

Ireneusz SOLIŃSKI*, Bartosz SOLIŃSKI**, Mieczysława SOLIŃSKA***

Rola i znaczenie energetyki wiatrowej w sektorze energetyki odnawialnej

STRESZCZENIE. Energetyka wiatrowa jest najbardziej dynamicznie rozwijającym się sektorem energetyki odnawialnej zarówno w Europie, jak i na świecie. Polska należy do krajów o korzystnych do rozwoju energetyki zasobach wiatru, porównywalnych do Niemiec. Jednak jak dotychczas w Polsce zainstalowano moc około 300 MW – w Niemczech ponad 20 000 MW. Powodem tego niewielkiego rozwoju są liczne bariery, na które napotykają inwestorzy przy realizacji inwestycji.

W artykule przedstawiono stan obecny i perspektywy rozwoju rynku energetyki wiatrowej w Polsce. W pierwszej jego części przedstawiono zasoby energetyczne wiatru w Polsce oraz moce zainstalowane w energetyce wiatrowej. Następnie przedstawiono prognozy i cele w krótkim i długim horyzoncie czasowym oraz uwarunkowania dalszego rozwoju sektora oraz omówiono mechanizm wsparcia dla tych źródeł. W drugiej części omówiono ekologiczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania energii wiatru, a w końcowej części sformułowano wnioski dotyczące niezbędnych działań w celu intensyfikacji rozwoju sektora energetyki wiatrowej.

SŁOWA KLUCZOWE: energetyka wiatrowa, zasoby energetyczne wiatru, efektywność ekonomiczna

* Prof. dr hab. inż. – Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.

** Dr inż. – Wydział Zarządzania, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.

*** Dr – Instytut Ekonomii, Socjologii i Filozofii, Politechnika Krakowska, Kraków.

Wprowadzenie

Zwiększone wykorzystanie energii wiatrowej zarówno na świecie jak i w UE wydaje się być w chwili obecnej nieuniknione. Niezaprzeczalnym i jednym z podstawowych efektów wykorzystania energii wiatru są korzyści ekologiczne związane z uniknięciem emisji gazów cieplarnianych i innych substancji szkodliwych w procesie wytwarzania energii. Kolejnym efektem jest zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju, czy też poszczególnych regionów (gmin, powiatów czy też województw). Bezpieczeństwo energetyczne przejawia się m.in w wyniku dywersyfikacji dostaw energii (zmniejszenia konieczności importu energii pierwotnej z paliw kopalnych) i decentralizacji jej wytwarzania (generacja rozproszona – wytwarzanie energii w układach w pobliżu bezpośrednich użytkowników). Jest również oczywiste, że wykorzystanie energii wiatrowej zmniejsza zapotrzebowanie na paliwa kopalne i cechuje się odnawialnością zasobów w czasie. Te cechy energetyki wiatrowej, zwłaszcza w obliczu coraz częstszych wzrostów cen paliw kopalnych, nabierają bardzo dużego znaczenia. Energia wiatrowa, dostępna lokalnie, służy rozwojowi lokalnych rynków energii, rozwojowi infrastruktury energetycznej, poprawiając konkurencyjność sektora energetycznego.

Polska posiada warunki wiatrowe porównywalne do Niemiec, jednakże rozwój tej dziedziny energetyki napotykał w Polsce dotychczas na różnego rodzaju bariery. Niektóre z nich np. bariery prawne zostały w istotny sposób usunięte, poprzez znowelizowaną ustawę Prawo Energetyczne. Wprowadzono szereg mechanizmów prawnych, dzięki którym nastąpił w Polsce dość znaczący wzrost mocy zainstalowanej w energetyce wiatrowej w ostatnich latach, jednakże daleko nam jeszcze do czołówki europejskiej, której przewodzą Niemcy.

Polska nie posiada dobrze udokumentowanych zasobów energetycznych wiatru, co jest jedną z przyczyn słabego rozwoju – zasoby te zostały udokumentowane jedynie dla wybranych rejonów. Kolejnymi czynnikami utrudniającym rozwój tej dziedziny energetyki jest niewydolność linii przesyłowych średniego napięcia, a także liczne bariery natury administracyjnej i środowiskowej. Prognozy rozwoju energetyki wiatrowej zakładają, że do 2014 roku z wiatru pozyskana zostanie energia w wysokości 2,3% zużycia energii elektrycznej. Konieczne będzie zatem już do 2010 roku zainstalowanie około 2000 MW mocy w energetyce wiatrowej. W celu intensyfikacji rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce niezbędne jest przeprowadzenie pomiarów parametrów energetycznych wiatru (udokumentowanie zasobów) na szerszą skalę, obejmujących cały obszar kraju w celu opracowania nowej polskiej mapy wiatru.

W Polsce nie ma producentów elektrowni wiatrowych średniej i dużej mocy. Instalowane turbiny wiatrowe pochodzą z Danii, Niemiec, Hiszpanii, USA, zatem powinna zostać podjęta krajowa produkcja elektrowni wiatrowych we współpracy z producentami zagranicznymi.

1. Zasoby energii wiatrowej w Polsce

Światowe zasoby energetyczne wiatru w skali globalnej są trudne do oszacowania. Na świecie, jak dotychczas dokonano oceny jedynie jego wybranych regionów, szczególnie intensywnie w tym zakresie działają ośrodki duńskie, niemiecki i amerykański. Dla Europy standardem stała się metodyka „Atlasu wiatru” i opracowana na jej podstawie mapa zasobów energii wiatrowej większości krajów europejskich, niestety nie została nią objęta Polska. Z opracowania *European Wind Atlas* [2] wynika, że największe zasoby wiatru ma Wielka Brytania i Irlandia, następnie północne części Holandii i Niemiec. Natomiast dobre warunki wiatrowe występują również lokalnie (w zależności od specyfiki ukształtowania terenu) we wszystkich krajach europejskich.

Należy jednoznacznie stwierdzić, że Polska nie posiada profesjonalnie wykonanej, przydatnej dla energetyki wiatrowej mapy prędkości i energii wiatru. Wprawdzie IMiGW publikuje mapę zasobów wiatru dla obszaru Polski, opracowaną na podstawie wieloletnich pomiarów z kilkudziesięciu stacji meteorologicznych, ale nie mogą one stanowić wystarczającej informacji o zasobach wiatru, oczekiwanych prędkościach wiatru i energii wiatru w celu wyboru lokalizacji elektrowni wiatrowych, bowiem powyższe stacje pomiarowe są źle ulokowane (zasłonięte drzewami, budynkami), posiadające niskie maszty pomiarowe, przestarzałe wyposażenie w przyrządy rejestrujące nie pozwalające na ciągłą rejestrację parametrów wiatru, wymagające stałej obsługi i nadzoru. W takiej sytuacji, inwestującym w energetykę wiatrową pozostaje indywidualne wykonywanie pomiarów w celu wyboru najkorzystniejszej lokalizacji elektrowni.

Tego rodzaju indywidualne pomiary i badania wykonano w Polsce południowo-wschodniej w latach 1995–2001 przez I. Solińskiego za pomocą profesjonalnej, komputerowej stacji pomiarowej. Badania te pozwoliły na udokumentowanie zasobów energii wiatru w rejonie Przełęczu Dukielskiej, które są porównywalne z zasobami w rejonie nadmorskim [13]. Obecnie w okolicach Rymanowa zainstalowano dwie elektrownie wiatrowe o mocy 160 kW i jedną o mocy 750 kW, a w obszarze Podkarpacia pracują także dwie turbiny o mocy 2×75 kW w Pielgrzymce k. Nowego Żmigrodu i w Mielcu 250 kW. Natomiast w kilkudziesięciu lokalizacjach trwają obecnie przygotowywania do budowy elektrowni wiatrowych, których łączna moc sięga kilkuset megawat. Szersze informacje w tym względzie można znaleźć w publikacjach I. Solińskiego oraz B. Solińskiego. W 2006 roku zespół pod kierunkiem B. Solińskiego rozpoczął prace zmierzające do opracowania map zasobów okolic Krakowa oraz obszaru województwa podkarpackiego. Efektem tych prac jest opracowana mapa zasobów energetycznych województwa podkarpackiego.

Drugim obszarem, w którym wykonano kilka profesjonalnych pomiarów jest rejon nadmorski, gdzie pomiary realizowane były w latach 2001–2002. Badania te oraz własne obserwacje zostały wykorzystane przez duńskie Riso National Laboratory do wykonania mapy wiatru dla Polski północnej. Z przeprowadzonych analiz wynika, że warunki wiatrowe na wybrzeżu Bałtyku są zbliżone do duńskich, a dla pozostałej północnej części Polski odpowiadają warunkom wiatrowym panującym w Niemczech. Poza tymi obszarami, jak

stwierdzono, do korzystnych należą np.: północna i środkowa część Polski, wschodnia część Pogórza Sudeckiego, Wysoczyzna Lubińska. Dokładając do tego wspomniany powyżej rejon południowo-wschodni (rejon Przełęczy Dukielskiej), powstaje nowa mapa zasobów wiatru i obszary o korzystnych warunkach wiatrowych. Dotychczas w Polsce wykonano indywidualne pomiary tylko w kilkunastu miejscach, z czego niewielka część z nich została opublikowana m.in. w pracy [11]. Z uwagi na małą skalę pomiarów, nie jest możliwe opracowanie na ich podstawie atlasu wiatru dla całej Polski. Niezbędne jest zatem przeprowadzenie badań na szerszą skalę, obejmujących cały obszar kraju w celu opracowania nowej polskiej mapy wiatru. Przyczyni się to zapewne do wzrostu zainteresowania potencjalnych inwestorów zarówno krajowych, jak i zagranicznych w angażowaniu kapitału w energetykę wiatrową, a zatem i do wzrostu produkcji tej czystej ekologicznie energii.

Należy wspomnieć, że w roku 2002 w Akademii Górniczo-Hutniczej rozpoczęło działalność Laboratorium Monitoringu Energetyki Wiatrowej (już od 1992 roku działało w PAN w IGSMiE), które prowadzi ciągle monitoring parametrów wiatru na terenie Krakowa, w celu stworzenia atlasu wiatru Krakowa i jego okolic. Testowane w nim urządzenia pomiarowe i rejestrujące oraz programy komputerowe i metody badawcze są od kilkunastu lat wykorzystywane do oceny warunków wiatrowych szczególnie w rejonie Podkarpacia.

2. Moc zainstalowana w energetyce wiatrowej w Polsce na tle Europy i świata

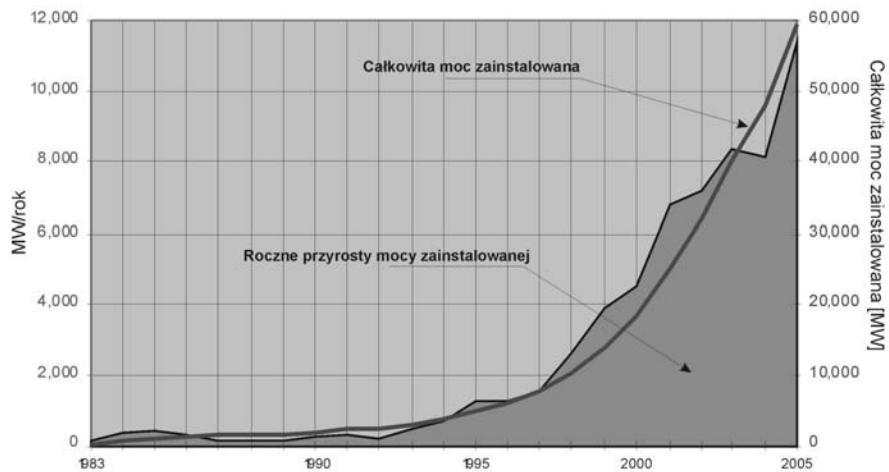
Sektor energetyki wiatrowej na świecie wciąż rozwija się w szybkim tempie. W ciągu ostatniego dziesięciolecia (1995–2005) prawie dziesięciokrotnie zwiększyła się całkowita moc zainstalowana w sektorze energetyki wiatrowej na świecie (rys. 1).

W Europie wzrost ten był jeszcze bardziej spektakularny, bo w tym samym okresie, moc zainstalowana zwiększyła się ponad szesnastokrotnie. Właśnie w Europie w latach dziewięćdziesiątych XX wieku i na początku wieku XXI zostało zainstalowanych najwięcej nowych mocy (ponad 2/3 z całkowitej zainstalowanej mocy).

W 2007 roku zanotowano kolejny rekord w mocy zainstalowanej właśnie w krajach Unii Europejskiej (UE 27) wynoszący moc 8554 MW, co dało moc całkowitą około 56 500 MW.

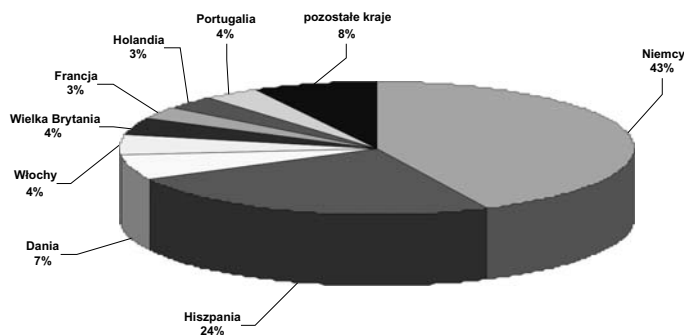
Zdecydowanymi liderami rynku energetyki wiatrowej wciąż pozostają Niemcy i Hiszpania (tab. 1), w których w roku 2006 zainstalowano odpowiednio 2233 MW i 1587 MW. O dominacji tych dwóch krajów świadczy fakt, że w chwili obecnej na ich terenie zainstalowane jest 67% mocy całej UE (rys. 2). Jednak w ostatnich latach można było zauważyć, że na rynku pojawili się nowi gracze (Portugalia, Włochy, Francja i Wielka Brytania).

W obecnej sytuacji na rynku, dla dalszego rozwoju energetyki wiatrowej w Europie, wydaje się być kluczowy aspekt wzrastającego nasycenia się rynków Niemiec i Hiszpanii, nie wspominając już o Danii i Holandii, które jako pionierzy energetyki wiatrowej już prawie całkowicie nasyciły swoje rynki, jednak drzemie w nich wciąż wielki potencjał



Rys. 1. Moc zainstalowana w energetyce wiatrowej na świecie
 Źródło: [7]

Fig. 1. Wind power installed capacity in the World



Rys. 2. Udział poszczególnych krajów w całkowitej mocy zainstalowanej w energetyce wiatrowej na terenie UE w roku 2006

Fig. 2. Participation of European countries in global installation wind energy power capacity in EU

energetyki wiatrowej na morzu (*off-shore*). Nie należy także zapominać o krajach ściany wschodniej (m.in. nowych członkach UE), w których wciąż tkwią uspięte duże możliwości rozwoju energetyki wiatrowej. Przykładem jest Polska, która po latach przestoju znów wróciła do gry, instalując w 2006 około 80 MW nowej mocy, co dało na koniec roku 2006 około 150 MW całkowitej mocy zainstalowanej [7]. W roku 2007 zainstalowano ponad 100 MW, a więc moc zainstalowana wzrosła do około 250 MW.

Obecnie z elektrowni wiatrowych zaspokajane jest około 3% popytu na energię elektryczną w UE. Najwyższy poziom penetracji rynku ma Dania (ok. 20%). W Niemczech wielkość tej penetracji wynosi około 10,4% całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną, która jest pokrywana ze wszystkich źródeł energii odnawialnej (z energii wiatru pokrywane jest prawie 7% tego zużycia).

TABELA 1. Liderzy europejskiego rynku energetyki wiatrowej [MW]

TABLE 1. European leader of wind energy market [MW]

Kraj	Nowa moc zainstalowana w 2006 roku	Całkowita moc zainstalowana na koniec 2006 roku
Niemcy	2 233	20 622
Hiszpania	1 587	11 615
Francja	810	1 567
Portugalia	694	1 716
Wielka Brytania	634	1 963
Włochy	417	2 123
Holandia	356	1 560
Dania	11	3 136

Źródło: [7]

W Polsce energetyka wiatrowa do niedawna była dziedziną pasjonatów, propagujących koncepcję czystej energetyki. Rozwój sięga początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy to w wyniku częściowego urealnienia cen energii z paliw energetycznych, inwestowanie w energetykę wiatrową zaczęło mieć sens ekonomiczny. Jednak przy okazji liberalizacji rynku energii nie wykorzystano szansy systemowego wprowadzenia odnawialnych źródeł energii. Do połowy lat dziewięćdziesiątych całkowita moc zainstalowana w elektrowniach wiatrowych była mniejsza od 1 MW i do tego okresu w Polsce do sieci podłączonych było około 5 elektrowni. Z początkiem XXI wieku powstały dwie farmy wiatrowe, które znacząco zwiększyły całkowitą moc zainstalowaną na terenie Polski. W chwili obecnej całkowita moc z pracujących elektrowni wiatrowych w Polsce wynosi około 300 MW. W tabeli 2 przedstawiono wykaz największych farm wiatrowych, z którego wynika, że istnieje duża koncentracja elektrowni wiatrowych na terenie północnej Polski, co w przyszłości może okazać się jedną z barier rozwoju energetyki wiatrowej. Natomiast w tabeli 3, przedstawiono projekty, które są w trakcie realizacji o łącznej mocy prawie 200 MW.

Najwięcej mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych w Polsce zlokalizowane jest w rejonie nadmorskim, gdzie panują dobre warunki wiatrowe. Drugim rejonem, gdzie w ostatnich latach następuje duże zainteresowanie energią wiatru jest południowo-wschodni rejon Polski, a w szczególności rejon podkarpacia, gdzie planuje się instalację ponad 500 MW nowej mocy.

Również w pozostałych rejonach Polski znajduje się kilkadziesiąt pracujących elektrowni wiatrowych o średniej mocy (szczególnie w rejonie południowo-wschodnim Polski – Podkarpacie).

Produkcja energii elektrycznej przez elektrownie wiatrowe w Polsce jest trudna do oszacowania. Według najnowszych danych URE, wielkości wytworzonej energii w elektrowniach wiatrowych w Polsce wyniosły 135,3 GW·h w 2005 roku i 245,5 GW·h w 2006 r., co stanowiło zaledwie około % zużycia energii w Polsce. Na pierwsze półrocze 2007 r.

TABELA 2. Lokalizacja największych farm wiatrowych w Polsce

TABLE 2. Location of greatest wind farms in Poland

Rok oddania do użytku	Miejsce zainstalowania	Liczba [szt.]	Moc elektrowni [kW]	Moc farmy [kW]	Typ
2007	Jagniątkowo	-	-	30 600	-
2007	Kamieńsk	15	2000	30 000	Enercon
2007	Kisielice	-	-	40 500	-
2006	Gniewino k/Żarnowca i Lisewa	14	600	8 400	Enercon
2006	Gnieźdzewo k/Pucka	11	2000	22 000	Vestas
2006	Tymień	25	2000	50 000	Vestas V80
2003	Zagórze k/Wolina	15	2000	30 000	Vestas V 80
2001	Cisowo k/Darłowa	9	2000	18 000	Vestas
2001	Barzowice	6	830	4 980	Vestas
2000/ i dalsze	Wiżajny k/Suwałk	2/4=6	300	1 800	WindMaster

Źródło: [4]

TABELA 3. Planowane lokalizacje farm wiatrowych w Polsce (w trakcie realizacji)

TABLE 3. Planning location of wind farms in Poland

Projekt/miejscowość	Województwo	Moc zainstalowana [MW]
Karścino	zachodniopomorskie	69
Łebcz	pomorskie	8
Malbork	pomorskie	18
Zajączkowo i Widzino	pomorskie	90

Źródło: opracowanie własne

wielkość ta wyniosła 196,9 GW·h (na podstawie wydanych świadectw pochodzenia energii elektrycznej z OZE z 30.06.2007).

Analizując dane za lata 2004–2006 można zaobserwować wzrost produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. W roku 2004 wytworzono około 3,4 TW·h, w roku 2005 3,8 TW·h, a w 2006 roku 4,2 TW·h, co pozwoliło osiągnąć wskaźniki zużycia energii elektrycznej w sprzedaży odbiorcom końcowym na poziomie 3,76% (dla roku 2006). W produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych dominują elektrownie wodne (ok. 74%), następnie elektrownie wykorzystujące biomasę (18%) i elektrownie wiatrowe (6%) oraz elektrownie wykorzystujące biogaz (2%) [12].

Z przedstawionych powyżej danych wynika, że udział energii elektrycznej wytworzonej w elektrowniach wiatrowych stanowił odpowiednio 3,6% i 5,9% dla lat 2005 i 2006 w bilansie energii elektrycznej wytworzonej w źródłach odnawialnych i zaledwie 0,1% dla

roku 2005 i 0,15% dla roku 2006 w bilansie wytworzonej energii elektrycznej w Polsce. Jednak udział ten ma tendencję wzrostową i już w obecnym roku można spodziewać się, że wzrośnie on do ponad 10% w bilansie wytworzenia energii elektrycznej w źródłach odnawialnych.

3. Prognozy i uwarunkowania rozwoju energetyki wiatrowej

Prognozy krótkoterminowe wskazują, że najwyższe tempo wzrostu w najbliższych latach będzie występować w krajach azjatyckich, a także w USA. Natomiast prognozy długoterminowe sporządzone dla roku 2025, wskazują, że udziały te wyrównają się i około 25% z całkowitej zainstalowanej światowej mocy będzie zlokalizowane w Azji [7, 12, 14].

UE postawiła wobec krajów członkowskich ambitne cele w zakresie pozyskania energii ze źródeł odnawialnych do 2010 roku (w tym dla energii wiatru), które zakładają:

- ✧ wzrost udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii UE do 12%,
- ✧ wzrost udziału tej energii w produkcji energii elektrycznej do 22,1% (21% dla UE25) w całkowitym zużyciu energii elektrycznej brutto UE,
- ✧ osiągnięcie wskaźnika 5,75% dla udziału biopaliw w transporcie.

Na początku 2007 roku UE ogłosiła założenia do nowej strategii energetycznej, jednoznacznie wyznaczając nowy kierunek dla całej europejskiej energetyki. Powstanie nowej niskoemisyjnej gospodarki stanie się koniecznością, dla Europy priorytetem są bowiem dostawy czystej i konkurencyjnej energii w warunkach zmian klimatycznych, globalnego wzrostu zapotrzebowania na energię i niepewności przyszłych dostaw. Nowe cele dla roku 2020, tak zwane „trzy dwudziestki”, zakładają: ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 20% (co będzie wymagało redukcji CO₂ powstającej w ramach wykorzystania (zużycia) energii o co najmniej 20%), poprawę efektywności energetycznej o 20%, zwiększenie udziału energii odnawialnej w strukturze zużycia energii pierwotnej do 20%.

Czy osiągnięcie tak znacznej penetracji europejskiego systemu elektroenergetycznego przez energię wiatrową będzie możliwe, pokaże przyszłość? Osiągnięcie tych założeń staje się wielkim wyzwaniem dla całego sektora energetyki wiatrowej.

Energia wiatrowa jest jednym z trzech źródeł energii (obok biomasy i energii wodnej), która może z znaczącym stopniem sprostać wymaganiom (nałożonym przez UE) jakie musi spełnić Polska w zakresie udziału energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w sprzedaży energii elektrycznej. Na drodze szybkiego rozwoju tej dziedziny energetyki stoi szereg barier. Do najistotniejszych należą: bariery infrastrukturalne, bariery energetyczno-sieciowe, bariery natury administracyjnej i bariery prawne.

Istniejące bariery wpływają na zwiększenie ryzyka inwestycyjnego, co przenosi się bezpośrednio na koszt energii elektrycznej z tych źródeł, opóźniając rozwój energetyki wiatrowej. Należy stwierdzić, że wiele krajów UE poradziło sobie z większością tych barier poprzez zastosowanie odpowiednich instrumentów prawno-administracyjnych i implementację różnych rozwiązań systemowych [10].

Należy jednoznacznie stwierdzić, że wykorzystanie energii wiatrowej niesie ze sobą szereg wymiernych korzyści zarówno społecznych, środowiskowych jak i gospodarczych.

W Polsce system prawny wspierający rozwój sektora energetyki odnawialnej jest oparty na kilku mechanizmach w oparciu w szczególności o najważniejszy akt prawny, którym jest ustawa Prawo Energetyczne. Kluczowym rozwiązaniem zastosowanym w Polsce są ściśle określone ilościowe cele (system kształtowania ilości energii) wraz z handlem świadectwami pochodzenia energii (Zielone Certyfikaty).

Mechanizmy i instrumenty wsparcia odnawialnych źródeł energii stosowane w Polsce, to:

1. Obowiązek zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w odnawialnych źródłach energii.
2. Ilościowy obowiązek zakupu energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.
3. Świadectwa pochodzenia energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.
4. Prawa Majątkowe (PM) wynikające ze „świadectwa pochodzenia”.
5. Kary za niewypełnienie obowiązku zakupu energii odnawialnej tzw. opłata zastępcza.
6. Obowiązek zapewnienia pierwszeństwa w świadczeniu usług przesyłowych energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii w krajowym systemie elektroenergetycznym.
7. Współspalanie biomasy z paliwami kopalnymi w tej samej jednostce wytwórczej.
8. Zwolnienie z podatku akcyzowego energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnych źródłach energii.

Przyjęte cele indykatoryjne dla energii ze źródeł odnawialnych w Polsce zakładają osiągnięcie w 2010 roku:

- ✧ 7,5% – zużycia energii elektrycznej brutto (co w odpowiednim rozporządzeniu zostało zastąpione celem 10,4% udziału tej energii w sprzedaży energii elektrycznej odbiorcom końcowym),
- ✧ 5,4% – dla udziału biopaliw w całkowitej ilości paliw zużytych w transporcie.

W dniu 23 stycznia 2008 r. Komisja Europejska przyjęła projekt dyrektywy ramowej ws. promocji wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Dokument ten zawiera szereg mechanizmów, które powinny umożliwić dalszy, intensywny rozwój sektora energetyki odnawialnej w Europie. Projekt wyznacza także cele w zakresie udziału energii odnawialnej w zużyciu poszczególnych krajów członkowskich w roku 2020. W przypadku Polski jest to cel na poziomie 15%, który w świetle obecnego udziału zielonej energii w zużyciu krajowym wydaje się być ambitnym, aczkolwiek możliwym do osiągnięcia.

Prognozy rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce do 2014 roku zawarte w raporcie rządowym przewidują, że produkcja energii elektrycznej z wiatru wyniesie około 2,3% krajowego zużycia energii elektrycznej. Przewiduje się zatem lokalizację elektrowni wiatrowych na lądzie, jak i na obszarach morskich, a planowana moc zainstalowana do roku 2010 ma osiągnąć około 2000 MW.

Zapotrzebowanie na nowe elektrownie wiatrowe wciąż rośnie, zakłada się że w roku 2007 sięgnie ono prawie 20 GW. Obecnie zapotrzebowanie (popyt) ogólnoswiatowe przewyższa zdolności produkcyjne, a producenci i dostawcy technologii turbin wiatrowych ogłaszają, że czas dostarczenia elektrowni sięga już prawie trzech lat. Ten czynnik w chwili obecnej może hamować dynamikę wzrostu. Wąskimi gardłami w łańcuchu dostaw są szczególnie producenci przekładni i łożysk, a pewne problemy pojawiają się także na rynku stali.

4. Oddziaływanie na środowisko przyrodnicze elektrowni wiatrowych

Najbardziej widocznym efektem oddziaływania na środowisko przyrodnicze elektrowni wiatrowych jest obniżenie emisji szkodliwych substancji do środowiska. Ekologicznie odczuwalnymi skutkami budowy elektrowni wiatrowych są:

- ✧ hałas jaki towarzyszy pracy turbiny wiatrowej,
- ✧ wprowadzenie do krajobrazu naturalnego elementów technicznych (efekt wizualny),
- ✧ ewentualne migracje zwierząt z obszarów usytuowania elektrowni,
- ✧ zagrożenie dla ptactwa wynikające z możliwości zderzenia z wirującymi łopatami elektrowni,
- ✧ efekt stroboskopowy (migotania)

Obecnie producenci dążą do ograniczenia hałasu emitowanego przez turbiny do około 45 dB. Jeżeli chodzi o pozostałe skutki oddziaływania na środowisko, to ze względów ekologicznych opracowano szereg przepisów dotyczących lokalizacji elektrowni, jednak w polskim prawodawstwie nie przewidziano szczególnych warunków przy lokowaniu elektrowni wiatrowych. Budowa elektrowni wiatrowych podlega prawu budowlanemu oraz Ustawie o ochronie przyrody i Prawu Ochrony Środowiska, tak więc ważnym problemem jest określenie minimalnej odległości od obszarów zamieszkania i obszarów przyrodniczych prawnie chronionych (parków narodowych, rezerwatów przyrody) oraz rozmieszczenie elektrowni w ramach farm wiatrowych i odstępów pomiędzy farmami, a także walorów estetycznych elektrowni.

Wykorzystując elektrownie wiatrowe należy mieć na uwadze także pozytywne efekty ekologiczne w postaci czystej energii. Aspekty ekologiczne wykorzystania elektrowni wiatrowych oraz metodykę wyznaczania efektu ekologicznego przedstawiono w pracy [6]. Według dokumentu *Extern E*, najniższy koszt zewnętrzny z pośród wszystkich źródeł odnawialnych ma właśnie energia wiatru wynosi on tylko 0,0005–0,0025 USD/kW·h (0,05–0,25 centa/kW·h), czyli stanowi niecałe 2% kosztu zewnętrznego towarzyszącego wytworzeniu energii elektrycznej z węgla.

5. Efektywność ekonomiczna wykorzystania elektrowni wiatrowych

Najważniejszym czynnikiem wpływającym na opłacalność inwestycji są warunki wiatrowe, zatem nawet niewielkie różnice w średnich rocznych prędkościach wiatru powodują duże zmiany wytworzonej energii przez elektrownię wiatrową. Elektrownia wiatrowa pra-

cująca przy średniej rocznej prędkości wiatru 5 m/s wytworzy prawie dwa razy mniej energii elektrycznej niż ta sama elektrownia przy średniej rocznej prędkości wiatru wynoszącej 6 m/s. Lokalizacja elektrowni wiatrowych i prawidłowe rozpoznanie warunków wiatrowych ma więc bardzo istotne znaczenie przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Można zauważyć, że korzystne warunki do inwestowania występują w tych lokalizacjach, w których średnioroczna prędkość wiatru kształtuje się powyżej 6 m/s na wysokości wirnika elektrowni. Takie warunki wiatrowe występują w niektórych obszarach Polski północnej i południowo-wschodniej.

Równie istotnym czynnikiem decydującym o opłacalności wykorzystania elektrowni wiatrowych jest cena sprzedaży Praw Majątkowych (PM), wynikających ze Świadczeń Pochodzenia Energii. Dlatego ważne jest wcześniejsze zawieranie umów sprzedaży Praw Majątkowych z odpowiednim zakładem energetycznym najlepiej na okres kilku lat. Brak takiej umowy może spowodować zwiększenie ryzyka inwestycyjnego związanego z niekorzystną zmianą ceny PM w okresach przyszłych (choć w chwili obecnej przy niedoborze świadczeń pochodzenia energii, dość łatwo można sprzedać je za pośrednictwem giełdy energii, ale należy pamiętać że wiąże się to z pewnymi kosztami). W chwili obecnej cena energii wynosi ponad 120 zł/MW·h, a cena PM do Świadczeń Pochodzenia Energii osiąga maksymalne zakresy ponad 240 zł/MW·h. Producent energii z elektrowni wiatrowych może osiągnąć prawie 360 zł za 1 MW·h.

Inwestycje w energetyce wiatrowej, tak jak i innych źródeł odnawialnych, charakteryzują się wysokimi nakładami inwestycyjnymi i bardzo niskimi kosztami eksploatacyjnymi, w wyniku czego potencjalni inwestorzy nie mogą spodziewać się zbyt szybkiego zwrotu wniesionego kapitału, wynosi on około 8 lat.

Duży wpływ na ocenę opłacalności wykorzystania energetyki wiatrowej ma możliwość uzyskania dotacji, co znacznie poprawia wskaźniki efektywności inwestycji. Korzystne wtedy stają się lokalizacje o mniejszej średniorocznej prędkości wiatru, np. gdy dotacja wyniosłaby 30%, opłacalne stałyby się lokalizacje o średniej rocznej prędkości wiatru 5,5 m/s.

Strukturę nakładów inwestycyjnych na elektrownię wiatrową stanowią: elektrownia 66%, przyłącze 14%, planowanie i zarządzanie 8%, fundament 6%, infrastruktura 2%, grunty 2%, inne 2% (por. [1, 5, 8–9, 11]).

Należy podkreślić, że elektrownie wiatrowe stają się coraz tańsze i bardziej efektywne. Wykorzystując efekt skali, produkując bardzo duże turbiny o mocy kilku MW i projektując odpowiednio duże farmy wiatrowe, można znacznie zredukować koszty infrastruktury.

Natomiast koszty energii elektrycznej wytworzonej w elektrowni wiatrowej są zależne od wielu czynników, do których zaliczamy warunki wiatrowe – wyrażone średnią roczną prędkością wiatru, nakłady inwestycyjne oraz czynniki instytucjonalne związane ze sposobem finansowania, ryzykiem finansowym, stopami procentowymi, okresem amortyzacji itp.

6. Podsumowanie i niezbędne do podjęcia działania w zakresie rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce

Poniżej sformułowano najważniejsze wnioski dotyczące rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce.

1. Polska należy do krajów o korzystnych do rozwoju energetyki zasobach wiatru, porównywalnych do Niemiec. Dotychczas w Polsce zainstalowano moc około 300 MW, a w Niemczech ponad 20 000 MW.
2. Najwięcej mocy zainstalowanej w turbinach wiatrowych zlokalizowane jest w rejonie nadmorskim, gdzie panują dobre warunki wiatrowe i realizuje się obecnie moc 200 MW, a planuje się tam instalacje kolejnych kilkuset MW. Drugim rejonem, gdzie w ostatnich latach następuje duże zainteresowanie energią wiatru jest południowo-wschodni rejon Polski, a w szczególności rejon Podkarpacia, gdzie planuje się instalację około 500 MW nowej mocy.
3. Polska nie posiada dobrze udokumentowanych zasobów energetycznych wiatru, co jest przyczyną słabego rozwoju, jedynie dla wybranych rejonów zostały one udokumentowane.
4. Czynnikiem utrudniającym rozwój tej dziedziny energetyki jest niewydolność linii przesyłowych średniego napięcia. Inwestorzy są zmuszeni do pokrywania wysokich kosztów przyłączy i modernizacji sieci przesyłowych oraz stacji GPZ, co znacząco podraża inwestycję i staje się nieopłacalne. Nawet wprowadzenie 50% zwrotu kosztów modernizacji przez Zakład Energetyczny, nie poprawi tej sytuacji. Także sposób uzyskania warunków przyłączenia do sieci wpływa na blokowanie inwestycji przez „wirtualnych” inwestorów.
5. Dużym utrudnieniem w rozwoju energetyki wiatrowej są skomplikowane i przedłużające się w czasie procedury związane z uzyskaniem pozwolenia na budowę, w szczególności brak istniejących Planów Miejscowego Zagospodarowania Przestrzennego Terenu, a w chwili obecnej niejasne uregulowania z obszarami Natura 2000.
6. W Polsce nie ma producentów elektrowni wiatrowych średniej i dużej mocy. Krajowa produkcja elektrowni o mocy 160 kW realizowana w Fabryce Urządzeń Górniczych NOWOMAG w Nowym Sączu została zaniechana. W Polsce powinna zostać podjęta produkcja elektrowni wiatrowych we współpracy z producentami zagranicznymi.
7. Polska zobowiązana jest wobec UE do wytworzenia energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w wysokości 7,5% zużycia energii elektrycznej brutto, co zostało przełożone na cel 10,4% sprzedaży energii elektrycznej odbiorcom końcowym do 2010 roku. Prognozy rozwoju energetyki wiatrowej zawarte w Raporcie Rządowym zakładają, że do 2014 roku z wiatru pozyskana zostanie energia w wysokości 2,3% zużycia energii elektrycznej. Konieczne będzie zatem już do 2010 roku zainstalowanie 2000 MW mocy, co jest raczej niemożliwe. Stawiane są propozycje kolejnych celów dla 2020 roku.
8. W celu intensyfikacji rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce niezbędne jest przeprowadzenie pomiarów parametrów energetycznych (udokumentowanie zasobów) wiatru

na szerszą skalę, obejmujących cały obszar kraju w celu opracowania nowej polskiej mapy wiatru. Przyczyni się to zapewne do wzrostu zainteresowania potencjalnych inwestorów zarówno krajowych, jak i zagranicznych do angażowania kapitału w energetykę wiatrową, a zatem i do wzrostu produkcji tej czystej ekologicznie energii.

9. Lokalizacja elektrowni wiatrowych i prawidłowe rozpoznanie warunków wiatrowych ma bardzo istotne znaczenie przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Można zauważyć, że korzystne warunki do inwestowania występują w tych lokalizacjach, w których średnioroczna prędkość wiatru kształtuje się powyżej 6 m/s na wysokości wirnika elektrowni, takie warunki wiatrowe występują w niektórych obszarach Polski północnej i południowo-wschodniej.
10. Równie istotnym czynnikiem decydującym o opłacalności wykorzystania elektrowni wiatrowych jest cena sprzedaży Praw Majątkowych wynikających ze Świadczeń Pochodzenia Energii. Dlatego ważne jest wcześniejsze zawieranie umów sprzedaży Praw Majątkowych z odpowiednim zakładem energetycznym najlepiej na okres kilku lat. W chwili obecnej cena energii wynosi około 120 zł/MW·h, a cena PM do świadczeń pochodzenia energii osiąga około 240 zł/MW·h. Producent energii z elektrowni wiatrowych może uzyskać prawie 360 zł za 1 MW·h energii elektrycznej.
11. Inwestycje w energetyce wiatrowej charakteryzują się wysokimi nakładami inwestycyjnymi i bardzo niskimi kosztami eksploatacyjnymi. W wyniku czego potencjalni inwestorzy mogą spodziewać się zwrotu wniesionego kapitału w okresie około 8 lat. Jednak rosnące ceny energii i niedobór świadectw pochodzenia energii będą sprzyjać uzyskiwaniu wysokich cen za jednostkę energii wytworzoną w elektrowniach wiatrowych.

Literatura

- [1] BURTON T., SHARPE D., JENKINS N., BOSSANYI E., 2001 – Wind Energy Handbook. John Wiley and Sons Ltd., Chichester.
- [2] European Wind Atlas, Riso DENMARK 1989.
- [3] International Wind Energy Development – World Market Update 2005 and Forecast 2006 – 2010, BTM Consult ApS – March 2006.
- [4] Laboratorium Monitoringu Energii Wiatrowej – LMEW (www.wiatr.krakow.pl)
www.wiatr.agh.edu.pl – AGH, Kraków.
- [5] REDLINGER R.Y., ANDERSEN P.D., MORTHORST P.E., 2002 – Wind energy in the 21st century. UNEP Polgrave, New York.
- [6] SOLIŃSKA M., SOLIŃSKI I., 2003 – Efektywność ekonomiczna proekologicznych inwestycji rozwojowych w energetyce odnawialnej. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
- [7] SOLIŃSKI B., 2007 – Trendy rozwoju energetyki wiatrowej we świecie. Czysta Energia, 3(65), Abrys, Poznań.
- [8] SOLIŃSKI B., 2003 – Ocena opłacalności inwestowania w energetykę wiatrową w warunkach polskich. Zagadnienia Techniczno-Ekonomiczne Kwartalnik AGH, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Tom 48, Zeszyt 2, Kraków.

- [9] SOLIŃSKI B., SOLIŃSKI I., 2004 – Ceny ofertowe energii elektrycznej w sektorze energetyki wiatrowej w Polsce. Wyd. UWND AGH Kraków, Kwartalnik Górnictwo i Geoinżynieria z. 1.
- [10] SOLIŃSKI B., 2003 – Uwarunkowania prawne rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce i Unii Europejskiej, Zagadnienia Techniczno-Ekonomiczne Kwartalnik AGH, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Tom 48, Zeszyt 2, Kraków.
- [11] SOLIŃSKI I., SOLIŃSKI B., 2004 – Energetyka wiatrowa w Polsce. Wyd. IGSMiE PAN, Polityka Energetyczna t.7, z. 1, Kraków
- [12] SOLIŃSKI I., SOLIŃSKI B., RANOSZ R., 2007 – Uwarunkowania rozwoju energii odnawialnej w Polsce na tle Unii Europejskiej [W:] Szanse i zagrożenia rozwoju rynku energetycznego w Europie i Polsce. Jan Pyka (red.). Wydaw. AE w Katowicach, Katowice.
- [13] SOLIŃSKI I., 1999 – Energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania energii wiatrowej. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- [14] Ten Year Review of the International Wind Power Industry 1995–2004 – Forecast for 2015 and Long Term Scenario to 2025, BTM Consult ApS – October 2005.

Ireneusz SOLIŃSKI, Bartosz SOLIŃSKI, Mieczysława SOLIŃSKA

Role of wind energy in the renewable energy sector

Abstract

The wind energy is the most dynamically developing sector of the renewable energy in Europe, as and in the World. The Poland belong to countries about good wind regime, comparable to the Germany. However installed capacity in Polish wind energy sector is approx. 300 MW – in Germany above 20 000 MW – the numerous barriers exist, so investors encounter near the realization of the investment are the Reason of this weak development.

The present state and the perspectives of the development of the market of the wind energy in the Poland were introduced in the paper. The resources of the wind energy and installed capacity in the Poland and the rest of the world were introduced in first part of paper. Then present prognoses and goals in the short and long time horizon, condition of development and then and mechanism of the support for these sources. Ecological and economical aspects of utilization were presented in second part of paper. Formulate conclusions relating to necessary action in the aim of the intensification of the development of this sector were presented in the final part of paper.

KEY WORDS: wind energy, resources of wind energy, economical appraisals