

12 Fale

Jeśli w ogóle energia fal ma dawać nadzieję jakiemuś krajowi, to musi dawać nadzieję Wielkiej Brytanii i Irlandii, otoczonym z jednej strony wodami Oceanu Atlantyckiego, a z drugiej wodami Morza Północnego.

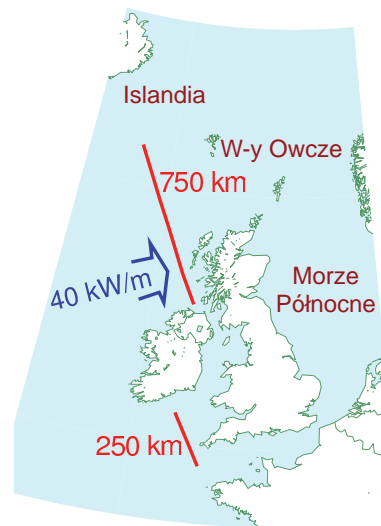
Najpierw wyjaśnijmy, skąd się biorą fale: *energia słońca wywołuje wiatr, a ten z kolei tworzy fale.*

Większość promieniowania słonecznego, które dociera do naszej planety, ogrzewa oceany. Nagrzana woda ogrzewa powietrze nad nią – w ten sposób powstaje para wodna. Ciepłe powietrze unosi się, a im wyżej dociera, tym bardziej się ochładza; para wodna w końcu ponownie kondensuje, a wówczas formują się chmury, z których pada deszcz. W górnych warstwach atmosfery temperatura znacząco spada i zimne powietrze opada ponownie ku ziemi. Ta wielka, napędzana słońcem pompa kręci powietrzem w olbrzymich pętlach konwekcji. My zaś, na powierzchni Ziemi, ów ruch powietrza odbieramy jako wiatr. Gdy wiatr wieje nad wodą, powstają fale, które stanowią szczególny, przetworzony rodzaj energii słonecznej (pamiętajmy przy tym, że uderzające o brzeg fale nie mają nic wspólnego z pływami oceanicznymi).

Na otwartej przestrzeni fale tworzą się, gdy prędkość wiatru jest większa niż około 0,5 m/s. Grzbiety fal przemieszczają się mniej więcej z tą samą prędkością i w tym samym kierunku, co wywołujący je wiatr. *Długość fali* (dystans pomiędzy grzbietami) i *okres* (czas pomiędzy nadejściem grzbietów fali w danym miejscu) zależą od prędkości wiatru. Im dłużej wiatr dmie i im większa jest przestrzeń, nad którą wieje, tym większa *wysokość* wywoływanych przez niego fal. Ponieważ wiatry nad Atlantykiem wieją zwykle z zachodu na wschód, fale docierające do zachodnich wybrzeży Europy są szczególnie duże. (Fale na wschodnim wybrzeżu Wysp Brytyjskich są zwykle znacznie mniejsze, stąd moje szacunki potencjalnej energii dostępnej z fal skoncentrują się na zasobach Oceanu Atlantyckiego).

Fale mają długą pamięć i będą biec w tym samym kierunku jeszcze całymi dniami po tym, jak wiatr przestanie wiać – aż w coś uderzą. Na morzach, nad którymi kierunek wiatru często się zmienia, fale – przemieszczające się w różnych kierunkach i powstałe w różnych dniach – tworzą prawdziwy mizmasz. Jeśli fale biegnące w jakimś kierunku napotkają obiekt, który zaabsorbuje ich energię – na przykład łańcuch wysp z piaszczystymi plażami – to morze za tym obiektem jest spokojniejsze. Obiekty rzucają cień, a fale za nim mają mniejszą energię. Słońce dostarcza zatem pewnej energii na *jednostkę powierzchni*, fale zaś dostarczają energii na *jednostkę długości*. Nie da się równocześnie zjeść ciastko i dalej mieć je na talerzu. Tak jak nie można wykorzystać energii fal w odległości dwóch kilometrów od brzegu, a *następnie po raz kolejny* w odległości jednego kilometra od brzegu. A właściwie, próbować można, jednak instalacja położona dwa kilometry od brzegu zaabsorbuje energię, która w związku z tym nie dotrze już do instalacji położonej kilometr dalej.

Obszar oceanu potrzebny do uformowania się dużych fal można mierzyć w tysiącach kilometrów. Możemy obliczyć górny przedział możliwej do uzyskania energii z fal, szacując energię nadbiegających fal na jednostkę długości wybrzeża i mnożąc przez długość linii brzegowej. Zignorujemy kwestię tego, jaki mechanizm miałby zbierać tę energię, a zamiast tego skoncentrujemy się na odpowiedzi na pytanie, ile tej energii w ogóle jest.



Fot. 12.1. Kolektor energii fal Pelamis to rodzaj węża morskiego składającego się z czterech części. Jest ustawiony przodem do nadbiegających fal. Fale powodują, że wąż wygina się, co porusza generatory hydrauliczne. Maksymalna moc uzyskiwana z jednego węża wynosi 750 kW; w najlepszych lokalizacjach na wybrzeżach Atlantyku jeden wąż może dostarczać średnio 300 kW. Fot. Pelamis
www.pelamiswave.com

Moc fal Atlantyku została zmierzona – to około 40 kW na metr linii brzegowej. Brzmi naprawdę imponująco! Gdyby każdy miał dla siebie tylko metr linii brzegowej i był w stanie wykorzystać 40 kW w całości, to z nadadkiem wystarczyłoby na pokrycie zużycia energii współczesnego człowieka. *Nasza populacja jest jednak zbyt liczna.* Nie mamy wystarczająco długiej linii brzegowej, aby każdy mógł mieć swój metr.

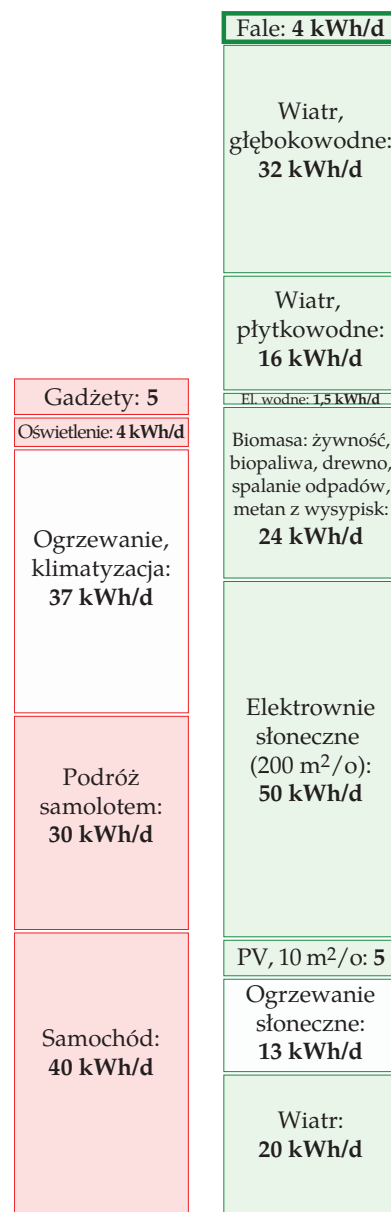
Jak pokazuje mapa na stronie 81 Wielka Brytania ma około 1000 km linii brzegowej nad Atlantykiem (jeden milion metrów), co daje 1/60 m na osobę. Tak więc całkowita docierająca do wybrzeża moc wynosi 16 kWh na osobę dziennie. Gdybyśmy wykorzystali całą tę energię, Atlantyk u brzegów Wielkiej Brytanii stałby się płaski jak staw w parku. Rzeczywiste systemy nie będą w stanie wykorzystać 100% energii, a część z przejętej energii niewątpliwie zostanie stracona w procesie zamiany energii mechanicznej w elektryczną.

Załóżmy, że opracujemy fantastyczne konstrukcje elektrowni falowych, które będą mieć wydajność przetwarzania energii mechanicznej w elektryczną na poziomie 50% oraz że będziemy w stanie zbudować nimi 500 km wybrzeży Atlantyku. Oznacza to, że wykorzystalibyśmy 25% teoretycznie dostępnej energii. Daje to **4 kWh na osobę dziennie**. Jak zwykle, celowo czynię dość ekstremalne założenia, aby podkreślić wzrost zielonego słupka. Myślę również, że przyjęte założenia, iż *połowę atlantyckiej linii brzegowej* zbudujemy elektrowniami falowymi, dla wielu czytelników brzmią jak opowieści o gruszkach na wierzbie.

Zastanówmy się teraz, jak przyjęte przeze mnie liczby mają się do dostępnej dziś technologii? W chwili, gdy piszę te słowa, istnieją jedynie trzy godne uwagi urządzenia działające w głębokiej wodzie: są to trzy elektrownie falowe Pelamis (rys. 12.1). zbudowane w Szkocji, a zainstalowane w Portugalii. Nie opublikowano dotychczas danych o ich wydajności, jednak producenci Pelamis („zaprojektowane przede wszystkim z naciskiem na trwałość, a nie efektywność energetyczną”) przewidują, że długa na 2 kilometry farma falowa składająca się z 40 takich węży będzie wytwarzać 6 kW na każdy metr farmy falowej. Gdy wykorzystamy te obliczenia, moc dostarczana przez instalację o długości 500 kilometrów wyniesie 1,2 kWh na osobę dziennie. O ile moc fal może być użyteczna dla małych społeczności na odległych wyspach, podejrzewam, że nie odegra ona znaczącej roli w rozwiązaniu problemu zrównoważonego pozyskiwania energii w Wielkiej Brytanii.

Polska ma niecałe 400 km linii wybrzeża morskiego (pomijając zawijasy linii brzegowej, wybrzeża Zatoki Gdańskiej oraz Zalewu Szczecińskiego i Zalewu Wiślanego). Powiedzmy, że podobnie jak w Wielkiej Brytanii połowę wybrzeża zbudujemy elektrowniami falowymi. Instalacje te osiągną wówczas długość 200 km.

Niestety, fale na Bałtyku to ubodzy krewni fal Atlantyckich. Wiele energii się z nich nie wycisnie. Według szacunków Instytutu Morskiego w Gdańsku, energia fal u naszych wybrzeży wynosi średnio 4 kW na metr bieżący grzbietu fali (co mniej więcej odpowiada mocy fal na Morzu Północnym). Pomijając fakt, że fale wcale nie będą uderzać prostopadle w wybrzeże, całkowita moc możliwa do uzyskania na polskim wybrzeżu to około **0,25 kWh na osobę dziennie**. Tak mało energii z tak olbrzymiej infrastruktury? Zapomnijmy więc o tym pomysle i przyjmijmy **0 kWh na osobę dziennie**.



Rys. 12.2. Fale

Jaka jest masa Pelamis i ile stali zawiera taka instalacja? Jeden wąż o maksymalnej mocy 750 kW waży 700 ton, z czego 350 ton przypada na balast, a reszta to prawie w 100% stal. Daje to stosunek masy do mocy na poziomie 500 kg na kW (maksymalnie). Możemy to porównać z wymaganiami surowcowymi dla morskich elektrowni wiatrowych: morska turbina wiatrowa o mocy maksymalnej 3 MW waży 500 ton, z uwzględnieniem fundamentu. Daje to współczynnik masa/moc na poziomie 170 kg na kW, czyli jedna trzecia tego, co dla elektrowni falowej Pelamis. Pamiętajmy jednak, że Pelamis to prototyp i wraz z inwestycjami i dalszym rozwojem tej technologii współczynnik ten prawdopodobnie ulegnie poprawie.



Fot. Terry Cavner

Przypisy i zalecana literatura

Numer strony:

- 81 **Na otwartej przestrzeni fale tworzą się, gdy prędkość wiatru jest większa niż około 0,5 m/s.** Grzbiety fal przemieszczają się mniej więcej z tą samą prędkością i w tym samym kierunku, co wywołujący je wiatr. – Najprostsza teoria powstawania fal (Faber, 1995, str. 337) sugeruje, że u małych fal grzbiety przemieszcza się z prędkością mniej więcej równą połowie prędkości wywołującego fale wiatru. Jednak obserwacje pokazują, że im dłuższy wieje wiatr, tym większa jest długość fal i tym większa jest ich prędkość. Prędkość fal nad dużymi obszarami wodnymi o stałym wietrze jest prawie równa prędkości wiatru 20 metrów nad powierzchnią morza (Mollison, 1986).
- **Fale na wschodnim wybrzeżu Wysp Brytyjskich są zwykle znacznie mniejsze...** – Podczas gdy moc fal w Lewis (Atlantyk) wynosi 42 kW/m, moc fal na wschodnim wybrzeżu jest znacznie mniejsza: w Peterhead wynosi 4 kW/m, w Scarborough – 8 kW/m, a w Cromer – 5 kW/m; – Źródło: Sinden (2005). Sinden stwierdza, że „region Morza Północnego charakteryzuje bardzo niska energia fal”.
- 82 **Moc fal Atlantyku została zmierzona: to około 40 kW na metr linii brzegowej.** – (Rozdział F wyjaśnia, jak możemy wyznaczyć tę moc, posługując się kilkoma informacjami na temat fal). Liczba ta jest dobrze umocowana w literaturze traktującej o energii fal na Atlantyku (Mollison et al., 1976; Mollison, 1986, 1991). Cytując na przykład Mollisona (1986): „wielkoskalowe zasoby północnowschodniego Atlantyku, od Islandii do północnej Portugalii, wynoszą 40–50 MW/km, z czego 20–30 MW/km jest potencjalnie możliwe do ekonomicznego pozyskiwania”. W dowolnym punkcie otwartego oceanu można wyróżnić trzy wielkości – moc na jednostkę długości: *moc całkowitą fal* przechodzących przez dany punkt w kilku kierunkach (średnio 63 kW/m na Wyspach Scilly i 67 kW/m u brzegów wyspy Uist), *moc netto* możliwą do przejścia przez optymalnie ustawione urządzenie kierunkowe (47 kW/m i 45 kW/m odpowiednio) i *moc na jednostkę długości wybrzeża*, która uwzględnia rozbieżność między optymalnym ustawieniem urządzenia a kierunkiem linii brzegowej (na przykład w Portugalii optymalny kierunek ustawienia to północny zachód, podczas gdy linia brzegowa jest zwrócona na zachód).
- **Rzeczywiste systemy nie będą w stanie wykorzystać 100% energii, a część z przejętej energii niewątpliwie zostanie stracona w procesie zamiany energii mechanicznej w elektryczną.** – Pierwsza podłączona do sieci elektrownia falowa w Wielkiej Brytanii, Limpet na wyspie Islay w archipelagu Hebrydów Wewnętrznych, stanowi uderzający przykład tych strat. Na etapie projektowania jej sprawność konwersji od energii fal do sieci elektrycznej szacowano na 48%, a średnią dostarczaną moc na 200 kW. Jednak okazało się, że w wyniku strat energii w systemie przechwytywania energii fal, kołach zamachowych i komponentach elektrycznych rzeczywista średnia moc urządzenia wynosi 21 kW, dając tym samym wydajność końcową 10% (Wavegen, 2002).

