

Wywarzanie energii elektrycznej z wykorzystaniem odnawialnych zasobów energii.

Wykład pierwszy. Charakterystyka odnawialnych źródeł energii

Autorzy: Prof. nzw. dr hab. inż. Józef Paska, mgr inż. Mariusz Sałek, mgr inż Tomasz Surma

(„Energetyka” – marzec 2005)

Rodzaje OZE, ich źródła i zasoby

Kryzysy naftowe lat siedemdziesiątych XX wieku (1973-1974 i 1979-1980) oraz względy ochrony środowiska wywołały zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii i ich wykorzystaniem w energetyce, źródłami czerpiącymi z niemal nieograniczonych zasobów, elastycznych, bo wykorzystujących różnorodne lokalne zasoby energii oraz bezpiecznych ekologicznie [25].

Są możliwe różne klasyfikacje energii odnawialnych. Według najbardziej ogólnej wyróżnia się [1]

- energię promieniowania Słońca,
- energię wnętrza Ziemi (geotermiczną),
- energię ruchów planetarnych (pływów).

Światowa Rada Energetyczna przy ocenie zasobów energetycznych wyróżnia następujące energie odnawialne i ich źródła:

- słoneczną,
- wiatru,
- energię z biomasy,
- wód,
- geotermiczną,
- fal i pływów morskich i oceanicznych.

Niekiedy powyższy wykaz uzupełnia się o ciepło oceaniczne, zaś energię fal i pływów o energię prądów morskich i oceanicznych oraz energię powstającą z różnic w zasoleniu.

Zgodnie z oceną Światowej Rady Energetycznej (XIV Kongres, Montreal 1989) potencjał odnawialnych źródeł energii jest wprawdzie bardzo wielki, lecz techniczne możliwości jego wykorzystania są ograniczone (tab. 1).

Przyjmuje się, że wykorzystanie energii słonecznej może mieć zastosowanie tylko na 1% powierzchni Ziemi ze sprawnością 10%. Mimo to techniczny potencjał odnawialnych źródeł energii jest prawie 2,5-krotnie większy niż obecne zużycie energii na świecie (w 2001 roku - 10,383 Gtoe). Z tego potencjału wykorzystuje się ok. 13%.

Szacunki zasobów odnawialnych źródeł energii w Polsce są bardzo różne, lecz generalnie uważa się, że Polska jest krajem o skromnych potencjalnych zasobach energii odnawialnych. Ocenia się je na ok. 10% obecnego rocznego zużycia energii w gospodarce narodowej. Możliwości wykorzystania źródeł energii odnawialnej w Polsce zestawiono w tabeli 2.

W liczącej się skali jest wykorzystywana energia wód, której zasoby są oceniane jako

możliwość produkcji ok. 12-13 TWh energii elektrycznej rocznie, a obecnie wykorzystuje się ok. 11% tego potencjału (w 2002 r.) [40].

Tabela 1

Zasoby i wykorzystanie
odnawialnych źródeł energii [10, 47]

Energia	Potencjał w Gtoe		
	teoretyczny	techniczny	wykorzystany
Słoneczna	19 000	19	0,00001
Wiatru	280	0,8	0,0001
Z biomasy (biomasa)	75	1,6	1,26
Wód	4	1,7	0,5
Geotermiczna	26	0,5	0,0001
Fal i pływów	15	0,4	0,0001*
Razem	19 380	24,0	1,76031

* Głównie energia pływów, Gtoe - miliard (10⁹) ton ekwiwalentu naftowego (oleju ekwiwalentnego): 1 toe - 10 Gcal - 41,86 GJ - 1,428 tpu

Tabela 2

Wielkość potencjału technicznego możliwa do pozyskania
z odnawialnych źródeł energii w Polsce

Źródło energii	Wg ekspertyzy EC BRECO „Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania energii odnawialnej w Polsce”, Warszawa 2000,	Wg strategii redukcji emisji gazów cieplarnianych (1996),
	PJ	PJ
Słoneczna	1340	55
Wiatr	36	4
Biomasa	896	128
Wodna	43	50
Geotermiczna	200	100
Ogółem	2514	337

Charakterystyka energetyki odnawialnej

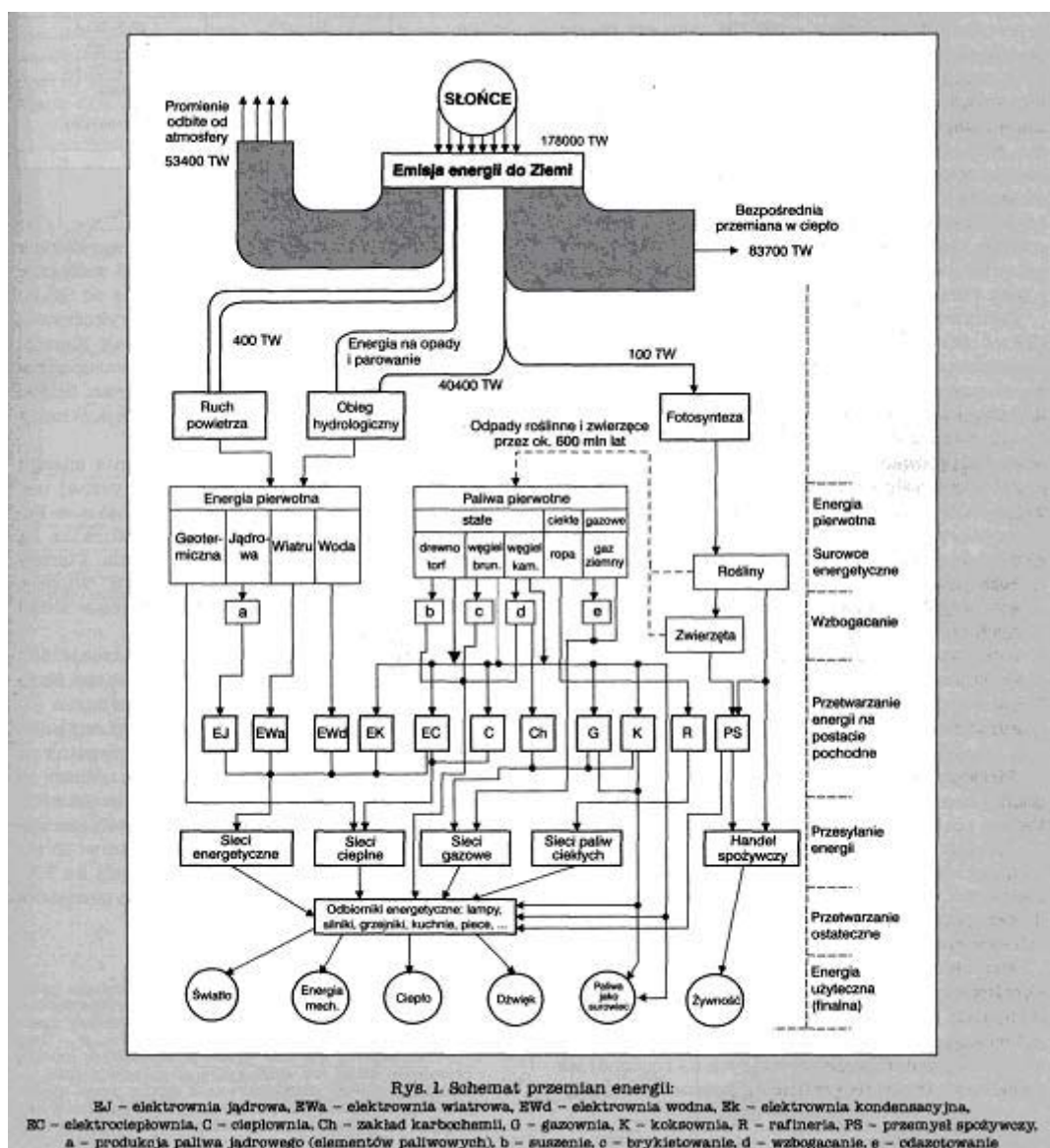
Energetyka odnawialna praktycznie nie zanieczyszcza środowiska, a utylizacja odpadów i odchodów (biomasy) przyczynia się bezpośrednio do poprawy jego stanu. Z tych też względów jej wykorzystanie jest często wspierane i promowane przez rządy i organizacje ponadnarodowe [4, 6, 7, 11, 16, 33, 41].

Odnawialne źródła energii mają również wady, utrudniające ich praktyczne wykorzystanie.

Są to:

- rozproszenie energii na całym obszarze kraju i wiążąca się z tym mała gęstość powierzchniowa, utrudniająca budowę dużych obiektów do pozyskiwania i przetwarzania energii;
- uzależnienie dopływu energii od zmieniających się warunków klimatycznych, co pociąga za sobą konieczność budowy urządzeń do magazynowania energii lub stosowania rezerwowych źródeł energii.

Miejsce odnawialnych źródeł energii w schemacie przemian energii zobrazowano na rys. 1.



Źródła i nośniki energii pierwotnej można podzielić na nieodnawialne, które w liczącym się stopniu i w „ludzim” horyzoncie czasowym nie podlegają odtworzeniu: drewno, torf, węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, uran, tor, oraz odnawialne, które podlegają regeneracji. Podstawowym źródłem energii dla Ziemi jest promieniowanie słoneczne, wraz z którym dociera do naszej planety moc ok. 178000 TW, z czego ok. 30% jest odbijane przez atmosferę, 47% pochłaniają w postaci ciepła lądy i morza, pozostałe 83% jest zużywane w cyklu hydrologicznym (parowanie, opady) - 40400 TW, w procesach fotosyntezy - 100 TW, jako siła sprawcza zjawiska wiatru - 400¹⁾ TW.

Energia słoneczna występuje w różnorodnych postaciach, gdyż obejmuje nie tylko energię promienistą i ciepło, ale także jego oddziaływanie na zjawiska zachodzące na Ziemi w postaci wiatru, fal i prądów morskich oraz umożliwiające powstawanie energii wodnej w wyniku procesów klimatycznych (parowanie, opady). Trwające przez setki milionów lat procesy fotosyntezy doprowadziły do powstania zasobów paliw kopalnych: torfu, węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego.

Zgodnie z hipotezą wysuniętą w 1938 r. przez H. Bethe i C. Weizsackera źródłem energii promieniowania Słońca są reakcje termojądrowe zachodzące w jego wnętrzu. Do Ziemi dociera tylko jedna półmiliardowa część energii emitowanej przez Słońce.

Pozyskiwanie i przetwarzanie energii słonecznej może następować dzięki:

- a) kolektorom słonecznym o działaniu bezpośrednim;
- b) koncentracji heliostatycznej metodami fotooptycznymi przy użyciu ruchomych lusterek lub soczewek;
- c) metodzie fotowoltaicznej przy użyciu ogniw słonecznych;
- d) wykorzystaniu energii wód w elektrowniach wodnych;
- e) wykorzystaniu energii wiatru w siłowniach i elektrowniach wiatrowych;
- f) konwersji biologicznej (fotosyntezie);
- g) konwersji chemicznej i heliologicznej.

Pierwszych pięć metod umożliwia otrzymywanie energii elektrycznej, zaś pierwsze trzy znalazły praktyczną realizację w elektrowniach słonecznych.

Energia słoneczna może być również magazynowana w tzw. stawach energetycznych (stawach słonecznych), w których temperatura dochodzi do 100°C dzięki uwarstwieniu spowodowanemu koncentracją soli (wzrastającą od powierzchni do dna).

Możliwości wykorzystania energii słonecznej są określone przez wartości średniego nasłonecznienia O (metoda fotowoltaiczna) oraz tzw. wskaźnika heliologicznego t_h (ogrzewanie). Ich wartości dla większości krajów europejskich, leżących na podobnej jak Polska szerokości geograficznej, podano w tabeli 3.

Średnie nasłonecznienie w polskich warunkach klimatycznych wynosi 105-125 W/m², zaś wskaźnik heliologiczny zawiera się w przedziale od 9,3 do 17,5°C. Polska ma podobne możliwości wykorzystania energii słonecznej do ogrzewania jak Niemcy, Dania i W. Brytania. Nieznacznie lepsze warunki naturalne od Polski mają w Europie: Irlandia, Belgia, Holandia, a zdecydowanie najlepsze: Francja, Włochy, Grecja, Hiszpania.

W zakresie możliwości wykorzystania energii słonecznej do produkcji energii elektrycznej metodą fotowoltaiczną jeszcze więcej państw w Europie ma takie jak Polska warunki naturalne. Są to: Irlandia, W. Brytania, Belgia, Holandia, Niemcy i Dania. Lepsze warunki mają: Francja, Włochy, Grecja, Hiszpania oraz kraje wchodzące w skład byłej Jugosławii.

Energia wiatru jest energią pochodzenia słonecznego. Strumień energii promieniowania Słońca nierównomiernie ogrzewa masy powietrza atmosferycznego oraz powierzchnię Ziemi, wywołując ruchy cyrkulacyjne między poszczególnymi strefami cieplnymi i - w rezultacie - różnice ciśnień. Ocenia się, że jedynie nieznaczna część energii słonecznej dochodzącej do Ziemi ulega przemianie na energię kinetyczną wiatru. Stanowi to potencjał ok. 400 TW, z czego 5% przypada na 100-metrową warstwę przy powierzchniową powietrza atmosferycznego.

Tabela 3

Średnie nasłonecznienie²⁰ i wskaźnik heliologiczny dla
wybranych krajów europejskich [37]

Kraj	Średnie nasłonecznienie G , W/m^2	Wskaźnik heliologiczny t_h , $^{\circ}C$
Wielka Brytania	90-111	15,2-20,2
Dania	115-118	16,7-17,7
POLSKA	105-125	9,3-17,5
Niemcy	110-138	16,4-19,8
Irlandia	115-122	18,9-20,0
Holandia	113-120	18,8-21,1
Belgia	111-123	17,7-20,4
Francja	129-179	20,5-27,7
Włochy	155-219	23,1-37,4

$G \cdot H/8760$, gdzie H – średnia roczna suma promieniowania całkowitego [kWh/m^2].
 t_h – wskaźnik odniesiony do elementu powierzchni absorbującej promieniowanie ($1 m^2$), osłoniętej od zewnątrz szybą (strona nasłoneczniona).

Znaczenie użyteczne ma wiatr o prędkości 3-25 m/s (maksymalnie 30 m/s). Względny techniczny ograniczają pracę silników wiatrowych do zakresu prędkości wiatru większej niż 4-5 m/s (minimalna prędkość rozruchowa) [1-3, 13, 33, 34].

Najkorzystniejszymi z punktu widzenia możliwości pozyskiwania energii wiatru są tereny Grenlandii, Nowej Zelandii, obszary Ameryki Południowej powyżej zwrotnika Koziorożca oraz wybrzeża Islandii, W. Brytanii, Danii, Holandii i Norwegii. Średnie prędkości wiatru przekraczają tam 11 m/s.

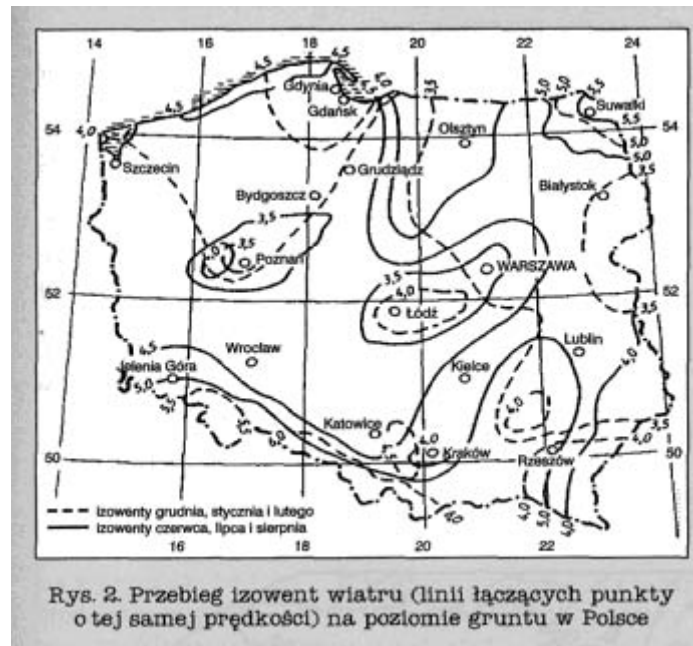
W Polsce średnia roczna prędkość wiatru wynosi 3,4 m/s, przy czym wiatry w miesiącach zimowych są silniejsze, a najsilniejsze wiatry, o prędkości ponad 10 m/s, występują w rejonie Karkonoszy, w Tatrach i na pobrzeżu Bałtyku (rys. 3) [30-31, 33].

Wiatr jako nośnik energii wykorzystywano już w starożytności. Pierwsze silniki wiatrowe pojawiły się w krajach śródziemnomorskich oraz w Chinach ok. 1800 lat temu.

Znaczącym i realnym źródłem energii odnawialnej jest biomasa, którą stanowią wszelkiego rodzaju substancje pochodzenia organicznego - od odpadków drewna do odchodów zwierzęcych włącznie.

Energię zgromadzoną w biomacie można wykorzystywać dwiema metodami:

- przez bezpośrednie spalanie biomasy,
- przez zgazowanie biomasy i spalanie otrzymanego gazu (biogazu).



Skład i właściwości fizyczne biogazu zestawiono w tabeli 4. Jego wartość opałowa zależy od udziału metanu i wynosi od 16,8 do 35,7 MJ/m³. Górna granica wartości opałowej biogazu wynosi w praktyce ok. 30 MJ/m³ ze względu na dość znaczny udział G0₃, kształtujący się przeciętnie w granicach 30-40%.

Produktem finalnym w instalacjach przetwarzających energię z biomasy może być: energia elektryczna, para technologiczna, gorąca woda, metan.

Energia wód jest jednym z produktów energii słonecznej przetworzonej w cyklu hydrologicznym, bowiem produkty te są zmagazynowane w lodowcach, jeziorach i w innych zbiornikach wodnych oraz przemieszczają się nad lądami w postaci pary wodnej, a część z niej zasila wody cieków wodnych i spływając do mórz stanowi źródło energii mechanicznej; część tej energii słonecznej powoduje fale i prądy morskie.

Zatem energia wód obejmuje energię wód śródlądowych oraz mórz i oceanów, jednak na obecnym etapie rozwoju techniki wykorzystuje się głównie energię wód śródlądowych.

Energia mórz i oceanów przejawia się w postaci [13]:

- różnicy energii potencjalnej między przyływem i odpływem (energia pływów morskich),
- energii potencjalnej wód w stosunku do terenów depresyjnych,
- energii falowania i prądów oceanicznych,
- różnicy temperatur wody w warstwie powierzchniowej i w warstwach głębinowych,
- energii powstającej w wyniku różnic zasolenia.

Zagadnienie energetycznego wykorzystania zasobów energii wód śródlądowych zostało już omówione, jeśli zaś chodzi o energię mórz i oceanów, to obecnie na większą skalę wykorzystuje się energię pływów morskich w elektrowniach pływowych.

Istnieje również wiele projektów budowy elektrowni maretermicznych, wykorzystujących różnicę temperatur warstw wody oraz elektrowni, w których użytkowana będzie energia fal morskich oraz prądów oceanicznych.

Skład i właściwości fizyczne biogazu [23]

Tabela 4

Składnik biogazu	Udział, %	Wartość opałowa, MJ/m ³	Temperatura zapłonu, K	Gęstość, kg/m ³	Granica wybuchowości, % CH ₄
Metan CH ₄	52-85	35,8	923-1023	0,72	-
Dwutlenek węgla	14-48	-	-	1,98	-
Wodór H ₂	0,5	10,8	803-863	0,09	-
Siarkowodór H ₂ S	0,08-5,5	22,3	-	1,54	-
Tlenek węgla CO	<2,1	12,2	917-931	1,25	-
Azot N ₂	0,6-7,5	-	-	1,25	-
Tlen O ₂	<1	-	-	1,43	-
Biogaz o zawartości 65% CH ₄	-	23	923-1023	1,2	5,4-13,9

Pływy wód powierzchniowych, dające się obserwować w morzach i oceanach, są wywoływane przez siły będące wypadkową sił przyciągania grawitacyjnego Księżyca i Słońca oraz sił odśrodkowych powstających wskutek obrotu Ziemi wokół swej osi i obrotu układu Ziemia-Księżyc wokół ich wspólnego środka masy (środek ten leży wewnątrz Ziemi). Oddziaływanie pływowotwórcze Słońca jest średnio 2,17 razy mniejsze od analogicznego oddziaływania Księżyca, ze względu na dużą odległość Ziemi od Słońca.

Księżyc, którego oddziaływanie decyduje o wielkości pływów, okrąża Ziemię w czasie 34 h i 50 minut. W tym czasie w każdym miejscu na morzach i oceanach Ziemi występują dwa przyplawy i dwa odpływy.

Dla potrzeb energetycznych zjawisko pływów charakteryzuje się wielkością pływu, rozumianą jako różnica poziomów wody między kolejnym przyplawem (tzw. wielka woda) i następującym po nim odpływem (tzw. mała woda). Wielkości pływów osiągają największe wartości u wybrzeży lądów (rys. 3) [1-3], szczególnie w niektórych zatokach i cieśninach (np. w zatoce Fundy u wschodniej granicy Kanady i USA 18,5 m, przy ujściu rzeki Rance w Bretanii 13,5 m, w rejonie Morza Białego i Morza Barentsa 10 m).

Energia falowania (fal) stanowi pewien procent energii wiatru. Ogólny potencjał energii fal jest oceniany na 3 TW, ale rzadko spotyka się na oceanie rejony o stabilnej mocy. Dla przykładu, przeciętna fala na burzliwym Morzu Północnym ma moc ok. 40 kW na metr długości grzbietu przez pierwsze 30% czasu jego istnienia i ok. 10 kW w pozostałym czasie istnienia fali.

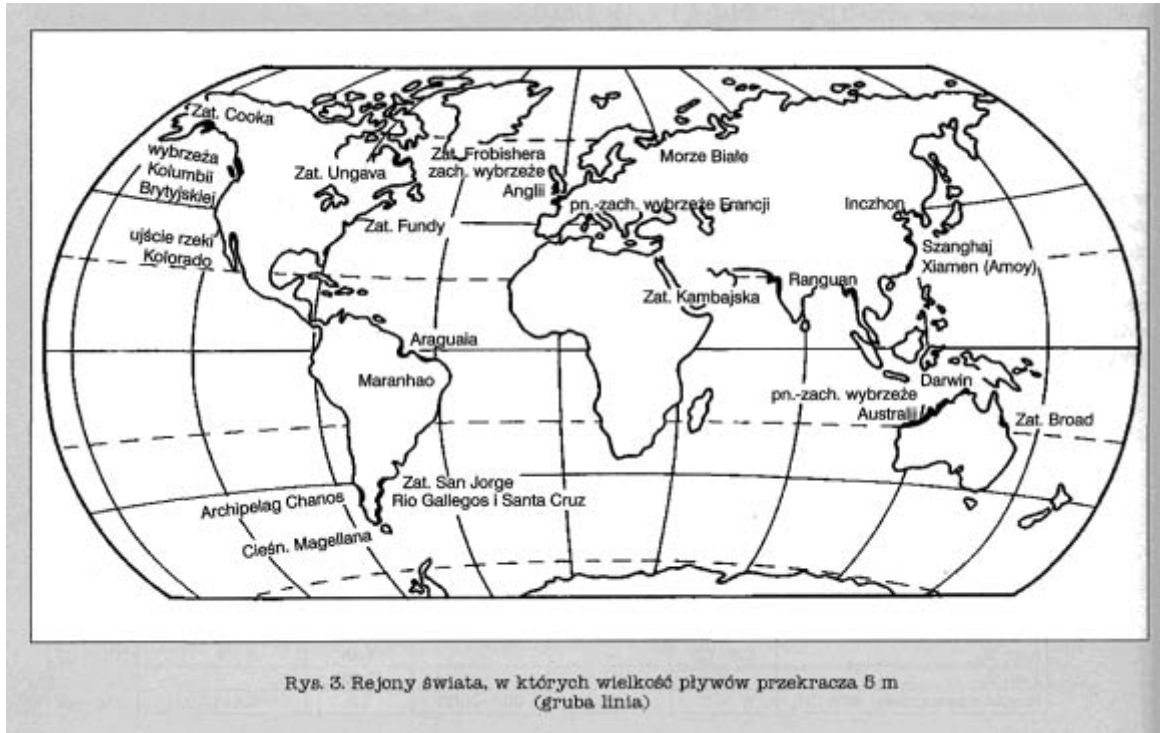
Jednym z pierwszych urządzeń wykorzystujących energię fal była instalacja zbudowana w 1899 r. na południe od Nowego Jorku, służąca do pompowania wody morskiej za pomocą pomp napędzanych przez poruszane falami drewniane płyty, podwieszono pod pomostem wybiegającym w morze.

Pierwsze instalacje do wytwarzania energii elektrycznej zostały uruchomione na początku XX w. głównie do zasilania boi nawigacyjnych (w 1910 r. w pobliżu Bordeaux włączono do pracy instalację o mocy 1 kW).

Podstawowe kierunki, w jakich zmiernają projekty instalacji do wytwarzania energii elektrycznej z energii fal, polegają na zastosowaniu:

- urządzeń mechanicznych, w których powodowany falami ruch poszczególnych elementów względem siebie lub względem nieruchomej podstawy napędza generator;
- urządzeń pneumatycznych, w których wykorzystuje się różne sposoby sprężania za pomocą fal powietrza napędzającego następnie turbinę;

- urządzeń, hydraulicznych, w których ruch fal wykorzystuje się do napełnienia zbiornika wodą zasilającą turbinę;
- metod polegających na wytwarzaniu energii elektrycznej na zasadzie indukcji elektromagnetycznej, gdy fale zapewniają ruch magnesów.



U podstaw wykorzystania energii powstającej w wyniku różnic zasolenia leży zjawisko ciśnienia osmotycznego, występującego między dwoma dążącymi do równowagi roztworami o różnej gęstości. Dla wody morskiej o zasoleniu 35‰ ciśnienie osmotyczne wynosi ok. $24 \cdot 10^5$ Pa. W wyniku zmieszania z taką wodą strumienia wody słodkiej o natężeniu przepływu $1 \text{ m}^3/\text{s}$ można uzyskać moc 2 MW.

Techniczne możliwości wykorzystania tej formy energii mórz i oceanów są niewielkie, a najkorzystniejszą lokalizacją odpowiednich elektrowni są ujścia rzek.

Prądy oceaniczne są wywoływane przez wiele czynników, głównie energią Słońca, ale również ruch wirowy Ziemi, wiatr, różnicę gęstości wód. Parametry kinetyczne prądów oceanicznych są mało rozpoznane, jednak wydaje się, że ze wszystkich źródeł energii mórz i oceanów prądy charakteryzują się najniższą gęstością energii. Z metra kw. przekroju poprzecznego prądu oceanicznego przy prędkości 1 m/s można uzyskać moc elektryczną ok. 0,6 kW.

Wykorzystanie energii prądów oceanicznych może polegać na zastosowaniu wielkich turbin wodnych, zakotwiczonych na drodze przepływu silnego prądu, np. Golfstromu, w jego najintensywniejszej części w rejonie Florydy.

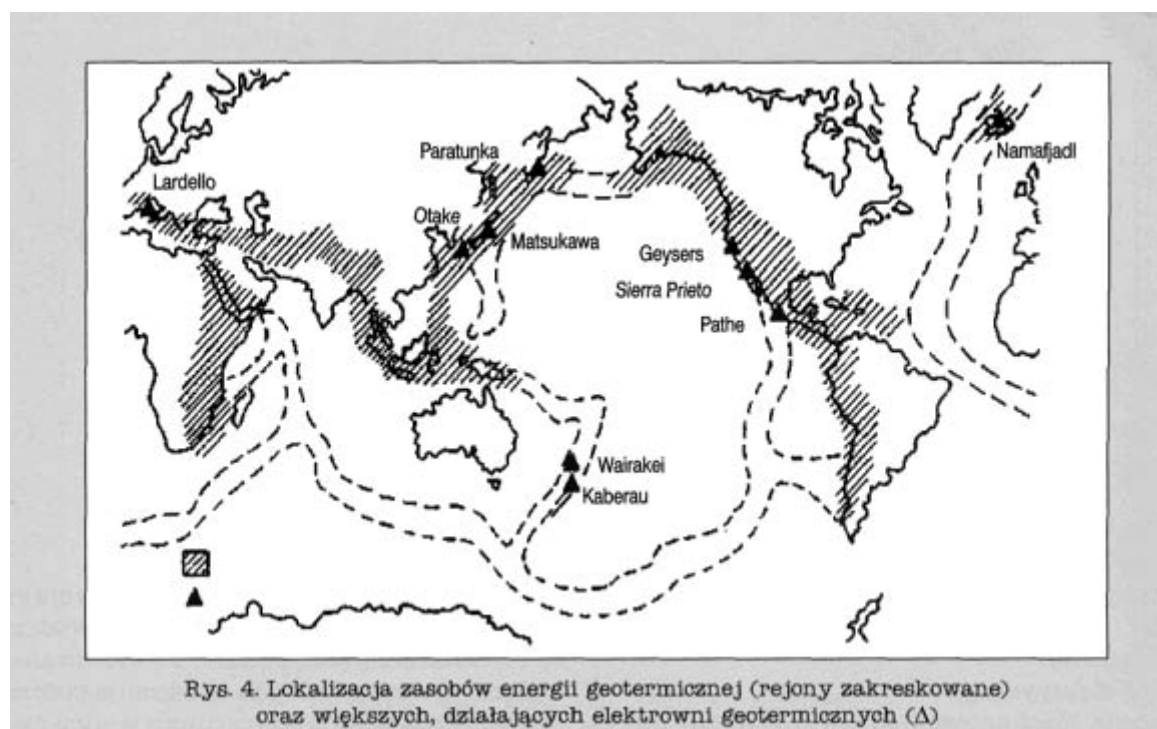
Ciepło wód oceanicznych jest wynikiem pochłaniania promieniowania słonecznego. Około 66% energii jest pochłaniane przez górną, metrowej grubości, warstwę wody, a łącznie 90% przez warstwę grubości 10 m.

Wykorzystanie zakumulowanej w ten sposób energii polega na budowie elektrowni maretermicznych, których działanie opiera się na różnicach temperatur między ciepłymi warstwami wód powierzchniowych a zimnymi wodami głębinowymi.

Instalacje tego typu pracują: na wyspie Bali w Indonezji (5 MW), w Japonii (10 MW), na Tahiti (5 MW), na Hawajach (40 MW), lecz ekonomiczna ich opłacalność budzi wątpliwości. Źródłem energii geotermicznej są przemiany radioaktywne, reakcje chemiczne oraz inne procesy zachodzące w skorupie ziemskiej. Jądro Ziemi ma temperaturę od 3000°C do 10 000°C, a strumień ciepła przenieszonego przez promieniowanie i przewodzenie ze środka ku powierzchni Ziemi ocenia się na $3 \cdot 10^{10}$ kW.

Wraz z głębokością następuje wzrost temperatury w granicach od 15°C do 80°C na kilometr. Wielkość ta - przyrost temperatury na jednostkę długości, mierzonej pionowo w głąb ziemi - nosi nazwę stopnia (gradientu) geotermicznego i określa przydatność danej formacji geologicznej do lokalizacji obiektu wykorzystującego energię geotermiczną. Obszary o szczególnych walorach geotermicznych są na ogół zlokalizowane w pobliżu granic płyt litosfery Ziemi i w rejonach aktywnych sejsmicznie (rys. 4) [3].

Ciepło wnętrza Ziemi (energia geotermiczna) może być zmagazynowane w: masie stopionych skał wyniesionych w głąb zewnętrznej powłoki ziemskiej (magma), skałach znajdujących się w stanie stałym (dry hot rocks) oraz w wodzie przenikającej z powierzchni i stykającej się z gorącymi skałami - często stanowi to przyczyną powstawania na powierzchni Ziemi gorących źródeł lub gejzerów.



¹⁾Wartości przybliżone.

²⁾Średnia roczna moc promieniowania słonecznego padającego na 1 m² powierzchni prostopadłej do kierunku biegu promieni, ustawionej na zewnątrz atmosfery ziemskiej, jest nazywana stałą słoneczną i wynosi $G_{EC} - 1367 \text{ W/m}^2$. Mnożąc tę wartość przez powierzchnie okręgu o promieniu Ziemi (ok. 6371 km) i po uwzględnieniu pochłaniania energii promieniowania Słońca przez biosferę, można wyznaczyć średnią moc promieniowania słonecznego na jednostkę powierzchni Ziemi. Jest ona równa ok. 246 W/m^2 .

LITERATURA

- [1] Bogdanienko J.: Odnawialne źródła energii. PWN, Warszawa 1989
- [2] Boyle G. (Ed.): Renewable Energy. Power for a Sustainable Future. Oxford University Press, Oxford 1996
- [3] Devins D.: Energy: its Physical Impact on the Environment. John Wiley and Sons, New York 1983
- [4] Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market. Official Journal of the European Union, L 283/33
- [5] Directive 2003/54/EC of the European Parliament and of the Council of 26 June 2003 concerning common rules of internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC. Official Journal of the European Union, L 176 15.7.2003
- [6] Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market. Final Version - 23.07.2003
- [7] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 3003/91/WE z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie poprawy efektywności wykorzystania energii w budynkach (Directive on the Energy Performance of Buildings)
- [8] Energy for Tomorrow's World - Acting Now. WEC Statement 2000
- [9] European Commission: Green Paper - Towards a European strategy for the security of energy supply. Brussels 2001
- [10] Gajer M.: Wybrane zagadnienia optymalizacji i doboru turbin elektrowni wiatrowych. Przegląd Elektrotechniczny, Nr 2, 2003
- [11] Garstka J; Oceany i morza źródłem energii elektrycznej. Gospodarka Paliwami i Energią, Nr 6, 1986
- [12] Hau E.: Die zweite Generation. Europäische Windkraftanlagen der Megawatt-Klasse. Energie, No 9, 1987
- [13] Jarzębski Z.M.: Energia słoneczna. Konwersja fotowoltaiczna. PWN, Warszawa 1990
- [14] Kaiser H.: Wykorzystanie energii słonecznej. Wyd. AGH, Kraków 1995
- [15] Kowalska-Bundz A.: Analiza i ocena regulacji prawnych w Polsce i w Niemczech pod kątem wspierania rozwoju generacji rozproszonej. VII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowoczesne urządzenia zasilające w energetyce”, Koźnice, 10-13 marca 2004
- [16] Laudyn D., Pawlik M., Strzelczyk R.: Elektrownie. WNT, Warszawa 1990
- [17] Lorenc H.: Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce. IMIGW, Warszawa 1996
- [18] Lorenc H.: Współczesne tendencje zmian prędkości i zasobów energii wiatru w Polsce. Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii, Warszawa, listopad 2002

- [19] Manwell J. E, McGowan J. G, Rogers A. L.: Wind Energy Explained - Theory Design and Application. John Wiley & Sons, Chichester (England) 2002
- [20] Miszczak M., Waszkiewicz Cz.: Energia słońca, wiatru i inne. Instytut Wydawniczy „Nasza Księgarnia”, Warszawa 1988.
- [21] Paska J.: Odnawialne źródła energii. Problemy, Nr 11, 1987
- [22] Paska J: Renewable Bnergies in World's Energy Balance. Archiwum Energetyki, Nr 3-4, 1993.
- [23] II Polityka ekologiczna Państwa. Ministerstwo Środowiska, 2000 r. www.mos.gov.pl
- [24] Polityka ekologiczna państwa na lata 2003-2006 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2007-2010. Rada Ministrów, 2003
- [25] Poręba S., Barć W, Gajda A., Jaworski W.: Rynek zielonej energii. Biuletyn Miesięczny PSE, 1/2001
- [26] Prawo ochrony środowiska. Dz. U. Nr 62, poz.627 z dnia 27 kwietnia 2001
- [27] Projekt Polityki Klimatycznej Polski. Ministerstwo Środowiska 2003 r. www.mos.gov.pl
- [28] Pluta Z-- Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej. OWPW, Warszawa 2000
- [29] Pluta Z.: Słoneczne instalacje energetyczne. OWPW, Warszawa 2003
- [30] Regulation (EC) No 1228/3003 of the European Parliament and of the Council of 36 June 2003 on conditions for access to the network for cross-border exchanges in electricity. Official Journal of the European Union, L 176 15.7.2003
- [31] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 września 2000 w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, obrotu energią elektryczną, świadczenia usług przesyłowych, ruchu sieciowego i eksploatacji sieci oraz standardów jakościowych obsługi odbiorców. Dz. U. Nr 85, poz. 957
- [32] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 30 maja 2003 w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii oraz energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła. Dz. U. Nr 104, poz. 971
- [33] Różycki M.: Elektrownia wiatrowa z indukcyjną maszyną pierścieniową. *Przegląd Elektrotechniczny*, Nr 4-5, 1990
- [34] Smolec W: O możliwościach wykorzystania energii słonecznej w Polsce. *Energetyka*, Nr 8, 1987
- [35] Spójna polityka strukturalna rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa z dnia 13 lipca 1999 r., www.ib-mer.waw.pl
- [36] Staniszewski A.: Zarys elektrowni. WPW, Warszawa 1983
- [37] Statystyka elektroenergetyki polskiej 2002. Agencja Rynku Energii SA, Warszawa 2003
- [38] Strategia rozwoju energetyki odnawialnej. Ministerstwo Ochrony Środowiska. Warszawa, wrzesień 2000
- [39] Strategia zrównoważonego rozwoju Polski do roku 2035. Ministerstwo Środowiska. Monitor Polski Nr 8 z dnia 11 marca 1999 r. Poz. 96
- [40] Ustawa Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. wraz z późniejszymi zmianami, www.ure.gov.pl
- [41] Ustawa z dnia 26 lipca 2002 r. o ratyfikacji Protokołu z Kioto do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu. Dz. U. 2002 nr 144, poz. 1207
- [42] World Energy Outlook. OECD/IEA, Paris 2000
- [43] Założenia polityki energetycznej państwa. Minister Gospodarki, 2000