

dr inż. Henryk Wyrębek
Akademia Podlaska w Siedlcach

Gospodarka energią wiatrową w Polsce The economy of the wind energy in Poland

Streszczenie: Już w starożytnych czasach odkryto możliwości poboru energii za pomocą wiatru. Istnienie pierwszych silników wiatrowych w krajach śródziemnomorskich i w Chinach odnotowano około 1800 lat temu. Na przełomie XX i XXI wieku najważniejszymi źródłami pozyskiwania i przetwarzania energii cieplnej i elektrycznej na świecie były surowce kopalniane, a także paliwa jądrowe oraz energia wiatrowa i wodna. Spośród popularnych odnawialnych źródeł energii najbardziej dynamicznie rozwija się energetyka wiatrowa. W artykule przedstawiono warunki i zasady gospodarowania energią wiatrową w Polsce.

Abstract: In ancient times possibilities of the consumption of energy were already revealed with the help of the wind. Existing of the first wind turbines in Mediterranean countries and in China was taken note the circle of 1800 years ago. On the XX turning point and the 21st century with the most important sources of recruiting and converting the thermal energy and electric there were mine raw materials as well as nuclear fuels and a wind power in world and water. Out of the popular renewable the most dynamically the wind power industry is developing. In the article were presented conditions and principles of the management of the wind power in Poland.

Wstęp

Odnawialne źródła energii (OZE) nazywane są inaczej niekonwencjonalnymi, mają tę szczególną właściwość, że nie zużywają się w procesie ich użytkowania, a ich użytkowanie nie zubaża przyszłych pokoleń w zasoby energetyczne i walory środowiska naturalnego.¹

Energia niekonwencjonalna to energia pozyskiwana ze źródeł odnawialnych, a przede wszystkim energia wodna, wiatrowa, geotermalna, słoneczna, biopaliwa stałe i płynne.²

Odnawialne źródła energii uzyskały także swoją definicję w prawodawstwie polskim, według której „OZE to te, które wykorzystują w procesie

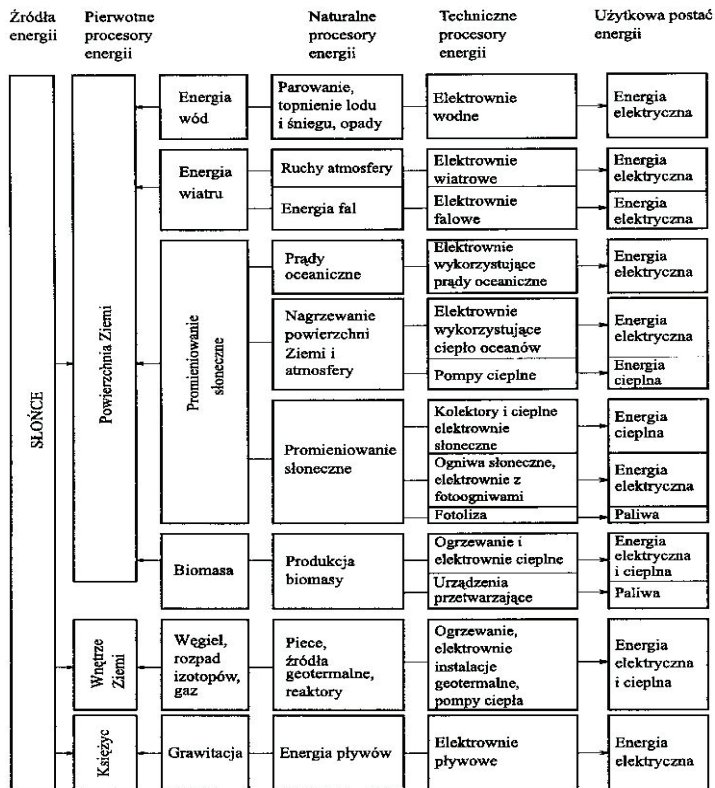
¹ W. Jabłoński, J. Wnuk, *Odnawialne źródła energii w energetyce Unii Europejskiej i Polski. Efektywne zarządzanie inwestycjami – studia przypadków*; WSZiM Sosnowiec 2004, cyt., s. 42.

² Tamże, cyt., s. 26.

przetwarzania niezakumulowaną energię słoneczną w rozmaitych postaciach, w szczególności energię rzek, wiatru, biomasy, energię promieniowania słonecznego w bateriach słonecznych.³ Ową zależność przedstawia rysunek 1.

Do zalet OZE należą:

- niewyczerpywalność,
- nieszkodliwość dla środowiska (nie wytwarzają produktów ubocznych w procesie wydobywania i przetwarzania surowców w energię, nie przyczyniają się do tworzenia zmian klimatycznych: ocieplenia klimatu, zanieczyszczania powietrza, gleb, wód, zabijania organizmów żywych),



Rys. 1. Źródło, procesory i przemiany energii w środowisku

Źródło: Flizikowski J., Bieliński K., Projektowanie środowiskowych procesów energii; Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej; Bydgoszcz 2000, s. 14

Fig. 1. The source, processors and transformations of the energy in the environment
Source: J. Flizikowski., K. Bieliński., Designing environmental processes of the energy, Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 2000, p. 14.

³ Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo Energetyczne, art. 3, ust. 21.

- bardzo niskie ceny surowca (niekiedy za darmo),
- dostępność na całym świecie (jednak w różnym stopniu), co rozwiązuje problem transportu energii, gdyż może ona być pozyskiwana w dowolnym miejscu, co eliminuje również straty związane z dystrybucją i pozwala uniknąć budowy linii przesyłowych,
- w skali kraju produkcja energii z OZE pozwala uniezależnić się od importu paliw zwiększając bezpieczeństwo energetyczne kraju i tym samym zapewniając ciągłość dostaw,
- w skali lokalnej przyczynia się do redukcji nadwyżek w rolnictwie (ziemniaki, słoma, rośliny oleiste),
- pozwala zagospodarować nieużytki rolne,
- przyczynia się do tworzenia stanowisk pracy dla wykwalifikowanych pracowników,
- ceny tradycyjnych surowców energetycznych stale idą w górę, co ma wpływ na konieczność poszukiwania innych źródeł energii,
- OZE przyczyniają się do rozwoju jednego z najbardziej dynamicznych sektorów gospodarki (sektora energetycznego),
- promowane są innowacje w ramach ogólnej polityki wspierania konkurencyjności gospodarki,
- wytwarzanie OZE jest wspierane odgórnie,
- OZE stanowią energetykę bardzo elastyczną, wykorzystującą różnorodne lokalne, regionalne źródła energii,
- oszczędność paliw kopalnianych (eliminacja zużycia węgla, ropy i gazu w produkcji energii elektrycznej).

OZE mają także swoje wady, do tych najważniejszych trzeba zaliczyć:

- wysoki koszt technologii w stosunku do uzyskiwanej mocy, bardzo kosztowne instalacje,
- występowanie problemów technicznych w związku z utrzymaniem i serwisem niektórych urządzeń,
- wytwarzanie dużego hałasu przez niektóre urządzenia (turbiny wiatrowe, elektrownie wodne),
- uzależnienie (np. od pory roku oraz dnia i nocy, jak ma to miejsce w przypadku energii słonecznej, którą w konsekwencji trzeba magazynować), niektórych źródeł energii działających okresowo,
- małą moc uzyskiwanej energii,
- występowanie w ogniwach słonecznych szkodliwych pierwiastków,
- zasypanie ujścia rzek przez elektrownie zasilane pływami morskimi, przyczynianie się do erozji brzegów wskutek wahań wody, a także utrudnianie wędrówki ryb w górę rzeki,⁴
- odnawialne źródła energii w najbliższej przyszłości nie osiągną znacznego udziału w bilansie energetycznym – OZE będą jedynie uzupełnieniem energetyki tradycyjnej.

⁴ E. Klugmann-Radziemska, E. Klugmann, Systemy..., s. 21.

Do najpopularniejszych źródeł energii odnawialnej zalicza się:

- biomasę, która może być bezpośrednio spalana, może być także wykorzystywana do produkcji paliw płynnych oraz jako biogaz,
- energię wód płynących, która dostarcza blisko 20% elektryczności na świecie; małe elektrownie wodne służą do jej pozyskiwania,
- energię Słońca – promieniowanie słoneczne, które blisko tysiącrotnie przewyższa zapotrzebowanie mieszkańców Ziemi na energię; do pozyskiwania energii wykorzystuje się kolektory termiczne i ogniwa fotowoltaiczne,
- energię wiatrową, którą pozyskuje się poprzez elektrownie wiatrowe;
- energię geotermalną, czyli energię ciepłych wód podziemnych.

Najsilniejszym bodźcem przemawiającym za OZE okazuje się stan środowiska naturalnego oraz wyczerpująca się ilość tradycyjnych surowców energetycznych. Na uwadze trzeba także mieć fakt, że węgiel kamienny tworzy się przez 460 mln lat, a węgiel brunatny przez kilkanaście mln lat. Energia pochodząca z alternatywnych źródeł energii jest praktycznie ogólnie dostępna (pomijając okresy, kiedy jest noc i słońce nie świeci lub kiedy wieje za słaby wiatr).

Udział poszczególnych odnawialnych źródeł energii w produkcji energii pierwotnej na świecie w 2003 przedstawia się następująco:⁵

- biomasa – 79,9%,
- energia wody – 16,5%,
- energia geotermalna – 3,1%,
- energia wiatru – 0,3%,
- energia słońca – 0,2%.

Warto zauważyć, że zdecydowanie największy udział OZE w produkcji energii nieodnawialnej ma biomasa, ponieważ jest źródłem energii odnawialnej wszędzie dostępnym, czy to pod postacią drewna, jego pochodnych, czy płodów rolnych przeznaczonych na cele energetyczne, np. rzepak, z którego można otrzymać biopaliwo. Za biomasą kolejne miejsce zajmuje energia wodna, której wykorzystywanie zależy przeważnie od dostępności rzek i innych zbiorników wodnych. Znacznie mniejszy udział pozostałych źródeł odnawialnych (energia geotermalna wiatru, słońca) w produkcji energii pierwotnej mają pozostałe trzy źródła energetyczne, których wykorzystywanie wymaga większej złożoności procesów, wkładów, a przede wszystkim samej dostępności i zasobności naszego kraju w te źródła.

Energia biomasy

Współcześnie, zarówno w Polsce, jak i na świecie, najczęściej wykorzystuje się energię pochodzącą z biomasy.

⁵ <http://www.biomasa.org/> Energia odnawialna, marzec 2007.

Na biomasę składają się:

- biomasa przetworzona występująca pod postacią drewna, słomy, roślin specjalnie hodowanych na cele energetyczne (malwa, trzcina, wierzba energetyczna, topola, olszyna, konopie przemysłowe, trawa słoniowa i olbrzymia, topinambur, ślazier pen-sylwański, mozga trzcinowata, rdest sachaliński),
- biomasa częściowo przetworzona tj. oleje roślinne m.in. z rzepaku, lekkie alkohole – do produkcji biopaliwa, gaz drzewny,
- odpady, np. trociny, pył drzewny, makulatura, kora, wióry, odpadki po przetwarzaniu trzciny cukrowej, część odpadów komunalnych, łuski ryżowe, odpady organiczne i ścieki,
- gaz uwalniający się w procesie przemiany materii organicznej przy udziale bakterii, np. biogaz wysypiskowy, biogaz powstały z fermentacji gnojowicy.⁶

Biomasa jest paliwem pochodzącym z żywej materii organicznej, która ma tę właściwość, że szybko ulega ponownemu wzrostowi i może być powtórnie wykorzystywana.⁷ Inaczej mówiąc, biomasa stanowi wszelkie substancje pochodzenia roślinnego występujące powszechnie – drzewo i pozostałości upraw rolniczych, które są dostępne szczególnie na terenach wiejskich i są łatwe do zagospodarowania. Od dawien dawna wykorzystuje się ją jako źródło energii. Podczas spalania biomasy uwalniane do atmosfery ilości CO₂ są równe ilości pobranego dwutlenku węgla przez roślinę w okresie jej wzrostu, co w rezultacie wychodzi na zero.⁸ Jest takim nośnikiem energii, który za przyczyną słońca, wody oraz wiatru potrafi regenerować swój potencjał, i co ważne, jest najmniej kapitałochłonnym źródłem energii odnawialnej. Jedynie w sytuacji intensywnej produkcji biomasy wymagane są dodatkowe nakłady dotyczące między innymi nawożenia, nawadniania, eliminacji szkodników oraz ochrony roślin.

Energia pozyskiwana z biomasy stanowi tylko 15% światowego wykorzystania energii, natomiast w krajach rozwijających się udział ten jest większy i wynosi 38%.⁹

Aby wyprodukować jednostkę energii z biomasy, potrzeba kilka razy mniej nakładów inwestycyjnych w przeciwieństwie do pozostałych rodzajów energii alternatywnej. Zależnie od składu chemicznego omawianego źródła energii, biomasa nadaje się do bezpośredniego spalania, jak również może być użyta do produkcji biogazu, a także płynnych paliw do pojazdów z silnikiem Diesla. Ważną zaletą produkowanych z biomasy biopaliw jest to, że emituje o 60-80% mniej gazów cieplarnianych do atmosfery w przeciwieństwie do spalania paliw kopalnianych (ropy czy gazu).¹⁰ Do wytwarzania,

⁶ W Jabłoński., J. Wnuk, *Odnawialne źródła energii...*, s. 248.

⁷ www.barka.org.pl/; Materiały konferencyjne, 2002 r.

⁸ E. Klugmann – Radziemska, E Klugmann, *Systemy...*, s. 22.

⁹ A. Drzymała, T. Knap, P. Sanecki, W. Stępień, A.B. Szymański, T. Więcek, *Przyjazne środowisku źródła energii. Materiały dla nauczycieli szkół podstawowych i gimnazjów*, Wyd. Fundacja Nauka dla Przemysłu i Środowiska, Rzeszów 2002, s. 129.

¹⁰ „Problemy Ekologii”. *Możliwość wykorzystania biomasy na cele energetyczne*, nr 1, styczeń – luty 2006, s. 29.

przetwarzania i spalania biomasy należy zatrudnić dodatkowych pracowników, tworzy się tym samym tzw. zielone miejsca pracy. Z badań przeprowadzonych w różnych krajach Wspólnoty Europejskiej wynika, że aby uzyskać 1000 ton biopaliw płynnych, potrzeba do pracy średnio 12-16 osób. W warunkach polskich, ze względu na mniejsze plony i niezbyt wysoki stopień wykorzystania urządzeń mechanicznych, ilość osób zatrudnionych będzie większa.¹¹ Kolejną zaletą przy produkcji biopaliw jest możliwość gospodarki odlogowanymi i ugorowanymi gruntami, a także wykorzystanie sprzętu będącego w posiadaniu rolników.¹² Dodatkowym atutem biomasy jest fakt, że będzie ona prawdopodobnie znaczącym elementem rozwoju OZE w Polsce, a wykorzystywana będzie w skali lokalnej jako energia cieplna.¹³ Natomiast produkcja własnej, czystej energii zwiększa bezpieczeństwo energetyczne kraju i może przyczyniać się do zmniejszenia importu surowców energetycznych, a także nie będzie szkodzić środowisku naturalnemu.

Energia wodna

Energia wody („biały węgiel”) jest tradycyjnie wykorzystywanym źródłem energii. Jest ona związana z procesem obiegu wody w przyrodzie, natomiast źródłem tej energii jest energia słoneczna. W wyniku parowania, woda dostaje się do atmosfery, a następnie w postaci opadów powtórnie trafia na ziemię.

Potencjał hydroenergetyczny świata szacowany jest w przybliżeniu na ok. 2.2 TW. Z tego jedynie 375 GW przetwarzane jest w energię elektryczną i stanowi to zaledwie jego 16%.¹⁴

Energię wód można podzielić następująco:

- energia wód rzecznych (energia przepływu wód lub energia różnic poziomu),
- energia pochodzenia oceanicznego (energia pływów morskich, fal, prądów).¹⁵

W wyniku ruchu obrotowego naszej planety oraz przyciągania Księżyca i Słońca, występuje ruch fal morskich (przyływy i odpływy). Energię z tego źródła odnawialnego można pozyskać wykorzystując ujście rzeki mającej wysokie brzegi, na której można wybudować zaporę, tamę wodną, a ta z kolei umożliwi przedostanie się wód morskich do doliny rzeki w momencie przyływu i jej wypływ przez turbiny wodne do morza w chwili odpływu. Energia pływów morskich najczęściej jest wykorzystywana w sytuacjach, gdy wysokość fal pływowych jest większa niż 5 m, a także kiedy występuje

¹¹ <http://www.pan-ol.lublin.pl>; *Produkcja biomasy na cele energetyczne (możliwości i ograniczenia)*/ marzec 2007.

¹² „Nowa Wieś Europejska”, nr 07 – 08/ 2006, s. 12.

¹³ „Problemy ocen środowiskowych”, nr 1 [3] 2007, s. 59.

¹⁴ <http://www.energia.org.pl> *Energia wodna*; marzec 2007.

¹⁵ W.M. Lewandowski, *Konwencjonalne i odnawialne źródła energii*. Zeszyty Zielonej Akademii; Zeszyt nr 5; Wyd. Okręgu Wschodniopomorskiego, Poleskiego Klubu Ekologicznego, Gdańsk 1996.

sprzyjające ukształtowanie terenu (wąska zatoka oraz ujście rzeki w kształcie lejka).¹⁶

Natomiast do napędu turbin w elektrowniach oceanicznych wykorzystuje się ruchy mas wodnych wywołwane pływami, falowaniem i różnicami gęstości (prąd Gofsztröm, Kuro Siwo, prądy równikowe).

W rzecznych elektrowniach wodnych energia kinetyczna lub energia potencjalna wody przetwarzana jest na energię elektryczną.¹⁷ Najpopularniejszymi elektrowniami wodnymi są te zasilane energią kinetyczną rzek. Korzystając ze źródeł energii odnawialnej zaoszczędza się nieodnawialne surowce kopalniane i unika się tym samym drogiego i ryzykownego wydobycia i transportu tych surowców. Wytwarzanie energii z elektrowni wodnych jest technicznie prostsze i na pewno przynosi zarówno ekologiczne, jak i ekonomiczne korzyści (mniejsze koszty obsługi, większa niezawodność pracy elektrowni oraz niższe koszty użytkowania).

Najbardziej pożądanymi elektrowniami wodnymi są jednak małe elektrownie wodne z uwagi na mniejszą ich szkodliwość w porównaniu z dużymi elektrowniami wodnymi. Te bowiem:

- nadmiernie integrują w środowisko przyrodnicze przyczyniając się do trwałych zmian w strukturach hydrologicznych,
- zamulają zbiorniki wodne przyczyniając się do zamierania żywych organizmów wodnych,
- i co istotne - nakłady inwestycyjne są dwu- lub trzykrotnie większe niż elektrowni konwencjonalnych.

Natomiast wśród zalet dużych elektrowni wodnych wyróżnia się:

- oszczędzanie paliw kopalnianych,
- niezanieczyszczanie otoczenia szkodliwymi spalinami i pyłami,
- niższe koszty eksploatacji i większa niezawodność niż w elektrowniach tradycyjnych,
- 8-10-krotnie niższe koszty pozyskiwania energii elektrycznej.¹⁸

Małe elektrownie wodne produkują energię głównie na potrzeby lokalne np. mielenie zboża, prace w tartaku lub kuźni.

Wśród zalet małych elektrowni wodnych uwzględnić można to, że:

- nie zanieczyszczają środowiska, mogą być zainstalowane w wielu miejscach, nawet na niewielkich ciekach wodnych,
- czas zaprojektowania i wybudowy małej elektrowni wynosi 1-2 lata, wyposażenie jest ogólnie dostępne, a technologia powszechnie znana,
- są proste w budowie, a przy tym niezawodne, ich trwałość sięga 100 lat,
- mogą być zdalnie sterowane, toteż nie wymagają obecności personelu do ich obsługi,

¹⁶ E. Klugmann, E. Klugmann-Radziemska, *Alternatywne źródła energii...*, s. 31-32.

¹⁷ W.M. Lewandowski, *Proekologiczne źródła energii odnawialnej*, Wyd. Naukowo-Techniczne; Warszawa 2001, s. 48.

¹⁸ *Ibidem*, s. 54.

- duęe rozproszenie w terenie zmniejsza odległość przesyłu energii i związane z tym koszty,
- wywierają sprzyjający wpływ na środowisko oraz przyczyniają się do zauważalnego obniżenia kosztów produkcji energii elektrycznej w małych elektrowniach wodnych,¹⁹
- nie wytwarzają ścieków i zanieczyszczeń atmosfery,
- mogą służyć w sytuacji przerw w zasilaniu energią tradycyjną,
- pobudzają atrakcyjność terenu pod kątem turystyki.

Energia geotermalna

Energia geotermalna nazywana jest zamiennie energią wnętrza Ziemi i jest ona zlokalizowana w skałach i wodach podziemnych. Ciepło we wnętrzu Ziemi jest ciepłem pierwotnie związanym z kształtowaniem się planety. Dodatkowym źródłem ciepła jest proces naturalnego rozpadu następujących pierwiastków promieniotwórczych: uran, tor i potas przy udziale promieniowania słonecznego.²⁰ Skorupa ziemska składa się w największej mierze z granitu i bazaltu, w których uprzednio wymienione pierwiastki występują. Rozpadowi promieniotwórczemu izotopów towarzyszy wytwarzanie ciepła, które nagrzewa wodę uwięzioną pod warstwami skalnymi.²¹

Z badań wynika, że 30% ciepła planety powstaje poprzez działanie procesów geologicznych, natomiast 70% w wyniku rozpadu pierwiastków radioaktywnych.²² Ciepło geotermalne wydobywające się z głębi naszej planety jest niejednokrotnie wyższe niż ilość ciepła, jaką można pozyskać ze wszystkich tradycyjnych źródeł energii (ropy, gazu i węgla). Zatem powstaje założenie, że im dalej w głąb Ziemi, tym goręcej (tabela 1).

Tabela 1. Budowa Ziemi

Table 1. Structure of the Earth

WARSTWA	GŁĘBOKOŚĆ [km]	TEMPERATURA [stopnie C]
skorupa i litosfera	0 - 100	930
płaszcz	100 - 2886	2730
jądro zewnętrzne	2886 - 5156	4200
jądro wewnętrzne	5156 - 6371	4500

Źródło: www.mos.gov.pl; Budowa Ziemi; Marzec 2007.

Source: www.mos.gov.pl; Structure of the Earth; March 2007.

¹⁹ J. Flizikowski, K. Bieliński, *Projektowanie środowiskowych procesów energii*, Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej; Bydgoszcz 2000, s 140.

²⁰ E. Mokrzycki, *Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2005 s. 307.

²¹ W. Ciechanowicz, *Bioenergia a energia jądrowa*, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa 2001, s. 24-25.

²² <http://www.energiaodnawialna.republika.pl>; *Energia geotermalna*, marzec 2007.

Licząc od skorupy ziemskiej, z każdym kilometrem w głąb, odczuwa się wzrost temperatury średnio o 30 stopni Celsjusza. Inaczej mówiąc, wzrostowi temperatury o 1^o C odpowiada zejście o 33 m w głąb Ziemi.²³

Pozyskiwanie energii geotermalnej odbywa się w miejscach anomalii geologicznych, np. w miejscach występowania gejzerów i tzw. gorących skał. Gejzery powstają poprzez erupcję pary wodnej bądź gorącej wody z wnętrza Ziemi. Natomiast by korzystać z ciepła gorących skał, należy wywiercić otwory (tzw. odwierty).²⁴ Wydobywanie ciepłej wody na powierzchnię dokonuje się za pomocą odwiertów funkcjonujących na wzór odwiertów ropy naftowej lub gazu. Jednym otworem pobiera się ciepłą wodę, a drugim włącza się tę wodę z powrotem, ale już oziębioną. Wydobyta woda musi być uzupełniona, aby zachować równe proporcje. Wnętrze planety służy tu jako ogromny zbiornik grzewczy, dostarczający stale gorącą wodę. Pewnego rodzaju trudnością przy eksploatacji ciepłych wód jest ich znaczne zasolenie.²⁵ Ponadto wody geotermalne w swej zawartości mają wiele składników mineralnych np.: NaCl, KCl, CaCl₂, SiO₂ oraz gazy (najczęściej są to CO₂, N₂).

To, czy opłacalne okaże się wykorzystywanie ciepła geotermalnego, zależeć będzie od stanu techniki głębokości odwiertów, lokalizacji, temperatury czynnika grzejącego. Do produkcji energii elektrycznej opłacalne jest pozyskiwanie ciepła o temperaturze 120-150^o C, natomiast przy niższych temperaturach, energię tę można przeznaczyć na cele ciepłownicze, klimatyzacyjne, do ogrzewania wody w miastach i na pływalniach, do celów relaksacyjnych, zdrowotnych, do hodowli ryb, itp.²⁶

Niestety eksploatacja energii geotermalnej przyczynia się do powstawania problemów ekologicznych, wśród których najpoważniejszym jest emisja szkodliwych gazów – siarkowodoru, który, zgodnie z prawem amerykańskim, niezwłocznie musi być zaabsorbowany w przystosowanych do tego instalacjach, a te wpływają na podniesienie kosztów produkcji energii elektrycznej. Ponadto zagrożenie stwarza produkt radioaktywnego rozpadu, jakim jest radon uwalniający się razem z parą wodną ze studni termalnej. Problem ten do tej pory nie jest rozwiązany i nadal stanowi zagrożenie dla środowiska naturalnego.²⁷

Energia słoneczna

Energia promieniowania słonecznego jest jednym z ważniejszych źródeł w energetyce odnawialnej, jednakże możliwości jej wykorzystania przedstawiają się w sposób nierównomierny. Jest to w głównej mierze uwarunkowane kątem nachylenia Ziemi względem Słońca w poszczególnych miesiącach, obrotem planety wokół własnej osi, czego efektem jest dzień

²³ E. Klugmann, E. Klugmann-Radziemska, op. cit., s. 48.

²⁴ J. Kucowski, D. Laudyn, M. Przekwas, *Energetyka a ochrona środowiska*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997, s. 418.

²⁵ W. Jabłoński, J. Wnuk, op. cit., s. 38.

²⁶ E. Klugmann-Radziemska, E. Klugmann, op. cit., s. 23.

²⁷ W.M. Lewandowski, op. cit., s. 185.

i noc oraz obrotem Ziemi wokół Słońca, co daje pory roku. Do tego dochodzą jeszcze inne czynniki fizyczne i geograficzne.

Blisko 1/3 energii emitowanej przez Słońce dociera do Ziemi, gdzie odbijana jest przez atmosferę, 20% energii jest przez nią pochłaniane, a tylko 50% dociera do powierzchni naszej planety. Połowa dostarczonej energii stanowi aż 27.000.000.000 MW, natomiast zapotrzebowanie ludzkości na energię (nie tylko elektryczną, również mechaniczną i ciepłą) wynosi $0,01 \cdot 1.000.000.000$ MW. Energia słoneczna jest praktycznie nie do wyczerpania, a jej pozyskiwanie nie szkodzi środowisku. Niestety źródło to ma wadę. Aby zapewnić społeczeństwu świata dostateczną ilość energii pochodzenia słonecznego, należałoby pokryć 745.000 km^2 powierzchni (czyli 0.5% całej powierzchni lądów) ogniwami słonecznymi.²⁸

Wyróżnia się dwa sposoby poboru energii solarnej:

- kolektory słoneczne pobierające promienie Słońca i przekazujące pobraną energię np. wodzie (ogrzewanie pomieszczeń, podgrzewanie wody) lub powietrzu (suszenie płodów rolnych),
- ogniwa fotowoltaiczne bezpośrednio przetwarzające promienie słoneczne w energię elektryczną²⁹.

Pomysłów na wykorzystanie energii słonecznej jest coraz więcej, oprócz ogrzewania wody i oświetlania pomieszczeń, można ją również zastosować do suszenia roślin (surowce spożywcze, drewno), chłodzenia przy konserwacji żywności, a w najbliższej przyszłości energia słoneczna zyska jeszcze wiele więcej zastosowań.

Początkowo było wiele oporów związanych z wytwarzaniem energii słonecznej. Pierwszym z nich była kapitałochłonna produkcja ogniw słonecznych opartych na specyficznym zaprojektowanych warstwach krzemu (kryształki krzemu trzeba było wyhodować). Z czasem kryształki krzemu zastąpione zostały bezpostaciową warstwą krzemu (dużo tańszą i mniej pracochłonną), co znacznie zmieniło punkt widzenia i nastawienie na ten rodzaj energii. Kolejnym problemem okazało się zapotrzebowanie na duże obszary, na których można założyć farmę słoneczną. Tereny najbardziej do tego przystosowane mieszczą się w znacznej mierze na pustyniach, ale to mogłoby zakłócić tamtejszą florę i faunę, a kolejnym problemem byłby fakt, iż część społeczeństwa woli mieć własne fotoogniwa słoneczne. Jednak ta część obszarów pustynnych, jakie byłyby potrzebne do wytwarzania energii dla Ziemi, nie spowodowałyby takich zniszczeń w środowisku naturalnym, jakie powodowane są wykorzystywaniem nieodnawialnych surowców służących wytwarzaniu energii. Następnym problemem jest fakt istnienia nocy, kiedy to Słońce nie świeci. W tej sytuacji należy przekształcić energię słoneczną w energię pozwalającą się zmagazynować.³⁰ Obecny rozwój techniki i technologii osiągnął już poziom umożliwiający pełniejsze wykorzystywanie magazynowanie energii ze Słońca.

²⁸ <http://proekologia.pl/> *Energia słoneczna*, marzec 2007.

²⁹ W. Jabłoński, J. Wnuk, *Odnawialne źródła energii...*, s. 178.

³⁰ O'M Bockkris J., T. Nejat Veziroglu, Debbi Smith; tł. z ang. Marek Szklarczyk; *Słońce i wodór niewyczerpalne źródła energii: sposób ocalenia Ziemi*; Wydaw. PLJ, Warszawa 1993, s. 75-7.8

Energia wiatrowa

W konsekwencji powstałego w 1973 roku kryzysu energetycznego, świat coraz przychylniej zaczął spoglądać w kierunku alternatywnych źródeł energii, w tym na energię wiatru. Rozpoczęto instalowanie turbin wiatrowych w miejscach charakteryzujących się najkorzystniejszymi warunkami wiatrowymi. Aktualnie pracuje ponad 50000 turbin wiatrowych, a sektor energetyki wiatrowej cieszy się rosnącą popularnością. Aby móc korzystać z energii wiatru do produkcji energii elektrycznej, potrzebne są odpowiednie warunki, tzn. wiatr musi mieć odpowiednią prędkość. Najbardziej optymalna i korzystna prędkość wiatru wynosi 15-20 m/s, jednakże elektrownie wiatrowe mogą pracować także przy prędkości wiatru wynoszącej od 5 m/s. Zbyt mała prędkość wiatru uniemożliwi produkcję energii o dostatecznej mocy, natomiast wiatr wiejący ze zbyt dużą prędkością mógłby przyczynić się do mechanicznych i nieodwracalnych uszkodzeń wiatraków. Najbardziej odpowiednimi miejscami dla energetyki wiatrowej są tereny nadmorskie i podgórskie.

W 2010 roku moc zainstalowana w OZE nie powinna być niższa niż 75 tys. MW, a do roku 2020 ma być dwukrotnie wyższa – takie zamierzenia postawiła Unia Europejska. Biorąc pod uwagę środowisko naturalne i technologię, taka moc byłaby możliwa do osiągnięcia tylko przy wykorzystaniu właśnie elektrowni wiatrowych. Inne alternatywne źródła energii nie byłyby w stanie dostarczyć tak pokaźnego przyrostu mocy.³¹ Zasoby wiatru są niewyczerpywalne, a korzystanie z elektrowni wiatrowych nie niesie za sobą powstawania zanieczyszczeń środowiska. Przepisy prawne warunkują tworzenie farm wiatrowych – powinny one znajdować się nie bliżej niż 500 m od najbliższych siedlisk ludzkich, ponieważ wiatraki te wytwarzają hałas, nie jest on głośny, ale jego monotonia może negatywnie wpływać na psychikę okolicznych mieszkańców. W zależności od stosowanych turbin, ilości wiatraków, ukształtowania terenu, odległość od siedlisk ludzkich może być inna.³²

Do głównych zalet elektrowni wiatrowych należy zaliczyć:

- ekologiczny charakter,
- wykorzystywanie energii alternatywnej,
- niskie koszty wytwarzania tej energii,
- przyczynianie się do ograniczania konieczności przetwarzania paliw kopalnianych silnie degradujących środowisko.

Odnawialne źródło energii mają również swoje wady:

- mogą zakłócać fale radiowe i telewizyjne oraz wytwarzają monotony hałas, co może być uciążliwe dla mieszkającej w pobliżu ludności,
- wiatraki zniekształcają naturalny krajobraz,

³¹ Z. Lubośny, *Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym*; Wyd. Naukowo-Techniczne; Warszawa 2006 <przedmowa>.

³² E. Mokrzycki (red.), *Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi*; Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne; Kraków 2005, s. 265-266.

- mogą stanowić poważne zagrożenie dla przelatujących ptaków i innych siedlisk zwierząt,
- wiatr nie wieje stale, kiedy akurat byłoby zapotrzebowanie na energię.³³

Położenie geograficzne i ukształtowanie terenu jako determinanty rozwoju gospodarki wiatrowej w Polsce

Charakterystyczne dla klimatu Polski jest pasmowe ukształtowanie terenu: na południu wysokie góry stopniowo przechodzące w pas wyżyn; środkowa część kraju zajęta jest przez rozległe niziny, natomiast na północy występuje młodoglacjalna strefa pojezierzy, sąsiadująca bezpośrednio z Morzem Bałtyckim. Wpływa ono na powstawanie lokalnego wiatru w pasie sięgającym kilkudziesięciu kilometrów w głąb lądu, dzięki czemu północna część kraju posiada większe zasoby energii wiatrowej. Na warunki wiatrowe ma wpływ również umiarkowany klimat kraju, który powoduje zmienne możliwości poboru energii odnawialnej pochodzącej z wiatru w zależności od wpływu mas powietrza oraz wysokości nad poziomem morza.

Wykaz średnich prędkości wiatru dla poszczególnych miast Polski przedstawia tabela 1.

Uprzywilejowanymi rejonami w Polsce pod względem zasobów wiatru są:

- tereny nadmorskie - zwłaszcza część zachodnia oraz północno-wschodni kraniec Polski (najwięcej dni wietrznych i największa siła wiatru),
- Suwalszczyzna,
- środkowa Wielkopolska i Mazowsze,
- Beskid Śląski i Żywiecki,
- Bieszczady i Pogórze Dynowskie.³⁴

Obszarami o najmniej korzystnych warunkach aerodynamicznych są kotliny śródgórskie, takie jak: Jeleniogórska, Nowosądecka, Tarnowska, Niecka Nidziańska i Kotlina Raciborska.

Wpływ na pozyskiwanie energii wiatrowej ma m.in. ukształtowanie terenu i jego szorstkość. Prędkość wiatru uzależniona jest od wysokości nad poziomem morza (tab. 2). Na przykład, w strefie bardzo korzystnej na wysokości 10 m n.p.m. można pozyskać energię bliską 1000 kWh/m², a umieszczając turbinę wiatrową 20 m wyżej, energia uzyskana z wiatru wyniesie około 1500 kWh/m². Inaczej mówiąc, im wyżej położony jest teren, tym wiatr jest silniejszy, jednak tylko do pewnej wysokości (tzw. wysokość wiatru gradientowego), kiedy to prędkość wiatru nie jest już zależna od stopnia szorstkości terenu.

³³ T. Wieczorek, J. Soja, *Biuletyn maturalny. Geografia*, Wydawca – Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa 2005, s. 30.

³⁴ <http://energiazwiatru.w.interia.pl/>; *Walory energetyczne wiatru w Polsce*, listopad 2007.

Tabela 1. Średnia prędkość wiatru w 2005 roku dla największych miast Polski
Table 1. The medium wind speed in 2005 for major cities of Poland

Średnia prędkość wiatru w m/s w 2005 roku	Stacje meteorologiczne
12,9	Śnieżka
4,7	Łeba
3,9	Szczecin
3,8	Hel
3,8	Chojnice
3,8	Warszawa
3,8	Kalisz
3,7	Rzeszów
3,7	Włodawa
3,7	Mława
3,7	Suwałki
3,6	Poznań
3,4	Łódź
3,3	Zielona Góra
3,3	Koszalin
3,2	Wrocław
3,1	Olsztyn
3,1	Lublin
3,0	Terespol
3,0	Bielsko - Biała
2,9	Kielce
2,8	Kłodzko
2,8	Toruń
2,8	Gorzów Wielkopolski
2,7	Częstochowa
2,6	Katowice
2,6	Białystok
2,6	Kraków
2,4	Jelenia Góra
1,9	Nowy Sącz
1,4	Zakopane

Źródło: GUS, Ochrona środowiska, 2006.
Source: GUS, Environmental protection, Warsaw 2006.

Tabela 2. Energia wiatru w kWh/m² na różnych wysokościach w poszczególnych strefach
Table 2. Wind power in kWh/m² on different heights in individual zones

Nr i nazwa strefy	Energia wiatru na wys. 10 m	Energia wiatru na wys. 30 m
I – bardzo korzystna	>1000	>1500
II – korzystna	750 - 1000	1000 - 1500
III – dość korzystna	500 - 750	750 - 1000
IV – niekorzystna	250 - 500	500 - 750
V – b. niekorzystna	<250	<500
VI – szczytowe partie gór	Tereny wyłączone	Tereny wyłączone

Źródło: <http://kape.gov.pl/>; *Energia wiatru w wyróżnionych strefach Polski w kWh/(m²/rok)*; Listopad 2007.
Source: <http://kape.gov.pl/>, *Windpower in zones singled out of Poland in the kWh/ (m² / year)*, November 2007.

Za szorstkość terenu rozumie się rodzaj pokrycia powierzchni: wszelkie przeszkody, drzewa, budynki.

Elektrownie wiatrowe najkorzystniej lokalizowane są na terenie o jak najmniejszej szorstkości (tereny równinne, nieporośnięte wysoką roślinnością, niezabudowane, a także nieobjęte ochroną np. Natura 2000), a także z dobrym zapleczem drogowym i z dostępem do sieci energetycznych.

Elektrownie wiatrowe w Polsce

Polska jest krajem, gdzie średnia prędkość wiatrów szacowana jest na około od 2,8 do 3,5 m/s. Aby uzyskać prędkość wiatru powyżej 4 m/s, co traktowane jest za najmniejszą wartość efektywnego wykorzystania energii wiatru, należy umieszczać turbiny na wysokości minimum 25 metrów. Umieszczenie turbiny wiatrowej na wysokości minimum 50 metrów umożliwi pobór energii z wiatru wiejącego z prędkością przekraczającą 5m/s. Jednak jest to obszar niewielki. Prędkość wiatru ma duży wpływ na uzyskiwaną moc – nawet przy niewielkim wzroście prędkości można uzyskać duży przyrost mocy i ilość wytworzonej energii. Np. wzrost prędkości wiatru o 0,5 m/s w przedziale 5,5-6,0 m/s spowoduje wzrost produkcji energii elektrycznej aż o 50%.³⁵

Większość turbin wiatrowych wytwarza prąd przy prędkości wiatru wynoszącej 10-18 km/h (od 4 m/s), a optymalne pozyskiwanie energii dokonuje się przy prędkości 54-72 km/h (do 20 m/s). Gdy przekroczona jest maksymalna prędkość wiatru, wydajność elektrowni spada, turbina odwraca się od wiatru, co jest wymuszone względami bezpieczeństwa.³⁶ Wraz z postępowaniem technicznym zakres pracy turbin wiatrowych przy określonych prędkościach wiatru (mniejszej i większej niż optymalna) będzie ulegać stałym zmianom. Chcąc prawidłowo zweryfikować zasoby wiatru do celów energetycznych, trzeba dokonywać pomiarów wiatru na wysokościach minimum 60 m.

Rozmieszczenie wiatraków w terenie ma również duże znaczenie. Tu wysuwa się pewien problem wymagający kompromisu między oszczędnością terenu pod farmę a opłacalnością i efektywnością produkcji. Należy uwzględnić fakt, że elektrownie wiatrowe wymagają zasadniczo dużo miejsca na lokalizację ze względu na wielkość konstrukcji wiatraka. Przykładowo elektrownia o mocy 1 MW potrzebuje około 1 ha powierzchni (przeciętnie od 5 do 9 średnic wirnika turbiny skierowanych w stronę wiatru i 3-5 średnic wirnika bokiem do wiejącego wiatru), by efektywnie funkcjonować oraz aby wiatraki nie zabierały sobie wiatru w sytuacji ich zbyt bliskiej lokalizacji. Duży rozstaw turbin będzie niósł za sobą koszty wykupu gruntu.³⁷

Pod farmy wiatrowe powinny być przeznaczane tylko te tereny, które nie mogą być przeznaczone na inne cele, lecz w praktyce zdarza się, że na terenach wokół turbin wiatrowych znajdują się pola uprawne lub są one

³⁵ <http://www.ozee.kape.gov.pl/>; *Energia wiatrowa. Strefy energetyczne i zasoby wiatru w Polsce*, listopad 2007.

³⁶ „Farmer”, nr 12/2007, *Energia z natury*; s. 16.

³⁷ <http://www.elektro.info.pl/>; *Elektrownie wiatrowe - aspekty techniczne*, listopad 2007.

przeznaczone na hodowlę zwierząt. Optymalnym rozwiązaniem w tej sytuacji są tereny na morzu oraz wysokie hałdy. Umieszczenie wiatraków na otwartym morzu w pewnej odległości od linii brzegowej jest korzystne z uwagi na fakt, że jest tam dużo więcej miejsca, siła wiatru jest znacznie większa niż na lądzie, a także nie przeszkadza mieszkańcom w odbiorze telewizyjnym, do lądu nie dociera hałas wiatraków i tzw. efekt disco, czyli refleksy świetlne wywołane odbijaniem od łopat wirnika promieni słonecznych. Nowoczesne turbiny nie wytwarzają już aż tak uciążliwego hałasu.³⁸ Mimo to, zgodnie z przepisami prawa, odległość od osad ludzkich musi wynosić minimum pół kilometra.

Proces założenia farmy wiatrowej składa się z wielu istotnych etapów i w sytuacji niesprzyjających okoliczności czas jego realizacji może wydłużyć się do kilku lat.³⁹

Z ekonomicznego punktu widzenia elektrownie wiatrowe mają niskie koszty eksploatacji, do których m.in. zalicza się konserwację urządzeń wiatrowych. Znacznie wyższym kosztem jest sam zakup wiatraków, ich transport oraz montaż nie pomijając także kosztów związanych z zakupem odpowiedniego terenu pod farmę wiatrową.

Wraz ze wzrostem popularności farm wiatrowych i koniecznością zwiększania ilości pozyskiwanej energii odnawialnej, firmy produkujące turbiny wiatrowe zmuszone są do obniżania kosztów z uwagi na rosnącą konkurencję w tym sektorze.

Z opinii niektórych właścicieli farm wiatrowych na Pomorzu (dane z 2003 roku) wynika, że inwestycje w energetyce wiatrowej wciąż nie są opłacalne dla inwestorów. Inwestorzy otrzymują za energię elektryczną produkowaną przez siłownie wiatrowe cenę niższą od kosztów wytworzenia.

Inwestorzy w krajach UE angażujący się w energetykę wiatrową mogą liczyć na preferencyjne kredyty, których spłata rozłożona jest na 20 lat. Jednocześnie otrzymują też ulgi z tytułu inwestowania w ochronę środowiska. W Polsce taka sytuacja jest nadal projektem do realizacji w przyszłości, mimo że zarówno w Polsce, jak i w innych krajach UE ceny energii z elektrowni wiatrowych są wyższe niż energia elektryczna ze źródeł konwencjonalnych.

Większość krajów Europy wykazuje chęć pomocy przy inwestowaniu w energetykę wiatrową współfinansując ją różnymi funduszami na tego typu przedsięwzięcia. Przyczyną takiego zachowania jest fakt, że kupując droższą, ale ekologiczną energię można zaoszczędzić na kosztach ochrony środowiska. Również w Polsce, gdyby do cen energii pozyskiwanej z elektrowni węglowej doliczyć koszty dotacji dla sektora górnictwa oraz koszty ochrony środowiska (koszty odpylania, odsiarczania, odazotowania spalin oraz koszty redukcji emisji CO₂) może się okazać, że dotychczasowy sposób produkcji energii elektrycznej rzeczywiście jest kosztowniejszy.⁴⁰

³⁸ Ibidem.

³⁹ „Tygodnik Rolniczy”, nr 37/2007, *Energia z wiatru*, s. 16.

⁴⁰ Materiały filmowe, Odnawialne Źródła Energii, EKO-generacja przyszłości, pakiet edukacyjny, 2004.

Odpowiednie rozmieszczenie wiatraków w terenie może zmniejszyć zagrożenie dla życia przelatujących ptaków. Szacuje się, że w wyniku zderzenia z turbinami śmierć ponosi od 30 do 60 ptaków/MW/rok. Ponadto farmy wiatrowe wpływają na fizyczną i efektywną utratę siedlisk spowodowanych odstrasżającym działaniem siłowni oraz wymuszają zmiany tras przelotów ptaków.⁴¹

Podsumowanie

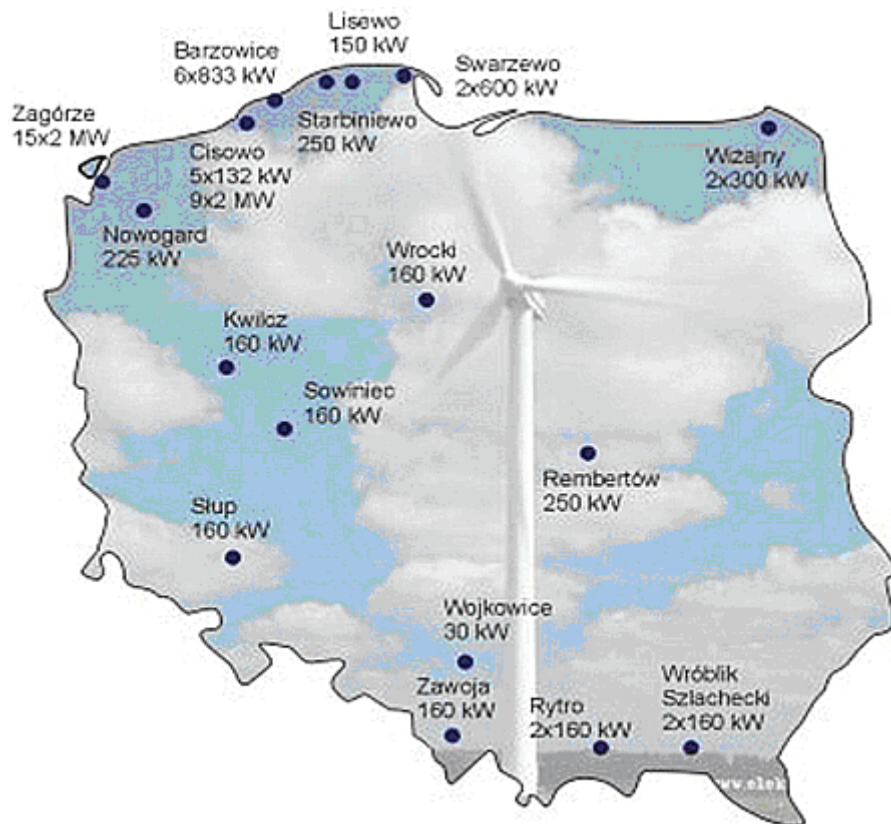
Potencjał energii wiatrowej szacowany jest w granicach 6,0-8,0 TWh energii elektrycznej na rok. W 2001 roku nastąpiło zahamowanie dynamiki rozwoju energetyki wiatrowej spowodowane między innymi:

- problemem długotrwałych procedur zmian w planach zagospodarowania przestrzennego. Grunty, pod które planowano inwestycje założenia farmy, najczęściej były przeznaczone na pola uprawne, toteż gminy musiały dokonać zmian w przepisach określających charakter i przeznaczenie tych terenów, a to nie było procesem łatwym i krótkotrwałym,
- dla niektórych terenów energetyka wiatrowa była rzeczą nową, inwestorzy chcący pokryć koszty inwestycji niejednokrotnie spotykali się ze sprzeciwami ze strony mieszkańców danej okolicy. Wówczas trzeba było uświadamiać ludzi, jak ważna dla energetyki jest inwestycja w energię odnawialną i jakie korzyści przynosi,
- koniecznością dokonania dokładnych pomiarów prędkości wiatru w danym regionie, co ma wpływ na opłacalność inwestycji i sam sens tworzenia farmy w tym miejscu,
- trudnościami wynikającymi z możliwości podłączenia farmy wiatrowej do sieci energetycznej ze względów technicznych,
- w praktyce istniał problem z zawieraniem przedwstępnych umów na sprzedaż energii na czas dłuższy niż 5 lat,
- cena wytworzonej energii była wyższa niż cena energii elektrycznej wytwarzanej metodami konwencjonalnymi, co miało odzwierciedlenie w analizie ekonomicznej całego przedsięwzięcia.⁴²

W Polsce obecnie funkcjonuje około 50 elektrowni wiatrowych zlokalizowanych w znacznej mierze na terenach nadmorskich i na przedgórzu (rys. 2). Głównymi przyczynami powstawania farm wiatrowych są sprzyjające warunki wiatrowe danego regionu, obowiązek zakupu energii elektrycznej z OZE nałożony na zakłady energetyczne przez Ministra Gospodarki, a także konieczność zwiększenia do roku 2010 udziału energii elektrycznej pozyskiwanej z odnawialnych źródeł w całkowitym zużyciu energii elektrycznej.

⁴¹ <http://www.pigeo.org.pl/>, *Informacje wstępne*, 11 listopada 2007.

⁴² S. Flejterski, P. Lewandowski, W. Nowak, *Energia odnawialna na Pomorzu Zachodnim*. I Regionalna Konferencja i Wystawa, Szczecin 2003, s. 46-47.



Rys. 2. Lokalizacja najważniejszych elektrowni wiatrowych w Polsce w 2003 roku

Fig. 2. Location of the most important wind power stations in Poland in 2003

Źródło: <http://www.turbiny.pl/>; Rozmieszczenie elektrowni wiatrowych w Polsce; listopad 2007.

Source: <http://www.turbiny.pl/>, Arranging wind power stations in Poland, november 2007.

W 1999 roku założono pierwszą profesjonalną farmę wiatrową w Barzowicach niedaleko Darłowa. Powstało wtedy 6 wiatraków o mocy około 850 kW każdy, co w sumie daje blisko 5 MW energii elektrycznej. Każda turbina wiatrowa wyposażona jest w automatyczne sterowanie umożliwiające optymalne wykorzystanie siły wiatru. Koszt utworzenia farmy wyniósł 25 mln zł.⁴³ Środki na pokrycie budowy tej elektrowni pozyskano ze środków własnych, z dotacji EkoFunduszu i preferencyjnego kredytu z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Obie instytucje są w stanie dofinansować 60% projektu inwestycji z uwagi na słusność realizowania takich projektów.

Największą farmą wiatrową w całej Polsce jest elektrownia w Tymieniu koło Ustronia Morskiego, która założona została w czerwcu 2006 roku.

⁴³ <http://www.pigeo.org.pl/>; *Energetyka odnawialna: wiatrowa*, listopad 2007.

Wybudowany park wiatrowy mieřci 25 turbin wiatrowych o łącznej mocy 50 MW. Łączny koszt inwestycji szacowany jest na 250 mln zł.⁴⁴ Farma ła zajmuje powierzchnię 35 ha. Kaźdy z 25 fundamentów ma objętość 550 m³. Inwestycja ła wymagała wybudowania ok. 81 tys. m² dróg dojazdowych.⁴⁵ Utworzenie tej farmy wiatrowej nie spotkało się z protestami ze strony mieszkańców z uwagi na uatrakcyjnienie regionu, wzrost liczby turystów, a także poprawę infrastruktury drogowej.

Z protestami mieszkańców i ekologów spotkał się natomiast projekt utworzenia następnej farmy wiatrowej, zlokalizowanej w Gnieździe (woj. pomorskie, powiat pucki). Mimo wszystko farma została utworzona w grudniu 2006 roku. Składa się ona z 11 siłowni wiatrowych po 2 MW kaźdy i wysokości 126 m. W planach uwzględniono budowę kolejnych 8 wież.⁴⁶

Kolejną z większych elektrowni wiatrowych jest elektrownia w Zagórze koło Wolina w woj. zachodniopomorskim (2003 rok), którą zasila 15 turbin wiatrowych o mocy 2 MW kaźda, co daje łącznie 30 MW wytworzonej energii. Inwestycja wyniosła blisko 125 mln zł, a roczna produkcja energii mieřci się w przedziale 63-70 mln kWh. Farma wiatrowa, której właścicielem jest spółka Wolin-North, przyczyniła się do znacznego obniżenia emisji CO₂ (o 45 tys. ton/rok), SO₂ (o 300 ton) i NO (o 100 ton) do atmosfery.⁴⁷

W Cisowie koło Darłowa znajdują się dwie farmy wiatrowe, z których jedna z 2001 roku generuje energię o mocy 18 MW (9 turbin po 2 MW), a druga z 1999 roku – 660 kW (5 x 132 kW).

W planach na rok 2007-2008 jest utworzenie pierwszej w województwie zachodniopomorskim farmy wiatrowej w Golicach k. Słubic, której inwestorem jest niemiecko-holenderskie przedsiębiorstwo Starke Wind. Farma ma się składać z dziesięciu 100-metrowych wiatraków o 35-metrowej rozpiętości skrzydeł. Ostatecznie będzie ła pracować łącznie 19 turbin o mocy 2 MW kaźda na powierzchni 340 ha.⁴⁸

Do połowy 2008 roku na terenach gmin Słupsk i Ustka ma również powstać 180 turbin wiatrowych o mocy całkowitej 240 MW firmy General Electric. PS Wind Management zamierza przeznaczyć na tę inwestycję aż 350 mln euro (około 1,3 mld zł). Zarząd firmy zapewnia, że przeprowadził już wszelkie niezbędne badania i analizy tych regionów pod kątem przyrodniczym, jak i ornitologicznym. Farma będzie w stanie zaspokoić potrzeby energetyczne całego powiatu słupskiego. Właścicielom terenów pod inwestycję firma oferuje na podstawie długoletnich umów dzierżawnych (30-letnich) coroczną rekompensatę (czynsz dzierżawny) w wysokości 20 tys. zł netto od kaźdej turbiny. Tymi okolicami są także zainteresowane dwie inne firmy: niemiecka spółka CB Wind-Energy Słupsk oraz konsorcjum

⁴⁴ „Zielone Brygady. Pismo Ekologów”; nr 1 (215) / 2006, s. 17.

⁴⁵ <http://www.przeglad-techniczny.pl/>; *Wiatr w turbinach*, listopad 2007.

⁴⁶ Tamże.

⁴⁷ <http://www.panorama-miast.com.pl/>; *Zamiast ropy, węgla, czy atomu*; listopad 2007.

⁴⁸ „Farmer”, nr 17/2007, s. 9.

japońskich spółek Mitsu i J. Power, które chcą postawić odpowiednio 104 wiatraki o mocy 2,3 MW oraz 24 elektrownie wiatrowe.⁴⁹

Według danych z 2006 roku, na świecie całkowite ilości ropy naftowej stanowią 404 mld. W 2005 roku wydobyto 3,62 mld ton ropy. Zgodnie z prognozami, przy obecnym tempie eksploatacji, powinno jej wystarczyć jeszcze na około 40 lat. Węgla kamiennego wystarczy na blisko 115 lat, zakładając, że roczne wydobycie wynosi 3,5 mld ton. Gazu natomiast wystarczy ma jeszcze na 200 lat. Potwierdzone zasoby tego surowca wynoszą $161\,500 \times 109\text{ m}^3$ zaś roczna eksploatacja kształtuje się na poziomie $2464 \times 109\text{ m}^3$.⁵⁰ Ilości nieodnawialnych surowców, które jeszcze pozostały, nie są zadowalające. Fakty te zmuszają więc do intensywnego rozwoju konstruktywnych prac badawczych nad pozyskiwaniem energii z odnawialnych jej źródeł.

W wyniku ubywających ilości surowców energetycznych z myślą o następnych pokoleniach i ochronie środowiska naturalnego, wszyscy jesteśmy zmuszeni do ograniczenia zużycia węgla, ropy naftowej i gazu. Alternatywą zaspokojenia wzrastającego zapotrzebowania energetycznego przy praktycznie zerowym negatywnym wpływie na środowisko są źródła energii odnawialnej.

W wielu krajach świata stosuje się już bardziej zaawansowane technologie bazujące na generacji energii pochodzącej z wiatru, słońca, biomasy, geotermii, wody, fal morskich, uranu, itp. Uregulowania prawne nakładają obowiązek wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych. Konwencja klimatyczna, szczegółowy protokół do konwencji (protokół z Kioto) ukierunkowują do wzmożenia działań nad efektywnym pozyskiwaniem i wykorzystywaniem energii odnawialnej. Nowe regulacje unijne już bardziej precyzyjnie określają wymagania dotyczące zwiększenia udziału źródeł odnawialnych w ogólnym bilansie energetycznym, jednakże należy jeszcze dostosować prawodawstwo krajowe ułatwiające rozwój sektora energetyki odnawialnej.

Rozpowszechnianie wiedzy o odnawialnych źródłach energii, o ich zaletach i możliwościach wykorzystania, jest dobrym krokiem ku zwiększeniu zainteresowania alternatywną energią wśród społeczeństwa. Polska zdecydowanie za mało wytwarza energii ze źródeł odnawialnych w porównaniu z innymi krajami. Krajem, w którym udział energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii elektrycznej w 2004 roku sięga prawie 60%, jest Austria a tuż za nią jest Łotwa i Szwecja z ponad 55% udziałem OZE.

Literatura

1. Chodyński A. (red.), *Współczesne wyzwania zarządzania organizacjami*, Krakowska Szkoła Wyższa im A. Frycza Modrzewskiego, Kraków 2006.

⁴⁹ „Puls Biznesu” 17/5/2007; PS *Wind wyda na wiatraki 1,3 mld zł*; s.13.

⁵⁰ St. Pytko, P. Pytko, *Problemy energetyczno-surowcowe Polski i świata*, BIP 154/155 czerwiec/lipiec 2006.

2. Flejterski S., Lewandowski P., Nowak W., *Energia odnawialna na Pomorzu Zachodnim*. I Regionalna Konferencja i Wystawa; Szczecin 2003.
3. Jabłoński W., Wnuk J., *Odnawialne źródła energii w energetyce Unii Europejskiej i Polski. Efektywne zarządzanie inwestycjami – studia przypadków*, WSZiM, Sosnowiec 2004.
4. Klugmann-Radziemska E., Klugmann E., *Systemy słonecznego ogrzewania i zasilania elektrycznego budynków*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 2002.
5. Lubośny Z.; *Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
6. Mokrzycki E. (red.), *Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2005.
7. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r., Prawo Energetyczne, art. 3, ust. 21.
8. Wieczorek T., Soja J., *Biuletyn maturalny. Geografia*, Wydawca – Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa 2005.