej namacalny: szybka transformacja spowodowana zwiększoną gęstością, szybka ekspansja w skali gigawatów, dywersyfikacja krzemu oraz pojawienie się centrów danych jako jednostek obliczeniowych. Ma to wpływ na centra danych w zakresie projektowania, zasilania, zarządzania temperaturą, systemów IT, usług i oprogramowania.

Vertiv przewiduje, że organizacje będą musiały stawić czoła tym wyzwaniom, wdrażając technologie takie jak cyfrowe bliźniaki, lokalne wytwarzanie energii, dystrybucja prądu stałego wysokiego napięcia, zaawansowane chłodzenie cieczą oraz nowe formaty wdrożeń sztucznej inteligencji. Dodatkowo Vertiv nadal angażuje się w umożliwianie interesariuszom przewidywania przyszłych zmian — zapewniając wgląd w nowe technologie, pomagając w podejmowaniu mądrzejszych decyzji inwestycyjnych oraz wspierając rozwój odpornej infrastruktury gotowej na przyszłe wyzwania.

**Vertiv Frontiers** ma na celu wyposażenie społeczności centrów danych w wiedzę i perspektywę niezbędne do poruszania się w świecie zdefiniowanym przez sztuczną inteligencję, zaawansowane obliczenia i bezprecedensowe innowacje.

Śledź **Vertiv Frontiers** na stronie:

[www.vertiv.com/frontiersreport](http://www.vertiv.com/frontiersreport)

Więcej informacji na temat najnowszych innowacji w zakresie infrastruktury cyfrowej wspierającej sztuczną inteligencję można znaleźć w centrum **Vertiv AI Hub** pod adresem:

[www.vertiv.com/en-us/solutions/ai-hub/](http://www.vertiv.com/en-us/solutions/ai-hub/)

# Źródła

1. Bizo, D. (2024). Uptime Institute Intelligence. AI spowoduje radykalną zmianę w zakresie elektryfikacji centrów danych. <https://www.scribd.com/document/932099216/AI-to-Trigger-Radical-Overhaul-of-Data-Center-Electrification>.
2. Butler, G. (2024). Dynamika centrum danych. Google testuje roboty do zarządzania dyskami twardymi i sprzętem centrum danych. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/google-tests-robots-for-managing-data-center-hard-drives-and-equipment/>.
3. Davis, S. (2025). Semiconductor Digest – półprzewodnikowe kopanie. Akceleratory waflowe mogą na nowo zdefiniować sztuczną inteligencję. <https://www.semiconductor-digest.com/wafer-scale-accelerators-could-define-ai/>.
4. Dell'Oro Group. (2025). Zarządzanie temperaturą oraz szafy PDU i szynoprzewody napędzają wzrost; według Dell'Oro Group do 2029 r. chłodzenie cieczą wzrośnie pięciokrotnie, a rozwój sztucznej inteligencji spowoduje wzrost wartości rynku infrastruktury fizycznej centrów danych do 63,1 mld dolarów. <https://www.delloro.com/news/ai-build-out-to-propel-data-center-physical-infrastructure-market-to-63-1-billion-by-2029/>.
5. Ebermann, H. (2024). Vertiv. Systemy chłodzenia zanurzeniowego: Zalety i strategię wdrażania dla centrów danych AI i HPC. <https://www.vertiv.com/en-emea/about/news-and-insights/articles/blog-posts/advancing-data-center-performance-with-immersion-cooling/>.
6. EPRI. (2024). Wspomaganie inteligencji: Analizowanie zużycia energii przez sztuczną inteligencję i centra danych. <https://www.epri.com/research/products/000000003002028905>.
7. Gartner. (2025). Gartner prognozuje, że w 2026 r. światowe wydatki na IT wzrosną o 9,8%, przekraczając po raz pierwszy 6 bilionów dolarów. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-10-22-gartner-forecasts-worldwide-it-spending-to-grow-9-point-8-percent-in-2026-exceeding-6-trillion-dollars-for-the-first-time>.
8. Gupta, G. (2024). Gartner. Czym jest przetwarzanie kwantowe? Dlaczego kierownictwo powinno się tym przejmować? <https://www.gartner.com/en/articles/quantum-computing>.
9. IDC. (2024). Światowe wydatki na sztuczną inteligencję mają osiągnąć 632 miliardy dolarów w 2028 r., według nowego przewodnika po wydatkach IDC. <https://my.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS52530724>.
10. Jyoti, R., Lava, S., Murat, M., Gens, A., Iisaka, N., Schubmehl, D., Ward-Dutton, N., Hamel, J., Arcaro, M., Kuppaswamy, R., Sutherland, H., Cooke, J., Giri, D. i Lange, K. (2023). IDC. IDC FutureScape: Prognozy dotyczące sztucznej inteligencji i automatyzacji na całym świecie na rok 2024 [https://www.idc.com/wp-content/uploads/2025/03/IDC\\_FutureScape\\_Worldwide\\_Artificial\\_Intelligence\\_and\\_Automation\\_2024\\_Predictions\\_-\\_2023\\_Oct.pdf](https://www.idc.com/wp-content/uploads/2025/03/IDC_FutureScape_Worldwide_Artificial_Intelligence_and_Automation_2024_Predictions_-_2023_Oct.pdf).
11. Kelkar, A. i Jansen, C. (2025). McKinsey & Co. Przełom w automatyzacji: Nowa technologia stojąca za robotami ogólnego przeznaczenia. <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/a-leap-in-automation-the-new-technology-behind-general-purpose-robots>.
12. Korst J., Puntoni S., Tambe P. (2025). Wharton Human AI Research, Uniwersytet Pensylwanii. Sprawozdanie z wdrożenia AI na rok 2025: Gen AI szybko wkracza do przedsiębiorstw. [https://ai.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2025/10/2025-Wharton-GBK-AI-Adoption-Report\\_Full-Report.pdf](https://ai.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2025/10/2025-Wharton-GBK-AI-Adoption-Report_Full-Report.pdf).
13. Microsoft (n.d.). Projekt Natick Faza 2. <https://natick.research.microsoft.com/>.
14. Noffsinger, J., Patel, M., and Sachdeva, P. (2025). McKinsey & Co. Koszt obliczeń: Wyścig o wartości 7 bilionów dolarów w celu skalowania centrów danych. <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-cost-of-compute-a-7-trillion-dollar-race-to-scale-data-centers>.
15. Pollina, E. i Piovaccari, G. (2025). Reuters. Centra danych w kosmosie? Jeff Bezos mówi, że to możliwe. <https://www.reuters.com/business/energy/data-centres-space-jeff-bezos-thinks-its-possible-2025-10-03/>.
16. Samsung. (2025). Firmy Samsung i OpenAI ogłaszają strategiczne partnerstwo w celu przyspieszenia rozwoju globalnej infrastruktury AI. <https://news.samsung.com/global/samsung-and-openai-announce-strategic-partnership-to-accelerate-advancements-in-global-ai-infrastructure>.
17. Shehabi, A., Newkirk, A., Smith, S., Hubbard, A., Lei, N., Siddik, M., Holecek, B., Koomey, J., Masanet, E. i Sartor, D. (2024). Lawrence Berkeley National Laboratory. Raport dotyczący zużycia energii w centrach danych w Stanach Zjednoczonych w 2024 r. <https://doi.org/10.71468/P1WC7Q>.
18. Smith, M. (2025). Vertiv. Przygotowanie do następnej ewolucji energetycznej z HVDC. <https://www.vertiv.com/en-us/about/news-and-insights/articles/blog-posts/preparing-for-the-next-energy-evolution-with-hvdc/>.
19. Stansbury, M., Marchese, K., Hardin, K. i Amon, C. (2025). Deloitte. Czy amerykańska infrastruktura nadąży za gospodarką opartą na sztucznej inteligencji? <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/power-and-utilities/data-center-infrastructure-artificial-intelligence.html>.
20. Vertiv. (2025). Od symulacji do rzeczywistości: Cyfrowe bliźniaki oparte na sztucznej inteligencji na nowo definiują projektowanie. <https://www.vertiv.com/en-emea/about/news-and-insights/articles/blog-posts/from-simulation-to-reality-ai-driven-digital-twins-redefine-design/>.
21. Vertiv. (2025). Krawędź inteligencji: Jak neuromorficzne obliczenia zmieniają sztuczną inteligencję. <https://www.vertiv.com/en-emea/about/news-and-insights/articles/educational-articles/the-edge-of-intelligence-how-neuromorphic-computing-is-changing-ai/>.
22. Yu, M., Zhang, C., Feng, J., Sun, Q., Yang, C., Zeng, X., Chu, P. i Tian, Y. (2025). Materiałoznawstwo i inżynieria materiałowa. Alchemia płynnych metali: Odkrywanie samonaprawiających się materiałów na bazie galu dla elektroniki nowej generacji. <https://doi.org/10.1016/j.mser.2025.101073>.



# Frontiers

**Vertiv.pl** | Vertiv Poland Sp. z o.o., ul. Krakowiaków 44, 02-255 Warszawa, NIP: 521-30-66-818

©2025 Vertiv Group Corp. Wszelkie prawa zastrzeżone. Logo i nazwa Vertiv™ są znakami towarowymi lub zarejestrowanymi znakami towarowymi firmy Vertiv Group Corp. Wszystkie inne nazwy i logo są nazwami handlowymi, znakami towarowymi lub zarejestrowanymi znakami towarowymi odpowiednich właścicieli. Dokładamy wszelkich starań, aby informacje zawarte w niniejszym dokumencie były kompletne i dokładne. Firma Vertiv Corp. nie ponosi jednak odpowiedzialności za szkody spowodowane wykorzystaniem powyższych informacji, ani za błędy lub braki w tekście. Dane techniczne, rabaty i inne oferty promocyjne mogą ulec zmianie za powiadomieniem wedle własnego uznania Vertiv.