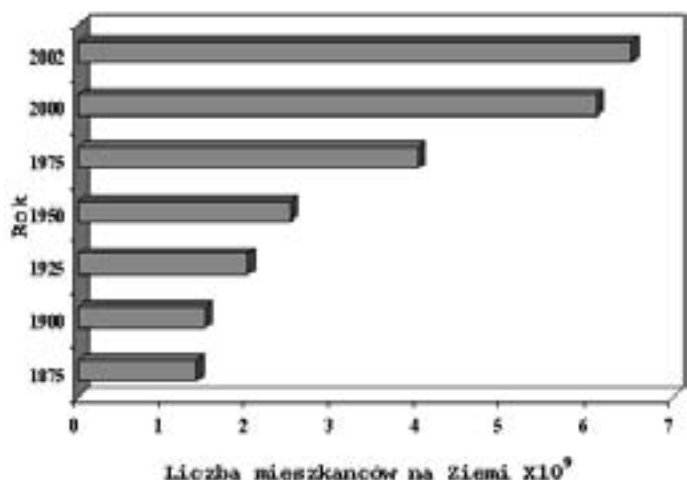


KONIECZNOŚĆ ROZWOJU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

SAM ALSAGOR, HENRY BIELINSKI

Światowe zużycie energii rośnie znacznie szybciej niż przyrost liczby ludności. Można to odnieść zwłaszcza do XX wieku, w którym ilość mieszkańców Ziemi wzrosła z 1,7 mld do ponad 6 mld (rysunek 1.1) czyli ponad 3 razy. W tym samym okresie zużycie energii wzrosło ponad 17 razy.

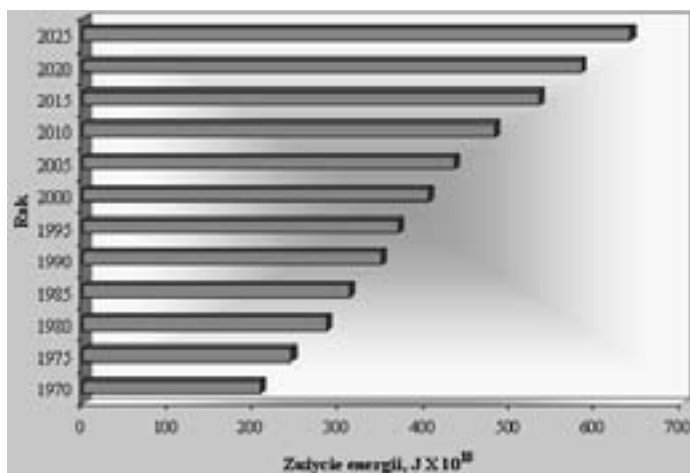


Rys.1.1. Liczba mieszkańców Ziemi

Energetyka odnawialna to jeden z elementów zrównoważonego rozwoju. Współczesne społeczeństwa dostrzegają konieczność ograniczenia emisji zanieczyszczeń z procesów spalania kopalnych paliw energetycznych, oraz konieczność poszukiwania nowych źródeł energii ze względu na kończące się zasoby paliw kopalnych.

Najważniejsze przyczyny zainteresowania nowymi, ekologicznymi źródłami energii to:

- wzrost całkowitego zużycia energii (rysunek 1.2);

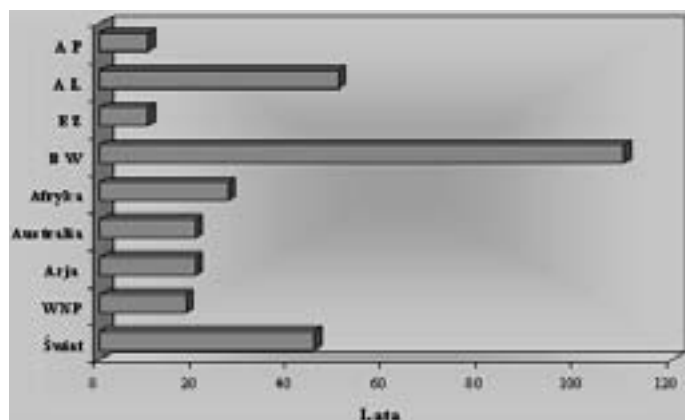


Rys.1.2. Światowe zużycie energii

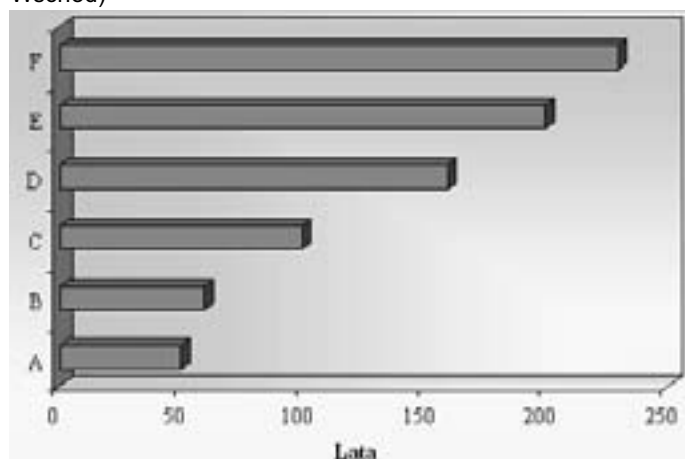
- całkowity wzrost zużycia pierwotnych nośników energii;
- gwałtowny wzrost koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze ziemskiej.

Istotne znaczenie ma również świadomość zagrożeń energetycznych w społeczeństwach poszczególnych krajów (zwłaszcza rozwiniętych).

Rozpoznane zasoby paliw kopalnych są przedstawione na rysunkach 1.3, 1.4. Wynika z nich, że światowe rezerwy ropy naftowej, przy obecnym poziomie wydobycia, starczą na ok. 45 lat, a w Ameryce Północnej na ok. 10 lat. Natomiast wszystkich paliw kopalnych na ok. 100 lat (bez uwzględnienia piasków roponośnych, łupków bitumicznych itp.).



Rys.1.3. Światowe zasoby ropy naftowej (AP - Ameryka Północna, AŁ - Ameryka Łacińska, EZ - Europa Zachodnia, BW - Bliski Wschód)



Rys.1.4. Światowe zasoby paliw kopalnych A- ropa naftowa, B- gaz ziemny, C- wszystkie paliwa, D- kopalne z piaskami roponośnymi, łupkami i inne, E- piaski roponośne, łupki bitumiczne, F- węgiel



Rys.1.5. Metody przetwarzania energii promieniowania słonecznego na inne jej formy

Przedstawiony obraz zasobów paliw kopalnych zmusza do poszukiwania:

- nowych źródeł energii,
- nowych nośników energii.

W tabeli 1.1 przedstawiono światowe trendy wzrostu wykorzystania różnych źródeł energii w latach 1990-1997

Odnawialne źródła energii obejmują energię: wody, wiatru, biomasy, energię promieniowania słonecznego, geotermalną i inne. Źródła te ze względu na swoją specyfikę (uzależnienie od pogody, pory dnia i roku, położenia geograficznego) wymagają w większości przypadków wspomaganie tradycyjnymi źródłami.

Odnawialne źródła charakteryzują się:

- minimalnym wpływem na środowisko (ekologicznie czyste);
- oszczędnością paliw konwencjonalnych (eliminacja zużycia węgla, ropy i gazu w produkcji energii elektrycznej);
- ogromnymi, stale odnawiającymi się zasobami energii (są niewyczerpane w dostępnej nam skali czasowej);
- stałym kosztem jednostkowym uzyskiwanej energii (niezależne od polityki światowej i zmiany cen paliwa, zwłaszcza w krajach rozwijających się);
- możliwością pracy w obrębie wydzielonej sieci (bardzo przydatne w odległych miejscach pustynnych, gdyż koszt dołączenia do sieci energetycznej jest ogromny);
- rozproszeniem na całym obszarze kraju, co rozwiązuje problem transportu energii, gdyż może ona być pozyskiwana w dowolnym miejscu (w ten sposób można zahamować wędrówki mieszkańców przez pustynie i zachęcać ich do zasiedlenia).

Tabela 1.1. Światowe trendy wzrostu wykorzystania różnych źródeł energii w latach 1990 - 97

Źródło energii	Średni roczny % wzrostu
Wiatr	25,7
Energia słoneczna	16,8
Biomasa	11,0
Energia geotermiczna	3,0
Gaz ziemny	2,1
Hydroelektrownie	1,6
Ropa naftowa	1,4
Węgiel	1,2
Energia atomowa	0,6

Helioenergetyka

Energia promieniowania słonecznego może być przetwarzana na inne formy energii w różny sposób. Rysunek 1.5 ilustruje nam te możliwości.

Technika fotowoltaiczna

Technika fotowoltaiczna pozwala uzyskać energię elektryczną bezpośrednio z promieniowania słonecznego. W roku 1958 po raz pierwszy została użyta technika fotowoltaiczna, na satelicie Vanguard, a pierwszą elektrownię fotowoltaiczną o mocy 50 kW zbudowano w 1980r w Al-Ainach (Arabia Saudyjska). Technika fotowoltaiczna ma szerokie zastosowanie w przemyśle, rolnictwie, na obszarach pustynnych tam gdzie daleko od linii energetycznych,



Rys.1.6. Popularne miejsca użytkowania techniki fotowoltaicznej (a, b – w domach; c – do przepompowania wody na pustynie; d – w telekomunikacji)

w gospodarstwach domowych, gdzie zapotrzebowanie na energię elektryczną jest nieduże, w telekomunikacji, do oświetlenia terenów, do zasilania komercyjnych urządzeń elektronicznych. W Jordanii główne opcje wykorzystania energii promieniowania słonecznego to bezpośrednia konwersja energii słonecznej na energię elektryczną przy zastosowaniu wyżej wspomianej techniki (patrz rysunek 1.6). Instalacje takie widoczne są prawie na całym obszarze kraju. Można wymienić kilka przykładów pracujących układów fotowoltaicznych w Jordanii :

- 1 Umari - układ do napędu pomp wody (pvp). Zaspawia on wioskę w 40 m³ wody/d. Układ składa się z 42 kolektorów fotowoltaicznych o mocy 1,613 kW. Pompuje wodę z głębokości 20 m przy maksymalnej wydajności nawet 9 m³/h.
- 2 Alhazeem - system do przepompowania wody (pvp), zainstalowany w 1987r., o wydajności 110 m³/dzień. Składa się z dwóch silników (o mocy 1,759 kW, 1,656 kW), dwóch przetworników DC/AC 1,4 kW i dwóch pomp 1,1 kW. Pompy zasilają także dwa zbiorniki o pojemności 55 m³ każdy. Wodę pobiera się z głębokości 12,4 m, z wydajnością 24 m³/h.
- 3 Wadi ElRitem - system do przepompowania wody (pvp), zainstalowany w 1992r. (przetłacza 100 m³ wody/dzienne) Składa się z 90 kolektorów. o mocy

4,5 kW; przetwornika DC/AC 3,5 kW; pompy 2,2 kW; zbiornika wody o pojemnością 55 m³. Wysokość podnoszenia wody 19,60 m.

- 4 Alhazeem Aldahek - system do przepompowania wody (pvp), zainstalowany w 1992 r., pokrywający zapotrzebowanie na 85 m³ wody/dziennie. Składa się z przetwornika DC/AC 3,5 kW; pompy 2,2 kW; dwóch zbiorników wody o pojemności 55 m³ każdy. Wysokość podnoszenia wody 16 m.

Na rysunku 1.7 przedstawiono model laboratoryjny do testowania systemu fotowoltaicznego wykorzystywany do przepompowania wody w Jordanii.

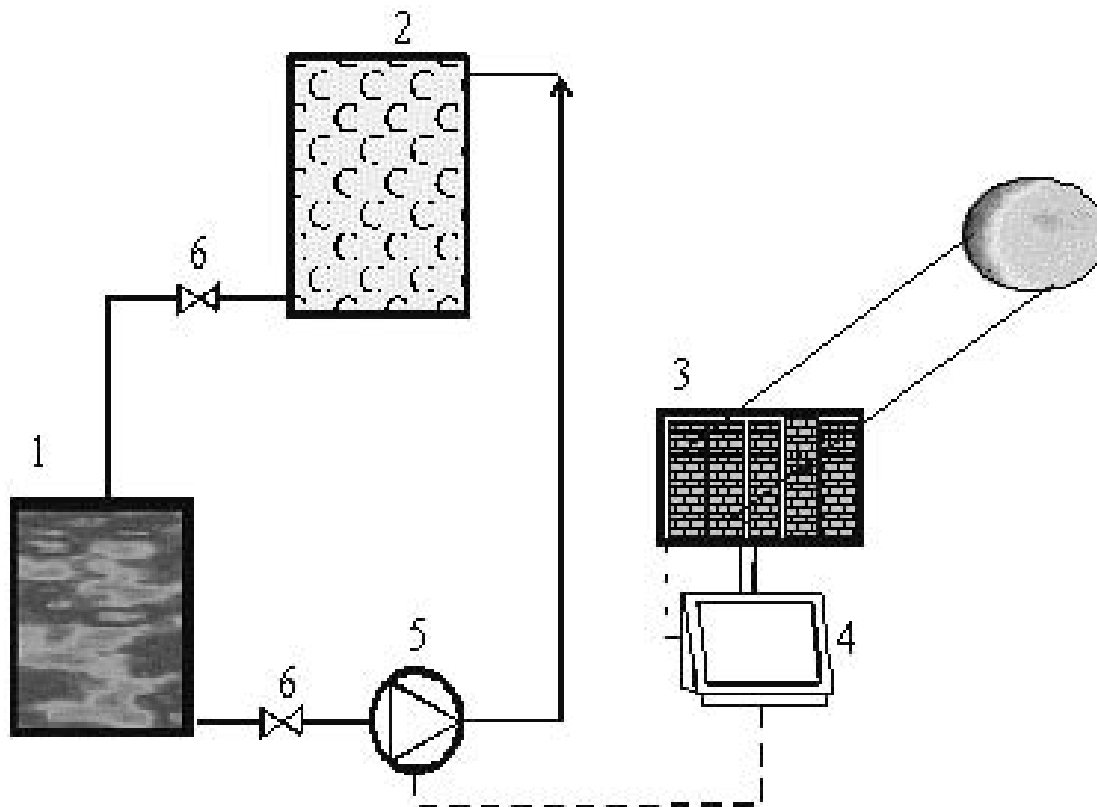
Fotowoltaiczny sposób wykorzystanie promieniowania realizowany jest także w Polsce w ogniwach o łącznej mocy elektrycznej rzędu kilkuset kW. Koszt uzyskiwania energii elektrycznej tą drogą jest coraz niższy. Wg danych literaturowych w roku 1976 wynosił on 100 \$/W a 1984 – 3\$/W. Natomiast Subisky podaje, że w 1980 koszt ten to 18,4 \$/W, a w 1994 4 \$/W. Zwann i Rabil podaje, że w roku 2002 jest to 1 \$/W.

Fotocemikalne i fotobiologiczne metody konwersji energii promieniowania słonecznego

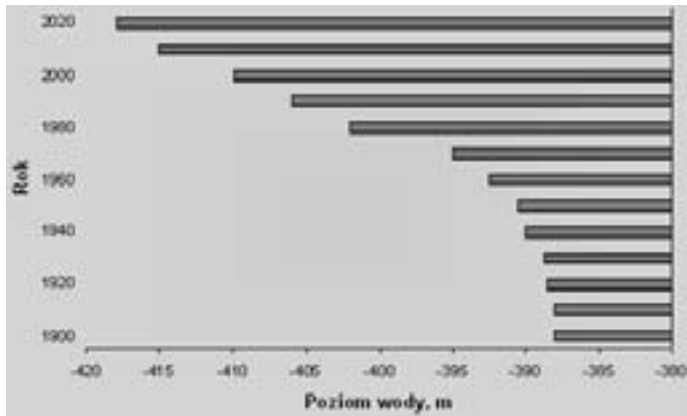
Metody te mają najszersze zastosowanie w przyrodzie. Zalicza się tu bowiem zjawisko fotosyntezy, której

skutkiem są zasoby paliw kopalnych (ropa naftowa, węgiel kamienny, torf, łupki bitumiczne, gaz ziemny itp.) a także systematycznie wytwarzana w przyrodzie biomasa. Biomasa jest największym potencjałem energetycznym na Świecie, a wartość opałów słomy czy drewna w stosunku do węgla dobrej jakości ma się jak 1:2. Rocznie z hektara użytków rolnych zbiera się 10-12 ton biomasy, tzn równowartość 5-6 ton węgla.

Ponadto rośliny są surowcem do produkcji olejów. W Polsce np. wytwarza się 5% światowej produkcji oleju rzepakowego, a mieszanie go z metanolem tworzy glicerynę i ester metylowy. Ten ostatni jest wykorzystany do napędu silników Diesla. Jak zauważono wyżej



Rys.1.7. Laboratoryjny model do testowania systemu fotowoltaicznego w Jordanii (1-zbiorniki zasilające, 2- zbiorniki magazynujące, 3- kolektor, 4- system sterowania, 5- pompa na prąd stały, 6- zawór.)



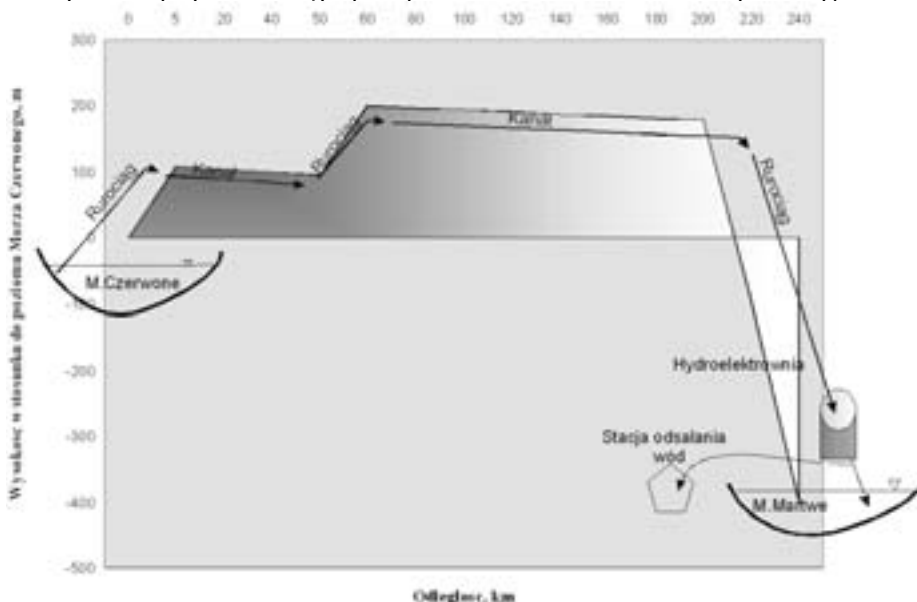
Rys.1.8. Zmiana poziomu powierzchni wody w Morzu Martwym w ciągu ostatniego wieku

(rysunek 1.4) w odniesieniu do ropy naftowej jej ilość jest ograniczona. Dlatego uwaga współczesnej energetyki skupiona jest na biomasie. Ze względu na cele energetyczne biomasę możemy wykorzystać:

- do wytwarzania paliw (oleje, alkohole, biogaz),
- do spalania (słoma, drewno, osady),
- jako element pośredni w intensyfikacji produkcji pożądaných jej form (pokarm lub nawóz).

Podstawowym źródłem biomasy w Polsce są :

- drewno z wyrębu oraz odpady poprodukcyjne z przemysłu drzewnego,
- zboża i rośliny oraz odpady powstające przy produkcji i przetwarzaniu produktów roślinnych,
- słoma coraz powszechniej wykorzystywana w energetyce.
- odpady komunalne (w tym odpady roślinne z pielęgnacji terenów) i odchody zwierzęce,
- produkty upraw energetycznych.



Rys.1.9. Schemat kanału jakim ma przepływać woda między dwoma morzami (Czerwonym i Martwym)

Wykorzystanie tych surowców w Polsce na komercyjne cele energetyczne wyniosło w 2000 roku ponad 1,5 miliona ton .

W Jordanii pustynie zajmują ok. 2/3 powierzchni kraju. Trudno więc mówić o wykorzystaniu biomasy z drewna czy słomy, ze względu na ich brak.

Gęstość zaludnienia na obszarze państwa (Jordania) do lat siedemdziesiątych była bardzo mała (20 osób/km²), w chwili obecnej wynosi ok. 55 osób/km² i skupia się w trzech większych aglomeracjach miejskich. Biomasa powstała w systemie ścieków komunalnych jest wykorzystana głównie do nawożenia pól uprawnych. W ostatnich latach pojawiły się możliwości wykorzystania tego rodzaju biomasy w gospodarce energetycznej kraju, zwłaszcza, że do odwadniania i suszenia osadów ściekowych używa się energii promieniowania słonecznego .

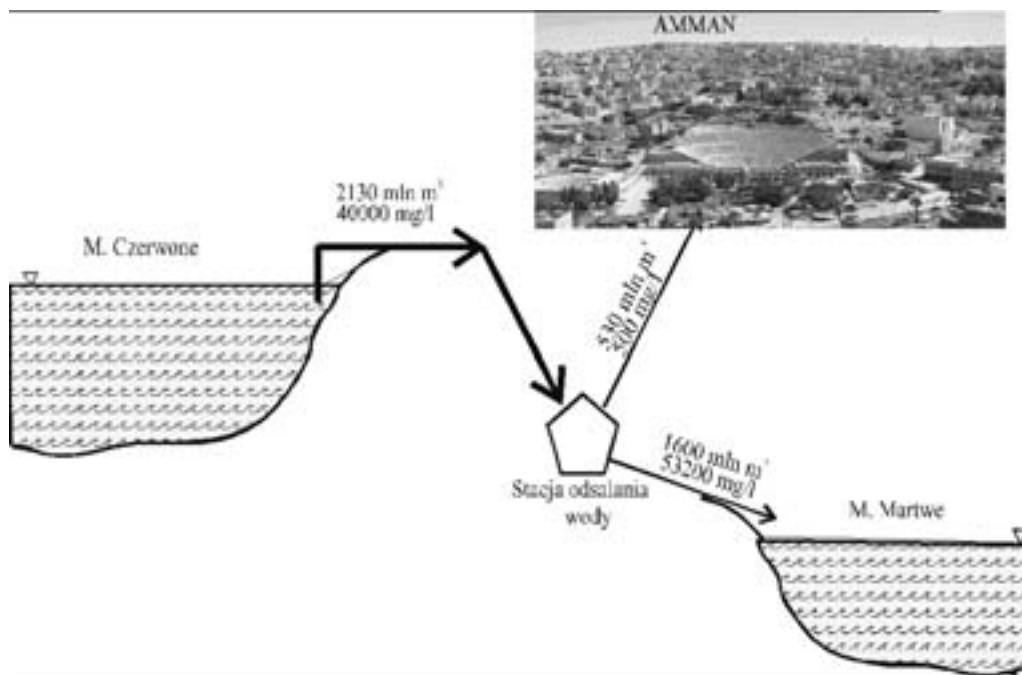
Wykorzystanie mechanicznych form energii promieniowania słonecznego (woda, wiatr)

Z potencjału hydroenergetycznego Świata praktycznie wykorzystuje się zaledwie 5,5% . Najpopularniejszym i najkorzystniejszym sposobem konwersji wymienionego źródła są elektrownie wodne. Moc takich elektrowni wynosić może nawet kilkadziesiąt GW. Przykładem tego jest elektrownia na rzece Kolumbia (USA) o mocy 10 GW . Zasoby hydroenergetyczne w Polsce nie są duże a stopień ich wykorzystania wynosi zaledwie 12% .

W Jordanii płynie tylko jedna rzeka - Jordan , w której natężenie przepływu nie wystarcza do zmywania zanieczyszczeń , które w niej się gromadzą.

Nadzieją na uratowanie wysychającego już od 50 lat (rysunek 1.8) Morza Martwego jest projekt, łączący Morze Martwe z Morzem Czerwonym za pośrednictwem (przy pomocy) kanału zwanego Kanałem Dwóch Mórz. Kanałem tym ma przepłynąć około 2 mld m³ wody rocznie. Dzięki tej sztucznej rzece można będzie uzyskać energię elektryczną. Część energii przeznaczony się do destylacji wody dla Ammanu (~ 533 mln m³ rocznie).

Okolo 1-2 % energii promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi, ulega przemianie na energię kinetyczną wiatru . Najefektywniejszymi sposobami przetwarzania energii wiatru na inne jej formy okazały się tzw. „fermy wiatrowe”, w których pracuje od kilku do kilkuset wiatraków, przy czym moce budowanych obecnie pojedynczych wiatraków, wynoszą powyżej 2 MW. Elektrownie wiatrowe opłacalność energetyczną uzyskują, gdy średnioroczna prędkość wiatru wynosi min. 4 m/s.



Rys.1.10. Stacja odsalania wód dla kanału dwóch mórz

W Polsce najkorzystniejsze warunki są na Wybrzeżu i na Suwalszczyźnie, a także na nizinnej części Polski [14]. Na terenie Jordanii średnioroczna prędkość wiatru wynosi około 6,0 m/s. W tabeli 1.2 zaprezentowano niektóre obiekty wykorzystujące energię wiatru i przetwarzającą ją w inne formy. Wytwarzana energia jest przeznaczona głównie do przepompowania wody.

Termiczne metody konwersji energii promieniowanie słonecznego na użytecznej jej formy

Najważniejszymi parametrami określającymi potencjał teoretyczny i praktyczne możliwości wykorzystania energii słonecznej są:

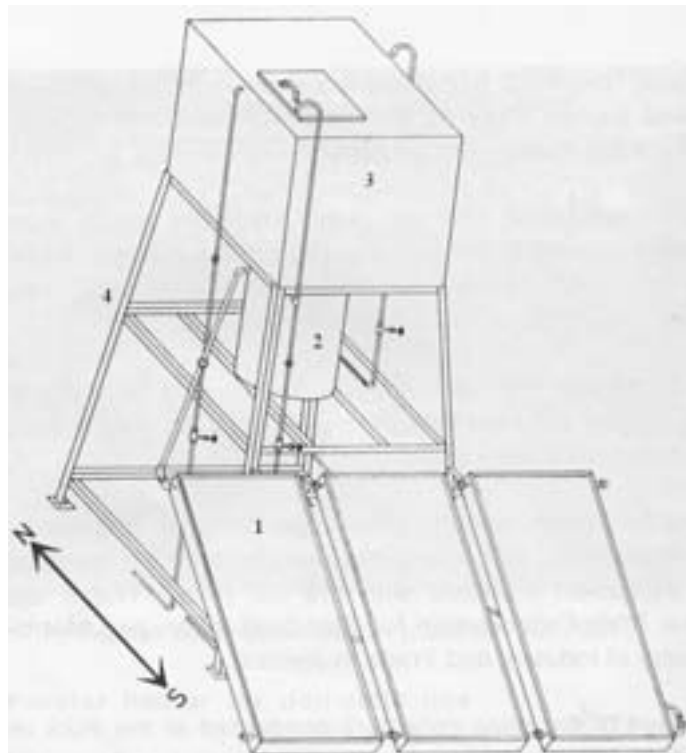
- natężenie promieniowania słonecznego, W/m^2
- sumy (godzinowe, dzienne, miesięczne i roczne) promieniowania słonecznego, MJ/m^2
- uśonecznienie $h_{s\text{on.}}$, h.

Tabela 1.2. Pracujące wiatraki do przepompowania wody na terenie Jordanii

Nazwa	Rok założenia	Moc elektryczna kW	Wydajność m^3/d	Głębokość podnoszenia m	Śr. Prędkość wiatru m/s	Średnica wiatraka m
Mudawara	1983	-	77	30	7,5	4
Twana	1987	-	40	40	-	7,2
J. Daraweesh	1987	14	93	67	-	-
J. Daraweesh	1992	-	120	56	8	7,5
Kharana	1992	-	96	96	8	7,5
Elaka	1993	-	100	40	7,6	4



Rys.1.11. Typowy wiatrak do przepompowania wody na terenie Jordanii.



Rys. 1.12. Schemat instalacji solarnej stosowanej do wytwarzania ciepłej wody użytkowej w Jordanii. (1- kolektor, 2- zbiornik na ciepłej wody, 3- zbiornik zasilający, 4- konstrukcja nośna.)



Rys.1.13. Przykład przekrój kolektora słonecznego najczęściej stosowanego w Jordanii



Rys.1.14. Instalacja ciepłej wody użytkowej w Jordanii (a, b – w domach; c, d – w hotelach)

Kolektory słoneczne są to urządzenia niezbędne do pracy systemów solarnych a ich cechą charakterystyczną,

jest to, że wykorzystują bezpośrednie i rozproszone promieniowanie słoneczne. Nie wymagają użycia mechanizmów nadążających za ruchem słońca. Można je zaliczać do niskotemperaturowych układów, gdyż temperatury podgrzanego czynnika w kolektorze nie przekraczają 400°C. Na rysunku 1.12 przedstawiono przykład najczęściej stosowanych w Jordanii instalacji solarnych, budowę wspomnianego wyżej kolektora widać na przekroju z rysunku 1.13.

Kolektory słoneczne można instalować wszędzie, w dowolnej konfiguracji. Mogą być instalowane zarówno na dachu jak i na ziemi .

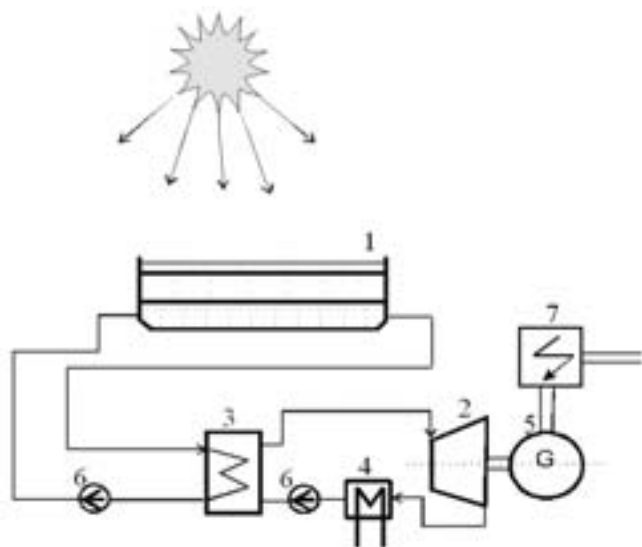
W Jordanii fototermiczny proces konwersji energii dotyczy ok. 30% społeczeństwa . jest to tendencja wzrostowa . Prowadzone są prace nad wykorzystaniem promieniowania słonecznego do zasilania małych siłowni parowych z czynnikiem niskowrzącym. Helioelektrownie te mogą stanowić uzupełnienie sieci wiatraków służących do racjonalnej gospodarki wodą . W Polsce stwierdzono opłacalność wykorzystania energii promieniowania słonecznego, głównie do przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Najkorzystniejszy sposób wykorzystanie tej energii to stosowanie kolektorów płaskich (rysunek 1.14).

Do termosłonecznych sposobów wykorzystania promieniowania słonecznego zaliczyć należy stawy słoneczne(rysunek 1.15). Staw taki wypełniony jest wodą o różnej koncentracji soli. Promieniowanie padające jest pochłaniane w głębszych warstwach stawu, gdzie koncentracja soli jest większa. Dolna warstwa wody nie unosi się ku górze po ogrzaniu z powodu jej większego zasolenia .

Stężony i ciepły roztwór soli doptywa ze stawu do wymiennika cieplnego, w którym wymienia ciepła z czynnikiem roboczym i wraca do stawu w cyklu zamkniętym. Poza układem staw-wymienniki wszystkie procesy konwersji zachodzące w takich elektrownie są konwencjonalne.

Opracowanie: Dr inż. SAM ALSAGOR, konsultacje naukowe: dr inż. HENRY BIELINSKI Prof. SCU (dla potrzeb Komisji Energetyki przy Zespole Doradczym Króla Jordanii)



Rys.1.15. Schemat stawu słonecznego (fotografia przedstawia elektrownię SPPP stawu słonecznego nad Morzem Martwym , strona Izraela). 1- staw słoneczny, 2- turbina, 3- wymiennik ciepła, 4- kondensator, 5- generator, 6- pompa, 7- przetwornik