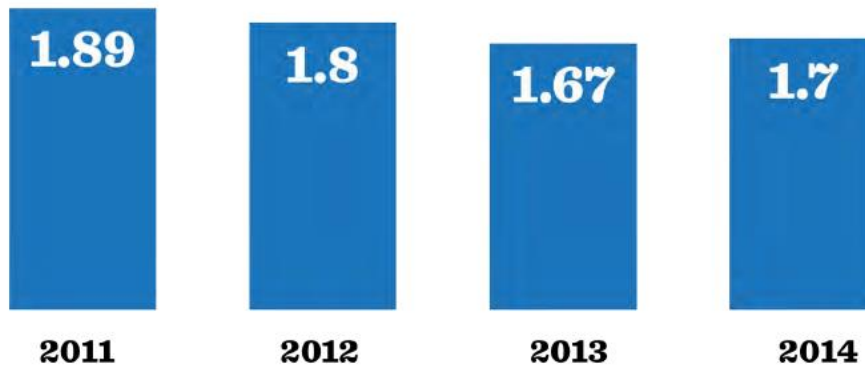


## Przegląd strategii i technologii ekologicznego zasilania współczesnych centrów danych

### Wprowadzenie

Centra danych zapewniają działanie infrastruktury informatycznej o znaczeniu krytycznym, obejmującej serwery, urządzenia sieciowe oraz pamięci masowe. Obsługujące miliardy użytkowników pracujących w trybie online na całym świecie, centra danych zużywają znaczne ilości energii. Dlatego też należy poprawiać efektywność energetyczną centrów danych tak, by osiągać znaczne oszczędności zużywanej energii. Istniejące centra danych muszą wdrażać wysoko wydajne sposoby zarządzania nimi tak, by osiągać korzyści zarówno w wymiarze środowiskowym, jak i ekonomicznym.

Pierwszym krokiem ku zwiększeniu efektywności energetycznej centrów danych jest dokładna ocena wartości współczynnika wykorzystania energii (PUE). Mówiąc prosto, PUE to współczynnik określający stosunek ilości energii zużywanej przez centrum danych do ilości energii zużywanej przez infrastrukturę informatyczną, lub też łączną moc infrastruktury podzieloną przez moc sprzętu IT. PUE to wskaźnik określony przez grupę roboczą składającą się z przedstawicieli administracji rządowej oraz branży powołanych przez Green Grid. Wskaźnik ten oferuje wysoki poziom dokładności i umożliwia pomiar efektywności energetycznej centrów danych, dlatego też może być stosowany w odniesieniu do wszystkich standardowych centrów danych. Jego celem jest stworzenie „spójnego i powtarzalnego” punktu odniesienia, który może być wykorzystywany przez operatorów centrów danych do ciągłego monitorowania i zmniejszania zużycia energii. Badania przeprowadzone w 2014 r. przez Uptime Institute wykazały, że przeciętny poziom PUE w branży wynosił 1,7. Wartość ta była wyższa niż 1,67 za rok 2013, ale niższa od 1,8 w roku 2012, co wskazuje, że istnieje możliwość dalszej poprawy efektywności energetycznej centrów danych (patrz rys. 1).



Rysunek 1: Przeciętne wartości współczynnika PUE dla centrów danych, 2011 - 2014

Źródło: Wyniki badania branży centrów danych dokonanego w 2014 r. przez Uptime Institute

Nadejście epoki Big Data oraz Internetu Rzeczy (IoT) przyspieszyło budowę i rozbudowę centrów danych. Co więcej, rosnąca świadomość ekologiczna przyczyniła się do podkreślenia znaczenia ich energooszczędności. W przypadku łącznego kosztu

posiadania (TCO) centrów danych koszty energii ustępują jedynie kosztom osobowym. Centra danych często uważa się za „nieprzyjazne ekologicznie” (m.in. na podstawie corocznych ratingów publikowanych przez Greenpeace). W rzeczywistości centra danych, na przykład w USA, przyczyniają się zaledwie do 2% zużycia energii elektrycznej – jest to mniej, niż wynosi światowa średnia. Oznacza to, że wiele centrów danych nadal wykorzystuje różne metody w celu zmniejszenia zużycia energii oraz emisji dwutlenku węgla.

Niemniej jednak liczne centra danych nadal nie wdrożyły żadnych wskaźników efektywności energetycznej, dlatego też nie powstały żadne standardy w zakresie energooszczędności. Niezależnie od trwającej debaty dotyczącej PUE, wskaźnik ten wciąż stanowi podstawową metodę pomiaru efektywności infrastruktury centrów danych i jest użytecznym punktem odniesienia w trakcie przygotowywania i wdrażania proekologicznych strategii w centrach danych.

## **Strategie dla centrów danych**

Według artykułu zatytułowanego „Characteristics of Low Carbon Data Centres” opublikowanego na stronie [Nature Climate Change](#), sprawność i emisje dwutlenku węgla pochodzące od urządzeń IT takich jak serwery, pamięci masowe, urządzenia komunikacyjne, infrastruktura (wentylatory, chłodzenie, pompy, urządzenia rozdzielcze) stanowią kluczowe czynniki mające wpływ na emisję gazów cieplarnianych przez centra danych. Niektóre z sugerowanych sposobów zmniejszenia zużycia energii sugerowanych w niniejszym artykule mogą mieć znaczący wkład w ekologiczne projekty centrów danych.

Siedem najważniejszych strategii dla centrów danych zostało opisanych poniżej. Strategie te pomagają optymalizować zużycie energii w centrach danych, a także optymalizować poziom PUE.

### **Strategia 1: Regularne audyty sprzętu**

Światowi giganci branży IT, tacy jak Facebook, Google czy Apple, prowadzą ciągle badania nad sposobami poprawy efektywności energetycznej centrów danych. Stosowane przez nich metody mogą robić wrażenie, niemniej jednak pierwsza ze strategii sugerowanych w niniejszym dokumencie obejmuje to, co większość firm jest w stanie zrobić – dokonywanie rutynowych przeglądów całego posiadanego sprzętu.

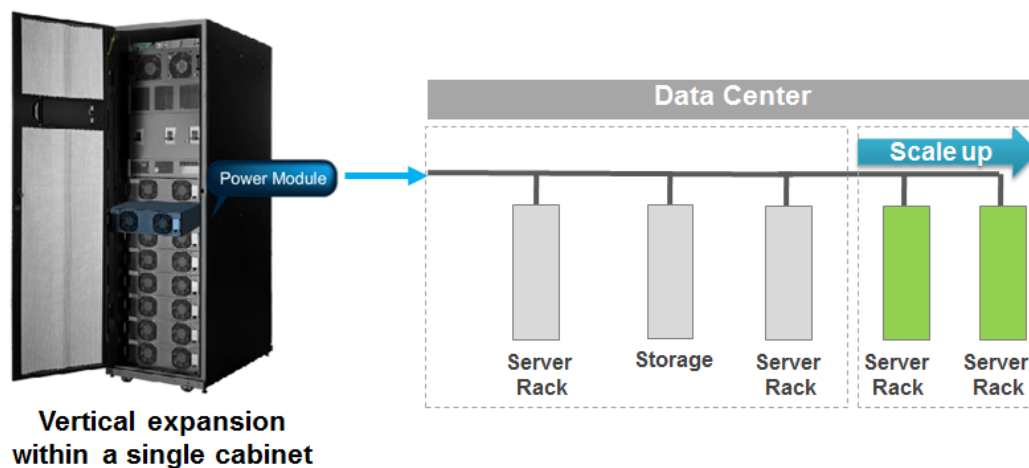
Bardzo często w centrach danych znajduje się wiele niepotrzebnego sprzętu. Określenie „uśpione serwery” odnosi się do serwerów, które są nadal podłączone do szafy rack pomimo, że nie są już używane. W związku z tym zajmują cenne miejsce, zużywają duże ilości energii i pogarszają PUE. W 2013 r. Uptime Institute przeprowadził badanie mające na celu określenie, jak poważny jest to problem. Badanie wykazało, że około połowa respondentów nie przeprowadzała regularnych przeglądów sprzętu ani nie odłączała niepotrzebnych serwerów. Podobne badanie przeprowadzone przez EPA w Stanach Zjednoczonych wykazało, że w większości centrów danych brakuje skutecznych sposobów lokalnego monitorowania całości infrastruktury oraz obciążenia sprzętu IT. Z badań tych wynika, że w dziedzinie zmniejszenia zużycia energii przez centra danych pozostaje jeszcze wiele do zrobienia.

Na przykład, po odłączeniu przez Barclays Bank 9 124 niepotrzebnych serwerów w 2013 r. udało się osiągnąć znaczące oszczędności w zakresie zużycia energii,

niezbędnej wydajności chłodzenia oraz przestrzeni w szafach rack. Pozwoliło to zwiększyć moce obliczeniowe oraz obniżyć koszty energii o 4,5 miliona USD. Wynika z tego, że zmniejszenie liczby serwerów niesie za sobą istotne korzyści.

Niezależnie od audytów urządzeń IT należy również regularnie przeprowadzać przeglądy pozostałej infrastruktury centrów danych, m. in. zasilaczy awaryjnych UPS. Aktualnie odchodzi się od stosowania monoblokowych, transformatorowych zasilaczy UPS na rzecz beztransformatorowych urządzeń modułowych. Przy doborze zasilacza UPS pod kątem energooszczędności centrum danych należy rozważyć dwa aspekty opisane poniżej:

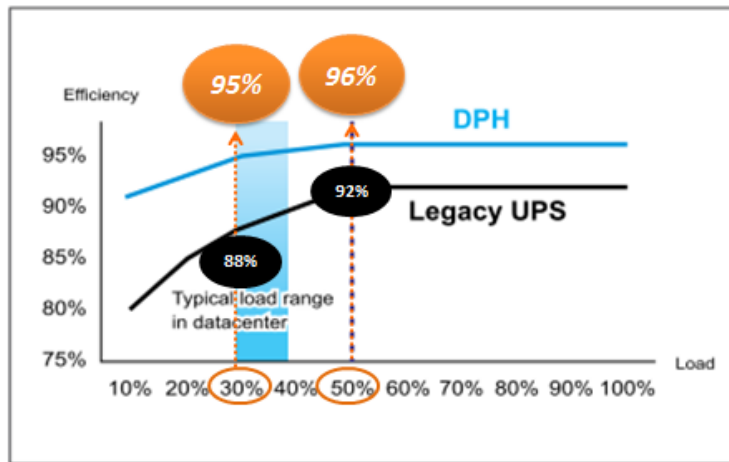
- **Skalowalność:** Modułowe zasilacze UPS umożliwiają zwiększanie liczby modułów mocy wraz z rozbudową centrum danych. Nie wymagają znacznych nakładów kapitałowych w momencie tworzenia serwerowni oraz nie zajmują dodatkowego miejsca. Dzięki temu istnieje możliwość łatwego zwiększenia mocy zasilacza UPS wraz z rozwojem prowadzonej działalności (rys. 2). Niezależnie od dodatkowych modułów mocy, zasilacze UPS muszą również obsługiwać wiele urządzeń pracujących równoległe tak, aby umożliwić dalszą rozbudowę.



Rysunek 2: Modułowy zasilacz UPS zaspokajający potrzeby centrum danych w zakresie łatwego zwiększania mocy

- **Wysoka sprawność przy niskim obciążeniu:** W odniesieniu do źródeł zasilania w centrach danych najczęściej wykorzystuje się konfigurację równoległą N+X lub nawet zdublowane magistrale 2N tak, aby zapewnić niezawodność. Oznacza to, że przeważnie obciążenie źródeł zasilania wynosi około 30 – 40% lub mniej. Dlatego też niemożliwe jest wykorzystanie wysokiej sprawności zasilaczy UPS osiąganey przez te urządzenia przy „pełnym obciążeniu”. Według raportu przygotowanego przez firmę badania rynku Gartner w 2013 r. należy zwracać uwagę nie tylko na sprawność zasilaczy UPS przy pełnym obciążeniu, ale również na krzywą sprawności (rys. 3) w przedziale obciążenia od 20 do 100% tak, by wyobrazić sobie idealny stan „wysokiej sprawności przy niskim obciążeniu”. Jako przykład weźmy wysokosprawny, modułowy zasilacz UPS o mocy 200 kVA. Jeżeli wziąć pod uwagę różnicę w obciążeniu centrum danych w porze dziennej i nocnej okaże

się, że wysokosprawny zasilacz UPS zużywa około 5% mniej energii niż konwencjonalny zasilacz UPS.



Rysunek 3: Krzywa sprawności zasilacza UPS

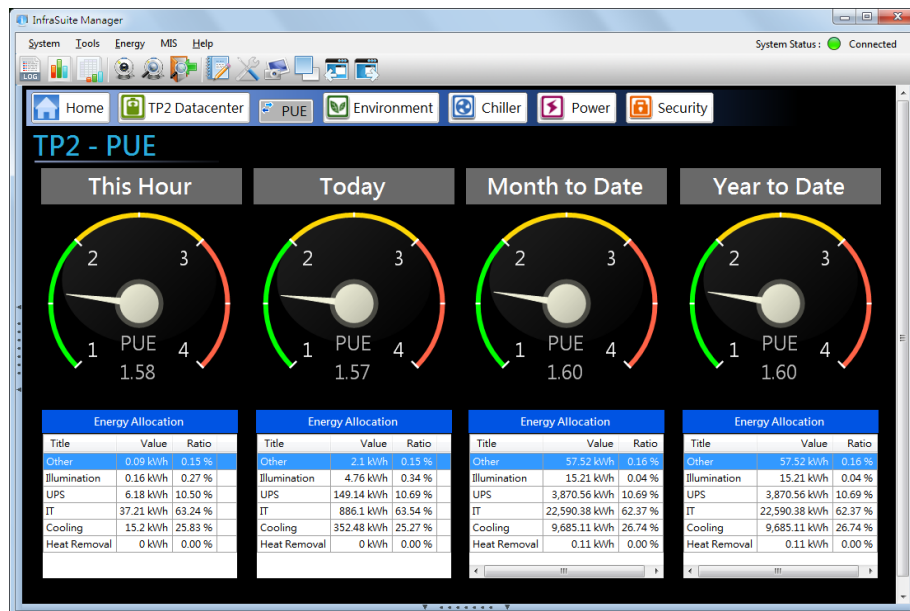
Analizowany zasilacz UPS o mocy 200 kVA	Wysokosprawny, modułowy zasilacz UPS	Standardowy zasilacz UPS	
Moc dostarczana w ciągu dnia przy 50% obciążenia	100	100	kW
Dodatkowe straty wynikające z różnic sprawności	0%	4%	
Łączny pobór mocy	100	104	kW
Zużycie energii w ciągu dnia (14 godzin)	1 400	1 456	kWh
Moc dostarczana w ciągu nocy przy 30% obciążenia	60	60	kW
Dodatkowe straty wynikające z różnic sprawności	0%	7%	
Łączny pobór mocy	60	64,2	kW
Zużycie energii w ciągu nocy (10 godzin)	600	642	kWh
Zużycie energii w ciągu doby	2 000	2 098	kWh
Zużycie energii w ciągu roku (365 dni)	730 000	765 770	kWh
Zużycie energii w ciągu cyklu życia (8 lat)	5 840 000	6 126 160	kWh

Koszt energii elektrycznej w ciągu cyklu życia (0,1 EUR/kWh)	584 000	612 616	EUR
Oszczędności energii w ciągu cyklu życia (8 lat)	286 160		kWh
Oszczędności w ciągu cyklu życia (8 lat)	28 616		EUR
Oszczędności wyrażone w procentach	5%		

Tabela 1: Obliczenia i porównanie wydatków związanych ze stosowaniem różnych typów zasilaczy UPS

### Strategia 2: Rutynowy pomiar PUE

Jak wspomniano powyżej, PUE stanowi główny branżowy wskaźnik służący do kwantyfikacji efektywności energetycznej. W większości przypadków jego stosowanie wynika z jego prostoty i funkcjonalności. Pomimo tego wskaźnik ten jest rzadko stosowany w licznych rozważanych branżach. Nieregularne pomiary nie są w stanie precyzyjnie oddać charakterystyki zużycia energii, dlatego też wielu ekspertów w branży naciska na wdrożenie rutynowych pomiarów zmian współczynnika PUE centrów danych w funkcji czasu lub innych czynników. Aby dokładnie mierzyć pobór mocy w czasie rzeczywistym i rejestrować rzeczywiste wartości PUE należy zainstalować odpowiednie czujniki w kluczowych punktach pomiarowych tak, by rejestrować rzeczywisty pobór mocy (wyrażony w kW oraz kVA). Aby poszerzyć zakres analizy, należy rejestrować zużycie energii w czasie (rys. 4).



Rysunek 4: Ekran monitorowania PUE



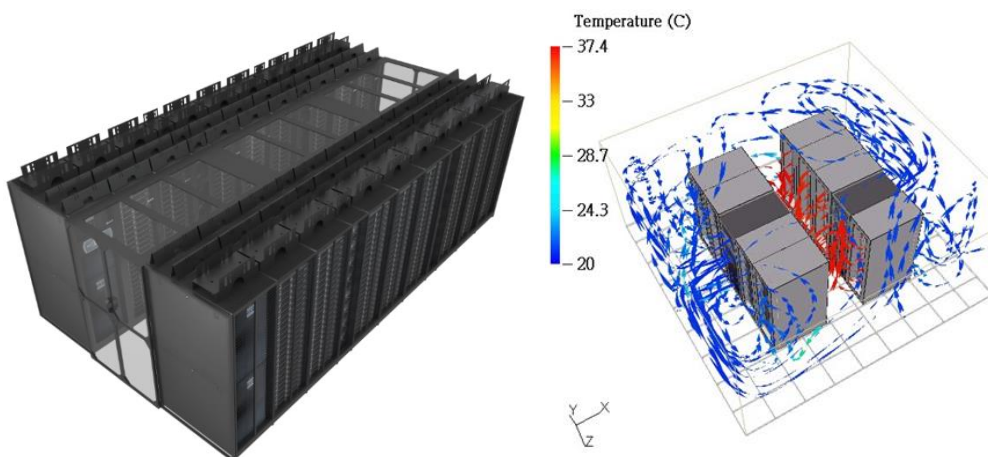
### Strategia 3: Modernizacja sprzętu i poprawa wydajności serwerów

Wydajność serwerów ma bezpośredni wpływ na wartość współczynnika PUE oraz kluczowe znaczenie dla jej poprawy. Niemniej jednak, aby precyzyjnie ocenić wydajność serwerów, należy rozważyć kilka czynników. Zaczniemy od stopnia wykorzystania procesora. W przypadku słabych procesorów charakteryzujących się słabymi osiągnięciami technologia wirtualizacji może znacząco poprawić osiągi procesora i wydajność serwera bez konieczności jego wymiany; ponadto, w rozważaniach dotyczących wydajności należy również uwzględnić obciążenie oraz zużycie energii każdej szafy rack. Jednym ze sposobów zwiększania gęstości szaf rack są serwery blade, w przypadku których każda szafa rack może zawierać do 1024 rdzeni procesorów CPU przy jednoczesnym zmniejszeniu zapotrzebowania na chłodzenie oraz energię elektryczną.

Konsolidacja oraz wirtualizacja serwerów fizycznych może przyczynić się do poprawy efektywności centrum danych, dlatego też należy rozważyć te metody podczas modernizacji wyposażenia. Badania wykazały, że konsolidacja serwerów niesie ze sobą następujące korzyści:

- do 560 USD oszczędności w przeliczeniu na serwer na rok,
- zmniejszoną emisję ciepła i związane z nią koszty chłodzenia,
- uwolnienie dodatkowej przestrzeni i zwiększenie mocy obliczeniowych.

Należy pamiętać, że jedną z wad wirtualizacji oraz stosowania serwerów blade są wyższe wymagania dotyczące odprowadzania ciepła oraz chłodzenia. Na rynku istnieje wiele rozwiązań, w tym obejmujących techniki zarządzania przepływem powietrza określane jako „oddzielanie przepływu ciepłego i zimnego powietrza” (*cold and hot aisle containment*) oraz „chłodzenie w rzędzie” (*in-row cooling*) (rys. 5). Wszystkie te rozwiązania zostały zaprojektowane w celu rozwiązania problemu wysokiej gęstości centrów danych.



Rysunek 5: Technologie oddzielania przepływu powietrza (*cold-aisle containment*) oraz chłodzenia w rzędzie (*in-row cooling*) dla centrów danych o dużej gęstości mocy

### Strategia 4: Poprawa wydajności chłodzenia centrum danych

Jeżeli chodzi o zużycie energii, chłodzenie ustępuje wyłącznie infrastrukturze informatycznej. Dlatego też instalacja mechanizmu monitorowania i pomiaru zużycia energii jest kluczowa dla zrozumienia, w jaki sposób system chłodzenia wpływa na PUE

oraz możliwości zmniejszenia zużycia energii. Poniżej omówiono cztery techniki poprawy wydajności chłodzenia.

### Podejście Google

Google jest aktualnym liderem w dziedzinie ekologicznych centrów danych, charakteryzujących się współczynnikiem PUE na poziomie 1.12, który budzi zazdrość całej branży. Według najnowszego raportu [Android Emotions](#) produkty Google AI są zaprojektowane pod kątem dalszego zmniejszenia PUE. W swoim blogu [Efficiency: How others can do it](#) Google ujawnił pięć kluczowych technik wykorzystywanych przez swoich kierowników i operatorów centrów danych w celu zmniejszenia wartości PUE. Z technikami tymi wiążą się trzy następujące sposoby poprawy wydajności chłodzenia centrów danych:

- **Zarządzanie przepływem powietrza:** Odpowiednio zaprojektowana separacja przepływu ciepłego i zimnego powietrza zapobiega mieszanemu się strumieni ciepłego i zimnego powietrza, co zwiększa wydajność systemu chłodzenia. Aby usunąć „gorące punkty” i zagwarantować idealne zarządzanie temperaturą, w odpowiednich miejscach należy umieścić termometry, a następnie zidentyfikować „gorące punkty” za pomocą symulacji komputerowych i je wyeliminować. Badania EPA wykazały, że efektywny system separacji ciepłego i zimnego powietrza zmniejsza zużycie energii przez wentylatory o 25% oraz przez chłodnice o 20%.



Rysunek 6: Przykład separacji strefy gorącej

- **Zwiększenie temperatury otoczenia:** Google rozprawił się z mitem, według którego centra danych muszą być utrzymywane w temperaturze 21°C (70°F) i potwierdził, że systemy separacji zimnego powietrza mogą pracować w temperaturze 27°C (80°F). Zwiększenie temperatury przy jednoczesnym wyłączeniu podgrzewaczy oraz osuszaczy stanowi efektywny kosztowo sposób zmniejszenia zużycia energii.

- **Swobodne chłodzenie:** Chłodnice w systemach chłodzenia zużywają znaczące ilości energii. W przypadku sprzyjających warunków pogodowych można stosować system swobodnego chłodzenia. Zimne powietrze jest pobierane z zewnątrz i wykorzystywane do chłodzenia urządzeń, a następnie wydalane z powrotem na zewnątrz. Inne metody swobodnego chłodzenia obejmują: dostarczanie powietrza z zewnątrz, parę lub budowę dużych zbiorników ciepła.

### Strategia 5: Zwiększenie temperatury centrum danych

Klasyczna wiedza dotycząca temperatur panujących w centrach danych powoduje, że od dawna administratorzy są niechętni zwiększaniu tej temperatury. Niemniej jednak najnowsze zalecenia ASHRAE dotyczące temperatur pracy centrów danych określają zakres 18°C – 27°C (64,4°F – 80,6°F). Ponadto, ASHRAE również podniósł zalecane przedziały wilgotności. Zmiany te oznaczają, że centra danych będą w stanie uzyskać większe oszczędności na kosztach chłodzenia oraz lepiej spełniać wymagania w zakresie chłodzenia swobodnego.

Zbyt konserwatywne podejście i utrzymywanie zbyt niskiej temperatury centrum danych zwiększa koszty eksploatacyjne poprzez wyższy współczynnik PUE lub wyższe koszty chłodzenia. Co więcej, badanie przeprowadzone przez Intela wykazało, że zwiększenie temperatury w centrum danych o 1°C powoduje zmniejszenie kosztów chłodzenia o około 4%. Odkrycie to doprowadziło do powstania licznych pracujących w wysokiej temperaturze, energooszczędnych produktów, takich jak:

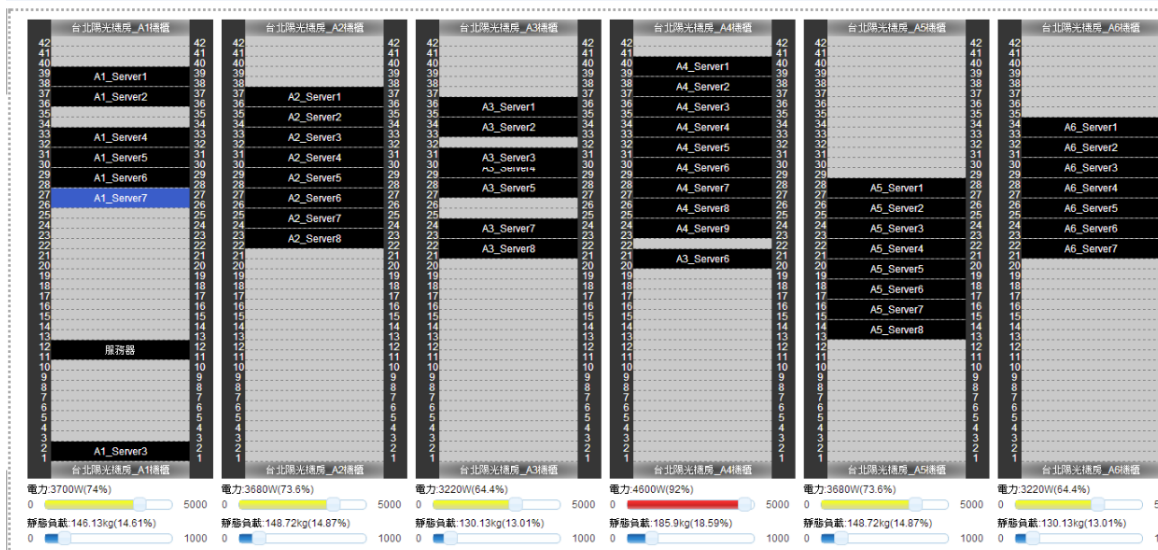
- **Wysokotemperaturowy, energooszczędny serwer:** „Wysokotemperaturowy” oznacza, że serwer jest w stanie niezawodnie pracować bez chłodzenia w temperaturze od 5°C do 47°C. Ponieważ serwer ten jest w stanie pracować w wyższej temperaturze, oznacza to, że wymaga słabszego chłodzenia. W porównaniu z konwencjonalnymi serwerami wysokotemperaturowe urządzenia energooszczędne oferują wysoką tolerancję na temperaturę, niskie zużycie energii oraz łatwość instalacji. W związku z tym mogą znacząco przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii przez centrum danych.
- **Wysokotemperaturowy system chłodzenia wykorzystujący schłodzoną wodę:** Większość ciepła w centrum danych to ciepło jawne; ilość ciepła utajonego jest niewielka. Oznacza to, że zapotrzebowanie na osuszanie jest bardzo niewielkie. Pozwala to zwiększyć temperaturę wejściową wody wykorzystywanej do chłodzenia centrów danych z konwencjonalnych 7°C. Oznacza to lepsze chłodzenie w chłodnicy, lepszą efektywność energetyczną oraz większe oszczędności energii elektrycznej związane z eksploatacją systemu klimatyzacji.

### Strategia 6: Wdrożenie systemu DCIM

System zarządzania infrastrukturą centrów danych DCIM (Data Center Infrastructure Management) został stworzony w celu wspierania kierowników oraz operatorów centrów danych w osiągnięciu bardziej efektywnej oraz całościowej kontroli centrum danych i jego monitorowaniu. DCIM udostępnia czytelny plan centrum danych, pomagający administratorom IT w planowaniu i zarządzaniu centrum danych, a także w reagowaniu na potencjalne ryzyka i zmniejszaniu czasu trwania wyłączeń. Jak opisano powyżej,



niski stopień wykorzystania poszczególnych serwerów stanowi powszechny problem w centrach danych. System DCIM może zwiększyć wydajność poprzez wspieranie administratorów centrów danych w identyfikacji „uśpionych” serwerów i ich ponownym wykorzystaniu do innych celów. Ponadto, pozwala precyzyjnie mierzyć poziom wykorzystania aktywów oraz zużycie energii przez centrum danych.



Rysunek 7: Interfejs zarządzania ścianami i szafami rack w systemie DCIM

### Strategia 7: Wykorzystanie czystych, odnawialnych źródeł energii

Wykorzystanie 100% czystej energii brzmi jak odległy sen, niemniej jednak wiele przedsiębiorstw przyjęło „hybrydową” strategię mającą na celu zbliżenie ich do ideału. Strategia ta obejmuje wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, lokalnego wytwarzania energii oraz sieci zdalnych. Giganci branży IT tacy jak Apple zainstalowali 55 000 paneli słonecznych, eBay wykorzystuje ogniwa paliwowe w swoich zakładach Quicksilver w stanie Utah, a Microsoft wykorzystuje energetykę wiatrową i słoneczną. Małe i średnie przedsiębiorstwa mogą podjąć współpracę z lokalnymi przedsiębiorstwami

energetycznymi, aby uzyskać dostęp do czystej energii elektrycznej lub energii ze źródeł odnawialnych. Ponadto, mogą rozważyć tworzenie nowych centrów danych w pobliżu zakładów energetycznych oferujących czystą energię.

## **Wnioski**

„Inicjatywy na rzecz zielonych centrów danych” wymagają znacznej kreatywności i nie powinny podlegać ograniczeniom wynikającym z tradycyjnego podejścia. W branży istnieje wiele przykładów licznych, mierzalnych korzyści oferowanych przez ekologiczne centra danych. Współczynnik PUE może stanowić podstawę pomiaru efektywności energetycznej i jest bardzo ważny przy tworzeniu zrównoważonego, zielonego centrum danych. Giganci branży IT tacy jak Google, Facebook, Apple czy Microsoft zainwestowali miliony w rozwijanie ekologicznych centrów danych. Ponadto, optymalne rozwiązania dla zielonych centrów danych pozwalające osiągnąć niemalże idealny poziom PUE zostały już zweryfikowane. Branża jest zgodna co do tego, że gruntowny przegląd infrastruktury informatycznej jest niezbędny do poprawy efektywności centrów danych. Zwykle przedsiębiorstwa również mogą wykorzystywać rutynowe pomiary PUE oraz narzędzia administracyjne (takie jak system DCIM) do diagnozowania i korygowania obszarów niskiej wydajności sprzętu IT. Zmniejszając emisje dwutlenku węgla i zwiększając stopień wykorzystania poszczególnych serwerów można osiągnąć wyznaczony cel, jaki jest optymalizacja wartości współczynnika PUE oraz zwrotu z inwestycji.