

PORADNIK



ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

„Odnawialne źródła energii” Poradnik
Kraków 2012

Autorzy:

Michał Hodana
Grzegorz Holtzer
Kinga Kalandyk
Agnieszka Szymańska
Bogdan Szymański
Sylwia Żymankowska-Kumon

**Stowarzyszenie na rzecz efektywności energetycznej
i rozwoju odnawialnych źródeł energii „Helios”**

ul. Legionów Polskich 20/59
32-700 Bochnia
tel: +48 12 399 48 81
fax: + 48 12 39 48 61
email: biuro@stowarzyszeniehelios.org
www.stowarzyszeniehelios.org



Publikacja została sfinansowana ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie w ramach projektu pt.: „Czysta energia szansą dla środowiska naturalnego – cykl warsztatów ekologicznych poświęconych odnawialnym źródłom energii i sposobom oszczędzania energii”.



SPIS TREŚCI

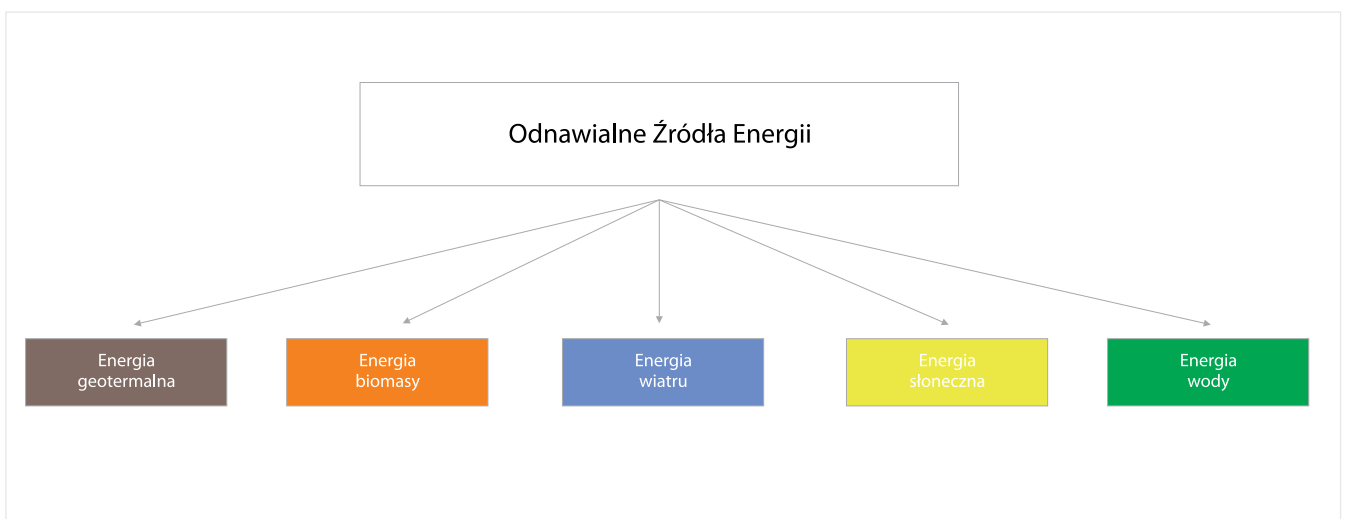
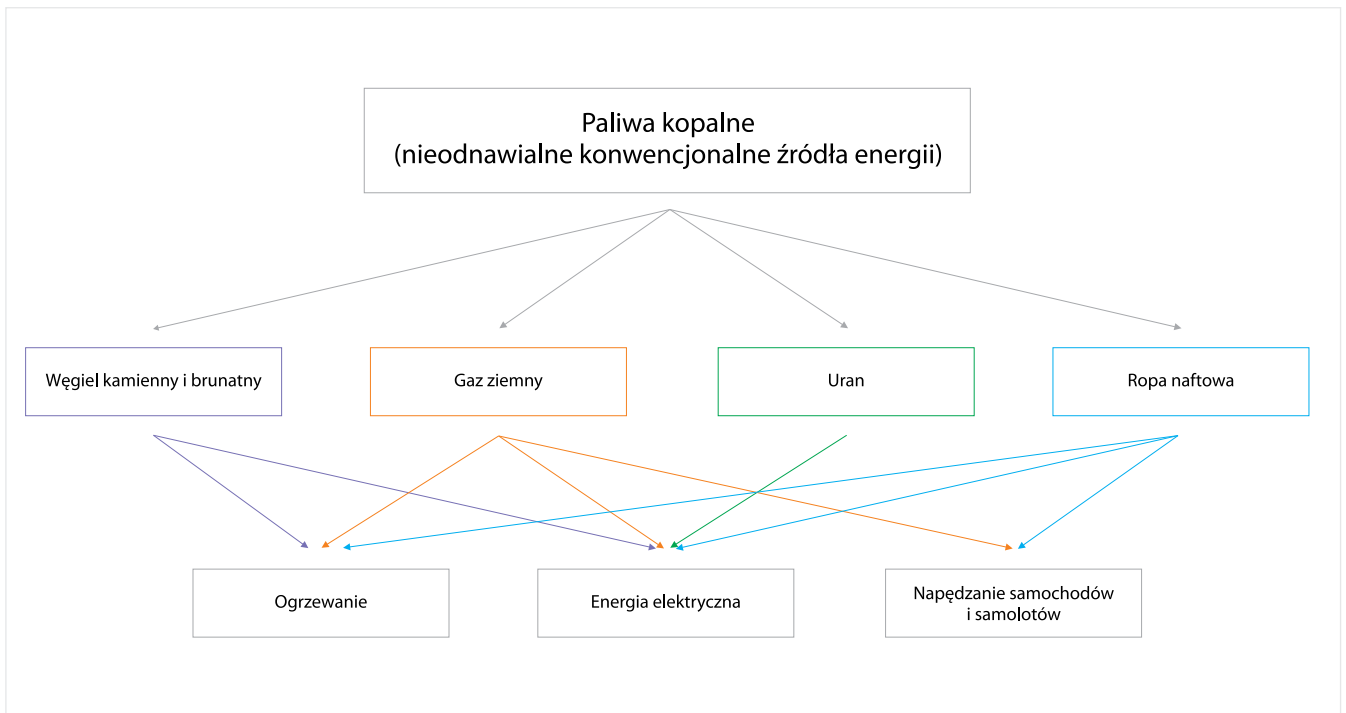
| | |
|---|----|
| Konwencjonalne oraz odnawialne źródła energii | 4 |
| Jednostki wykorzystywane w energetyce | 6 |
| Zależności między jednostkami i wielkościami fizycznymi | 6 |
| Porównanie konwencjonalnych i odnawialnych źródeł energii | 6 |
| Konwencjonalne źródła energii | 8 |
| Energetyka słoneczna | 10 |
| Składowe promieniowania słonecznego | 12 |
| Wielkości opisujące zasoby energii słonecznej | 13 |
| Sposoby wykorzystania energii słonecznej | 13 |
| Energetyka słoneczna w Polsce | 18 |
| Przykład instalacji wykorzystującej energię słoneczną | 19 |
| Notatki | 21 |
| Energetyka wiatrowa | 22 |
| Budowa turbiny wiatrowej | 24 |
| Podział turbin wiatrowych – o osi poziomej i pionowej | 25 |
| Morskie farmy wiatrowe MEW | 26 |
| Elektrownie wiatrowe a ptaki | 26 |
| Energetyka wiatrowa w Polsce | 27 |
| Przykład instalacji wykorzystującej energię wiatru | 28 |
| Notatki | 29 |
| Energetyka wodna | 30 |
| Rodzaje kół wodnych wykorzystywanych w elektrowniach | 32 |
| Podział turbin wodnych | 34 |
| Rodzaje elektrowni wodnych | 35 |
| Elektrownie wodne a ryby | 35 |
| Mała energetyka wodna | 36 |
| Energetyka wodna w Polsce | 36 |
| Przykład instalacji wykorzystującej energię wody | 38 |
| Notatki | 39 |
| Energetyka geotermalna | 40 |
| Rodzaje zasobów geotermalnych | 42 |
| Sposoby wykorzystania źródeł geotermalnych | 42 |
| Energia geotermalna w Polsce | 44 |
| Przykład instalacji wykorzystującej energię geotermalną | 45 |
| Notatki | 47 |
| Biomasa | 48 |
| Źródła biomasy | 50 |
| Technologie przetworzenia biomasy na energię | 52 |
| Biomasa w Polsce | 53 |
| Przykład instalacji wykorzystującej biomasę | 54 |
| Notatki | 55 |
| Podsumowanie | 56 |
| Literatura | 58 |

KONWENCJONALNE ORAZ ODNAWIALNE

Nieodnawialne – konwencjonalne źródła energii to takie, które powstały w wyniku naturalnych procesów w ciągu milionów lat i ich ilość jest ograniczona. Najważniejsze i najczęściej wykorzystywane to węgiel kamienny, węgiel brunatny, gaz ziemny, ropa naftowa oraz uran (wykorzystywany w elektrowniach jądrowych). Nieodnawialne surowce do produkcji energii można podzielić na trzy grupy: stałe, płynne i gazowe. Można z nich produkować zarówno energię elektryczną, energię cieplną oraz energię mechaniczną.

Szybki rozwój gospodarczy oraz wzrost populacji spowodowały, że zasoby surowców nieodnawialnych potrzebnych do produkcji energii zaczęły szybko się zmniejszać. Spowodowało to konieczność szukania innych – alternatywnych, odnawialnych źródeł energii. Do tej grupy zaliczamy energię słoneczną, energię wiatrową, energię wody, energię geotermalną i biomasę.

Odnawialne źródła energii to takie, których zasoby wykorzystywane do produkcji energii cieplnej,



ŹRÓDŁA ENERGII

elektrycznej czy mechanicznej nie zmniejszają się bądź ich odnawianie następuje w krótkim czasie (np. biomasa). Ponieważ każde ze źródeł energii jest odmienne od pozostałych nie można jednoznacznie ich zdefiniować. Ustawa Prawo energetyczne odnawialne źródła energii określa, jako: „źródła wykorzystujące w procesie przetwarzania energię wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalną, fal, prądów i pływów morskich, spadku rzek oraz energię pozyskiwaną z biomasy, biogazu wysypiskowego, a także z biogazu powstałego w procesach odprowadzania lub oczyszczania ścieków albo rozkładu składowanych szczątków roślinnych i zwierzęcych”.

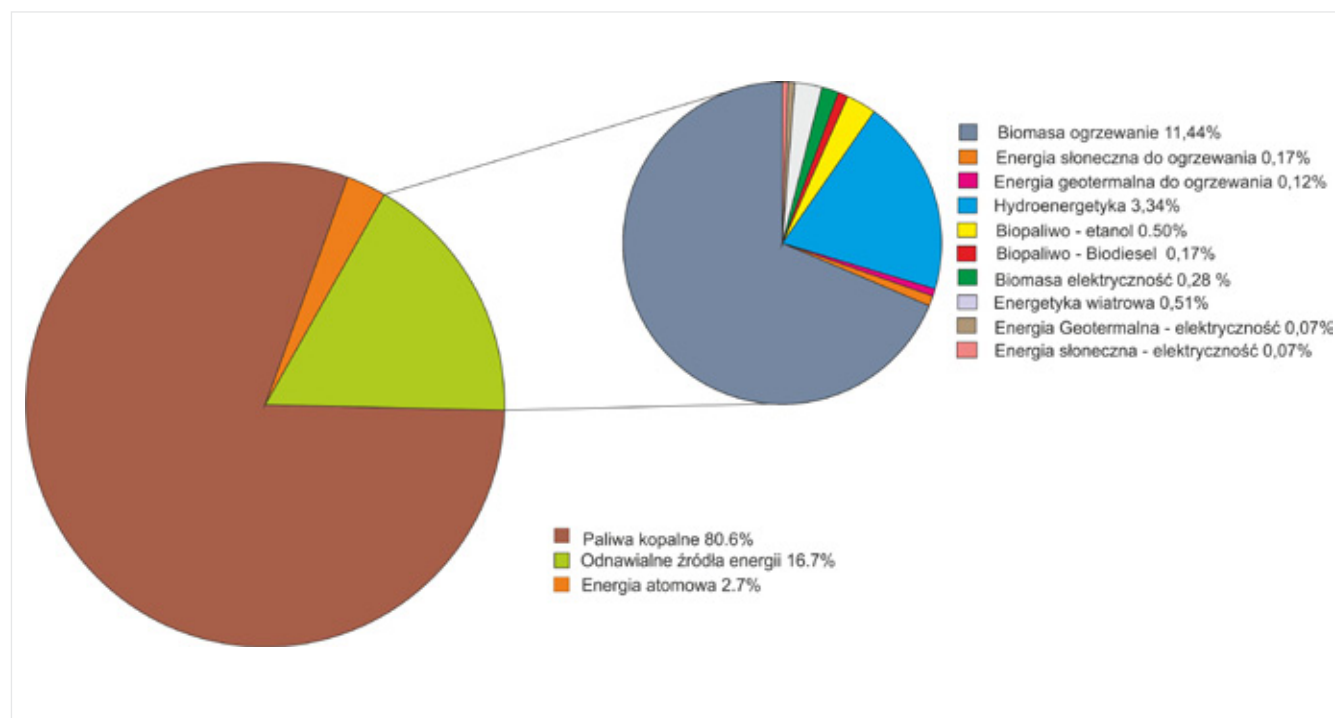
Paliwa kopalne ulegają szybkiemu wyczerpaniu oraz w znacznym stopniu przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska naturalnego i dlatego coraz większy nacisk kładzie się na zwiększanie wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Są one nie tylko dostępne dla każdego, ale dodatkowo nie powodują zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Nie zawsze jednak dane źródło da się w pełni wykorzystać, mimo że jest powszechnie dostępne. Często występują ograniczenia techniczne bądź ekonomiczne, które decydują o tym czy dane źródła będą wykorzystywane.

Tab.1. Porównanie paliw kopalnych i odnawialnych źródeł energii

| Cecha | Paliwa kopalne | Odnawialne źródła energii |
|--------------|---|--|
| Występowanie | Wydobywane lokalnie | Powszechnie dostępne praktycznie w każdym miejscu na ziemi |
| Ekologia | Poważnie szkodzą środowisku | Są przyjazne dla środowiska |
| Zasoby | Ograniczone – kiedyś ulegną wyczerpaniu | Nieograniczone |
| Koszty | Zazwyczaj niskie | Często wysokie |

Głównie z uwagi na niższe koszty obecnie energia głównie produkowana jest z paliw kopalnych. Zaledwie ok 16% światowej produkcji energii pochodzi ze źródeł odnawialnych. Sytuacja ta jednak z roku na rok ulega zmianie. Prym w wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych wieździe Unia Europejska, która postawiła sobie ambitny cel, aby do roku 2020 20% energii pozyskiwać z ekologicznych odnawialnych źródeł energii.

Rys. 1. Światowe zużycie energii w podziale na jej źródła (2010 r.)



Jednostki wykorzystywane w energetyce

Kilowatogodzina [kWh] – Określa ona ile energii zużyło przez jedną godzinę urządzenie o mocy 1000 [W] czyli 1 [kW]. Używana jest ona do określania ile energii elektrycznej zostało zużyte lub wyprodukowane przez dane urządzenie elektryczne.

Wat [W] – jest jednostką mocy. Moc jest równa 1 W (wat), gdy praca 1 J (dżula) wykonana jest w czasie 1 s (sekundy).

Wielokrotności [W] wata
 1 kW = 1000 W
 1 MW = 1000000 W

Dżul [J] – jest jednostką energii. Odpowiada on ilości energii, jaką zużywa urządzenie o mocy 1 W (jednego wata) w czasie 1s (jednej sekundy). Dżul oraz jego wielokrotności są wykorzystywane w ciepłownictwie np. do określenia ilości ciepłej wyprodukowanej przez urządzenie grzewcze lub ciepłownię. Energia jest to wielkość fizyczna charakteryzująca zdolność układu do wykonania danej pracy.

Wielokrotności [J] dżula to:
 1 [MJ] = 1 000 000 [J]
 1 [GJ] = 1 000 000 000 [J]

Zależność między jednostkami i wielkościami fizycznymi

Związek kilowatogodziny [kWh] z dżulem [J]

1 [kWh] = 1000 watów × (60 minut × 60 sekund / minutę) = 3 600 000 W×s = 3 600 000 [J]

1 [kWh] = 3 600 000 [J] = 3.6 [MJ]

1 [J] = 1/3 600 000 [kWh] = 0.000000277 [kWh]

1 [GJ] = 277.8 [kWh]

Związek mocy z energią

Znając moc danego urządzenia oraz czas jego pracy możemy wyliczyć ile wyprodukowano energii.

$$E = P \times t \quad [J] = [W] \times [s]$$

Gdzie:

E – energia,

P – moc,

t – czas.

Porównanie konwencjonalnych i odnawialnych źródeł energii

Tab. 2. Porównanie konwencjonalnych i odnawialnych źródeł energii

| | Energia nieodnawialna | Energia odnawialna |
|------------------------------------|--|---|
| Źródła | węgiel kamienny węgiel brunatny gaz ziemny ropa naftowa łupki bitumiczne pierwiastki promieniotwórcze | energia słoneczna energia wodna energia geotermalna energia wiatru biomasa biogaz |
| Zasoby | wyczerpalne | niewyczerpalne |
| Zanieczyszczenie środowiska | duże | znikome |
| Instalacje | elektrociepłownie ciepłownie kotłownie węglowe i gazowe silniki reaktory jądrowe | kolektory słoneczne fotoogniwa instalacje geotermalne instalacje wiatrowe biogazownie kotłownie na biomasę |

Doświadczenie

Temat doświadczenia:

Eksperyment z sadzonymi jajkami

Elementy potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia:

- 2 jajka,
- Słoneczny i gorący dzień,
- Blacha stalowa lub aluminiowa o grubości 2 mm,
- Palnik gazowy i patelnia.

Przebieg doświadczenia:

- Usmażyć jedno jajko tradycyjnie – na patelni i nad palnikiem gazowym.
- Blachę stalową wystawić do słońca i wygrzewać przez około 1–2 godziny. Po upływie tego czasu, kiedy będzie ona odpowiednio nagrzana spróbować usmażyć na niej jajko (czas smażenia około 15 minut, ale powinno się udać).

Wnioski

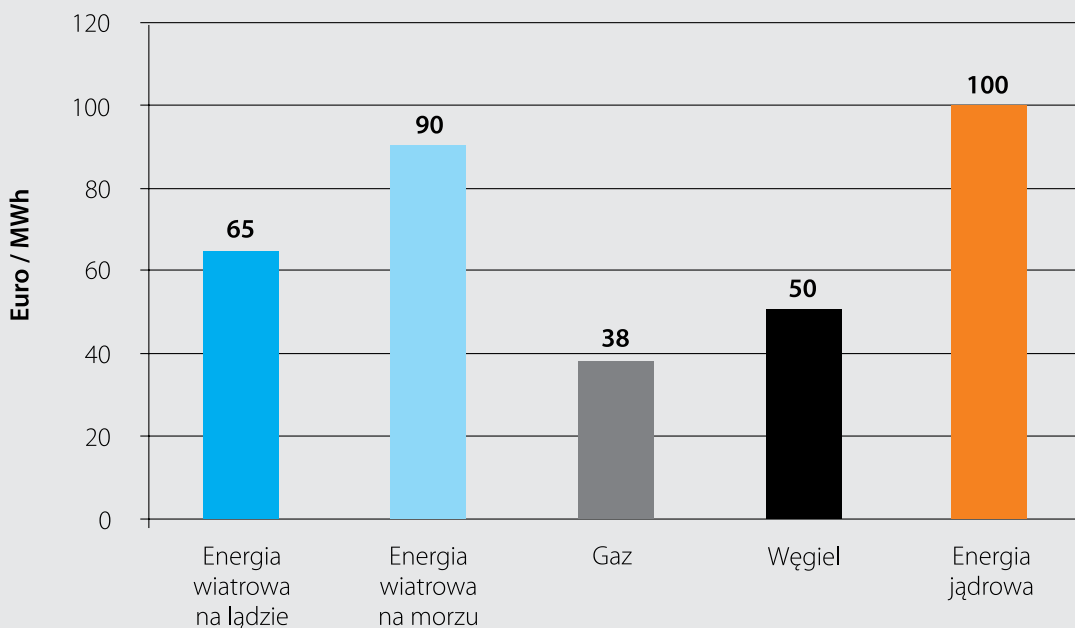
Eksperyment pokazuje możliwość wykorzystania konwencjonalnych (gaz) i odnawialnych źródeł energii (słońce) dla prostej czynności jak smażenie jajek.

Zadanie obliczeniowe

Opierając się o poniższe dane wykonaj następujące zadania:

1. Koszt, której energii jest najmniejszy, a której największy?
2. O ile jest większy koszt energii jądrowej w porównaniu z energią wiatrową uzyskaną na lądzie (%)?
3. Jaka jest cenowa różnica energii elektrycznej wytwarzanej z użyciem gazu a energii wiatrowej uzyskanej na morzu?

Rys. 2. Koszt energii elektrycznej w 2010 r. dla różnych technologii wytwarzania energii elektrycznej



Rozwiązanie

- Ad. 1: Największy: energia jądrowa, najmniejszy gaz.
Ad. 2: Proporcja – koszt energii jądrowej jest większy o 54%.
Ad. 3: W odniesieniu do MWh różnica wynosi 52 Euro.

KONWENCJONALNE ŹRÓDŁA ENERGII

Elektrownie ciepłe

Najpopularniejszym paliwem w elektrowniach ciepłych jest węgiel kamienny lub brunatny. Węgiel kamienny jest najczęściej dowożony do elektrowni transportem kolejowym. Z uwagi na mniejszą kaloryczność węgla brunatnego transport kolejowy jest mało opłacalny, dlatego elektrownie na węgiel brunatny buduje się w bezpośrednim sąsiedztwie kopalni (np. elektrownia Bełchatów).

Ogólny opis działania elektrowni

Uprozczone działanie elektrowni przedstawia się następująco: rozdrobniony i wysuszony węgiel brunatny podawany jest do kotła, gdzie jest spalany. Uzyskana temperatura podgrzewa wodę i parę, która napędza turbinę. Uzyskany ruch obrotowy turbiny przenoszony jest na wał napędowy prądnicy (generatora), który wytwarza energię elektryczną rozprowadzaną do odbiorców napowietrznymi liniami energetycznymi. Spaliny z kotła kierowane są poprzez elektrofiltry do atmosfery.

Elektrownia Bełchatów

Elektrownia Bełchatów jest największą na świecie elektrownią wytwarzającą energię elektryczną z węgla brunatnego. Położona jest na terenie gminy Kleszczów w powiecie bełchatowskim w województwie łódzkim. Węgiel pozyskiwany jest z pobliskiej Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów. Do elektrowni transportowany jest za pomocą przenośników taśmowych. W Elektrowni Bełchatów jest zainstalowanych 13 bloków energetycznych o łącznej mocy 5354 MW. Projekt techniczny budowy Elektrowni Bełchatów opracowywany w latach 70-tych uwzględniał najnowocześniejsze rozwiązania techniczne stosowane w energetyce tego okresu. Zastosowano tu najnowszej generacji urządzenia i układy technologiczne stosowane przez renomowanych światowych producentów urządzeń energetycznych. Zaawansowane systemy oczyszczania spalin pozwoliły na znaczną redukcję wytwarzanych zanieczyszczeń.



Elektrownia Bełchatów



ENERGETYKA SŁONECZNA

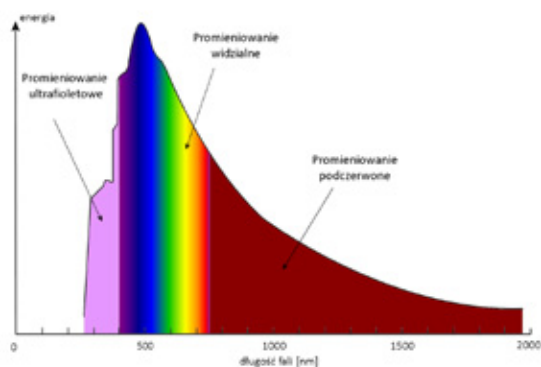
Energetyka słoneczna zaliczana jest do odnawialnych źródeł energii. Pozyskiwanie energii ze słońca jest najbardziej znaną i powszechną formą pozyskiwania energii, zwłaszcza ciepłej. Do powierzchni Ziemi dociera jedynie część promieniowania o odpowiedniej długości fal.

Promieniowanie ultrafioletowe jest to promieniowanie bardzo szkodliwe dla ludzi i zwierząt, powoduje oparzenia słoneczne. Stanowi zaledwie 0,4% promieniowania słonecznego. Jest to promieniowanie wysokoenergetyczne, znajdujące się w paśmie 10 nm do 400 nm. Promieniowanie ultrafioletowe wykorzystywane jest w medycynie, gdyż ma właściwości bakterio- i wirusobójcze.

Promieniowanie widzialne (światło widzialne) wywołuje wrażenie świetlne, umożliwia widzenie. Stanowi około 44% promieniowania słonecznego. Promieniowanie to znajduje się w paśmie od 400 nm do 750 nm.

Promieniowanie podczerwone odpowiedzialne jest za odczucie ciepła. Stanowi 52% promieniowania słonecznego. Jest ono niewidzialne dla ludzi i znajduje się w paśmie powyżej 1000 nm.

Uproszczony schemat spektrum promieniowania słonecznego



Kolektory słoneczne zainstalowane na dachu





Składowe promieniowania słonecznego

Do powierzchni Ziemi nie dociera w całości promieniowanie wyemitowane ze słońca. Wiązka ta przechodząc przez atmosferę ulega odbiciu, załamaniu oraz pochłonięciu. Z tego powodu do powierzchni dociera jedynie ok. 45% promieniowania wysłanego ze słońca.

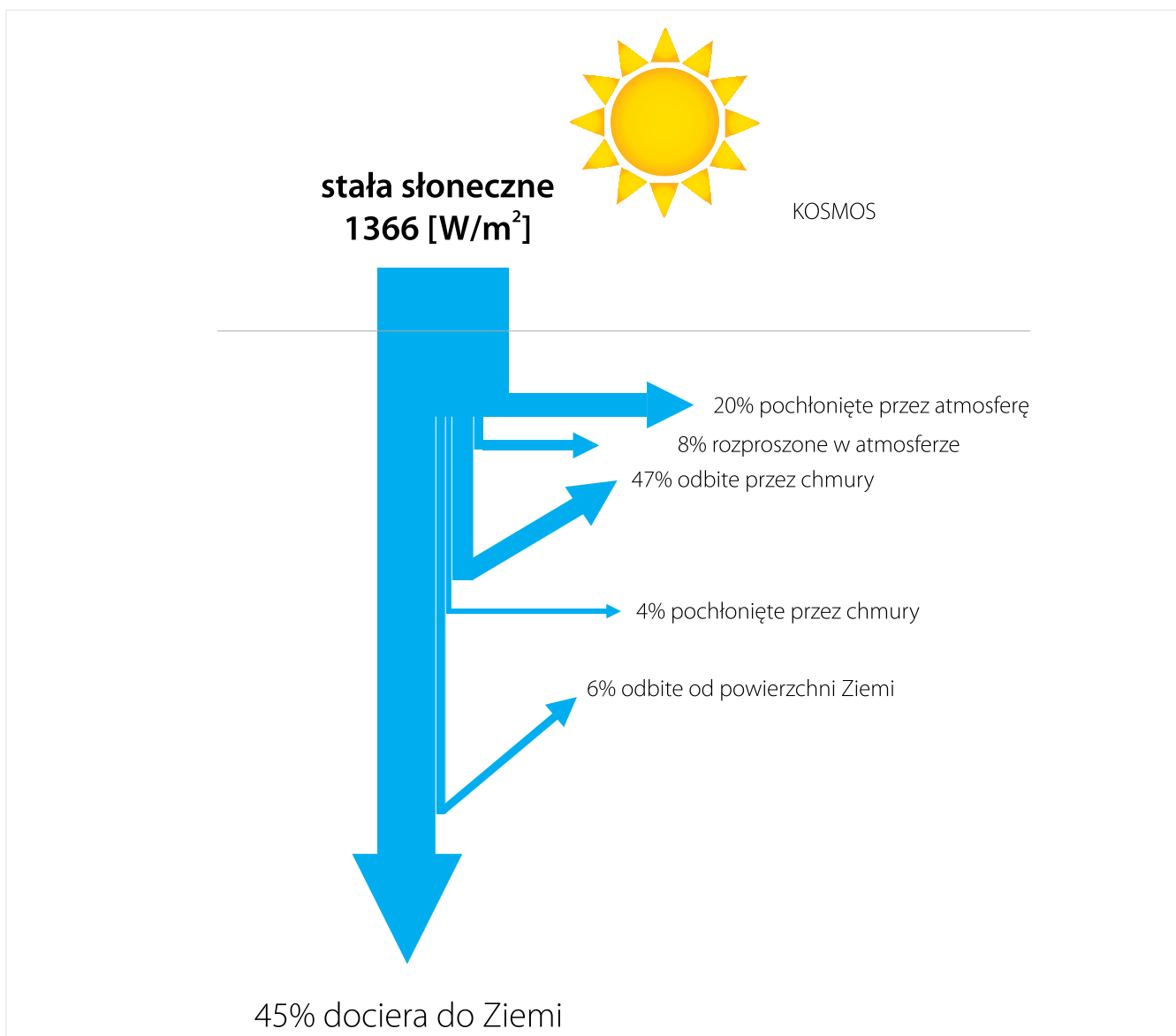
Ze względu na zmianę charakteru promieniowania rozróżniamy:

- promieniowanie bezpośrednie – jest to krótkofalowe promieniowanie, rozchodzi się w linii prostej od słońca do powierzchni Ziemi. Stanowi od 35 do 55% wartości całego promieniowania i najczęściej dociera go do Ziemi w okresie letnim. Promieniowanie to ma duży wpływ na ilość energii produkowanej przez urządzenia wykorzystujące energię słoneczną.
- promieniowanie rozproszone (dyfuzyjne) – jest to długofalowe promieniowanie, które

powstaje w wyniku załamania, odbicia i częściowego pochłonięcia promieniowania bezpośredniego w atmosferze ziemskiej. Nie ma określonego kierunku, pod jakim dociera do Ziemi. Najwięcej tego typu promieniowania występuje w miesiącach zimowych – nawet do 70%, a w miesiącach letnich jest go około 55% całego promieniowania. Promieniowanie to ma charakterystyczny niebieski kolor – kolor nieba.

- promieniowanie odbite od powierzchni ziemi i innych obiektów tzw. albedo – jest to stosunek promieniowania odbitego od powierzchni Ziemi do całkowitego promieniowania docierającego ze słońca. Albedo przyjmuje wartość w granicach 0,2–0,8 (powierzchnia pokryta świeżym śniegiem). Średnie albedo dla Ziemi przyjmuje się 0,3.

Rozkład promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi



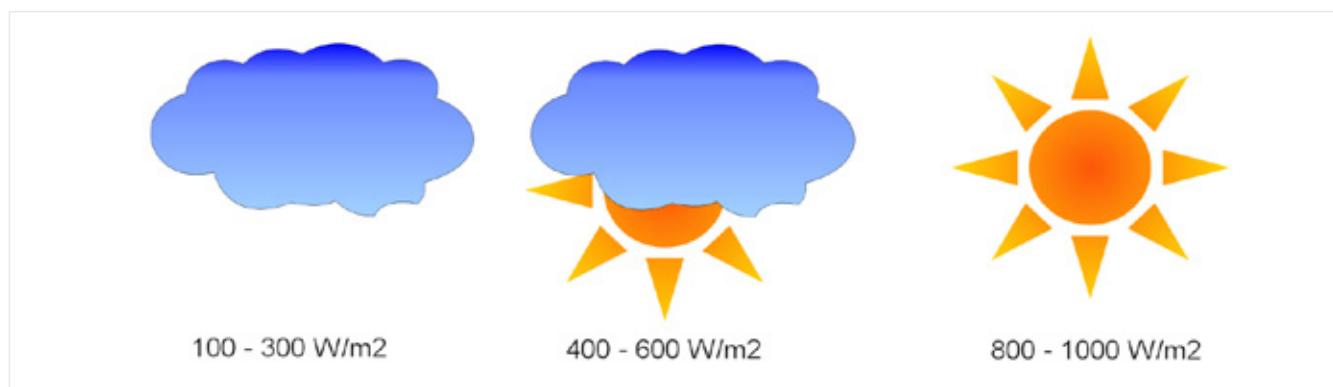
Wielkości opisujące zasoby energii słonecznej

Natężenie promieniowania słonecznego

Jest to chwilowa wartość gęstości mocy promieniowania słonecznego padającego w ciągu jednej sekundy na powierzchnię 1 m^2 , prostopadłą do kierunku promieniowania. Wartości podawane są w $[\text{W}/\text{m}^2]$ lub $[\text{kW}/\text{m}^2]$. W ciągu dnia wartości te mogą się wahać i w słoneczne bezchmurne dni może dochodzić do $1000 [\text{W}/\text{m}^2]$.

Nasłonecznienie

Nasłonecznienie to suma natężenia promieniowania słonecznego liczona w danym czasie np. godziny, dnia, roku i na danej powierzchni np. 1 m^2 . Nasłonecznienie określane jest w jednostkach Wh/m^2 , kWh/m^2 lub MJ/m^2 , GJ/m^2 na dzień, miesiąc lub rok. W okresach zimowych nasłonecznienie jest aż 7 razy mniejsze, niż w letnich np. w lipcu dociera do 1 m^2 ponad 150



Ilość promieniowania docierająca do powierzchni Ziemi w zależności od zachmurzenia

$\text{kWh}/\text{miesiąc}$, zaś w grudniu jedynie $25 \text{ kWh}/\text{miesiąc}$.

Stała słoneczna

Jest to strumień energii docierający do granic atmosfery ziemi w sposób ciągły. Wartość stałej słonecznej wynosi $1366 [\text{W}/\text{m}^2]$. Nie jest to rzeczywiście stała, jednak dawniej nie potrafiono dokładnie obliczyć jej wartości i dlatego przyjęto wartość tzw. stałą, wykorzystywaną do dziś.

Uśłonecznienie

Uśłonecznienie określane, jako liczba godzin słonecznych, jest parametrem raczej opisującym warunki pogodowe. Jest to czas podany w godzinach, podczas których na powierzchnię Ziemi padają bezpośrednie promienie słoneczne. Największa wartość uśłonecznienia jest w Kołobrzegu $1624 \text{ h}/\text{rok}$, zaś dla Zakopanego jest to $1467 \text{ h}/\text{rok}$.

Sposoby wykorzystania energii słonecznej

Bezpośrednia produkcja energii elektrycznej

Promieniowanie słoneczne można przetworzyć bezpośrednio na energię elektryczną za pomocą ogniw fotowoltaicznych. Pojedyncze ogniwa fotowoltaiczne są łączone w grupy i tworzą panel fotowoltaiczny. Panele montowane są na dachach domów lub na specjalnych konstrukcjach na ziemi. Ilość paneli zależy od tego ile energii chcemy uzyskać.

Dostępnych jest bardzo wiele paneli fotowoltaicznych, różniących się głównie zastosowanymi ogniwami. Większość ogniw zbudowanych jest z krzemu. Wyróżniamy:

Ogniwo monokrystaliczne – wykonane jest z jednego dużego kryształu krzemu, co daje mu ciemną barwę. Ma wysoką sprawność $18\text{-}22\%$ i jest stosunkowo drogie.

Ogniwo polikrystaliczne – wykonane jest z wykrystalizowanego krzemu i ma barwę niebieską z widocz-

nymi kryształkami krzemu. Ma sprawność około $14\text{-}18\%$ oraz jest tańsze niż ogniwo monokrystaliczne.

Ogniwo amorficzne – wykonane z bezpostaciowego, niewykrystalizowanego krzemu, ma barwę lekko bordową. Posiada niską sprawność $6\text{-}10\%$, przez co jest stosunkowo tanie.

Ogniwa fotowoltaiczne produkowane są również z innych pierwiastków. Najczęściej są to CdTe i CIGS. Ogniwa CdTe wykonane są z półprzewodnikowego tellurku kadmu. Sprawność ich wynosi $10\text{-}12\%$ a moduły są wykonane zazwyczaj z jednego ogniwa. Ogniwa CIGS wykonane są z miedzi, indu, galu i selenu. Sprawność ich wynosi $12\text{-}14\%$ i podobnie jak CdTe moduły wykonane są z jednego ogniwa. Oba typy ogniw to ogniwa cienkowarstwowe, gdyż warstwa aktywnego półprzewodnika ma grubość kilku mikrometrów, zaś ogniwa krzemowe są nawet 100 razy grubsze.

Zdjęcie panelu monokrystalicznego



Zdjęcie panelu polikrystalicznego



Zdjęcie panelu amorficznego



Zdjęcie panelu CdTe



Instalacja fotowoltaiczna zainstalowana na dachu



Bezpośrednia produkcja energii cieplnej

Do produkcji energii cieplnej z energii słońca wykorzystuje się kolektory słoneczne. Zasada działania kolektora jest bardzo prosta. Zazwyczaj montuje się go na południowej części dachu. Pod wpływem promieniowania słonecznego płyn znajdujący się w kolektorze nagrzewa się, a pompa tłoczy go do zbiornika z wodą, który znajduje się w budynku. W zbiorniku płyn z kolektora ogrzewa wodę poprzez wężownicę, a schłodzony z powrotem pompowany jest do kolektora, aby na nowo się nagrzał. W zależności od okresu pracy kolektory ustawia się pod różnymi kątami, aby w danym okresie produkowały jak najwięcej energii. W zimie płaszczyznę kolektora należy zwrócić na południe i ustawić pod dużym kątem 60–90°. Latem płaszczyzna kolektorów powinna znajdować się pod niewielkim kątem 5–20°, na stronę południową. W okresie wiosny i jesieni płaszczyznę kolektora należy zwrócić również na południe jednak pod kątem 45–60°. Zazwyczaj kolektory montuje się na stałe w danej płaszczyźnie, dlatego należy wcześniej założyć, w jakim okresie najwięcej potrzebujemy ciepłej wody.

Kolektory słoneczne zainstalowane na dachu

Kolektor powietrzny – czynnikiem roboczym jest powietrze. Wykorzystuje się je zazwyczaj do ogrzewania powietrza lub do suszenia zbiorów rolnych. Posiadają bardzo prostą budowę i mogą być wykonane w domach.

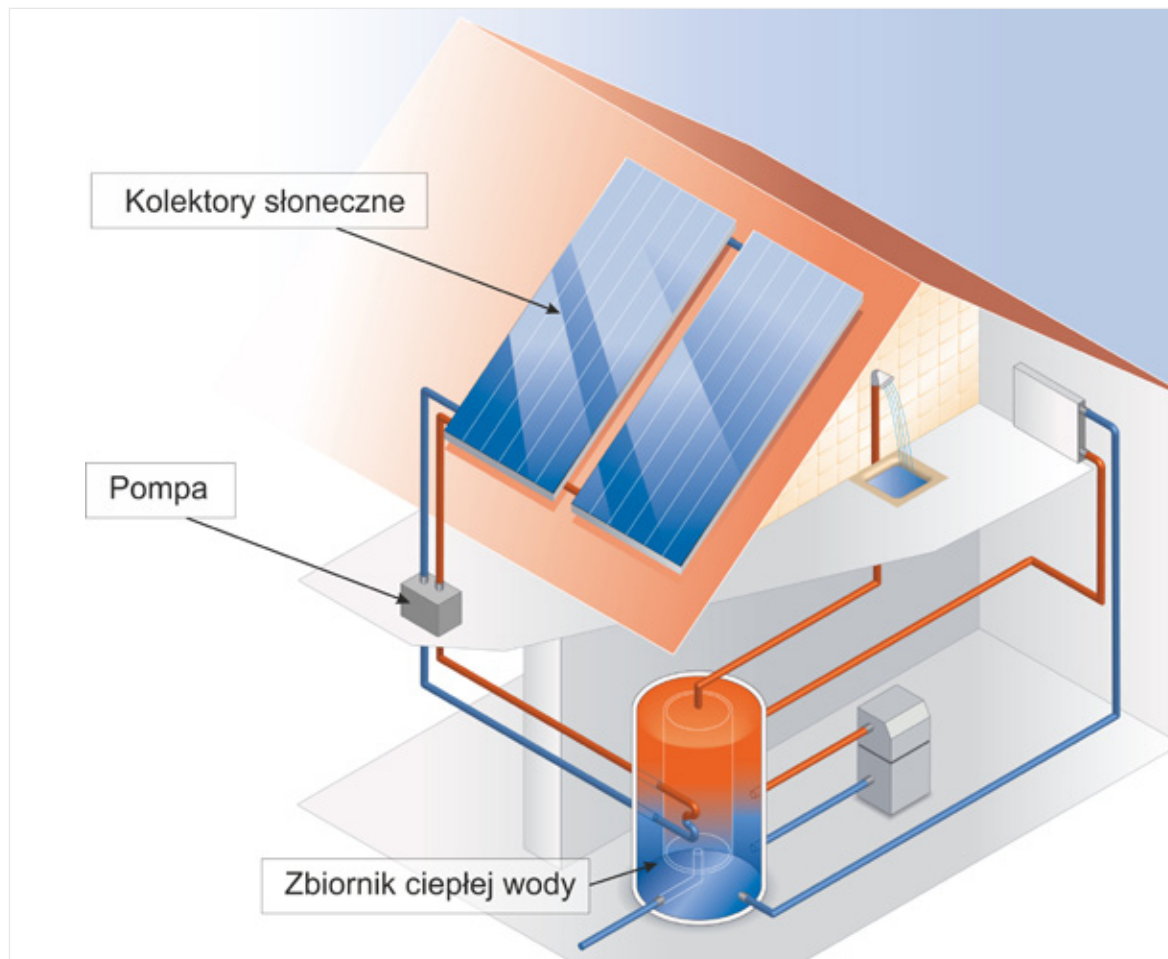
Kolektor płaski – posiada stosunkowo prostą budowę. Składa się z obudowy, izolacji termicznej, absorbera, pokrycia oraz rurek, przez które przepływa płyn solarny. Wykorzystuje się je do ogrzewania ciepłej wody użytkowej, dogrzewania wody w basenach oraz rzadko do wspomaganie centralnego ogrzewania. Jest to najczęściej kupowany kolektor słoneczny.

Kolektory próżniowe rurowe – zbudowane są z walcowatych, wydłużonych szklanych rur. Wykorzystywane są do podgrzewania ciepłej wody użytkowej i do wspomaganie centralnego ogrzewania. Kolektory tego typu są droższe niż płaskie, jednak posiadają lepsze parametry cieplne i produkują więcej energii.

Pośrednia produkcja energii elektrycznej z energii cieplnej

Energię cieplną uzyskaną z energii słonecznej można zamienić na energię elektryczną. Zamiana taka występuje np. w wieżach słonecznych, gdzie promienie słoneczne nagrzewają powietrze. Naturalna tendencja do unoszenia się gorącego powietrza ku górze wykorzystywana jest do napędzania specjalnych wiatraków znajdujących się w wieży. W ten sposób energia słoneczna zamieniana jest najpierw na ciepło. Ciepłe powietrze wykonuje pracę napędzając turbiny i w konsekwencji produkowana jest energia elektryczna.

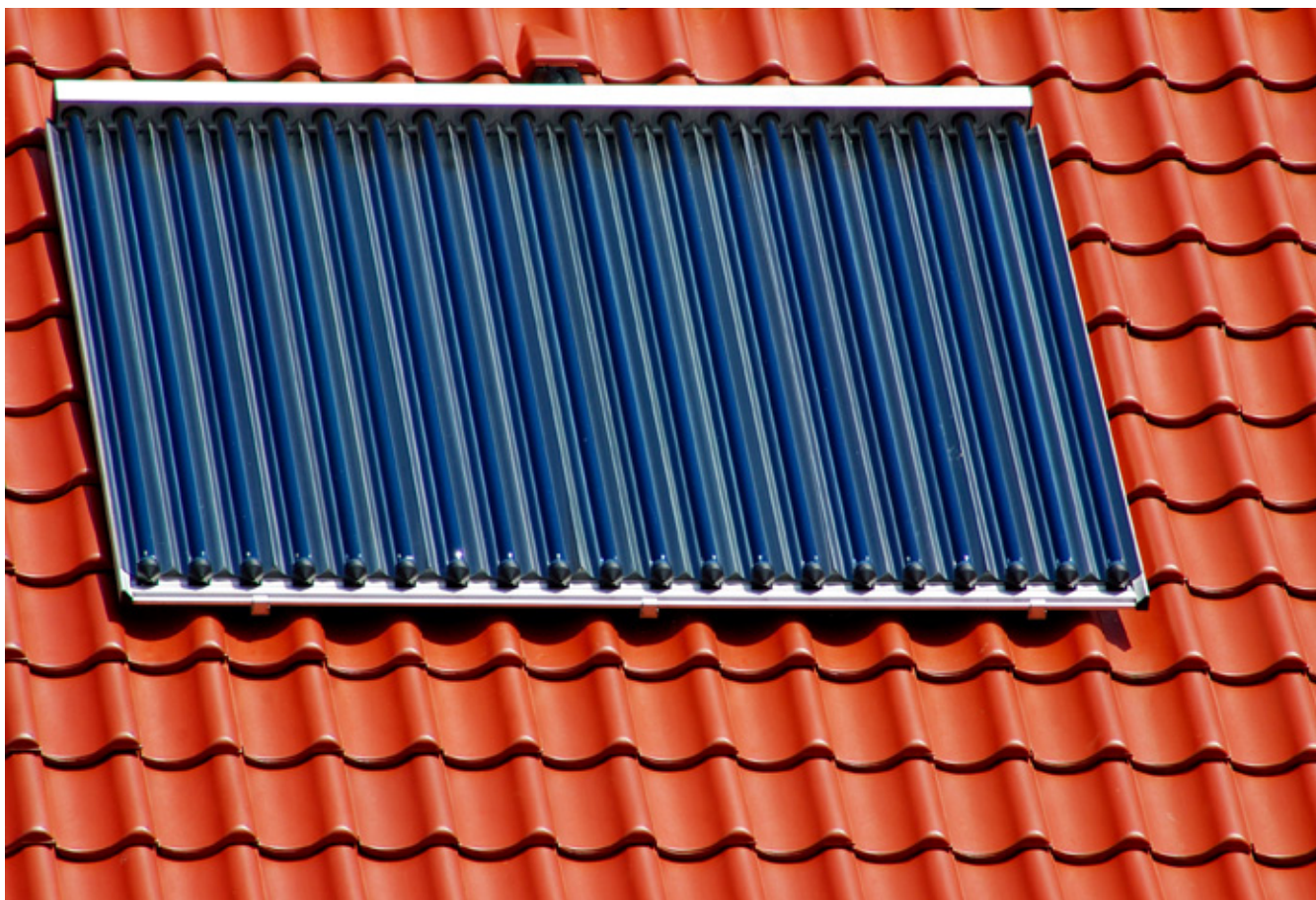
Schemat instalacji słonecznej

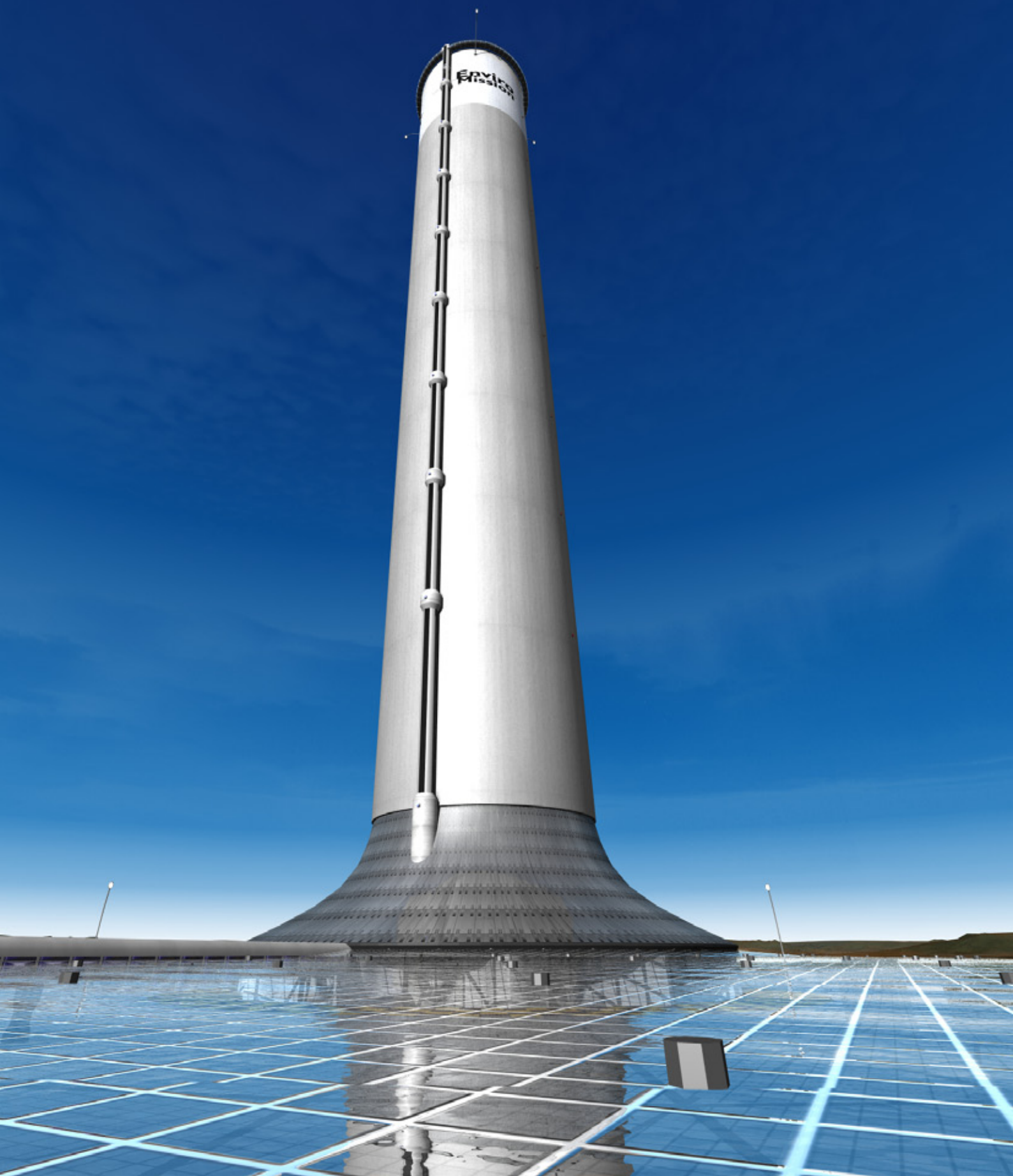


Kolektory płaskie zainstalowane na dachu



Kolektor próżniowy rurowy zainstalowany na dachu





Energetyka słoneczna w Polsce

W cyklu rocznym rozkład promieniowania słonecznego w Polsce jest bardzo nierównomierny. W miesiącach od kwietnia do września przypada 80% całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia. Największe nasłonecznienie posiada południowa część województwa lubelskiego i wynosi ono około 1050 kWh/m² na rok. W centralnej Polsce nasłonecznienie waha się w granicach od 1022 kWh/m² na rok do 1048 kWh/m² na rok. Na północy Polski, w centralnej części województwa śląskiego, południowej części województwa dolnośląskiego, południowej części Podkarpacia nasłonecznienie jest najmniejsze, poniżej 1000 kWh/m² na rok.

Zalety energetyki słonecznej

- Zasoby energii słonecznej są niewyczerpywane;
- Nie powodują emisji zanieczyszczeń do atmosfery;
- Energia słoneczna jest darmowa;

- Energia słoneczna może być zamieniona na energię ciepłą lub elektryczną;
- Kolektory słoneczne są łatwe w montażu;

Wady energetyki słonecznej:

- Ilość produkowanej energii zależy od pory roku, zimą jest jej mniej (a zapotrzebowanie jest większe niż latem);
- Do budowy ogniw używa się czasami związków toksycznych – kadmu, selenu, arsenu, telluru;
- Nie produkują energii w nocy;
- Trudno jest magazynować wyprodukowaną energię;
- Duże instalacje słoneczne zajmują duże obszary;
- Wysokie koszty kolektorów słonecznych i paneli fotowoltaicznych;

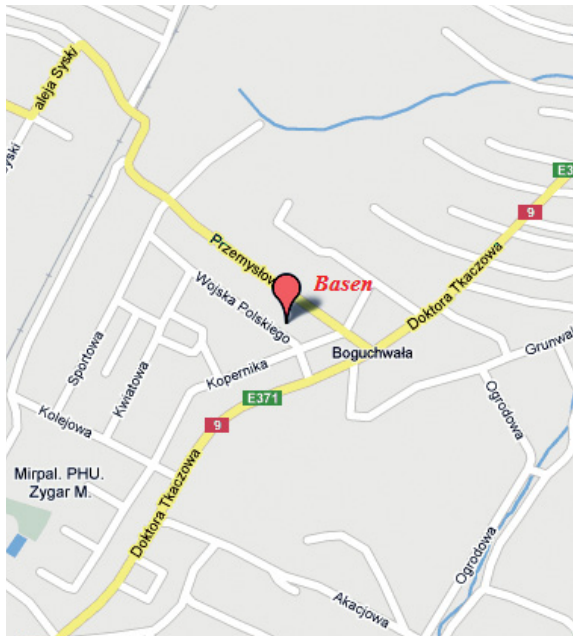
Mapa z rozkładem nasłonecznienia w Polsce



Przykład instalacji wykorzystującej energię słoneczną

Kompleks basenowy w podrzeszowskiej Boguchwale. Woda w pływalni jest ciepła dzięki 200 kolektorom słonecznym składającym się na in-

stalację solarną. Inwestycja kosztowała 800 tysięcy złotych, a 85% tej kwoty Boguchwała zdobyła z Unii Europejskiej.



Mapa z lokalizacją basenu w Boguchwale



Baseny kąpielowe w Boguchwale podgrzewane kolektorami słonecznymi (fot. www.boguchwala.pl)

Zadanie obliczeniowe

Na dachu domu znajdują się trzy kolektory słoneczne o powierzchni 2 m^2 każdy. Pracują ze sprawnością 65% w półroczu zimowym i 35% w półroczu letnim.

Oblicz, ile energii wyprodukują rocznie kolektory słoneczne, jeżeli w półroczu letnim do dachu domu dociera 900 kWh/m^2 , a w półroczu zimowym 150 kWh/m^2 .

Rozwiązanie

Powierzchnia kolektorów $A = 2 \text{ m}^2 \cdot 3 = 6 \text{ m}^2$

zima $65\% \cdot 150 \text{ kWh/m}^2 \rightarrow 6 \cdot 150 \cdot 0,65 = 585 \text{ kWh}$

lato $35\% \cdot 900 \text{ kWh/m}^2 \rightarrow 6 \cdot 900 \cdot 0,35 = 1890 \text{ kWh}$

$585 \text{ kWh} + 1890 \text{ kWh} = 2475 \text{ kWh}$

Odpowiedź: Rocznie kolektory wyprodukują 2475 kWh energii.

Doświadczenie

Temat doświadczenia:

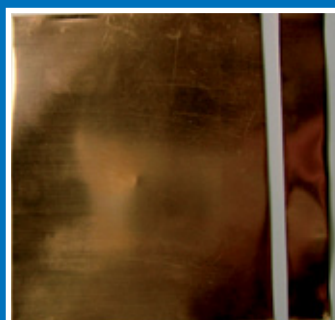
Domowe ogniwo fotowoltaiczne

Elementy potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia:

- multimetr cyfrowy/miernik elektryczny,
- płytki miedzi o wymiarach 100x100x0,2 mm,
- 2 przewody czarny i czerwony (lub inne kolory),
- 2 krokodylki/zaczepy lub spinacze,
- pusta butelka PET lub inny pojemnik.
- woda i sól kuchenna.

Przebieg doświadczenia:

- Przy pomocy nożyczek lub nożyka do tapet odciąć z płytki miedzi pasek o szerokości 2 cm – rys. 1.
- Pozostały (duży) kawałek miedzianej płytki należy położyć na palącym się palniku kuchennej gazowej (cel: utlenienie miedzi i otrzymanie powłoki półprzewodnikowego tlenku miedzi (I) – czarna powłoka, czas ogrzewania około 20–30 minut) – rys. 2 (uwaga: czarny osad jest tlenkiem miedzi (II) pod nim znajduje się czerwony tlenek miedzi (I) niezbędny do działania ogniwa).
- Po pojawieniu się czarnej powłoki pozostawić płytkę aż do całkowitego wystygnięcia (uwaga: powolne stygnięcie płytki sprawi, że czarna powłoka złuszczy się – odsłaniając czerwoną. Nie wolno studzić płytki pod wodą, szybkie studzenie sprawi, że czarna powłoka przywrze do powierzchni płytki) – rys. 3.
- Z ogrzewanej płytki należy delikatnie usunąć czarny osad (nie używać ostrych narzędzi – najlepsza do tego celu będzie szmatka lub paznokieć). Po oczyszczeniu przy brzegu płytki należy wykonać mały otwór i przymocować np. czerwony przewód. Analogicznie mocujemy przewód np. czarny w odciętym 2 cm pasku miedzi. Do wykonania otworu najlepiej wykorzystać nóż lub gwóźdź.
- Przygotować mały pojemnik na wodę (np. uciętą w połowie 1,5 litrową butelkę PET).
- Przy pomocy krokodylków lub spinaczy zamocować do butelki miedziane blaszki.
- Do końców przewodów przymocować sondy miernika elektrycznego.
- Ogniwo należy napełnić roztworem wody z solą kuchenną.
- Ustawić ogniwo w dobrze naświetlonym miejscu i wykonać pomiar napięcia i natężenia prądu – rys. 4.



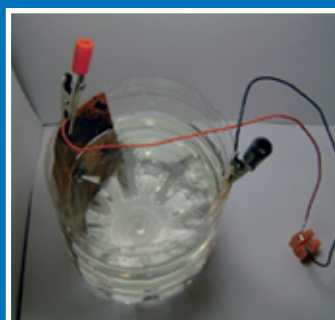
Rys. 1. Odcięty pasek miedzi (2 cm)



Rys. 2. Ogrzewana płytka miedzi z czarną powłoką tlenkową



Rys. 3. Płytki miedzi w czasie stygnięcia



Rys. 4. Gotowe domowe ogniwo fotowoltaiczne

ENERGETYKA WIATROWA

Energię wiatru wykorzystywano począwszy od czasów starożytnych. Już w XVIII w. p.n.e., pierwsze wiatraki wykorzystywano do mielenia zbóż i nawadniania pól. Dopiero w XIX w. n.e. rozpoczął się szybki rozwój turbin wiatrowych. Pierwszą turbinę skonstruował Charles Francis Brush, miała ona moc 12 kW (12 000 watów), średnicę 17 m oraz 144 łopaty. W kolejnych latach udoskonalano turbiny. Obecnie największa turbina wiatrowa ma maszt o wysokości 138 m, średnicę wirnika 126 m, a jej moc maksymalna wynosi 6 MW (6 000 000 W).

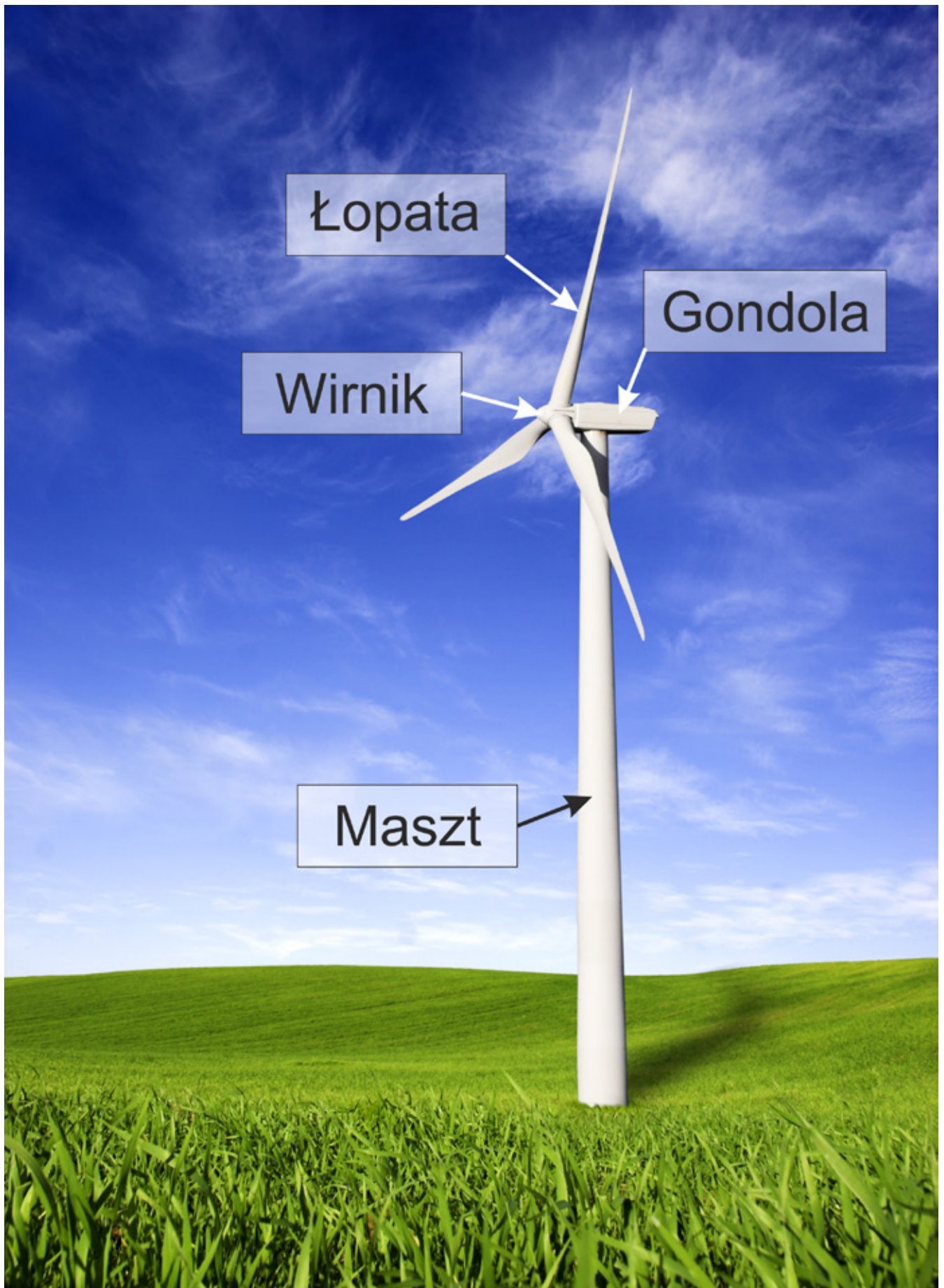
Wiatr jest to poziomy lub prawie poziomy ruch powietrza względem ziemi. Wywołany może być różnicą ciśnień lub ukształtowaniem terenu. Prędkość wiatru wzrasta wraz z wysokością. Na niższych wysokościach prędkość wiatru jest mniejsza, gdyż np. drzewa, budynki spowalniają wiatr. Z tego też powodu generatory umieszczone są w gondolach na wysokich masztach.

Elektrownie wiatrowe wykorzystywane są do produkcji prądu elektrycznego. Wiejący wiatr wprawia w ruch łopaty, które połączone są z wirnikiem i wprawiają go w ruch obrotowy. Wirnik połączony jest ze znajdującymi się w gondoli skrzynią przekładniową oraz generatorem, który kręcąc się produkuje energię elektryczną.



Współczesna turbina wiatrowa (po lewej) oraz średniowieczny młyn wiatrowy (po prawej)





Podział turbin wiatrowych o osi poziomej i pionowej

Turbiny wiatrowe dzieli się ze względu na oś obrotu. Duże turbiny wiatrowe zazwyczaj mają poziomą oś obrotu, dzięki czemu charakteryzują się wysoką sprawnością jednak do efektywnej pracy potrzebują wyższych prędkości wiatru. Wśród małych turbin

wiatrowych możemy spotkać także konstrukcje o osi pionowej, które są mniej efektywne jednak potrafią pracować przy niskich prędkościach wiatru oraz są bardzo ciche. Cechy te są bardzo istotne, jeżeli turbiny wiatrowe instalowane są wśród zabudowań.

Mała turbina wiatrowa o osi pionowej



Mała turbina wiatrowa o osi poziomej



Zadanie obliczeniowe

Elektrownia wiatrowa o mocy 2500 kW wytwarza energię elektryczną, której połowę zużywa w ciągu doby 2000 budynków mieszkalnych. Oblicz, ile energii zużywa średnio jeden budynek mieszkalny w ciągu doby.

Rozwiązanie

$$P = 2500 \text{ kW}$$

$1/2$ z 2500 kW = 1250 kW – tyle zużywa 2000 budynków mieszkalnych czyli jeden zużywa 1250 kW / 2000 = 0,625 kW

$$P = W/t \text{ czyli } W = P \cdot t = 0,625 \text{ kW} \cdot 24\text{h} = 15 \text{ kWh}$$

Odpowiedź: Jeden budynek mieszkalny zużywa 15 kWh energii.

Morskie farmy wiatrowe MFW

Pierwsza elektrownia wiatrowa na morzu wybudowana została przez Danię w 1991 roku. Posiadała ona moc 4,95 MW i składała się z zespołu 11 turbin wiatrowych. Obecnie w Europie działa 1371 morskich turbin wiatrowych o łącznej mocy 3813 MW. Do roku 2020 planuje się budowę kolejnych farm morskich, których łączna moc będzie sięgać nawet 40 GW. Tak szybki rozwój tego typu farm jest możliwy dzięki temu, że wiejący wiatr na morzu jest bardziej stabilny. Dodatkowo prędkość wiatru jest większa na

mniejszych wysokościach, dzięki czemu maszty turbin mogą być niższe. Przyjmuje się, że MFW, powinny powstawać w odległości około 2 km od brzegu, nie kolidując ze szlakami komunikacji wodnej i strefami połowów. Budowanie kolejnych farm morskich musi być dobrze zaplanowane, gdyż ich budowa jest droższa niż budowa farm na lądzie. Większe koszty są związane z tym, że muszą być użyte lepsze, odporne na korozję materiały. Bardziej kłopotliwe jest również zamontowanie turbin na dnie morza.



Turbiny wiatrowe na morzu

Elektrownie wiatrowe a ptaki

Lokalizacja farm wiatrowych wywołuje wiele dyskusji wśród obrońców ptaków. Prowadzono wiele badań starając się określić, jakie zagrożenie niosą wiatraki na siedliska ptaków oraz na ptaki migrujące (wędrujące). Obrońcy przyrody uważają, że turbiny wiatrowe stanowią duże zagrożenie i w istotny sposób przyczyniają się do śmierci ptaków. Z drugiej strony zarówno krajowe i zagraniczne badania wykazują, że dobrze zaprojektowana farma wiatrowa

nie stanowi zagrożenia dla ptaków. Wpływ na liczbę ginących ptaków ma lokalizacja farmy, liczba oraz rodzaj elektrowni wiatrowych, charakter występowania ptaków na danym terenie (żerowiska, legowiska itp.), oraz warunki atmosferyczne i oświetlenie farmy. Dlatego też nie można stwierdzić stanowczo, że farmy wiatrowe stanowią duże zagrożenie dla ptaków. Znane są nawet przypadki, że ptaki gniazdują w gondolach turbin.

Energetyka wiatrowa w Polsce

W Polsce korzystne warunki wiatrowe występują lokalnie, na ponad 60 % powierzchni kraju są one korzystne. Najkorzystniejsze obszary do pozyskania energii wiatru znajdują się w rejonach: wybrzeża, wyspy Wolin, Suwalszczyzny, Środkowej Wielkopolski i Mazowsza, Beskidu Śląskiego i Żywieckiego oraz Bieszczad i Pogórza Dynowskiego. Występują również liczne mikrorejony (niewielkie obszary) o doskonałych warunkach wiatrowych np. wysokie góry. Problemy z dojazdem i przyłączeniem do sieci elektroenergetycznej sprawiają, że nie jest możliwe stawianie tam masztów wiatrowych. W połowie 2011 roku w Polsce znajdowało się 472 instalacji wiatrowych o łącznej mocy 1389 MW.

Dobrym przykładem wykorzystania energii wiatru jest Dania. W tym kraju zainstalowanych jest obecnie ok. 4000 turbin, co zaspokaja ok. 20% potrzeb energetycznych tego państwa. W Polsce jest to jedynie około 1%.

Zalety elektrowni wiatrowych

- Podczas pracy nie emitują żadnych zanieczyszczeń do atmosfery;

- Wykorzystują niewyczerpywane zasoby wiatru – nie ma niebezpieczeństwa wzrostu cen energii;
- Mogą być budowane na nieużytkach, terenach nienadających się pod uprawę;
- Poprawiają bezpieczeństwo energetyczne kraju, uniezależniają kraj od dostaw surowców energetycznych z innych krajów.

Wady elektrowni wiatrowych

- Budowa farm wiatrowych wiąże się z wysokimi kosztami;
- Mogą przyczyniać się do destabilizacji systemu elektroenergetycznego – wiatry są niestabilnym źródłem energii i wymagane są systemy gromadzenia energii;
- Stosunkowo głośna praca łopat oraz refleksy świetlne sprawiają, że turbiny muszą być budowane w pewnej odległości od siedlisk ludzkich i zwierzęcych;
- Źle zlokalizowane farmy wiatrowe mogą przyczyniać się do śmierci ptaków.



Mapa z rozmieszczeniem elektrowni wiatrowych w Małopolsce

Przykład instalacji wykorzystującej energię wiatru

Mini elektrownia w Przedszkolu Miejskim nr 9 w Mielcu. Energia zdobywana za pomocą wiatraka służy do ogrzewania wody bieżącej w przedszkolu.

Energia z turbiny wiatrowej o mocy 3,0 kW jest przekazywana za pomocą specjalnych urządzeń do zespołu akumulatorów zasilających cztery

duże podgrzewacze wody. Tuż po zamontowaniu mini elektrowni przeprowadzone zostały zajęcia ekologiczne z podopiecznymi przedszkola, które miały uświadomić, czym jest energia wiatrowa, jakie ma znaczenie i skutki. Takie zajęcia będą organizowane także dla dzieci z innych przedszkoli.



Mała elektrownia wiatrowa w Mielcu (fot. www.hej.mielec.pl)



Mapa z lokalizacją przedszkola nr 9 w Mielcu

Doświadczenie

Temat doświadczenia:

Produkcja energii elektrycznej z wiatru

Elementy potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia:

- wentylator (komputerowy 12 V lub domowy),
- cyfrowy multimetr/miernik elektryczny,
- suszarka do włosów,
- metr.

Przebieg doświadczenia:

Doświadczenie można wykonać w parach lub grupach.

- Jedna osoba ustawia na stoliku suszarkę naprzeciwko wentylatora, w odległości około 60 cm. Następnie powoli zbliża suszarkę do wentylatora.
- W momencie, gdy wirnik wentylatora zacznie się obracać kolejna osoba wykonuje pomiar napię-

cia oraz natężenia prądu za pomocą cyfrowego multimetru jak również mierzy odległości między suszarką a wentylatorem.

- Zapisać wyniki pomiarów w przygotowanej wcześniej tabelce.
- Osoba obsługująca suszarkę przybliży ją do wentylatora o 10 cm, kolejna osoba wykonuje następny pomiar.
- Czynność trzeba powtórzyć kilkakrotnie, ciągle zbliżając suszarkę do wentylatora (gdy suszarka jest zbyt blisko wentylatora konieczne jest przytrzymanie go !!!).
- Ostatni pomiar trzeba wykonać, gdy suszarka znajduje się około 5 cm od wentylatora.
- Obliczyć moc turbiny dla różnych odległości suszarki od turbiny (zastosuj wzór na moc z wykorzystaniem napięcia i natężenia prądu).

ENERGETYKA WODNA

Można zgodzić się z opinią, że koła wodne były najstarszymi urządzeniami przetwarzającymi energię wody na energię mechaniczną. Energię płynącej rzeki wykorzystywano już w starożytności. Pierwsze koła wodne znane były już w XX w. p.n.e. i stosowano je do nawadniania pól uprawnych. Średnica takich kół wynosiła nawet 20 m. W tartakach i kuźniach koła wodne wykorzystywano do napędzania maszyn, a także do napędzania pił mechanicznych używanych do cięcia kamienia. W Polsce pierwsze koła wodne wybudowano dopiero w XII w. n.e., a ich rozkwit nastąpił w XVI wieku. Szacuje się, że ich liczba w tym okresie wynosiła około 3000 sztuk i wykorzystywane one były przede wszystkim w młynach wodnych. Najstarsze koła wodne wykonane były z drewna, a w Wietnamie do tej pory spotykane są koła wodne wykonane z bambusa.



Młyn z kołem wodnym

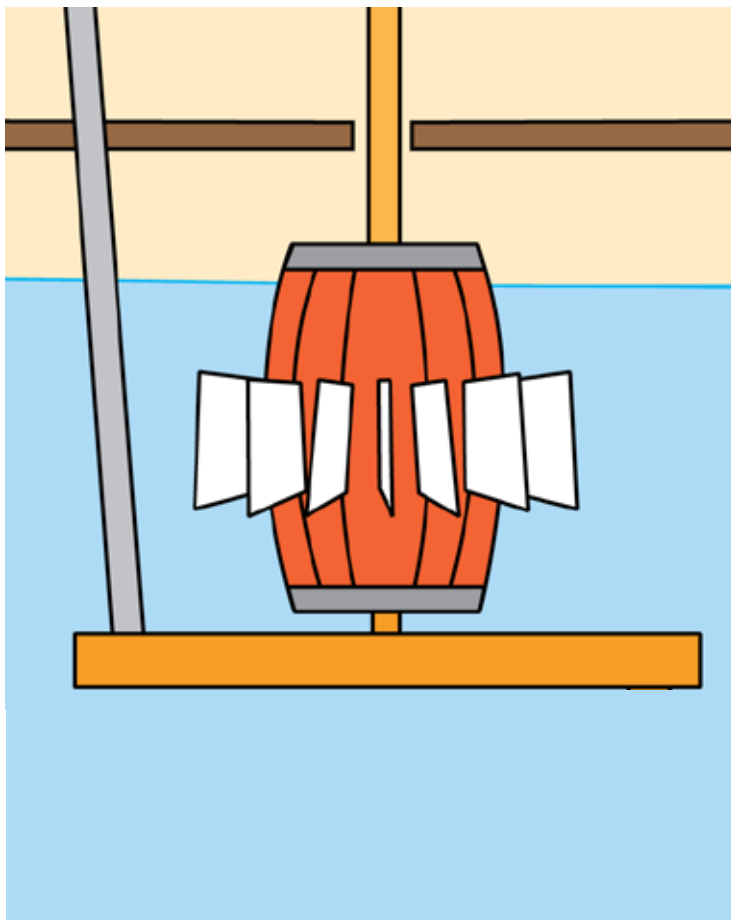


Rodzaje kół wodnych wykorzystywanych w elektrowniach

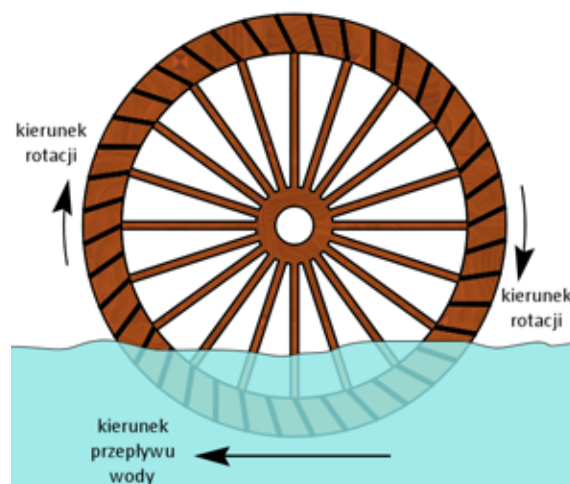
Koła wodne o osi pionowej

Koła wodne o osi pionowej wykorzystywane były w starożytnych młynach. Łopatkami w postaci czarek umieszczone były na kole, które umocowane było na pionowym wale. Mechanizm regulacji pozwalał na obniżanie lub podnoszenie koła. Taki system zwany był młynami tureckimi lub greckimi. W Polsce nie zachowały się żadne ślady tego typu kół.

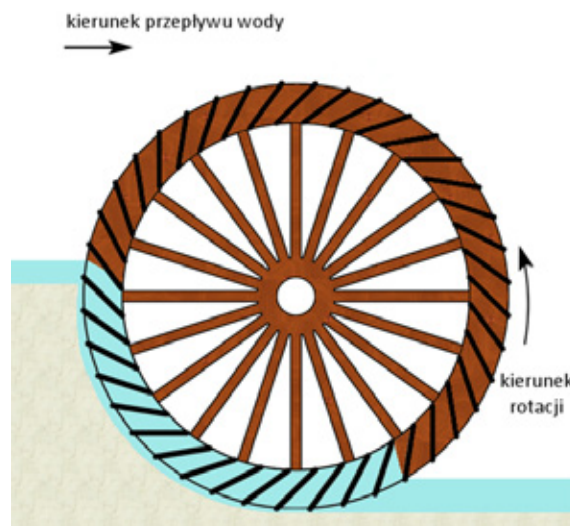
Koło wodne o osi pionowej



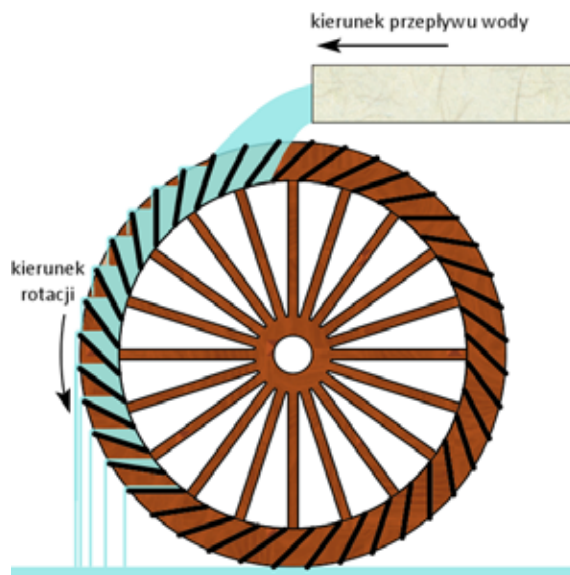
Koło wodne podsiębierne



Koło wodne śródsiebierne



Koło wodne nasiębierne



Koła wodne o osi poziomej

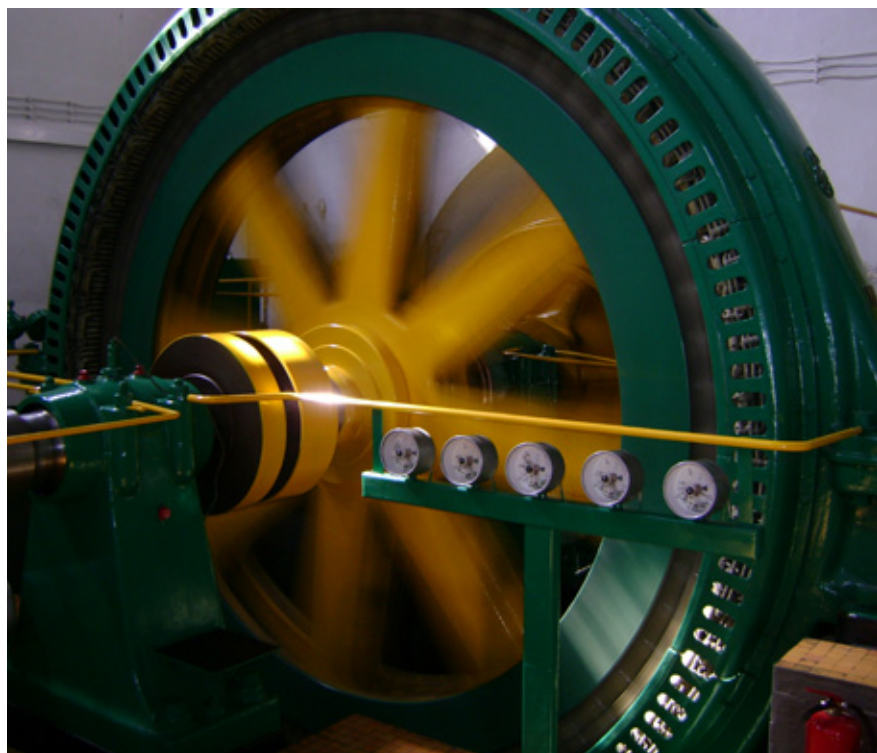
- koła wodne podsiębierne: poruszane przez prąd przepływającej rzeki. Mają one prostą budowę, lecz są mało efektywne i zależą od stanu wody w zbiorniku. Gdy spada poziom wody w zbiorniku, koło jest mniej zanurzone i ilość produkowanego prądu jest mniejsza.
- koła wodne śródsiebierne – poruszane poprzez wodę napływającą w połowie średnicy koła. Ze względu na swoją małą efektywność jest to najrzadziej stosowane koło wodne.
- koła wodne nasiębierne – woda wpada na zakrzywione łopatki od góry i wprawia je w ruch. Koła wodne tego typu mają stosunkowo wysoką sprawność energetyczną – mogą produkować dużo energii elektrycznej.



Elektrownia wodna

Rozwój energetyki wodnej na szeroką skalę rozpoczął się wraz z wynalezieniem turbiny wodnej w XIX w. Przyczyniło się to do rozwoju sektora energetyki wodnej na przełomie XIX/XX w. w Europie. Powstawały elektrownie wodne na małych i dużych rzekach.

Najważniejszymi elementami w elektrowniach wodnych są turbina wodna połączona z generatorem. Ich zespół zamienia energię kinetyczną lub mechaniczną wody na energię elektryczną.

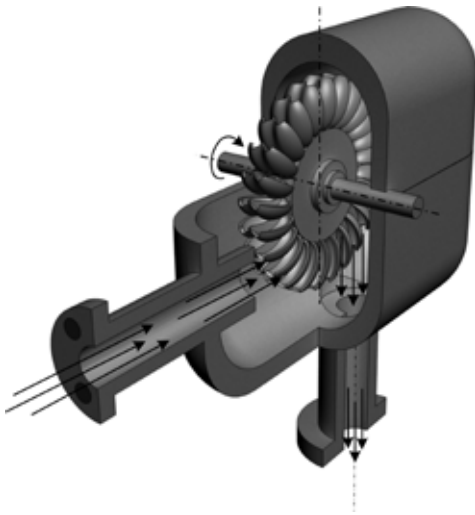


*Pracujący generator
w małej elektrowni wodnej*

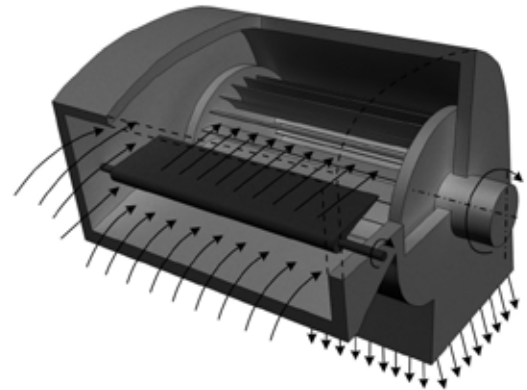
Podział turbin wodnych

Akcyjne

turbina Peltona
stosowana jest ona na rzekach o dużych spadkach

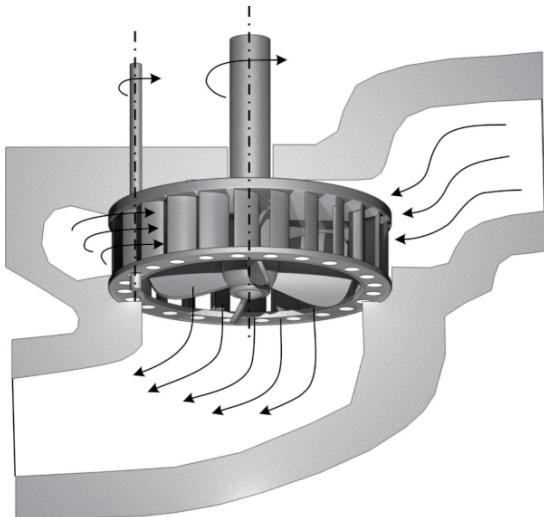


turbina Banki – Michella
stosowana na rzekach o małym spadku

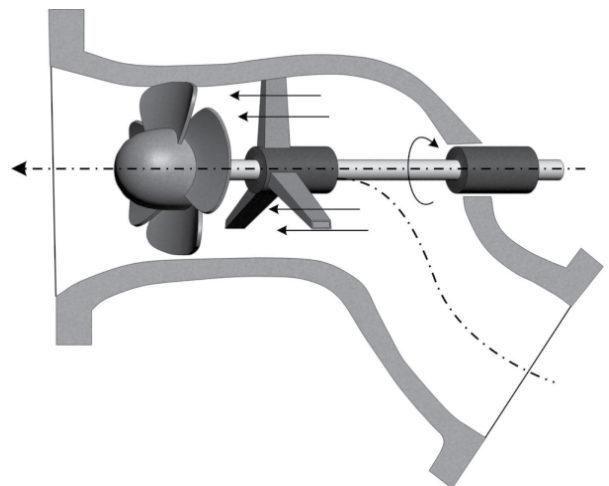


Reakcyjne

turbina Francisa
stosowana na rzekach o średnim spadku



turbina Kaplana
stosowana na rzekach o małym spadku;



Rodzaje elektrowni wodnych

Elektrownie wodne można podzielić na kilka sposobów. Jednym z nich jest **podział ze względu na typ**:

- **Elektrownia przepływowa**

Budowane są na rzekach o małym spadku, gdzie nie ma możliwości gromadzenia wody. Ilość wyprodukowanej energii jest zależna od prędkości płynącej rzeki.

- **Elektrownia zbiornikowa (regulacyjna)**

Elektrownie tego typu posiadają zbiornik wodny, w których mogą gromadzić wodę. Dzięki temu mogą energię wody zamieniać na energię elektryczną w dowolnym czasie i ilości tyle ile jest potrzebne.

- **Elektrownia szczytowo – pompowa**

Posiada dwa zbiorniki, usytuowane na różnych poziomach, zazwyczaj jeden powyżej i jeden poniżej elektrowni. Mogą produkować energię wtedy, gdy jest na nią zapotrzebowanie. Nocą nadmiar wyprodukowanej energii jest wykorzystywany do przepompowania wody z dolnego zbiornika do górnego.

- **Elektrownia pływowa**

Wykorzystuje energię odpływów lub przyływów mórz i oceanów. Najkorzystniejsze miejsca dla lo-

kalizacji elektrowni to brzegi zbiorników wodnych, gdzie różnica poziomu wody jest większa niż 5 m.

- **Elektrownia falowo – pływowa**

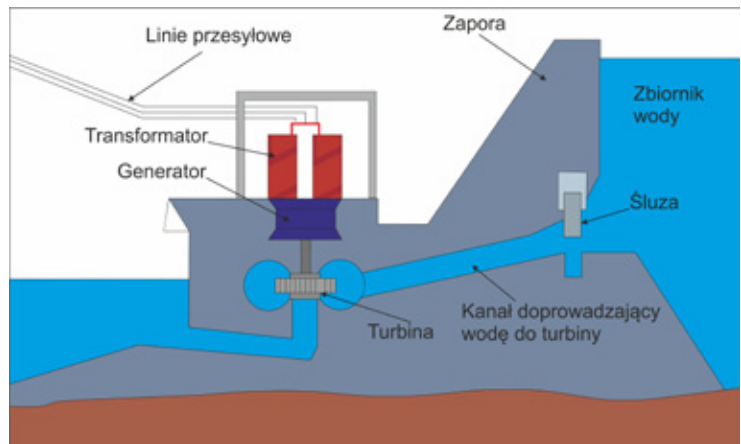
Energia pochodząca z fal lub prądów morskich wykorzystywana jest do produkcji energii elektrycznej.

Podział elektrowni wodnych **ze względu na moc**:

- **małe elektrownie wodne** – moc do 5 MW

- **duże elektrownie wodne** – moc powyżej 5 MW

Schematyczna budowa elektrowni wodnej



Elektrownie wodne a ryby

Elektrownie wodne stanowią zazwyczaj zaporę nie do przebycia dla ryb. W przypadku ryb migrujących rozwój elektrowni wodnych przyczynił się do ich wyginięcia w wielu regionach świata. Problem ten dotyczy głównie wielu gatunków łososia, który choć żyje w morzu wraca w górskie rejony rzek, aby złożyć ikrę. W południowej Polsce łosoś wyginął cał-

kowicie można go spotkać jeszcze w rzekach Polski północnej. Symbolem licznej obecności łososia w polskich rzekach są choćby nazwy rzek i wsi jak małopolska Łososina. Z uwagi na ochronę ryb żyjących w rzece ważne jest, aby zapory wodne wyposażone były w przepławki dla ryb, które umożliwią im swobodną wędrówkę w górę i dół rzeki.

Przepławka dla ryb



Mała energetyka wodna

W Polsce małe elektrownie wodne to takie, których moc wynosi do 5 MW. W innych krajach Europy moce te są różne, np. w Skandynawii, Szwajcarii czy we Włoszech jest to 2 MW. Natomiast we Francji czy Niemczech aż 10 MW. Mała energetyka wodna w mniejszym stopniu wpływa negatywnie na środowisko w miejscu zlokalizowania elektrowni niż elektrownie duże, a w znacznym przyczynia się do ochrony środowiska. Małe elektrownie wodne mogą być budowane na niewielkich rzekach i ciekach wodnych. Produkowany w nich prąd elektryczny wykorzystywany jest zazwyczaj na potrzeby lokalne.

Podział małych elektrowni wodnych ze względu na moc:

- małe elektrownie o mocy 100–5000 kW
- mikroelektrownie >70 kW
- makroelektrownie 70–100 kW

Podział małych elektrowni wodnych ze względu na spad:

- pływające po rzece
- derywacyjne
- nisko spadowe (2–20 m)
- średnio spadowe (< 150 m)
- wysoko spadowe (> 150 m)

Mała elektrownia wodna Kamienna



Energetyka wodna w Polsce

Polski potencjał wykorzystania zasobów wodnych jest znaczny. Wśród rzek największe znaczenie ma Wisła – przypada na nią 45,3% zasobów hydroenergetycznych Polski. Kolejne to dorzecza Wisły i Odry – stanowią 43,6%, Odra to 9,8% i rzeki Przymorza stanowią 1,8%. Obecnie Polska wykorzystuje swoje zasoby jedynie w 12%, a 7,3% energii dostarczanej do sieci energetycznej pro-

dukowanej jest z energii wody. W Polsce istnieje ponad 400 elektrowni wodnych, kilkanaście to duże zawodowe elektrownie powyżej 5 MW, pozostałe należą do MEW (małe elektrownie wodne). Dla porównania najlepiej swoje zasoby wodne wykorzystują Norwegowie, bo aż 98% energii elektrycznej w krajowym systemie produkowane jest w elektrowniach wodnych.

Tab. 3. Wybrane elektrownie wodne w Polsce

| Elektrownia | Rzeka/jezioro | Moc | Rok uruchomienia |
|---------------|----------------------|------|------------------|
| Żarnowiec | Jezioro Żarnowieckie | 716 | 1983 |
| Porąbka – Żar | Soła | 515 | 1979 |
| Włocławek | Wisła | 162 | 1970 |
| Żydowo | Radew | 150 | 1971 |
| Solina | San | 200 | 1968 |
| Niedzica | Dunajec | 92,6 | 1997 |
| Dychów | Bóbr | 79,5 | 1936 |
| Rożnowo | Dunajec | 50 | 1942 |
| Koronowo | Brda | 25 | 1961 |

Zalety energetyki wodnej

- Produkowanie energii elektrycznej nie powoduje emisji szkodliwych gazów i pyłów;
- Duża elastyczność i stabilność pracy elektrowni przyczynia się do stabilności sieci energetycznej;
- Wyprodukowana energia jest tańsza niż ta pozyskana z paliw kopalnych;
- Możliwe jest budowanie małych (lokalnych) elektrowni wodnych;
- Powstające zbiorniki przy elektrowniach mogą być wykorzystywane podczas powodzi oraz być źródłem zaopatrzenia miast w wodę;
- Zbiorniki przy elektrowniach mogą być wykorzystane do celów rekreacyjnych oraz sportów wodnych.

Wady energetyki wodnej

- Zajęcie terenów rolniczych lub leśnych pod budowę elektrowni;
- Konieczne jest przemieszczenie ludności wraz z zabudową;
- Konieczne jest rozbudowanie połączeń drogowych i kolejowych;
- Zmienia się ekosystem w okolicach elektrowni;
- Elektrownie mogą stanowić zagrożenie dla egzystencji niektórych gatunków ryb oraz ssaków wodnych;
- Powyżej zapory może powstawać tzw. cofka wody, która powoduje zamulanie koryta, pogorszenie jakości wody oraz akumulacji zanieczyszczeń;
- Poniżej zapory zwiększona erozja dna powoduje obniżenie dna rzeki oraz poziomu wód gruntowych.

Doświadczenie

Temat doświadczenia:

Wykorzystanie energii spadku wody

Elementy potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia:

- multimetr cyfrowy/miernik elektryczny,
- wentylator komputerowy 12 V.

Przebieg doświadczenia:

Doświadczenie można wykonać w parach lub grupach.

- Podłączyć wentylator do sond miernika poprzez zdjęcie otuliny z końców przewodów wentylatora (czarny i czerwony, kable powinny stykać się z sondami miernika).
- Jedna osoba trzyma wentylator pod kranem z wodą. Po odkręceniu kranu, woda powinna spa-

dać na łopatkę wentylatora.

- W momencie, gdy wirnik wentylatora zacznie się obracać pod siłą wody kolejna wykonuje pomiar napięcia i natężenia prądu za pomocą miernika elektrycznego.
- Zapisać wyniki pomiarów w przygotowanej wcześniej tabelce.
- Osoba trzymająca wentylator oddala go od kranu w dół (w odległości 5 cm od ujścia wody z kranu), a kolejna osoba wykonuje kolejny pomiar.
- Czynność powtórzyć kilkakrotnie oddalając ciągle wentylator od kranu (co 5 cm).
- Obliczyć moc wentylatora napędzanego wodą (zastosuj wzór na moc z wykorzystaniem napięcia i natężenia prądu).

Przykład instalacji wykorzystującej energię wody

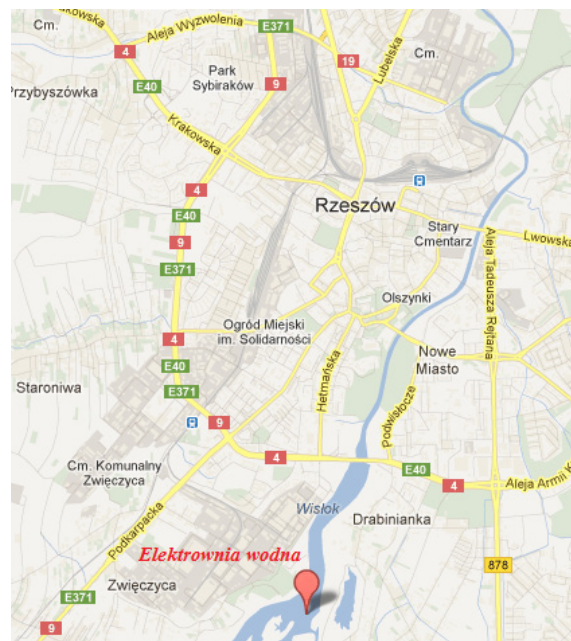
Elektrownia wodna na Wisłoku w Rzeszowie – mała elektrownia wodna o mocy 660 kW

Inwestycja spełnia wszelkie normy ekologiczne i jest rozwiązaniem modelowym w skali kraju. Pozwoli ona wykorzystać istniejące od lat spiętrzenie wody na Wisłoku. Prąd jest sprzedawany Rzeszowskiemu Zakładowi Energetycznemu, a dopiero potem trafia do sieci. Inwestycja towarzysząca – czyli najnowocześniejsza w Polsce przepławka dla ryb. Mówiąc obrazowo to korytarz, przez który ryby

mogą przepłynąć w górę i w dół rzeki mimo, że jest ona przegradzona zaporą. Teraz naukowcy będą mieli możliwość śledzenia zwyczajów rzadkich i mniej znanych gatunków, bo dzięki przepławce ryby będzie można odłowić i wpuścić z powrotem do Wisłoka po założeniu im nadajników GPS. Przepławka pomoże też przywrócić gatunki, które kiedyś tu występowały. Jej zaletą jest możliwość obserwowania przepływających ryb ze specjalnie zbudowanego bunkra.



Elektrownia wodna w Rzeszowie (fot. fotoforum.gazeta.pl)



Mapa z lokalizacją elektrowni wodnej w Rzeszowie

Działanie elektrowni wodnych jest dość proste. Woda z rzek spływa z wyżej położonych terenów takich jak np. góry, czy wyżyny do zbiorników wodnych (mórz lub jezior) położonych np. na nizinach. Przepływ wody w rzece spowodowany jest różnicą

energii potencjalnej wód rzeki w górnym i dolnym biegu. Energia potencjalna zamienia się w energię kinetyczną płynącej wody. Fakt ten wykorzystuje się właśnie w elektrowni wodnej przepuszczając przez turbiny wodne płynącą rzeką wodę.

Zadanie obliczeniowe

Oblicz masę wody, która spadając z wysokości 17 m wprawia w ruch turbinę wodną i wykonuje pracę 45 000 J.

Rozwiązanie

Dane: $W = 45\,000\text{ J}$, $h = 17\text{ m}$
Szukane: $m = ?$

Z zasady zachowania energii:

$W = E_p$ (energia potencjalna wody została zamieniona w pracę)

$E_p = m \cdot g \cdot h$

g (stała grawitacji dla Ziemi) = ok. $9,81\text{ m/s}^2 = \text{ok. } 10\text{ m/s}^2$

Przekształcenie wzoru:

$m = E_p / g \cdot h = 45000 / 10 \cdot 17 = 264,7\text{ kg}$

Jednostki:

J – praca [$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$]

g – stała grawitacji [m/s^2]

h – wysokość [m]

Odpowiedź: Masa wody wynosi 264,7 kg.

ENERGETYKA GEOTERMALNA

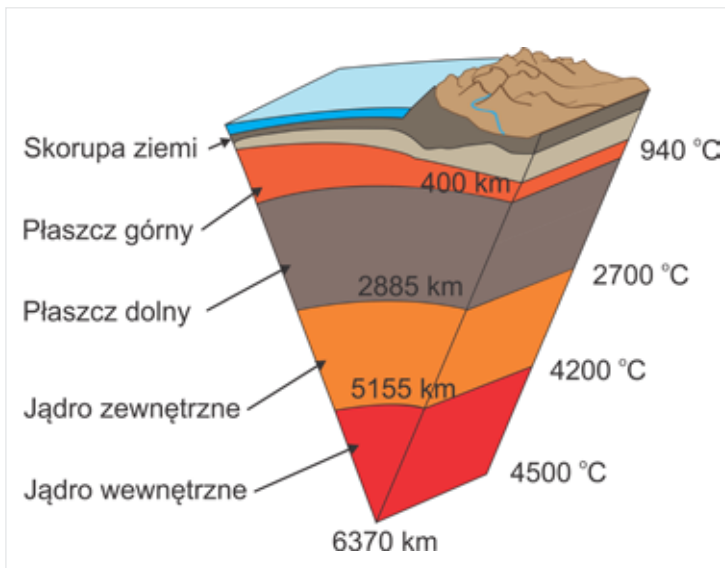
Mieszkańcy obu Ameryk wykorzystywali gorącą wodę pochodzącą z wnętrza Ziemi już ponad 10 000 lat temu. Używali jej do gotowania oraz do celów leczniczych. Starożytni Grecy, Rzymianie oprócz tego wykorzystywali je do ogrzewania swych domów oraz mycia się – znane z historii tzw. łaźnie parowe. Pierwsze ujęcie w Polsce znajduje się w Łądku – Zdroju. Wody termalne wykorzystywane były w celach leczniczych zwanych balneologią.

Pierwszą elektrownię geotermalną otwarto we Włoszech w 1904 roku. Kolejne elektrownie wykorzystujące wody termalne powstawały na Islandii, w Nowej Zelandii, w Japonii, na Filipinach czy w Stanach Zjednoczonych.

Źródłem energii geotermalnej jest gorące wnętrze kuli ziemskiej, ciepło z głębi Ziemi wydobywa się na powierzchnię za pomocą gorącej magmy lub ogrzanych przez nią pokładów wód w postaci gorących źródeł lub gejzerów. Ilość energii zgromadzonej we wnętrzu ziemi jest ogromna i jest ona niewyczerpywalna. Jednocześnie wraz z każdym kilometrem w głąb Ziemi temperatura wzrasta. Przyjmuje się, że na każdy kilometr temperatura zwiększa się o 25°C, czyli 25°C/km. Najgłębsze odwierty sięgają kilkunastu kilometrów jednak zazwyczaj opłaca się wykonywanie odwiertów jedynie do 3 km głębokości. W wielu miejscach gorące źródła zalegają poniżej tej granicy, zaś w innych woda samoczynnie wypływa na powierzchnię tworząc gorące źródła lub gejzery. Występują one zazwyczaj w rejonach związanych z aktywnością sejsmiczną i wulkaniczną.



Budowa wnętrza Ziemi



Naturalne źródło wody geotermalnej



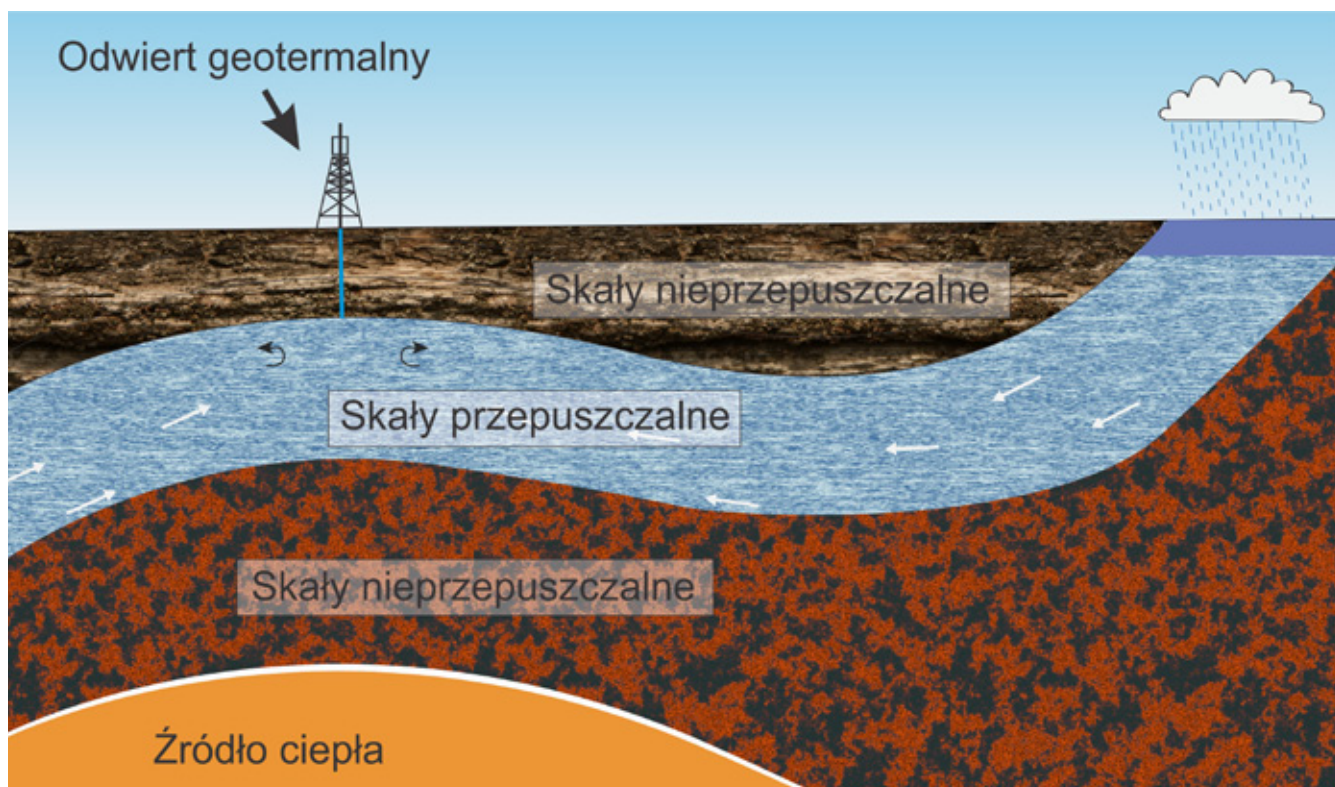
Rodzaje zasobów geotermalnych

W zależności od nośnika ciepła pochodzącego z głębi ziemi wyróżniamy zasoby:

- **Hydrotermiczne** – nośnikiem ciepła jest gorąca woda lub mieszanina wody i pary wodnej. Temperatura wody waha się od 20°C do 150°C, zaś temperatura mieszaniny wody i pary wodnej wynosi 200–300°C.
- **Petrotermiczne** – nośnikiem ciepła jest wprowadzana do górotworu woda. Są to skały nieporowatej nieprzepuszczalne tzw. Hot Dry Rocks, które same w sobie stanowią naturalne rezerwuary

ciepła. Eksploatację poprzedza szczelinowanie hydrauliczne, dzięki któremu tworzymy szczeliny, woda przepływając nimi odbiera ciepło od skał.

Poniżej uproszczony schemat złoża geotermalnego hydrotermicznego, które powstało w wyniku uwięzienia wody w warstwie skał przepuszczalnych znajdujących się między dwiema warstwami skał nieprzepuszczalnych. Z tego typu złożami mamy zazwyczaj do czynienia w Polsce.



Sposoby wykorzystania źródeł geotermalnych

Sposób wykorzystania gorących wód wnętrza Ziemi zależy od temperatury, ilości rozpuszczonych gazów i soli. Ciepłą wodę można wykorzystywać do wielu procesów technologicznych jak suszenie czy odparowanie roztworów. W energetyce wody i pary geotermalne wykorzystuje się do dwóch celów: produkcji prądu i ogrzewania. Przy czym ogrzewanie jest najbardziej rozpowszechnionym i najprostszym sposobem wykorzystania energii geotermalnej. Wyróżnia się trzy sposoby wykorzystania wód geotermalnych do ogrzewania:

Bezpośrednie ogrzewanie

W tym przypadku wydobyta woda geotermalna bezpośrednio ogrzewa budynki. Bezpośrednie ogrzewanie jest stosowane rzadko ze względu na wysokie zmineralizowanie wody, która powoduje korozję instalacji.

Pośrednie ogrzewanie

W tym przypadku woda geotermalna wydobywana z otworu ogrzewa za pośrednictwem wymiennika wodę ogrzewającą budynek tak, że woda geotermalna i ta w systemie centralnego ogrzewania nigdy się nie mieszają. Pozwala to na ograniczenie korozji instalacji u odbiorców ciepła.

Ogrzewanie za pomocą pompy ciepła

Jeżeli temperatura wody wynosi mniej niż 30–40°C, to nie nadaje się ona bezpośrednio do ogrzewania. Jednak woda o takiej temperaturze posiada ciągle duże ilości energii, które mogą zostać zagospodarowane za pomocą pompy ciepła.

Pompa ciepła to urządzenie, za pomocą, którego ciepło z gruntu, wody czy powietrza – ośrodka

o niższej temperaturze przenoszone jest do ośrodka o wyższej temperaturze. Jest to możliwe dzięki dostarczeniu pracy do napędu sprężarki w pompach sprężarkowych, lub ciepła w pompach absorpcyjnych. Praca pompy powinna być efektywna. Miarą efektywności jest współczynnik wydajności cieplnej zwany COP (*coefficient of performance*). Wielkość współczynnika COP, czyli efektywność pompy zależy od temperatury źródła ciepła oraz konstrukcji pompy. Przykładowo przy $COP = 4$, $\frac{1}{4}$ to praca włożona z zewnątrz, zaś $\frac{3}{4}$ to energia pobrana np. z gruntu. Oznacza to, że 3 razy więcej energii pozyskujemy niż wkładamy w postaci pracy.

Produkcja energii elektrycznej

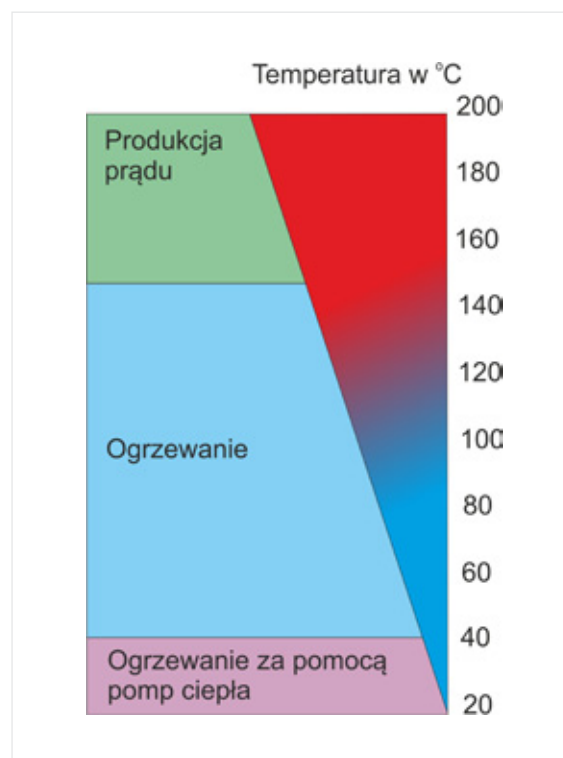
Energię geotermalną o wysokiej temperaturze wykorzystuje się do produkcji energii elektrycznej. Para wprowadzana jest do generatora i napędzając turbinę produkuje prąd. W taki sposób energia elektryczna otrzymywana jest w ponad 20 krajach. Najwięcej elektrowni tego typu posiadają Stany Zjednoczone (aż 77 instalacji o łącznej mocy 3086 MW). Również na Filipinach, w Meksyku, we Włoszech, Japonii znajdują się elektrownie tego typu. W Europie największymi producentami energii elektrycznej ze źródeł geotermalnych są Włochy i Islandia.

Wykorzystanie wód geotermalnych do celów leczniczych i rekreacyjnych

Wody termalne oprócz możliwości wykorzystania opisanych wcześniej są wykorzystywane do celów leczniczych tzw. balneologii oraz rekreacyjnych. Już w starożytności wykorzystywano je w Egipcie, Grecji czy Rzymie, gdzie zabiegi wodne były bar-

dzo popularne. Zazwyczaj woda w basenach termalnych ma temperaturę około 25–36°C. Obecnie zabiegi z wykorzystaniem wód termalnych są bardzo popularne i korzystają z nich nie tylko chorzy. W Polsce baseny z gorącą wodą termalną znajdują się min. w Zakopanym, Uniejowie, Mszczonowie czy Bukowinie.

Wykorzystanie wód geotermalnych w zależności od temperatury



Basen geotermalny

Energia geotermalna w Polsce

Polska posiada znaczne zasoby energii geotermalnej. Badania geologiczne potwierdziły, że pod powierzchnią prawie 80% naszego kraju znajdują się wody geotermalne. Temperatura zasobów wód waha się w granicach od 30 do 130°C. W większości wody te są wykorzystywane w energetyce ciepłej lub w celach rekreacyjno – leczniczych. Pierwsza ciepłownia geotermalna w naszym kraju powstała w 1993 roku na Podhalu w Bańskiej Niżnej. Obecnie w Polsce funkcjonuje osiem ciepłowni geotermalnych, z czego największa znajduje się w Pyrzycach o mocy 15 MW.

Zalety wykorzystania energii geotermalnej

- Stabilne źródło ciepła;
- Zasoby geotermalne występują powszechnie;

- Ich eksploatacja nie oddziałuje negatywnie na środowisko;
- Koszty eksploatacyjne są stosunkowo niskie.

Wady wykorzystania energii geotermalnej

- Nakłady inwestycyjne są wysokie ze względu na konieczność wykonania odwiertów;
- Niewłaściwa eksploatacja może spowodować, że złożę się przemieści nawet na wiele dziesięcioleci;
- Niewłaściwa gospodarka wodami geotermalnymi może spowodować zanieczyszczenie atmosfery oraz wód powierzchniowych i głębinowych szkodliwymi gazami i minerałami;
- Często wody geotermalne posiadają właściwości korozyjne.

Doświadczenie

Temat doświadczenia:

Gejzer, czyli gorące źródło

Elementy potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia:

- szklany lub plastikowy słoik (najlepiej o pojemności 1–2 litrów) wraz z nakrętką,
- rurka/słomka do napojów,
- świeczka,
- śrubokręt lub wkrętarka elektryczna.

Przebieg doświadczenia:

- Wykonaj w nakrętce za pomocą śrubokręta lub

wkrętarki elektrycznej otwór o średnicy zbliżonej do średnicy rurki do napojów.

- Zegnij rurkę w kształt litery „L” i dłuższym końcem włóż do otworu w nakrętce tak, aby zgięty koniec znajdował się we wnętrzu słoika.
- Uszczelnij parafiną połączenie rurki z nakrętką (użyj zapalanej świeczki).
- Wlej do słoika około 250 ml wrzątku (1 szklanka).
- Wlej do rurki trochę zimnej wody (dzięki zakrzywieniu w rurce woda powinna się zgromadzić).
- Zakręć słoik używając nakrętki z rurką i energicznie zamieszaj wodę w słoiku.
- Woda w rurce powinna wystrzelić na zewnątrz.

Zadanie obliczeniowe

Temperatura energii geotermicznej i geotermalnej zależy m.in. od głębokości odwiertu. Na głębokości 3 km woda osiąga temperaturę 120°C. Wraz ze

wzrostem głębokości odwiertu temperatura wody rośnie 15°C na 1 km. Oblicz jaka będzie temperatura wody na głębokości 4,5 km

Rozwiązanie

3 km – 120°C, do 4,5 km brakuje 1,5 km.
Temperatura wody rośnie 15°C na 1 km, dla 1,5 km = 22,5°C.

Odpowiedź: Na głębokości 4,5 km temperatura wody wyniesie 142,5°C.

Gezery, czyli wybuchy przegrzanej pary i wody na powierzchnię ziemi są objawem energii geotermalnej



Przykład instalacji wykorzystującej energię geotermalną

Opis działania instalacji geotermalnej

System eksploatacji złoża wód geotermalnych i wykorzystania zawartego w nich ciepła jest układem zamkniętym. Pozwala to na zachowanie cech odnawialności złoża i zapewnia jego długoletnią pracę przy zachowaniu stabilnych wartości podstawowych parametrów eksploatowanych wód.

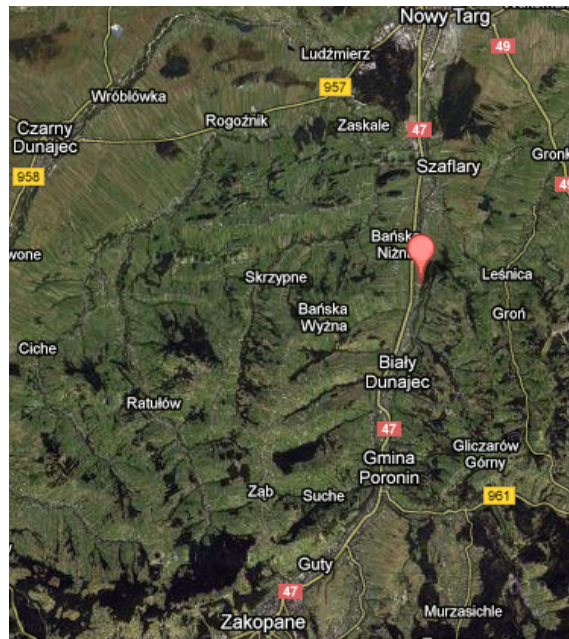
Aby wykorzystać ciepło wód wywierca się dwa głębokie otwory, zwane dubletem. Pierwszy z nich wyprowadza ciepłą wodę na powierzchnię. Drugi prowadzi ją z powrotem w miejsce, z którego została zaczerpnięta. Pozyskana woda przekazywana jest do zespołu odbiorników i wymienników ciepła, przez które potrzebna człowiekowi energia zostaje odebrana. Ogrzana ciepłem geotermalnym woda sieciowa jest przesyłana ciepłociągami do odbiorców.

Instalacja geotermalna na Podhalu

Geotermia Podhalańska jest najstarszą i największą inwestycją geotermalną w kraju. Dzięki dużemu potencjałowi energii cieplnej zawartej w wodach geotermalnych podłoża niecki podhalańskiej, możliwe było wprowadzenie ekologicznego systemu centralnego ogrzewania na znacznym obszarze Podhala, między Zakopanem i Nowym Targiem. Dotychczasowe doświadczenia uzasadniają celowość budowy systemu geotermalnego, w tym znaczące korzyści ekologiczne. W Zakopanem, do 2001 r., wody termalne wykorzystywane były do celów rekreacyjnych i terapeutycznych. Obecnie z ogrzewania dzięki energii geotermalnej korzysta 511 odbiorców indywidualnych, 149 odbiorców wielkoskalowych (w tym 90% hoteli w Zakopanem) oraz 28 byłych kotłowni węglowych i koksowych, ogrzewających 120 bloków mieszkalnych w Zakopanem.



Elektrownia wodna w Termy Podhalańskie (fot. www.termyszaflary.com)



Mapa z lokalizacją ciepłowni geotermalnej na Podhalu

BIOMASA

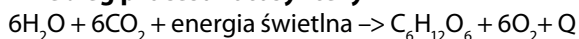
Biomasa należy do najstarszych paliw wykorzystywanych do celów energetycznych, głównie do produkcji ciepła. Obecnie jest to najszerzej wykorzystywane odnawialne źródło energii.

Według prawa biomasa to: „podatne na rozkład biologiczny frakcje produktów, odpady i pozostałości przemysłu rolnego (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, jak również podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich”.

Generalnie biomasa to głównie pozostałości i odpady organiczne, które mogą być wykorzystane energetycznie. Do biomasy zaliczamy również rośliny specjalnie uprawiane charakteryzujące się dużym przyrostem rocznym i niewielkimi wymaganiami glebowymi. Są to tak zwane rośliny energetyczne np. wierzbą wiciowa, ślazierem pensylwański.

Biomasa jest produktem procesu fotosyntezy, podczas której energia słoneczna jest gromadzona w roślinach w postaci energii chemicznej. Przy udziale promieniowania słonecznego pobrane z powietrza dwutlenek węgla, wodę i sole mineralne pobrane z gruntu, rośliny wykorzystują do budowy swoich komórek – następuje wzrost rośliny. Energię zawartą w roślinach możemy odzyskać spalając je i pozyskując ciepło, które można również zamienić na energię elektryczną.

Przebieg procesu fotosyntezy



Przebieg procesu fotosyntezy w przyrodzie





Drewno

- odpady leśne np. pozostałości po wyrębie lasu typu zrębki i ścinki;
- opał drzewny typu polana, kawałki drewna (do palenia w piecach i kominkach);
- odpady i produkty przemysłu drzewnego w tartakach np. kora, trociny, wióry;
- rośliny energetyczne np. wierzba wiciowa, miskant olbrzymi;
- odpady drzewne powstające w mieście np. z przycinek drzew, krzewów, odpady z przydomowych ogródków.

Słoma i odpady rolnicze

- słoma zbóż, roślin oleistych (rzepak), oraz strączkowych;
- pozostałości po zbiorach np. kolby kukurydzy, łuski orzechów kokosowych;
- odpady z przemysłu przetwórczego np. cukrowniczego, owocowo – warzywnego.

Pozostałe odpady organiczne

- odchody zwierzęce
- gnojowica;
- osady ściekowe pochodzące z gospodarstw domowych;
- substancja organiczna występująca na składowiskach odpadów komunalnych

Do celów energetycznych wykorzystuje się biomasę w postaci stałej, płynnej i gazowej. **Do biopaliw stałych zaliczamy:**

- drewno odpadowe z leśnictwa, przemysłu drzewnego oraz drewniane opakowanie odpadowe;
- słomę z roślin oleistych, strączkowych oraz siano;
- plony z plantacji roślin energetycznych np. wierzba energetyczna, miskant olbrzymi;
- brykiety i pelety.

Do biopaliw gazowych zaliczamy:

- biogaz z odpadów organicznych z gospodarstw rolnych;
- biogaz z wysypisk komunalnych;
- biogaz z bioupraw np. burak cukrowy, przesyto, kukurydza, lucerna.

Do biopaliw płynnych zaliczamy:

- biodiesel;
- etanol;
- metanol;
- oleje roślinne;
- butanol.

Im suchsza i bardziej zagęszczona jest biomasa, tym większą ma wartość, jako opał. Pelety i brykiety dzięki temu są doskonałym paliwem i z powodzeniem mogą zastępować gaz ziemny czy węgiel kamienny.

Drewno z brzozy



Pelety

Pelety to granulaty produkowane z odpadów drzewnych pochodzących z tartaków, zakładów przeróbki drewna, itp. Najczęściej powstają z trocin i wiórów, rzadziej z kory, zrębków czy słomy bez dodatku środków klejących. Biomasa wykorzystywana do produkcji pelet poddawana jest rozdrobnieniu, suszeniu i następnie w prasie pod dużym ciśnieniem wytłaczane są granulki o średnicy 6–25 mm i długości kilku centymetrów. Dzięki temu pelety są paliwem nie tylko ekologicznym, ale również mogą zastępować węgiel kamienny czy gaz ziemny. Można je wykorzystywać zarówno w instalacjach indywidualnych np. w domach jednorodzinnych jak i elektrociepłowniach. Wartość opałowa pelet wynosi 16,5–17,5 MJ/kg (dla porównania węgiel ma wartość opałową na poziomie 25 MJ/kg).



Brykiety

Brykiety produkowane są podobnie jak pelety z rozdrobnionych odpadów drzewnych takich jak trociny, wióry lub zrębki, rzadziej ze słomy. Rozdrobniona biomasa poddawana jest zagęszczaniu w prasach ciśnieniowych i do nich również nie są dodawane żadne środki klejące. Brykiety są znacznie większe od peletów. Mają kształt walca o długości od kilku do kilkunastu cm i średnicy około 6–8 cm lub kostki o masie około 800 gramów. Brykiety podobnie jak pelety mogą zastępować tradycyjne paliwa kopalne takie jak węgiel czy gaz ziemny. Zaletą brykietów jest to, że podczas ich powolnego spalania powstaje popiół, który może być stosowany, jako nawóz. Wartość opałowa brykietu wynosi 19–21 MJ/kg.



Rośliny energetyczne

Rosliny energetyczne zwane również biouprawami to rośliny specjalnie uprawiane w celu pozyskania energii. Rośliny takie szybko rosną, są odporne na szkodniki i choroby oraz zmienne warunki atmosferyczne, powinny posiadać dużą wartość opałową oraz rosnać nawet na słabych glebach. Biomasa pochodząca z plantacji roślin energetycznych może być przeznaczona do produkcji energii elektrycznej lub ciepłej, a także do wytwarzania paliwa ciekłego lub gazowego. W Polsce uprawia się min.: wierzbę wiciową, ślazierkę pensylwański, słonecznik bulwiasty (topinamburem), rzepak, różę wielokwiatową, rdest sachaliński czy trawy wieloletnie, takie jak miskant olbrzymi, miskant cukrowy.



Biogaz

Biogaz zwany gazem wysypiskowym jest gazem powstającym w wyniku naturalnych procesów przetwarzania szczątków roślin czy zwierząt. Materia organiczna znajdująca się w odpadach ulega rozkładowi, bez dostępu tlenu i w wyniku tego procesu uwalniają się gazy. Biogaz jest produkowany również w oczyszczalniach ścieków, a także wewnątrz torfowisk, na składowiskach dzikich odpadów, w warstwach mułu a także na zalanych i podmokłych łąkach.



Skład biogazu może różnić się w zależności od rodzaju, ilości i jakości biomasy, z której powstaje. Typowy skład zawiera:

- Metan CH_4 40%–80%;
- Dwutlenek węgla CO_2 20%–55%;
- Siarkowodor H_2S 0,1%–5,5%;
- W śladowych ilościach: wodór H_2 , tlenek węgla CO , azot N_2 , tlen O_2 .

Biopaliwa płynne: biodiesel, etanol

Biodiesel to ester metylowy kwasów tłuszczowych (FAME), produkowany z roślin oleistych np. rzepaku. Można nim zastąpić olej napędowy, nawet w 100%. Biodiesel ma lepsze właściwości smarne i sprawia, że

silniki samochodowe mogą dłużej działać. Jest przyjazny dla środowiska i podczas jego spalania do atmosfery dostaje się mniej szkodliwych związków CO , CO_2 , SO_2 , oraz pyłów. Wadą biodiesla jest duża higroskopijność (pochłanianie wody), oraz zwiększona emisja podczas spalania aldehydów i tlenków azotu.

Etanol, bioetanol – odwodniony alkohol etylowy, również produkowany z biomasy np. buraków, ziemniaków, trzciny cukrowej. Można nim zastąpić benzynę. Podczas spalania wydzielają się mniej CO , CO_2 , HC , SO_2 . Ma wysokie działanie korozyjne. Niska smarność wpływa negatywnie na żywotność silnika a także jest bardzo lotnym paliwem.

Technologie przetwarzania biomasy na energię

Energię zawartą w biomacie można pozyskać na kilka sposobów. Najprostszym i najczęściej wykorzystywanym sposobem jest jej spalanie. Można w ten sposób wytworzyć zarówno energię cieplną jak i energię elektryczną. Spalana może być biomasa we wszystkich stanach skupienia. Wyróżniamy:

1. Bezpośrednie spalanie biomasy – może być przeprowadzone w paleniskach otwartych np. ogniskach lub zamkniętych – w odpowiednich kotłach. Spalanie polega na zamianie energii zawartej w paliwach na energię cieplną przy udziale tlenu. Biomasa można spalać bezpośrednio, jako paliwo samodzielne lub dodawać ją np. do węgla. Spalanie biomasy z węglem sprawia, że do powietrza dostaje się mniej szkodliwych gazów i pyłów.
2. Gazyfikacja jest procesem, w którym w wysokiej temperaturze przy ograniczonym dostępie tlenu lub powietrza zachodzi przemiana biomasy w gaz drzewny. Spalając go produkuje się energię cieplną. Powstały gaz można również wykorzystywać w kuchenkach gazowych, turbinach produkujących energię elektryczną.
3. Pirolyza, jest to proces rozkładu substancji organicznej bez udziału tlenu. Powstaje biopaliwo ciekłe zwane bioolejem. Właściwości powstałego biooleju zależą od rodzaju biomasy – jej

składu oraz sposobu prowadzenia procesu pirolizy, czyli temperatury procesu, czasu, obecności wody, tlenu i gazów.

4. Zgazowanie jest to proces polegający na rozkładzie biomasy o dużej zawartości węgla do paliwa gazowego. Ilość dostarczanego powietrza, tlenu lub pary wodnej jest kontrolowana. W tym procesie z biomasy powstaje gaz syntezowy (mieszanka głównie wodoru i tlenku węgla). Wytworzone gazy można spalać i produkować energię elektryczną.
5. Fermentacja beztlenowa (metanowa). W jej wyniku powstaje biogaz, którego głównym składnikiem jest metan, dwutlenek węgla i azot. Podczas fermentacji ponad połowa odpadów organicznych zamieniana jest w biogaz. Spalając biogaz można uzyskać energię cieplną lub elektryczną.
6. Fermentacja alkoholowa, w której enzymy wytwarzają alkohol etylowy i dwutlenek węgla. Powstały alkohol po usunięciu z niego wody może być dodawany do benzyn.

Możliwa jest również produkcja biopaliw z olejów roślinnych. Z nasion roślin oleistych tłoczony jest olej, który jest odpowiednio oczyszczany. Następnie jest on poddawany kolejnym procesom, a produktem jest biopaliwo zwane biodieslem.

Zadanie obliczeniowe

Do ogrzania budynku mieszkalnego w sezonie zimowym zużywa się 6 ton węgla kamiennego. Jego cena wynosi 650 zł za tonę. Ile wyniesie ogrzewanie budynku mieszkalnego, jeżeli zamiast węgla

zastosuje się wierzbę energetyczną, której koszt wynosi 150 zł za tonę? 1 tona węgla = 1,5 tony suchej masy drzewnej (w tym przypadku wierzby energetycznej).

Rozwiązanie

Cena ogrzewania za okres zimowy (węgiel): $6 \cdot 650 \text{ zł} = 3900 \text{ zł}$
Cena ogrzewania za okres zimowy (wierzba): $6 \cdot 1,5 \cdot 150 \text{ zł} = 1350 \text{ zł}$

Odpowiedź: Przy zastosowaniu wierzby energetycznej koszt ogrzewania budynku wyniesie 1350 zł.

Biomasa w Polsce

W Polsce największe znaczenie ma słoma odpadowa. Szacuje się, że ilość słomy powstającej w rolnictwie po żniwach wynosi około 25 mln ton. Może to zastąpić około 16 ton węgla kamiennego. Nie można zapomnieć o ogromnej ilości drewna zarówno tego z lasów, jaki i z przemysłu drzewnego. Również ogromne znaczenie ma drewno pochodzące z plantacji roślin energetycznych. W Polsce uprawia się głównie wierzbę wiciową, miskant, śluzowca pensylwańskiego oraz rzepak. Biomasa pozyskiwana w Polsce przeznaczona jest w większości na cele ciepłne, jedynie niewielki jej procent biomasy wykorzystywany jest w systemach skojarzonych, czyli do produkcji energii ciepłej i elektrycznej. Największy kocioł opalany biomasą w Polsce znajduje się w Elektrowni Szczecin. Urochomiony został w styczniu 2012 roku i można w nim spalać około 550 tys. ton biomasy rocznie, produkując 440 tys. MWh energii elektrycznej i 1900tyś GJ energii ciepłej.

Zalety biomasy

- Zerowy bilans emisji CO₂, podczas wzrostu rośliny pobierają CO₂ z atmosfery powstały w procesie spalania;
- Niska zawartość siarki w biomasie, sprawia, że do

atmosfery dostaje się mniej tlenków siarki podczas spalania;

- Podczas spalania powstaje mało popiołów;
- Stałe dostawy biomasy, możliwość jej składowania;
- Możliwość wykorzystania surowców odpadowych np. słomy;
- Rozwija się lokalny rynek pracy, zwiększa się zatrudnienie;
- Przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Wady biomasy:

- Podczas spalania biomasy powstają tlenki azotu NO_x i inne zanieczyszczenia oraz pyły;
- Podczas spalania biomasy zanieczyszczonej pestycydami związkami chloru, czy innymi chemikaliami do atmosfery mogą dostać się związki rakotwórcze;
- Duże zawilgocenie biomasy negatywnie wpływa na efektywność procesu spalania oraz niższą wartość opałową;
- Popiół niektórych biopaliw topi się w temperaturze spalania i może powodować zaślepienie (zalepanie) rusztów paleniska;
- Zmniejsza się bioróżnorodność w wyniku prowadzenia plantacji roślin energetycznych.

Elektrociepłownia opalana biomasą



Przykład instalacji wykorzystującej biomasę

Opis działania rolniczej biogazowni

Biogazownia jest instalacją przemysłową, której głównym elementem jest komora fermentacyjna (bioreaktor). Płynne substraty są przepompowywane do zbiornika wstępnego, w którym następuje ujednorodnienie oraz podgrzewanie lub ochładzanie płynnej masy do odpowiedniej temperatury. Sucha biomasa zaś umieszczana jest w ślimakowym ładowaczu. W kolejnym etapie płynny substrat ze zbiornika wstępnego i sucha biomasa trafiają do komory fermentacyjnej. Fermentor jest całkowicie szczelny i ocieplony od zewnątrz. We wnętrzu bioreaktora podtrzymywana jest optymalna dla bakterii temperatura (ok. 37°C). W wyniku fermentacji powstają dwa produkty: biogaz oraz bio-nawóz (w stanie płynnym i kompostowym). Biogaz przechowywany jest w specjalnych zbiornikach, odsiarczany i osuszany,

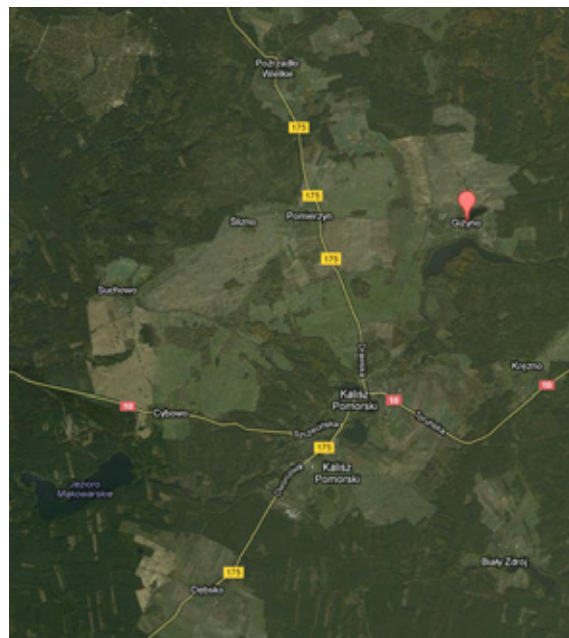
a następnie podawany do układu kogeneracyjnego. Część wyprodukowanej energii elektrycznej i ciepłej wykorzystuje się na potrzeby technologiczne biogazowni, natomiast pozostała ilość sprzedawana jest odbiorcom zewnętrznym. Bio-nawóz to prefermentowana mieszanina użytych substratów, która stosowana jest do nawożenia pól uprawnych

Biogazownia w Giżynie

Biogazownia o mocy 1 MW jest zlokalizowana w zachodniopomorskim Giżynie. Produkuje rocznie około 4,2 mln m³ biogazu. Energia produkowana w biogazowni zasila infrastrukturę pobliskiej fermy trzody chlewnej, a nadwyżki energii są sprzedawane do sieci energetycznej. Substratem wykorzystywanym do produkcji biogazu w Giżynie jest gnojwica i kiszonka z kukurydzy.



Biogazownia w Giżynie (fot. CIRE.PL)



Mapa z lokalizacją biogazowni w Giżynie

Doświadczenie

Temat doświadczenia:

Dżdżownice i ekologiczny nawóz

Elementy potrzebne do przeprowadzenia doświadczenia:

- duże wiaderko (pojemność około 30–40 litrów),
- odpadki, najlepiej z owoców (np. obierki), gotowane warzywa, gnijące owoce, skoszona trawa, suche liście, chwasty,
- dżdżownice np. kalifornijskie (1 opakowanie ok. 100–200 osobników),
- woda.

Przebieg doświadczenia:

- Do wiaderka nasypać około 20–30 cm warstwę odpadków, dodać dżdżownice.
- Pozostawić na około 10–14 dni.

- W tym czasie obserwować jak nasze dżdżownice radzą sobie z redukcją odpadków, zapewnić im środowisko wilgotne (gdy będzie za sucho, ale też nie tworzyć tzw. jeziora z odpadków).
- Nie wolno podawać dżdżownicom liści z orzecha włoskiego, igliwia, zbyt dużych ilości kwaśnych odpadów (np. cytrusów) a także tłuszczów i resztek mięsa.
- Po około 5 dniach można zaobserwować zniknięcie przykrego zapachu pochodzącego od gnijących odpadków.
- Przetworzony przez dżdżownice nawóz (uzyskany po około 14 dniach) zebrać i użyć pod kwiatki lub grządki. Nie wyrzucać dżdżownic.
- Po skończonym doświadczeniu, w zależności od potrzeb, dostarczać nowe odpadki lub wypuścić dżdżownice na wolność (najlepiej do wilgotnej gleby).

Notatki

PODSUMOWANIE

Odnawialne źródła energii obecnie nie są konkurencyjne dla źródeł konwencjonalnych. Jednak polityka Unii Europejskiej skłaniająca do zwiększania udziału OZE w produkcji energii cieplnej i elektrycznej nakłada obowiązek na kraje członkowskie do

jej większego wykorzystania. Kolejne lata pokażą, w jakiej ilości i czy obecny stan rzeczy ulegnie poprawie, gdyż skorzystamy na tym nie tylko my, ale również kolejne pokolenia, zwłaszcza mając na uwadze poprawę środowiska naturalnego.

Tab. 4. Liczba i moc instalacji produkujących energię ze źródeł odnawialnych w Polsce (źródło: URE oraz IEO EC BREC)

| Rodzaj elektrowni | Liczba elektrowni | Łączna moc w 2010 r. [MW] | Wyprodukowana energia w 2009 r. [GWh] | Przewidywana łączna moc w 2020 r. [MW] |
|------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------------------|--|
| Elektrownie biogazowe | 136 | 79,478 | 319,2 | 5394 |
| Elektrownie słoneczne PV | 2 | 0,012 | Brak danych | 7 |
| Elektrownie wodne | 737 | 948,363 | 2 375,10 | 1176 |
| Elektrownie wykorzystujące biomasę | 16 | 259,49 | 243,5 | 15941 |
| Elektrownie wiatrowe | 378 | 1095,587 | 1 077,30 | 15250 |



LITERATURA

1. Praca zbiorowa: Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Poradnik. Kraków – Tarnobrzeg, Tarbonus 2008
2. Witold M. Lewandowski: Proekologiczne odnawialne źródła energii. Warszawa, WNT 2006
3. Materiały z konferencji: Ciepło z biomasy w praktyce 2008. ENEX – Kielce, 2008
4. G. Wiśniewski, S. Gołębiowski, M. Gryciuk, K. Kurowski: Kolektory słoneczne. Poradnik wykorzystania energii słonecznej. Warszawa, COIB 2006
5. GLOBEnergia nr 4/2010
6. Opracowanie: Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2020, EC BREC IEO, Warszawa, 2007
7. Strony internetowe: www.ure.gov.pl

Stowarzyszenie na rzecz efektywności energetycznej i rozwoju odnawialnych źródeł energii „Helios” to dynamiczne stowarzyszenie skupiające głównie młodych inżynierów, prawników i menadżerów projektów, którym bliskie są tematy poszanowania energii oraz odnawialne źródła energii. Od lat dostrzegamy w Polsce potrzebę rozwoju energetyki odnawialnej oraz poprawy efektywności energetycznej, a Stowarzyszenie Helios jest platformą, która umożliwia realizację tego celu. Polskie zobowiązania na forum międzynarodowym nakładają na nasz kraj obowiązki daleko idącej modernizacji energetyki. Stowarzyszenie Helios, jako organizacja pozarządowa ma ambitny cel pomóc w tej transformacji, budując jednocześnie w społeczeństwie większą świadomość energetyczną i ekologiczną opartą o zrównoważony rozwój gospodarczy i poszanowanie środowiska naturalnego. Podstawowym celem Stowarzyszenia jest realizacja projektów w wyniku, których mamy możliwość przyczynić się do poprawy efektywności energetycznej i rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce

The logo for HELIOS features the word "HELIOS" in a stylized, orange-outlined font. The letter "O" is replaced by a yellow sun with radiating lines. A horizontal line runs beneath the text.