

Julia Jakubiak  
Rafał Maciukiewicz  
Aleksandra Piasecka

# ENERGIA WIATROWA

**Projekt graficzny:**

Julia Jakubiak

**Projekt i realizacja okładki:**

Julia Jakubiak, Aleksandra Piasecka

**Dobór ilustracji:**

Julia Jakubiak, Aleksandra Piasecka

**Redagowanie tekstu:**

Julia Jakubiak, Aleksandra Piasecka

**Konsultacja merytoryczno-dydaktyczna:**

Rafał Maciukiewicz

**Korekta:**

Rafał Maciukiewicz

**Korekta techniczna:**

Rafał Maciukiewicz

© Copyright by Wydawnictwo Powszechno-dydaktyczne READ A BOOK & Aleksandra Piasecka, Julia Jakubiak, Rafał Maciukiewicz

Słupsk, 2010

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Kopiowanie w całości lub we fragmentach bez zgody wydawcy zabronione.

**Wydawca:**

Wydawnictwo Powszechno-dydaktyczne READ A BOOK

76-200 Słupsk, ul. Wileńska 7

tel. (59) 847 52 25

email: [readabook@op.pl](mailto:readabook@op.pl), [www.ew1d.yoyo.pl](http://www.ew1d.yoyo.pl)

Druk: Laser Color

ISBN 978-83-240-1008-0

# ***Spis treści***

1. Energia wiatrowa .....	4
2. Historia .....	4
3. Elektrownie dziś .....	5
4. Budowa współcześnie używanego wiatraka/turbiny .....	5 - 10
5. Działanie elektrowni wiatrowej .....	10 - 13
6. Energia wiatrowa na świecie .....	13
7. Energia wiatrowa w Polsce .....	13 -16
8. Elektrownie wiatrowe w regionie .....	16 -17
9. Wyliczamy koszty założenia własnej elektrowni wiatrowej .....	17 - 18
10. Porównanie kosztów założenia i utrzymania przydomowej elektrowni wiatrowej z kolektorem słonecznym .....	18 - 19
11. Wady i zalety produkowania energii z wiatru .....	20
12. Streszczenie w języku angielskim .....	21
13. Streszczenie w języku francuskim .....	22
14. Źródła .....	23

## **ENERGIA WIATROWA**

Wiatr jest ruchem powietrza atmosferycznego o przeważającej składowej poziomej, który powstaje wskutek nierównomiernego rozkładu ciśnienia atmosferycznego w różnych punktach powierzchni Ziemi. Energia wiatru jest pochodzenia słonecznego (1-2% energii docierającej do powierzchni Ziemi, co odpowiada mocy 2700 TW) przy czym wpływ na jego kierunek ma również ruch wirowy Ziemi oraz prądy morskie. Wypadkowy ruch mas powietrza jest zatem wywołany łącznym działaniem różnych czynników atmosferycznych, w efekcie czego wiatr charakteryzuje się różnym kierunkiem i intensywnością.

(Instytut Paliw i Energii Odnawialnej)

Energia wiatrowa jest ekologicznie czysta. Do jej wytworzenia nie jest potrzebne wykorzystanie jakiegokolwiek paliwa. Zastosowanie technologii wiatrowej do produkcji energii, powoduje redukcję emisji gazów cieplarnianych, w tym CO<sub>2</sub>, oraz poprawę jakości powietrza, poprzez uniknięcie emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i pyłów do atmosfery. Ponadto wiatr jest niewyczerpalnym i odnawialnym źródłem energii.

Przy jego wykorzystaniu oszczędza się ograniczone zasoby paliw kopalnych oraz hamowany jest spadek poziomy wód podziemnych.

## **HISTORIA**

Ludzie od zawsze szukali niekonwencjonalnych źródeł energii. Wykorzystanie energii wiatrowej sięga swoją historią czasów przed narodzeniem Chrystusa. Pierwsza udokumentowana wzmianka o tym typie pozyskiwania energii pojawiła się w 400r p.n.e. w Indiach i dotyczyła użycia wiatraków do pompowania wody.

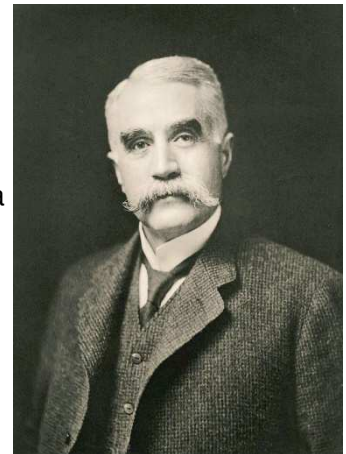
W dawnych czasach wiatraki stosowano do nawadniania i osuszania pól oraz do mielenia zboża. Już w VII wieku, Europie pojawiły się wiatraki z czterema skrzydłami.

Pionierami w dziedzinie wiatraków stali się Holendrzy.

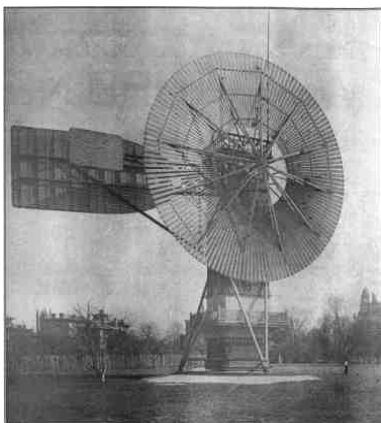
Pierwszą prowizoryczną siłownię wiatrową produkującą energię elektryczną, która działała samoczynnie zbudował Amerykanin- Charles F.Brush (budowa trwała od 1887-88r). Biorąc pod uwagę czasy w których skonstruował urządzenie turbina Brusha była imponująca. Średnica wirnika osiągnęła rozmiar 17 metrów, składał się on ze 144 łopat zrobionych z drzewa cedrowego.

Siłownia pracowała przez 20 lat, ładując tym samym akumulatory w piwnicy posiadłości Brusha. Moc generowana przez urządzenie wynosiła 12 kW.

Elektrownie były stopniowo udoskonalane. Poul la Cour odkrył większą wydajnością cechującą się wirniki o kilku łopatach.

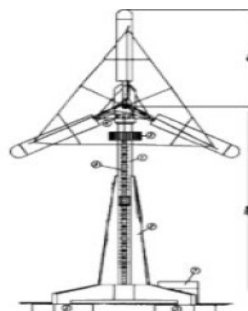


Charles F. Brush



Siłownia Brusha

Johannes Juul w 1950r stał się pierwszym konstruktorem siłowni wiatrowej z generatorem prądu przemiennego. Na wybrzeżu miejscowości Gedser w Danii zbudował elektrownię wiatrową, której założenia techniczne uważane są do dziś za nowoczesne.



## **ELEKTROWNIE DZIŚ**

Energetyka wiatrowa jest dzisiaj najszybciej rozwijającym się sposobem niekonwencjonalnego pozyskiwania energii. W 2007 roku zainstalowana moc sięgała 94GW. Produkcja energii wiatrowej stale rośnie. W okresie 9 lat, od 1997 do 2006 wzrosła 10-krotnie. W samych Niemczech wytwarza się ok.40% globalnej produkcji.

Kiedyś była ona tylko doraźny środkiem pozyskiwania energii, dzisiaj pokłada się w niej coraz to większe nadzieje. Rozwój odnawialnych źródeł energii jest istotnym elementem strategii bezpieczeństwa energetycznego i działań na rzecz utrzymania w warunkach obecnych klimatu. Elektrownie nie są już budowane jedynie na lądzie. Farmy wiatrowe stawia się również na morzach-płyciznach i w deltach rzek. Siła wiatru nad morzem jest większa, a co za tym idzie moc elektrowni wzrasta.

Ponadto elektrownie wiatrowe nabywają innej, nowej formy. Generatory „przydomowe” sprzedawane są w supermarketach budowlanych. Pozwalają one na dostarczenie energii mieszkańom, domostwom.

Farmy wiatrowe na lądzie



Farmy wiatrowe na wodzie



## **BUDOWA WSPÓLCZEŚNIE UŻYWANEGO WIATRKA/TURBINY**

Turbina jest jednym z podstawowych elementów elektrowni wiatrowej. Turbina, czyli silnik przepływowy wykorzystujący energię przez nią przepływającą do wytwarzania energii mechanicznej.

Budowa turbiny. Podstawowy element każdej turbiny jest łopatką, która jest przymocowana do piasty, tarczy lub bębna. Łopatki są przymocowane na całym obwodzie bębna lub tarczy, tworząc tak zwany wieniec łopatkowy lub palisadę łopatkową. Piasta, bęben bądź tarcza jest osadzona na wale; czasem są one wykonane jako jeden element. Wał razem z piastą / tarczą / bębniem i wieńcem łopatkowym stanowią wirnik turbiny, na którym generowany jest moment obrotowy.

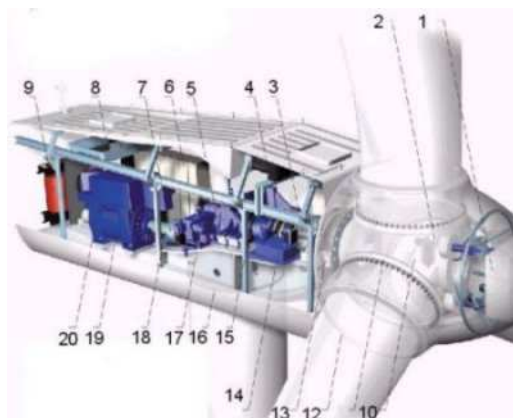
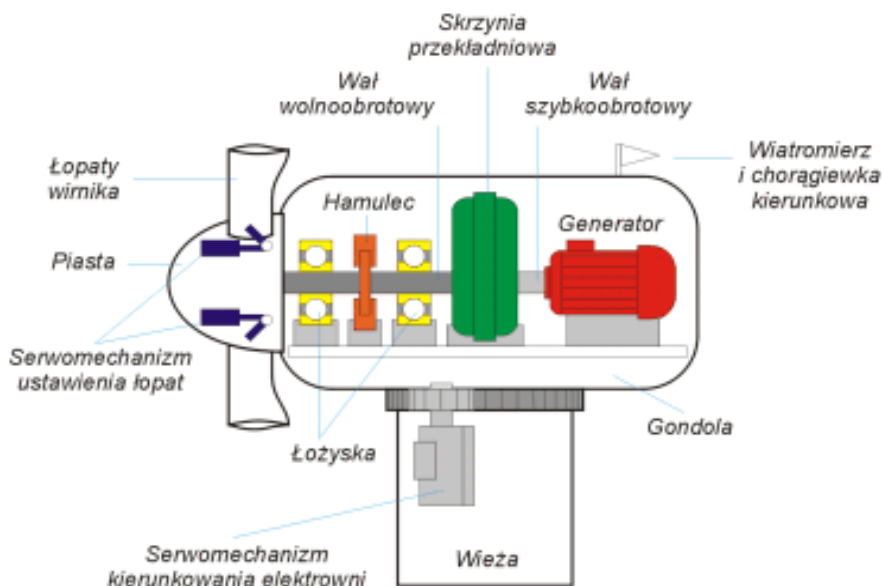
Wyróżniamy kilka typów turbin wiatrowych, między innymi są to turbiny: karuzelowe, bębnowe, śmigłowe i wielołopatowe. Najczęściej (na farmach wiatrowych) można się spotkać z turbinami śmigłowymi trójłopatowymi, które mają około 100 metrów wysokości i wirniku, który jest ustawiony w kierunku, z którego wieje wiatr. Na przykładzie właśnie takiej turbiny, śmigłowej trójłopatowej zostanie pokrótce omówiona budowa wiatraka.

Niezbędnymi elementami turbiny są (od dołu): fundament, wyjście do sieci elektroenergetycznej, wieża, wejściowa drabinka, serwomechanizm kierunkowania elektrowni, gondola, generator, wiatromierz, hamulec postojowy, skrzynia przekładniowa, łopata wirnika, siłownik mechanizmu przestawiania łopat i piasta.

**Wirnik** to najważniejsza część elektrowni wiatrowej. Przechwytuje on energię kinetyczną wiatru i przekazuje ją do generatora. Wirnik jest osadzony na wale, poprzez który napędzany jest generator. Najczęstsza prędkość obrotu wirnika to 15-20 obr/min. Typowy generator asynchroniczny wytwarza

energię elektryczną przy prędkości 1500 obr/min. Najczęściej spotykane są wirniki trójłopatowe, które zbudowane są z włókna szklanego wzmocnionego poliestrem. W piaście wirnika znajduje się serwomechanizm pozwalający na ustawianie kąta nachylenia łopaty (skoku). Gondola obraca się o 360stopni, zawsze ustawia się pod wiatr. Możliwość obracania się gondoli zapewnia zainstalowany na szczycie wieży silnik. Obrót gondoli odbywa się dzięki przekładni zębatej w silniku.

Ponadto w gondoli znajdują się: transformator, łożyska, układy smarowania oraz hamulec zapewniający zatrzymanie wirnika w sytuacjach awaryjnych.



### Elektrownia wiatrowa Vestas V80 (2 MW)

- 1) sterownik piasty
- 2) cylinder systemu sterowania łopatami
- 3) oś główna
- 4) chłodnica oleju
- 5) skrzynia przekładniowa
- 6) sterownik VIP z konwerterem
- 7) hamulec postojowy
- 8) dźwig serwisowy
- 9) transformator
- 10) piasta wirnika
- 11) łożysko łopaty
- 12) łopata

- 13) układ blokowania wirnika
- 14) układ hydrauliczny
- 15) tarcza hydraulicznego układu hamowania wirnika
- 16) pierścień układu kierunkowania
- 17) rama
- 18) koła zębate układu kierunkowania
- 19) generator
- 20) chłodnica generatora.

**Generator** ma za zadanie zamienić energię mechaniczną w elektryczną. Jego konstrukcja trochę różni się od typowych prądnic. Jest to spowodowane między innymi tym, że źródło mocy (wirnik turbiny wiatrowej) dostarcza zmieniający się, w zależności od warunków wiatrowych, moment napędowy. Elektrownie wiatrowe wykorzystują moc wiatru w zakresie jego prędkości od 4 do 25 m/s. Przy prędkości wiatru mniejszej od 4 m/s moc wiatru jest niewielka, a przy prędkościach powyżej 25 m/s ze względów bezpieczeństwa elektrownia jest zatrzymywana.

Oto wymagania i zalecenia, które powinny spełniać generatory do elektrowni wiatrowych::

- konstrukcja powinna zapewnić długotrwałą pracę bez wymiany i konserwacji podzespołów generatora,
- dla efektywniejszego wykorzystania energii wiatru korzystniejszy jest wariant generatora pracującego ze zmienną prędkością wirowania,
- współczynnik mocy powinien być bliski jedności (należy unikać pobierania mocy biernej przez generator),
- należy zmniejszyć do minimum udział wyższych harmonicznych prądu dostarczanego do sieci,
- należy utrzymywać parametry sieci.

W dużych elektrowniach (o mocy większej niż 100-150 kW), stosuje się trójfazowe prądnice prądu przemiennego, zwykle o napięciu 690 V. Energia jest przesyłana do transformatora obok turbiny (lub w wieży), który podnosi napięcie do wartości wymaganej przez sieć, na którą pracuje. Liczący się producenci dostarczają turbiny w dwóch wersjach: z generatorami 60 Hz przystosowanymi dla sieci w Ameryce i 50 Hz dla reszty świata.

Stosowane w elektrowniach wiatrowych generatory elektryczne przetwarzają energię mechaniczną silnika wiatrowego w energię elektryczną, przy stałej lub zmiennej prędkości obrotowej.

Przedstawiony zostanie teraz jeden z typów generatorów, a mianowicie generator asynchroniczny (indukcyjny).

Pracuje on ze stałą prędkością wirowania lub zmienia ją skokowo. Może być jedno lub dwubiegowy. Używany głównie w dziedzinie energetyki wiatrowej oraz w małych hydroelektrowniach. Jest odporny na przeciążenia, stosunkowo tani.

W generatorach tego typu obecne jest również ważne zjawisko poślizgu. Dzięki niemu prądnica ma możliwość nieznacznego zmniejszenia bądź zwiększenia prędkości, jeśli zmienia się moment napędowy.

Główną wadą generatorów asynchronicznych jest konieczność zasilania uzwojenia stojana (stojan-zespół nieruchomych elementów maszyny, otaczający wirujący wokół stałej osi wirnik), czyli namagnesowania go przed rozpoczęciem pracy. Jest to istotne zwłaszcza przy elektrowniach, które produkują energię na sieć wydzieloną. Potrzebne są wtedy urządzenia dostarczające prąd magnesujący przed rozpoczęciem pracy, czyli kondensatory czy też akumulatory.

Wspomniany został podział na generatory jedno i dwu biegowe. Zaczęto budować owe prądnice, gdyż stosowanie stałej prędkości obrotowej uniemożliwiłoby optymalne wykorzystywanie energii wiatrowej i generowanie większego uzysku energii. Przy słabym więc wietrze generatory pracują z mniejszą prędkością obrotową, natomiast przy wietrze mocniejszym z większą prędkością. Spotyka się także takie rozwiązania jak umieszczenie w jednej gondoli dwóch prądnic dla różnych prędkości wiatru.

Generatory indukcyjne mogą być różnorodnego rodzaju:

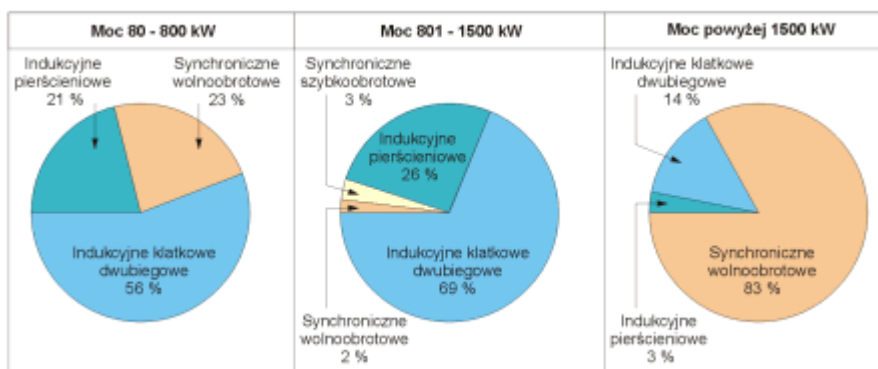
- pierścieniowe z tzw. Podwójnym zasilaniem,
- wolnoobrotowe bez przekładni mechanicznej,



- wysokoobrotowe z przekładnią mechaniczną,
- klatkowe,

Generatory wymagają chłodzenia w czasie pracy. Najczęściej używa się do tego celu powietrza tłoczonego przez wentylator, lecz można spotkać się też z chłodzeniem wodą.

Generatory w europejskich elektrowniach wiatrowych wg mocy i rodzaju rozwiązania



Większość sterowników w elektrowniach wiatrowych jest tak zaprogramowana, że przy niskich prędkościach wiatru odłącza prądnice od sieci (inaczej maszyna pracowałaby jako silnik). Kiedy wiatr staje się na tyle silny, że elektrownia może oddawać energię do sieci, ważny jest moment jego podłączenia. Nieprawidłowa procedura startowa mogłaby doprowadzić do rozbiegania się układu lub też jego przeciążenia. Bezpośrednie włączenie generatora do sieci mogłoby spowodować odczuwalny spadek napięcia, co wpływa niekorzystnie na pracę innych odbiorników zasilanych z tej linii. Przyczyną jest pobór dużego prądu magnesującego w czasie rozruchu. Innym niekorzystnym zjawiskiem byłoby właśnie przeciążenie mechaniczne wirnika i przekładni. Aby temu zapobiec, łączenia i rozłączanie odbywa się poprzez specjalne łączniki tyrystorowe (softstart, czyli układ stosowany w celu zmniejszenia początkowego poboru prądu przez silnik).

**Łopaty wirnika** mają odpowiednią sztywność by przy mocniejszym wietrze nie doszło do ich zderzenia z wieżą. Materiał, z którego łopaty są zbudowane powinien być trwały i wytrzymać cały cykl życia siłowni, czyli minimum 20 lat. Pomimo swej trwałości łopaty są lekkie. Od kształtu końcówki płata zależy to jaki poziom hałasu łopaty będą generować. Produkuje się je, aby wytrzymały ewentualny dodatkowy ciężar związany z możliwym oblodzeniem. Są odporne na wyładowania atmosferyczne.

Kształt łopat zapewnia im odpowiednie własności aerodynamiczne i ściśle wiąże się z działaniem siły nośnej. Rysunek poniżej przedstawia przekrój skrzydła oraz sposób w jaki powietrze na około niego się porusza.



Nowoczesne elektrownie wiatrowe wykorzystują zaawansowane technologie, niektóre znane z przemysłu lotniczego, ponieważ muszą pracować w bardzo różnym środowisku, przy zmiennych prędkościach i kierunkach wiatru.

Siła nośna powstaje gdy ciśnienie na dolnej części skrzydła jest większe niż na górnej. Dzieje się tak, ponieważ powietrze opływające górną część skrzydła ma większą drogę do pokonania, a więc porusza się szybciej.

Dzięki działaniu siły nośnej działającej np. na skrzydło samolotu utrzymuje go w powietrzu. Jest ona prostopadła do kierunku wiatru.



Ta sama siła, która utrzymuje w powietrzu samolot powoduje, że wirnik elektrowni wiatrowej obraca się na wietrze.

Większość nowoczesnych łopat w elektrowniach wiatrowych zrobiona jest z włókna szklanego wzmocnionego poliestrem lub żywicą epoksydową. Jako wzmocnienie używa się też włókien węglowych lub kevlaru, ale takie rozwiązanie jest bardzo kosztowne, szczególnie przy większych łopatach. Dostępne są też rozwiązania polegające na wykorzystaniu drewna wzmocnionego żywicą epoksydową lub innymi tworzywami sztucznymi, jednakże nie zdobyły one większej popularności. W bardzo małych turbinach stosuje się też łopaty stalowe i aluminiowe. Są one jednak bardzo ciężkie i podatne na zmęczenie materiału.

Elektrownie wiatrowe są wysokie i przez to stanowią naturalny cel wyładowań atmosferycznych. Narażone tym samym na uszkodzenie, łopaty zabezpieczone są instalacją odgromową. W każdej większej siłowni wymaga się jej stosowania.

We współczesnych siłowniach długości łopat osiągają rozmiary kilkudziesięciu metrów. Jest to problem techniczny i logistyczny przy organizowaniu ich transportu oraz przy montażu elektrowni. Łopaty są transportowane w całości.

**Wieża** powinna być przede wszystkim wytrzymała. Dla większych turbin wieże wykonywane są w postaci stalowej rury. Można spotkać się z wieżą- kratownicą lub żelbetonową rurą. Przy małych turbinach stosuje się maszt.



wieża- maszt



wieża- kratownica

**Skrzynia biegów** pozwala na wybór pomiędzy niską prędkością obrotową i wysokim momentem napędowym otrzymywanym od wirnika a wysoką prędkością obrotową i niskim momentem napędowym. Skrzynie biegów są duże i ciężkie. Tym samym utrudniają czynności serwisowe i naprawcze, a także komplikują budowę elektrowni. W turbinach dużej mocy coraz częściej stosuje się koncepcję z wolnoobrotowym generatorem synchronicznym. Przy takim rozwiązaniu o wartość częstotliwości dba układ energoelektroniczny.



Skrzynia biegów elektrowni wiatrowej.

### Układ sterowania

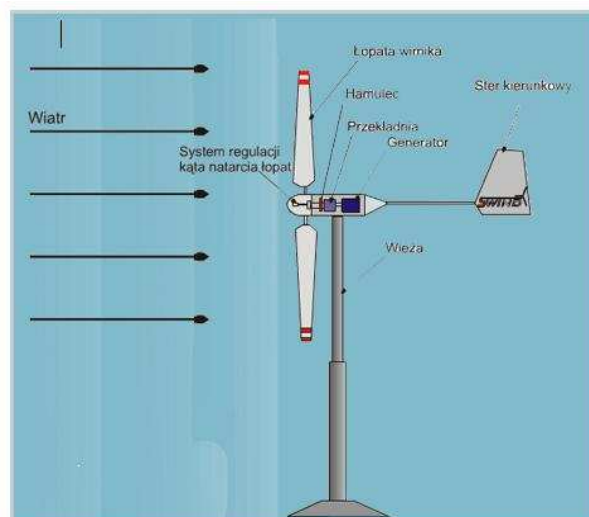
Współczesne elektrownie wiatrowe są zautomatyzowane. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu specjalnych układów sterowania, które spełniają następujące funkcje:

- naprowadzają wirnik na wiatr automatycznie aby mógł maksymalnie wykorzystać energię wiatru, załączają i wyłączają elektrownie,
- automatycznie regulują częstotliwość generatora oraz jego napięcie,
- włączają i wyłączają korekcję mocy biernej,
- odkręcanie kabli wiązki energetyczno-sygnałowej,
- monitorują sieć energetyczną,
- monitorują pracę elektrowni wiatrowej,
- zatrzymują turbinę w razie awarii.

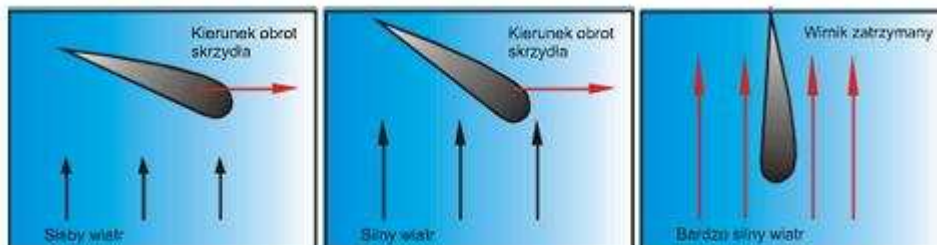
**System kontroli turbiny** cały czas monitoruje pracę siłowni. System ten składa się z kilku komputerów. Główny z nich to kontroler. Komputery nadzorują pracę przełączników, pomp hydraulicznych, zaworów i silników wewnątrz elektrowni. Łącze telefoniczne lub też radiowe zapewnia im możliwość komunikowania się z operatorem turbiny. Komputery te zbierają również dane z elektrowni.

### DZIAŁANIE ELEKTROWNI WIATROWEJ

Strumień powietrza wywołuje jego ruch obrotowy wirnika, ten przekazuje energię do przekładni. Następnie następuje wzrost wartości prędkości obrotowej przekazywanej przez generator.



Następnie mamy do czynienia z siłą nośną. Ważnym elementem całego układu jest system regulacji kąta natarcia łopaty.



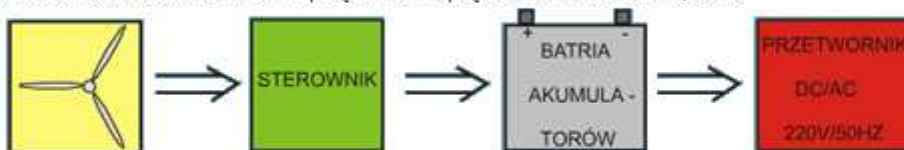
Prąd elektryczny można wykorzystywać na wiele sposobów:

Prąd elektryczny możemy wykorzystywać na wiele sposobów:

1. Bezpośrednio do ogrzewania budynków (zimą) podgrzeania wody użytkowej (latem).



2. Do zasilania odbiorników prądu na napięcie sieciowe 220V/50hz



3. W systemie mieszanym



Moc dowolnego odbiornika w układzie prądu stałego jest obliczana jako:

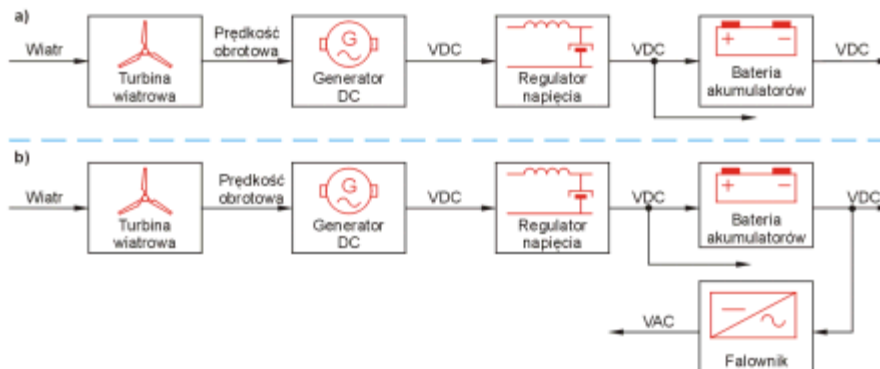
$$P = U \cdot I$$

gdzie:  $P$  – moc,  $U$  – stałe napięcie elektryczne,  $I$  – stały prąd elektryczny.

I tak, aby obliczyć stały prąd elektryczny należy przekształcić wzór do:  $I = P/U$

W elektrowniach wiatrowych stosuje się wiele typów układów konwersji energii, czyli zamiany jej na inną. Rodzaj układu zależy od przeznaczenia siłowni (praca na sieć wydzieloną lub sztywną) oraz jej mocy.

1)

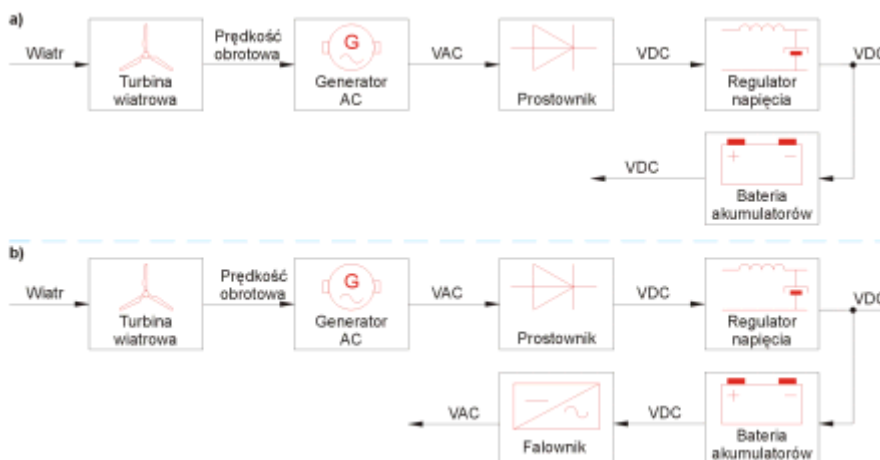


Na schemacie przedstawiono najpopularniejszy układ konwersji w elektrowniach wiatrowych pracujących na sieć wydzieloną z prądnicami prądu stałego.

- Generator DC- regulator mocy i kierunku obrotów silnika prądu stałego
- VDC- prąd stały
- ADC- prąd przemienny

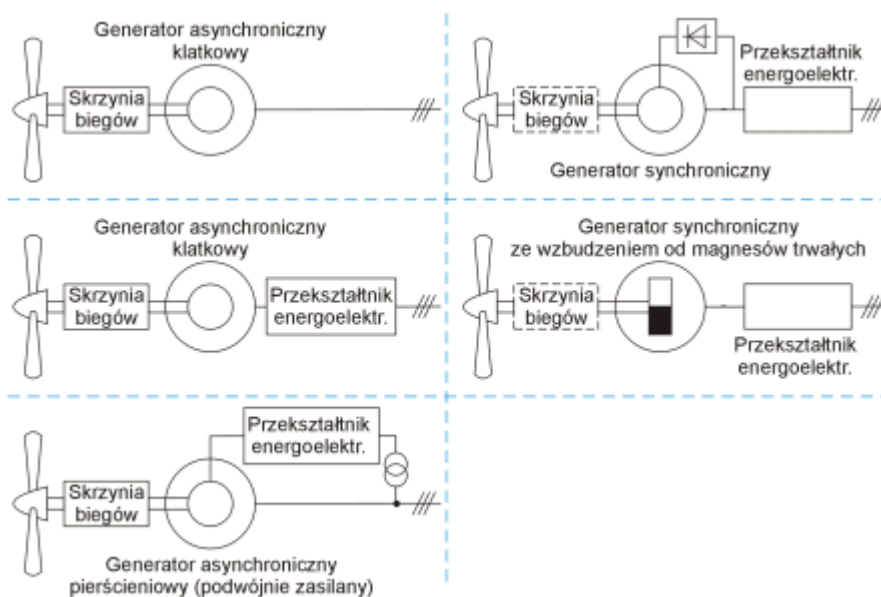
Układ a z rysunku powyżej jest mało skomplikowany, ale ze względu na rodzaj energii na wyjściu (energia prądu stałego) jest też mało uniwersalny. Problem ten został rozwiązany w układzie b za pomocą falownika, w którym energia prądu stałego jest zamieniana na energię prądu przemiennego. Falownik umożliwia bardzo dokładne dopasowanie częstotliwości i amplitudy napięcia, dzięki czemu energia pochodząca z siłowni może być użyta przez zwykłe odbiorniki sieciowe.

2)



Na schemacie przedstawiono najpopularniejszy układ konwersji w elektrowniach wiatrowych pracujących na sieć wydzieloną z prądnicami prądu przemiennego.

Rysunek przedstawia układy z prądnicami prądu przemiennego. W tym wypadku również konieczne było użycie falownika dla uzyskania parametrów energii zgodnych z sieciowymi. Napięcie z generatora musiało być jednak uprzednio wyprostowane. Powyższe układy łączy stosunkowo mała moc oraz to, że uzyskana energia zasila odbiorniki autonomiczne (sieć wydzielona).



Najczęściej stosowane układy w energetyce zawodowej

## **ENERGIA WIATROWA NA ŚWIECIE**

Prekursorami wykorzystywania wiatru w celach produkcji energii byli Holendrzy.

Aktualnie w USA w stanie Kalifornia znajdują się trzy zespoły liczące 15 000 turbin. Moc przez nie generowana zaspokoiłaby potrzeby 1,3 mln gospodarstw domowych lub całej aglomeracji San Francisco.

W Europie do końca 2002 roku moc zainstalowanych elektrowni osiągnęła 23 000 MW.

Jedną z największych elektrowni wiatrowych w Europie znajduje się w Walii, niedaleko miejscowości Carno. Jest ona w stanie dostarczyć energii dla 25 000 rodzin.

Niemcy również mają duży udział w europejskiej produkcji energii z wiatru. Wybudowanych jest tak ok 6000 siłowni wiatrowych o łącznej mocy 12 000 MW.

Tak więc, w profesjonalnym wykorzystaniu siły wiatru przodują Stany Zjednoczone (1870 MW), Dania (614 MW), Holandia (202 MW), Anglia (190 MW) i Hiszpania (163 MW).

Energię elektryczną z siłowni wiatrowych, wykorzystuje się także do przepompowywania wody, pod kątem jej dalszego wykorzystania jako źródła energii potencjalnej.

## **ENERGIA WIATROWA W POLSCE**

W Polsce stopień udziału generacji wiatrowej w zużyciu energii elektrycznej jest bardzo niski. W 2005r była to jedynie jedna setna procenta, w 2008r - 0,51%. Można zauważyć więc wzrost produkcji energii wytwarzanej tym niekonwencjonalnym sposobem.

Moc zainstalowana w energetyce wiatrowej w Polsce to 553 MW (stan 30.09.2009, źródło URE).

Oto 14 poważnych projektów energetycznych zrealizowanych na terenie naszego kraju:

Lokalizacja	Województwo	Moc
Barzowice	zachodniopomorskie	5,1 MW
Cisowo	zachodniopomorskie	18 MW
Zagórze	zachodniopomorskie	30 MW
Lisewo	pomorskie	10,8 MW
Tymień	zachodniopomorskie	50 MW
Puck	pomorskie	22 MW
Kisielice	warmińsko-mazurskie	40,5 MW
Kamieńsk	łódzkie	30 MW
Jagniątkowo	zachodniopomorskie	30,6 MW
Łosina k/Słupska	zachodniopomorskie	48 MW
Gniezdzewo	pomorskie	22 MW
Karścino	zachodniopomorskie	69 MW
Łebcz	pomorskie	8 MW
Suwałki	podlaskie	41,4 MW

Aktualnie realizowane są następujące inwestycje:

Lokalizacja	Województwo	Moc
Górzycza	lubuskie	-
Rzepin	lubuskie	-
Zajączkowo i Widzino	pomorskie	90 MW
Tychowo	zachodniopomorskie	50 MW
Jeleniewo	suwalszczyzna	30 MW
Śniatowo	zachodniopomorskie	32 MW
Kozanki Wielkie	łódzkie	-
Kuślin	wielkopolskie	>70 MW
Mieleszyn	wielkopolskie	120 MW

Większość z elektrowni wiatrowych, które już funkcjonują lub tych, które mają powstać, usytuowana jest w korzystnych pod względem wydajnościowym miejscach Polski. Kartogram przedstawia warunki wiatrowe dla naszego kraju:





Mapa została stworzona na podstawie pomiarów dokonywanych na wysokości co najmniej 60 m. Pozwoliło to poprawnie zweryfikować zasoby wiatru w celach energetycznych.

Szacuje się, że na 1/3 powierzchni Polski panują odpowiednie warunki do wykorzystania energii wiatru, a produkcja energii elektrycznej z wiatru może osiągnąć nawet 17 proc. bilansu energetycznego kraju. Zasoby energii wiatru są silnie związane z lokalnymi warunkami klimatycznymi i terenowymi. Zarówno teren, jak i warunki klimatyczne decydują o tym, czy dany obszar jest korzystnym miejscem do zbudowania farmy wiatrowej. Obszary o szczególnie dobrych warunkach wiatrowych to wybrzeże Morza Bałtyckiego, zwłaszcza część zachodnia, oraz północno-wschodni kraniec Polski.

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej przedstawiło plany rządowe na 2010r związane z elektrowniami wiatrowymi:

- 2000 MW zainstalowanych w energetyce wiatrowej,
- 2,3% udział generacji wiatrowej w krajowym zużyciu energii,
- Potrzebny przyrost mocy w latach 2006 - 2010: ponad 1800 MW, co oznacza potrzebę przyłączenia ok. 450 MW rocznie.

Wymagania Unii Europejskiej, które Polska ma przed sobą, to produkcja energii odnawialnej na poziomie 15% do 2020 roku.

Wzrost zainstalowanej energii wiatrowej powinien pomóc uzyskać ten poziom.

Musimy jednak wziąć pod uwagę to, że pomimo wzmożonej aktywności inwestorów energetyka wiatrowa również spotyka na swojej drodze wiele przeszkód. Jedną z nich jest uniemożliwianie przez grupy chroniące środowisko budowy farm wiatrowych. Amerykańską organizacją pozarządową- Center for Biological Diversity, ogłosiła, że corocznie za sprawą jednej turbiny lokalnej elektrowni ginie go 1,3tys ptaków. Polscy ekolodzy, również głośno wypowiadają się na ten temat.

Marta Karpuk, członkini zrzeszenia Greenpeace mówi: „My, jako zwolennicy ochrony zwierząt uważamy, że budowanie wiatraków stwarza poważne zagrożenie dla ptaków i nietoperzy, gdyż zwierzęta te łatwo mogą wkręcić się w śmigła tych urządzeń. Ponadto, wiatraki są głośne i odstrasza one inne zwierzęta, np. sarny żyjące na polach.”



Jednakże zwierzęta szybko przystosowują się do nowych warunków życia. Takie stanowisko przyjęli duńscy, niemieccy i holenderscy badacze. Więcej o wadach i zaletach farm i elektrowni wiatrowych w następujących podrozdziałach książki.

Podsumowując, nasz kraj jest potencjalnie dobrym miejscem do rozwoju pozyskiwania energii wiatrowej, lecz stale plasujemy się na końcowych miejscach w rankingu krajów produkujących energię z wiatru. Być może, jest to związane z ciągłymi przeszkodami stawianymi przez rząd i grupy tzw „zielonych”. Oto niektóre z czynników spowalniających budowę elektrowni wiatrowych:

- **Przyłączenie do sieci:** infrastruktura sieci przesyłowej na terenach o dużym poziomie wietrzności jest stosunkowo słaba, szczególnie w północnej Polsce. Procedury wydawania warunków przyłączenia do sieci są nieadekwatne.
- **Lokalizacje w obszarach cennych przyrodniczo.** Niezbędne jest wypracowanie oficjalnych obiektywnych, transparentnych i kompromisowych zasad sporządzania i oceniania raportów oddziaływania na środowisko farm wiatrowych.
- **Bilansowanie.** Preferencyjne zasady bilansowania energii z wiatraków będą obowiązywać wyłącznie 3 lata (2008-2010). Są one ponadto obciążone nieprecyzyjnymi zapisami, co spowoduje liczne konflikty.
- **Podatek od nieruchomości.** Pomimo korzystnych zmian w prawie budowlanym i korzystnych interpretacji przepisów podatkowych Ministerstwa Finansów, niektóre gminy nadal próbują naliczać podatek od nieruchomości od całej wartości elektrowni wiatrowej, a nie tylko od fundamentów i wież.

## ELEKTROWNIE WIATAROWE W REGIONIE

### 1) Lisewo

To właśnie tu została wybudowana pierwsza w Polsce nowoczesna turbina wiatrowa firmy Nordtank o mocy 150kW (wysokość 32.7 m). Następnie dobudowano jeszcze 14 kolejnych turbin o mocach 600kW (wysokości 60 m). Łączna moc wszystkich wynosi 10,8MW.

Dokładne położenie: Wysoczyzna Żarnowiecka, gmina Gniewino.



### 2) Łosino

Uruchomiono tam japońską elektrownię wiatrową. Farma składa się łącznie z 24 turbin. Całkowita moc wszystkich wynosi 48MW. Budowę elektrowni zakończono w 2008r. Ich koszt wyniósł razem 74mln euro.



### 3) Darłówko

Farma liczy 14 wiatraków o średniej wysokości 118 m.

### 4) Karścino

Farma liczy 60 wiatraków. Ich całkowita moc wynosi 90MW.

Zajmują powierzchnię ok. 500ha! Właścicielem jest Hiszpańska firma Iberdrola. Budowa trwała 2 lata i zakończyła się w 2009 roku.

Dokładne położenie: pola między Karścinem, a Motłowem.

## 5) Gnieźdzewo

W tej miejscowości postawiono 4 turbiny Nordex N 90. Ich łączna moc wynosi 22MW. Budowę zakończono pod koniec 2006 roku.



## 6) Barzowice

Pierwsza w Polsce przemysłowa farma wiatraków, założona w 2001 roku. Składa się z 6 turbin o łącznej mocy 5MW.

## 7) Cisowo



Elektrownię uruchomiono na początku 2002 roku. Liczy 9 turbin, a ich łączna moc to 18MW. Średnia wysokość jednego wiatraka jest równa 98 m. Rocznie farma produkuje ok. 41000 MWh energii elektrycznej.

## 8) Zagórze

Zbiór 15 elektrowni wiatrowych. Łączna moc 30 MW. Koniec budowy nastąpił w 2002 roku. Łączne koszty realizacji wyniósł 30 mln euro! Średnia roczna produkcja energii wynosi ok. 56-72 mln kWh.



W zaskakująco szybkim czasie nastąpił w Polsce dynamiczny rozwój energetyki wiatrowej. W 2007 roku otwarto kilka farm wiatrowych o łącznej mocy ok. 130MW. W pierwszej połowie 2008 roku powstały kolejne parki wiatrowe o mocy 57,6MW !

### **WYLICZAMY KOSZTY ZAŁOŻENIA WŁASNEJ ELEKTROWNI WIATROWEJ:**

#### ROCZNE ZUŻYCIE PRĄDU PRZECIĘTNEGO GOSPODARSTWA DOMOWEGO

- a) jednoosobowego -> 1700 kWh ( 741zł )
- b) dwuosobowego -> 3100 kWh ( 1209zł )
- c) trzyosobowego -> 3400 kWh ( 1365zł )
- d) czterosobowego -> 4500 kWh ( 1755zł )
- e) pięćosobowego -> 5700 kWh ( 2223zł )

#### KOSZT ZAŁOŻENIA ELEKTROWNI WIATROWEJ I ROCZNA PRODUKCJA PRĄDU:

- a) o mocy 1kW -> 3300zł  
roczna produkcja prądu: 1709 kWh

b) o mocy 2kW -> 9300zł  
roczna produkcja prądu: 3418kW

c) o mocy 3kW -> 10250zł  
roczna produkcją prądu: 5126kW

**JAKA ELEKTROWNIA JEST NAJBARDZIEJ OPŁACALNA I KIEDY ZWRÓCĄ SIĘ KOSZTY JEJ ZAŁOŻENIA?**

a) Dla gospodarstwa jednoosobowego najlepsza będzie mała elektrownia wiatrowa o maksymalnej mocy 1kW. Z w/w danych wynika, że koszty jej założenia zwrócą się już po 4,5roku. To gospodarstwo przez kolejne 21 lat będzie mogło cieszyć się darmowym prądem.

b) Dla gospodarstwa dwuosobowego najlepsza będzie mała elektrownia wiatrowa o mocy 2kW. Z w/w danych wynika, że koszty jej założenia zwrócą się po niecałych 7 latach! To gospodarstwo przez kolejne 18 lat będzie mogło cieszyć się darmowym prądem.

c) Dla gospodarstwa trzyosobowego najlepsza będzie również mała elektrownia wiatrowa o mocy 2kW. Z w/w danych wynika, że koszty jej założenia zwrócą się po ok. 7,5/8 latach. To gospodarstwo przez kolejne 17 lat będzie mogło cieszyć się darmowym prądem.

d) Dla gospodarstwa czterosobowego najlepsza będzie mała elektrownia wiatrowa o mocy 3kW. Z w/w danych wynika, że koszty jej założenia zwrócą się po 5 latach. To gospodarstwo przez kolejne 20 lat będzie mogło cieszyć się darmowym prądem.

e) Dla gospodarstwa pięciosobowego najlepsza będzie mała elektrownia wiatrowa o mocy 3kW. Inwestycja zwróci się po ok. 6 latach. To gospodarstwo przez kolejne 19 lat będzie mogło cieszyć się darmowym prądem.

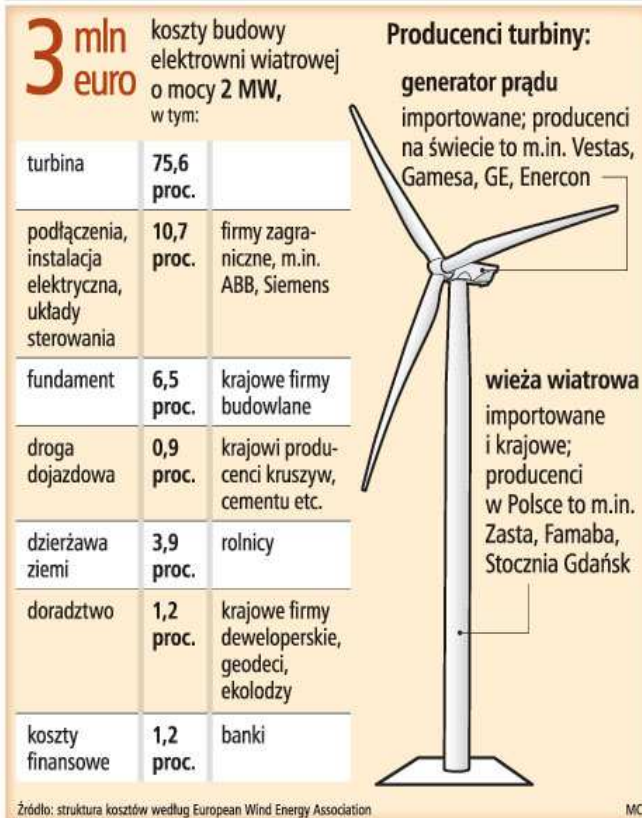
### **PORÓWNANIE KOSZTÓW ZAŁOŻENIA I UTRZYMANIA PRZYDOMOWEJ ELEKTROWNI WIATROWEJ Z KOLEKTOREM SŁONECZNYM**

Na podstawie własnych obliczeń, przy założeniach średnich wartości kosztów zbudowania elektrowni i innych powstały oto takie zestawienia.

#### Porównanie dla gospodarstwa dwuosobowego

	<b>Wiatrak</b>	<b>Kolektor</b>
<b>Koszt założenia</b>	<b>3 300 zł</b>	11 000 zł
<b>Zwrot po okresie</b>	<b>4 lat</b>	12 lat
<b>Zużycie roczne prądu</b>	3100 kWh	3100 kWh
<b>Płatność roczna za prąd przed montażem</b>	1 200 zł	1 200 zł
<b>Płatność roczna za prąd po montażu</b>	<b>0 zł</b>	315zł(koszt utrzymania kolektora)
<b>Energia otrzymana w ciągu roku</b>	1700 kWh	<b>2300 kWh</b>

## KTO ZARABIA NA BUDOWIE ELEKTROWNI WIATROWEJ



## Porównanie dla gospodarstwa trzyosobowego

	Wiatrak	Kolektor
<b>Koszt założenia</b>	9 300 zł	11 000 zł
<b>Zwrot po okresie</b>	7/8 lat	7lat
<b>Zużycie roczne prądu</b>	3400 kWh	3400 kWh
<b>Płatność roczna za prąd przed montażem</b>	1365zł	1365zł
<b>Płatność roczna za prąd po montażu</b>	0 zł	315zł(koszt utrzymania kolektora)
<b>Energia otrzymana w ciągu roku</b>	3418kWh	4100 kWh

Na podstawie takich wyników możemy wnioskować, że przydomowe elektrownie wiatrowe są tańsze w budowie, jak i późniejszym utrzymaniu. Generują jednak mniej energii niż kolektory słoneczne.

Rysunek powyżej przedstawia podział kosztów budowy elektrowni wiatrowej o mocy 2MW.

## **WADY I ZALETY PRODUKOWANIA ENERGII Z WIATRU**

Produkcowanie energii elektrycznej jest pełne zalet. Przede wszystkim źródło takiej energii jest niewyczerpalne. Stosowanie odnawialnych źródeł energii jest przyszłościowe.

Ponadto energia wiatrowa jest niezależna, powszechnie dostępna oraz uniezależniona od wymian handlowych między krajami. Eksploatacja elektrowni wiatrowych nie powoduje zanieczyszczeń gleb, wód powierzchniowych ani podziemnych. Przez produkcję energii nie powstają żadne opady (takie jak kwaśne deszcze przy emisji SO<sub>2</sub>) oraz szkodliwe dla człowieka promieniowanie elektromagnetyczne.

Oto najważniejsze korzyści ekologiczne płynące z działania elektrowni wiatrowych:

1. Poprawa czystości powietrza, jakości klimatu.
2. Brak emisji gazów cieplarnianych i pyłów.
3. Brak opadów stałych i gazowych, nie występuje też degradacja i zanieczyszczenie gleby. Brak strat w obiegu wody.
4. Technologia pozbawiona jest ryzyka zastosowania (np. awarii reaktora, z jakim związane jest wykorzystanie energetyki atomowej).
5. Brak spadku poziomu wód podziemnych, które towarzyszy wydobyciu surowców kopalnych (węgla).
6. Wymagana stosunkowo mała powierzchnia. Elektrownie budowane na lądzie mogą współistnieć z rolniczym wykorzystaniem gruntu.

Jednakże elektrownie wiatrowe mogą powodować następujące uciążliwości dla otoczenia:

- wizualne\*,
- klimatu akustycznego\*\*,
- zagrożenia dla przelatujących ptaków\*\*\*,
- zakłócenia fal radiowych i telewizyjnych.

**\*Zakłócenia wizualne.** Skupiska elektrowni wywierają znaczny wpływ na krajobraz. Obracające się śmigła mogą wywołać efekt stroboskopowy. Dlatego też elektrownie powinny być sytuowane z dala od zamieszkałych terenów aby nie wpływały niekorzystnie na psychikę pobliskich mieszkańców.

**\*\*Zagrożenia klimatu akustycznego.** Hałas wytwarzany przez elektrownię przy pracy pochodzi głównie od obracających się łopat wirnika (przez opory aerodynamiczne), a w mniejszej części od generatora i przekładni. Przy planowaniu budowy należy uwzględnić poziom dźwięku i dotyczące tych poziomów normy. Problemem jest bardziej monotonność dźwięku i jego długotrwałe oddziaływanie na psychikę człowieka. Strefą ochronną powinien być objęty obszar ok. 500m od masztu elektrowni, jednak wiele zależy od ukształtowania terenu w pobliżu elektrowni.

**\*\*\*Zagrożenia dla przelatujących ptaków.** Istnieje prawdopodobieństwo, że podczas pracy elektrowni wiatrowej lecący ptak uderzy w turbinę. "Fakty na temat energetyki wiatrowej i ptaków" (ang. "Facts about wind energy & birds") podała, "że ptak średnio wejdzie w kolizję z turbiną raz na 8 do 15 lat. Wyższa śmiertelność jest zauważana w przypadku niektórych grup turbin umieszczonych na terenach morskich w pobliżu dużych skupisk ptactwa"

Tak więc, przed podjęciem decyzji o lokalizacji budowy siłowni wiatrowej każdy rejon powinien być oceniony pod względem emisji hałasu, wpływu budowy i eksploatacji elektrowni na środowisko naturalne, sezonowych tras przelotowych ptaków. Właściwa lokalizacja pozwala w ogromnym stopniu zredukować powyższe uciążliwości.

## **Wind Energy**

Wind is a move of air with majority of horizontal component. It begins because of not even disposition. To make energy there's not necessary any fuel or coal etc. Wind energetics is the fasters evolved way of alternative energy sources. In 2007 power of wind in power stations had rised to 94 GW. Today windmills farms are built not only on the ground bout even in shallow seacoasts.

### **The Construction**

The head part of windmill is a turbine which is built of: fundament, tower, enter ladder, gondola, energy generator, rotor, wind measure, break, gear box, hub and blade of wind measure.

Rotor is getting the kinetic energy and send it to the generator. Generator has to change mechanic energy to the electric energy. Rotor blades have to be fixed and ready to resist up to 20 years (the time of power station "living")

### **Carrier Strenght**

It's making when the pressure under the windmill is bigger then over it. It is like this because the air which is running around the wing has to make longer way over the higher side and it moves faster.

### **How It Works?**

The air is moving the rotor, which send the energy to the gear box. Then the rotary speed is rising.

Generator is changing the mechanic energy to the electricity we can use.

### **Advantages and disadvantages of wind energy**

The most important advantage is that wind energy is renewable. It will never run out. Next positive is that production energy from wind doesn't pollute the atmosphere. There are also some disadvantages like noise and danger for birds.

Anyway we should produce energy from wind. It's economical and ecological form to satisfy everybody's needs.



Le vent est le mouvement de l'air avec la composante horizontale élevée, qui est créé par la distribution inégale de la pression atmosphérique en différents points de la surface de la terre.

Pour générer l'énergie éolienne n'est pas nécessaire d'utiliser tout combustible.

L'énergie éolienne est aujourd'hui la manière la plus forte croissance à générer d'énergie.

Fait intéressant, la ferme est déjà montée, même en haute mer et les deltas fluviaux.

## **Construction**

Turbine: ses principaux éléments sont le fondement, le retourner dans le réseau, le tour, l'échelle, la nacelle, le générateur, l'anémomètre, les freins, la boîte de vitesses, une pale du rotor, l'actionneur. Rotor: la partie la plus importante de l'usine. Capte l'énergie cinétique et l'envoie au générateur. Générateur: consiste à convertir l'énergie mécanique et l'électricité.

Les pales de rotor: ils sont durables et peuvent travailler avec une salle de gym à vie, au moins 20 ans.

Fonctionnement des turbines à vent ne cause pas de pollution du sol et l'eau. Ne produit pas de précipitation. N'émet pas de radiations nocives.

La production d'électricité avec facultés affaiblies perturbations mai être visuelle, de la menace climatique acoustique, d'une menace pour les oiseaux, la distorsion de la radio et la télévision. Le plus gros avantage est qu'il est la source inépuisable d'énergie.

Avant de décider de construire une centrale électrique, le domaine devrait être évaluée en termes de bruit et l'impact de l'environnement proche.

En 2007, la capacité installée atteint 94 GW. Pour 1/3 de notre pays les conditions propices à l'utilisation des moulins à vent. Production d'électricité à partir du vent est inférieure à 17% du bilan énergétique du pays!



Źródła:

- <http://ziemianarozdrozu.pl/encyklopedia/56/energetyka-wiatrowa/>
- <http://www.elektrownie.tanio.net/>
- [http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/energetyka\\_wiatrowa.htm](http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/energetyka_wiatrowa.htm)
- [http://www.eab-energy.eu/pl/desktopdefault.aspx/tabid-86/64\\_read-150/](http://www.eab-energy.eu/pl/desktopdefault.aspx/tabid-86/64_read-150/)
- <http://forsal.pl/>
- "Technologie energetyczne" Tadeusz Chmielniak
- "Energia wiatru i wody" Clit Twist
- "Elektrownie" Damazy Laudyn