

# Stan rozwoju energetyki wiatrowej na świecie

Dwie dekady postępu w rozwoju zaawansowanych turbin, które wykorzystują materiały syntetyczne, komputerowo wspomagane projektowanie i wyszukana kontrolę elektroniczną zredukowały koszt wytwarzanej elektryczności prawie pięciokrotnie w stosunku do kosztów z roku 1980. Pozwoliło to tej technologii stać się najszybciej rozwijającym się źródłem energii, zwiększającym się rocznie przeciętnie o 26% (pomiędzy rokiem 1990 a 1997).

W końcu lat dziewięćdziesiątych w czołówce szybkiego rozwoju energetyki wiatrowej były cztery kraje: Niemcy, Dania, Hiszpania i Holandia. Razem, zainstalowały one prawie 80% wszystkich nowych mocy w 1997 roku. Niemcy jako pierwszy kraj przekroczyły pułap 2000 MW łącznej mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych, instalując w 1997 roku 530 MW, a w 1998 roku 800 MW na nizinach w pobliżu Morza Północnego [7,8]. W jednym z północnych regionów Niemiec 11% zapotrzebowania na energię elektryczną pochodzi z elektrowni wiatrowych, a w innym 7%. I chociaż niemieckie zakłady energetyczne sprzeciwiały się rozwojowi elektrowni wiatrowych, społeczeństwo aktywnie popiera ich rozwój intensywnie w nie inwestując.

Dania, gdzie współczesna technologia wiatrowa i jej rozwój mają swoje korzenie, posiada obecnie elektrownie wiatrowe o mocy ponad 1380 MW [7,8]. Udział energii wiatrowej w produkcji duńskiej energii elektrycznej wynosi 7% i jest największy na świecie.

Trzecim największym producentem energii pochodzącej z wiatru jest Hiszpania, gdzie w ciągu ostatnich trzech lat nastąpił gwałtowny przyrost mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych. Instalacje w Hiszpanii to przede wszystkim duże

farmy wiatrowe w przeciwieństwie do pojedynczych i małych zgrupowań turbin w Danii czy w Niemczech.

Wykorzystanie energii wiatrowej zwiększa się również w innych krajach: Włoszech, Holandii, Chinach i Wielkiej Brytanii, ale w żadnym z nich nie rozwinął się jeszcze duży i zrównoważony rynek. W Stanach Zjednoczonych, gdzie w latach osiemdziesiątych istniał największy rynek OZE, obserwuje się stagnację rozwoju tego rodzaju energetyki, chociaż należy spodziewać się zmian w nadchodzących latach (prognoza na rok 2000 przewidywała 3000 MW mocy zainstalowanej (tabela 3)).

Większe turbiny, ulepszone technologie i ciągle zmniejszające się koszty napędzają rozwój elektrowni wiatrowych. Według specjalistów, nowe turbiny wiatrowe są obecnie konkurencyjne z elektrowniami węglowymi w Niemczech i innych krajach. Kilka dużych koncernów, m.in. Enron bierze aktywny udział w rozwoju energetyki wiatrowej.

Rozwój technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii jest jednym z kluczowych założeń polityki energetycznej Unii Europejskiej. Założenia oraz strategia działań zawarte zostały w Białej Księdze przyjętej przez kraje członkowskie w 1997 roku. W chwili obecnej udział odnawialnych źródeł energii w całkowitym zużyciu energii w UE wynosi ok. 6%. Stan ten, jak na potencjał techniczny Unii Europejskiej, oceniany jest jako niezadowalający. Przyjęte założenia przewidują, że do 2010 roku udział odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym Unii Europejskiej wynosić będzie od 12% do 15%.

## **Stan rozwoju energetyki wiatrowej na świecie**

Rozwój energetyki wiatrowej na świecie osiągnął w ostatnich dekadach poziom bezprecedensowy, stanowiąc jeden z najważniejszych filarów globalnej transformacji energetycznej. Wzrost zainteresowania technologiami wiatrowymi wynika zarówno

z konieczności redukcji emisji gazów cieplarnianych, jak i z rosnącego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz potrzeby uniezależnienia się państw od paliw kopalnych. Współczesny sektor energetyki wiatrowej charakteryzuje się wysoką dynamiką rozwoju, intensywnymi inwestycjami i ciągłym postępem technologicznym, co pozwala uznać go za strategiczny komponent globalnego systemu energetycznego. Z roku na rok obserwuje się nie tylko wzrost mocy zainstalowanej, lecz również poprawę efektywności turbin, obniżenie kosztów jednostkowych produkcji energii oraz rosnącą akceptację społeczną i polityczną dla dalszej ekspansji zielonych technologii. Dzięki tym czynnikom sektor wiatrowy przeszedł od roli alternatywnego źródła energii do jednego z głównych motorów napędowych nowoczesnej, niskoemisyjnej gospodarki światowej.

Początkowe etapy rozwoju energetyki wiatrowej sięgają drugiej połowy XX wieku, jednak dopiero przełom lat dziewięćdziesiątych i pierwszych dekad XXI wieku przyniósł gwałtowne przyspieszenie inwestycji. W tym czasie państwa zaczęły wdrażać liczne programy wsparcia, instrumenty finansowe oraz ramy prawne sprzyjające rozwojowi odnawialnych źródeł energii. Kluczową rolę odegrały takie instytucje jak Unia Europejska, która ustanowiła ambitne cele klimatyczne, oraz organizacje międzynarodowe, w tym Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej (IRENA) czy Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA). Wraz z rozwojem polityki klimatycznej sektor wiatrowy stał się priorytetem strategicznym dla wielu rządów, przyciągając jednocześnie ogromne inwestycje prywatne oraz wspierając rozwój nowych gałęzi przemysłu, takich jak produkcja zaawansowanych materiałów kompozytowych, systemy sterowania oraz infrastruktura energetyczna.

Na uwagę zasługuje fakt, że globalny krajobraz energetyki wiatrowej nie jest jednolity i charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem regionalnym. Europa przez wiele lat była liderem w dziedzinie energii wiatrowej, jednak w ostatniej dekadzie dominującą pozycję objęły Chiny, które zainstalowały

największą na świecie moc wiatrową, zarówno w sektorze lądowym, jak i morskim. Intensywne inwestycje, strategiczne programy rządowe oraz ogromne możliwości produkcyjne sprawiły, że Państwo Środka stało się globalnym centrum technologii wiatrowej, eksportując turbiny i komponenty na cały świat. Stany Zjednoczone utrzymują stabilną pozycję jednego z głównych graczy w sektorze, dysponując rozległymi terenami o doskonałych warunkach wiatrowych oraz rozwiniętą infrastrukturą energetyczną. Warto podkreślić, że rozwój w USA obejmuje zarówno duże farmy wiatrowe, jak i lokalne inicjatywy społecznościowe oraz projekty hybrydowe integrujące turbiny z fotowoltaiką i magazynami energii.

W innych częściach świata obserwuje się również dynamiczny wzrost zainteresowania energetyką wiatrową. W Ameryce Południowej prym wiedzie Brazylia, której ogromny potencjał wiatrowy oraz korzystne regulacje prawne umożliwiły szybkie zwiększenie mocy zainstalowanej. Afryka dopiero rozpoczyna swoją drogę w kierunku wykorzystania energii wiatru, jednak przykłady Maroka, Egiptu i RPA pokazują, że kontynent ten również dostrzega korzyści płynące z inwestycji w zieloną energię. Australia natomiast dynamicznie rozwija sektor wiatrowy, szczególnie w regionach interioru, gdzie warunki wiatrowe są doskonałe, a duże przestrzenie umożliwiają instalację rozległych farm.

Rzeczony rozwój technologii wiatrowych umożliwia nie tylko zwiększanie skali inwestycji, ale również poprawę efektywności eksploatacyjnej. Nowoczesne turbiny charakteryzują się większymi średnicami wirników, wyższą mocą jednostkową – często przekraczającą 10 MW w przypadku turbin morskich – oraz zaawansowanymi systemami sterowania umożliwiającymi optymalizację pracy w zmiennych warunkach. Dodatkowo rozwijane są innowacyjne konstrukcje, takie jak turbiny bezłopatkowe, systemy pływające offshore oraz turbiny wielowirnikowe przeznaczone do pracy w ekstremalnych warunkach. Rzeczony rozwój technologiczny obejmuje także integrację energetyki wiatrowej

z systemami magazynowania energii oraz cyfrowymi platformami zarządzania produkcją i dystrybucją, co pozwala zwiększać stabilność pracy sieci energetycznych i ograniczać ryzyko zakłóceń.

Jednak mimo imponującego tempa rozwoju sektor wiatrowy stoi również przed licznymi wyzwaniami. Wśród najważniejszych problemów wymienia się kwestie związane z dostępnością terenów pod inwestycje, ochroną przyrody, integracją dużych mocy OZE z systemami energetycznymi oraz społeczną akceptacją projektów. Budowa farm wiatrowych wymaga odpowiedniego planowania przestrzennego, oceny oddziaływania na środowisko oraz zaangażowania społeczności lokalnych, co może wydłużać proces inwestycyjny. Kolejnym wyzwaniem jest konieczność modernizacji sieci przesyłowych, które w wielu regionach świata nie są przystosowane do obsługi zdecentralizowanych źródeł energii o zmiennej produkcji.

Perspektywy rozwoju energetyki wiatrowej pozostają jednak niezwykle obiecujące. Prognozy ekspertów wskazują, że udział energii wiatrowej w globalnym miksie energetycznym będzie systematycznie wzrastał, a łączna moc zainstalowana na świecie może przekroczyć kilka terawatów w najbliższych dekadach. Rosnące ambicje klimatyczne państw, zastrzające się regulacje dotyczące emisji CO<sub>2</sub> i rozwój zielonych technologii finansowych wskazują, że sektor ten będzie odgrywał kluczową rolę w kształtowaniu przyszłości światowej energetyki. Wraz ze wzrostem znaczenia energii wiatru obserwujemy również rozwój edukacji technicznej, tworzenie nowych miejsc pracy oraz inwestycje w badania naukowe, co wzmacnia jego rolę jako obszaru strategicznego dla rozwoju społeczno-gospodarczego.

Stan rozwoju energetyki wiatrowej na świecie można określić jako dynamiczny, technologicznie zaawansowany i ukierunkowany na dalszą ekspansję. Energia wiatrowa stała się globalnym standardem w dziedzinie odnawialnych źródeł energii, a jej rosnąca rola w światowej gospodarce jest świadectwem skuteczności polityki klimatycznej, postępu technologicznego

oraz społecznej odpowiedzialności w zakresie ochrony środowiska. Wobec narastających wyzwań klimatycznych i energetycznych energetyka wiatrowa pozostaje jednym z najbardziej obiecujących kierunków rozwoju przyszłych systemów energetycznych, umożliwiając budowę zrównoważonej, bezemisyjnej i odpornej na kryzysy infrastruktury energetycznej.

Jeśli potrzebujesz pomocy w napisaniu pracy z zakresu ochrony środowiska, to polecamy serwis [pisanie prac](#) - prace z ekologii i innych kierunków pisane na (prawie) każdy temat.