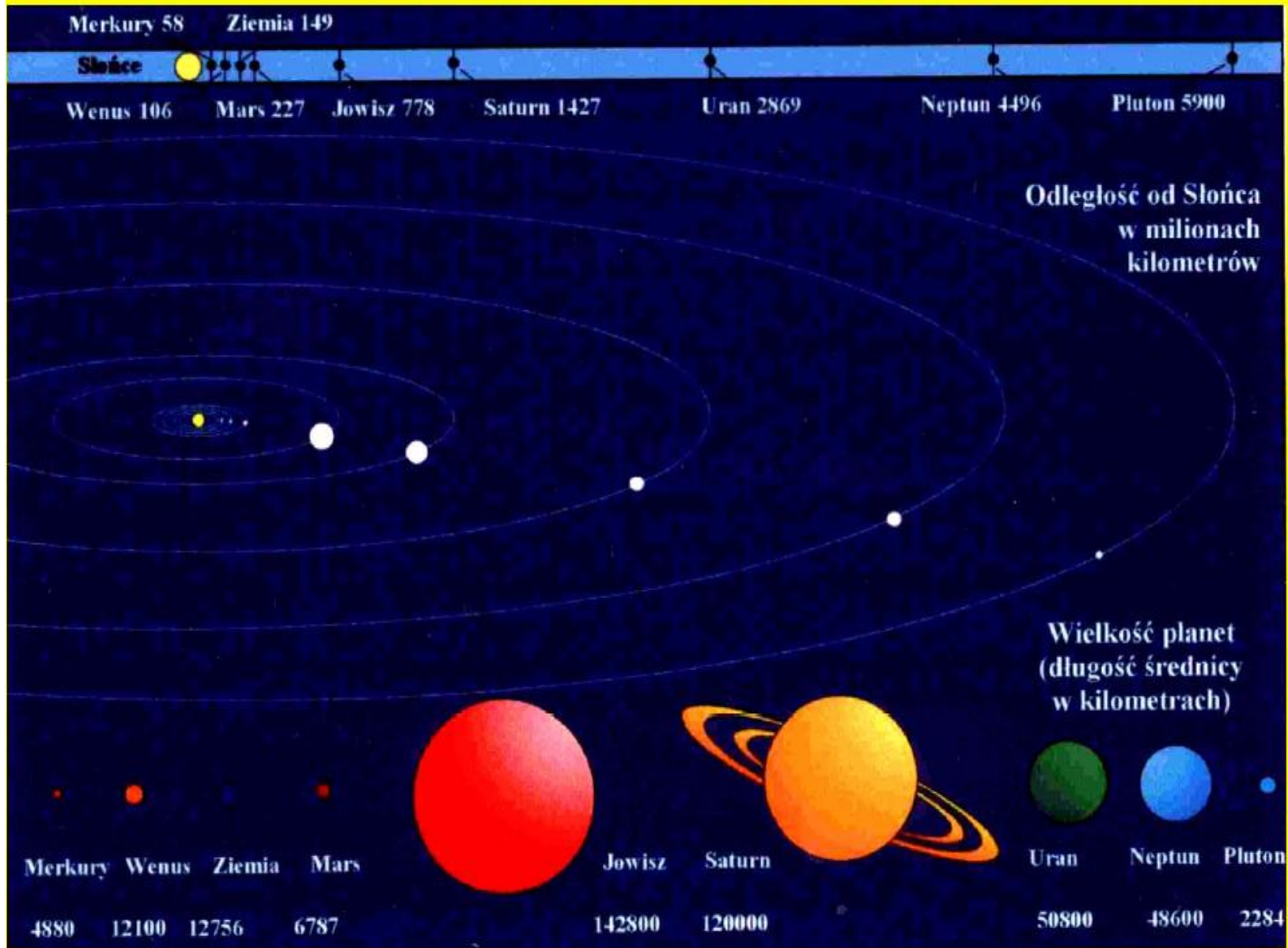


Energia promieniowania słonecznego.

Konwersja Energii H P Kruczek 2015

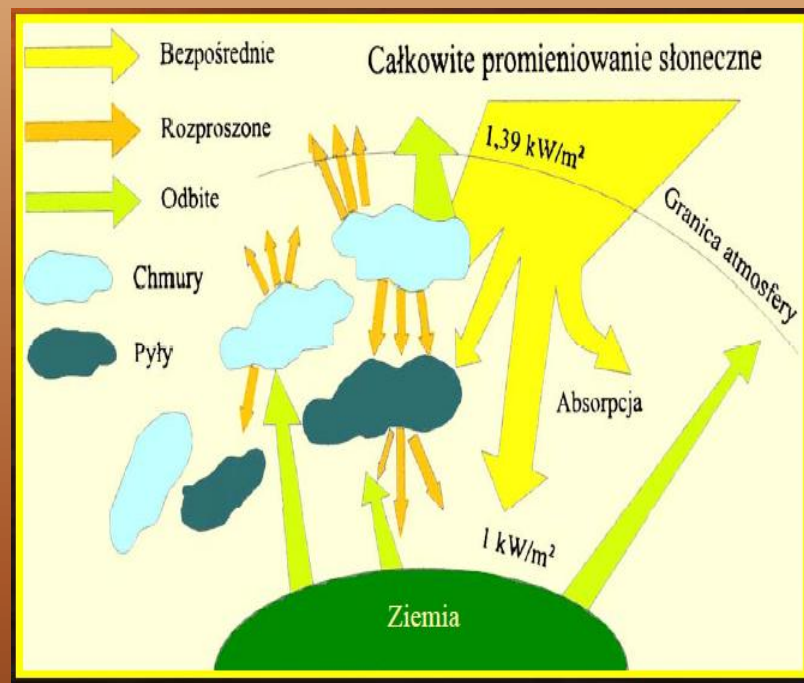
- **Słońce jest gwiazdą średniej wielkości. Obłok materii międzygwiazdnej na skutek grawitacji uległ skupieniu i nagrzewał się w wyniku wzajemnego oddziaływania cząstek. Temperatura Słońca wynosi ok. 5500 °C, natomiast we wnętrzu jądra wynosi ok. 10⁷°C. Słońce składa się głównie z wodoru i helu. Słońce jest kulistym obiektem gazowym o promieniu $R=696\ 000$ km, średniej gęstości $\rho=14410$ kg/m³ i przyśpieszeniu grawitacyjnym $g=274$ m/s².**

Rozmieszczenie planet w Układzie Słonecznym.



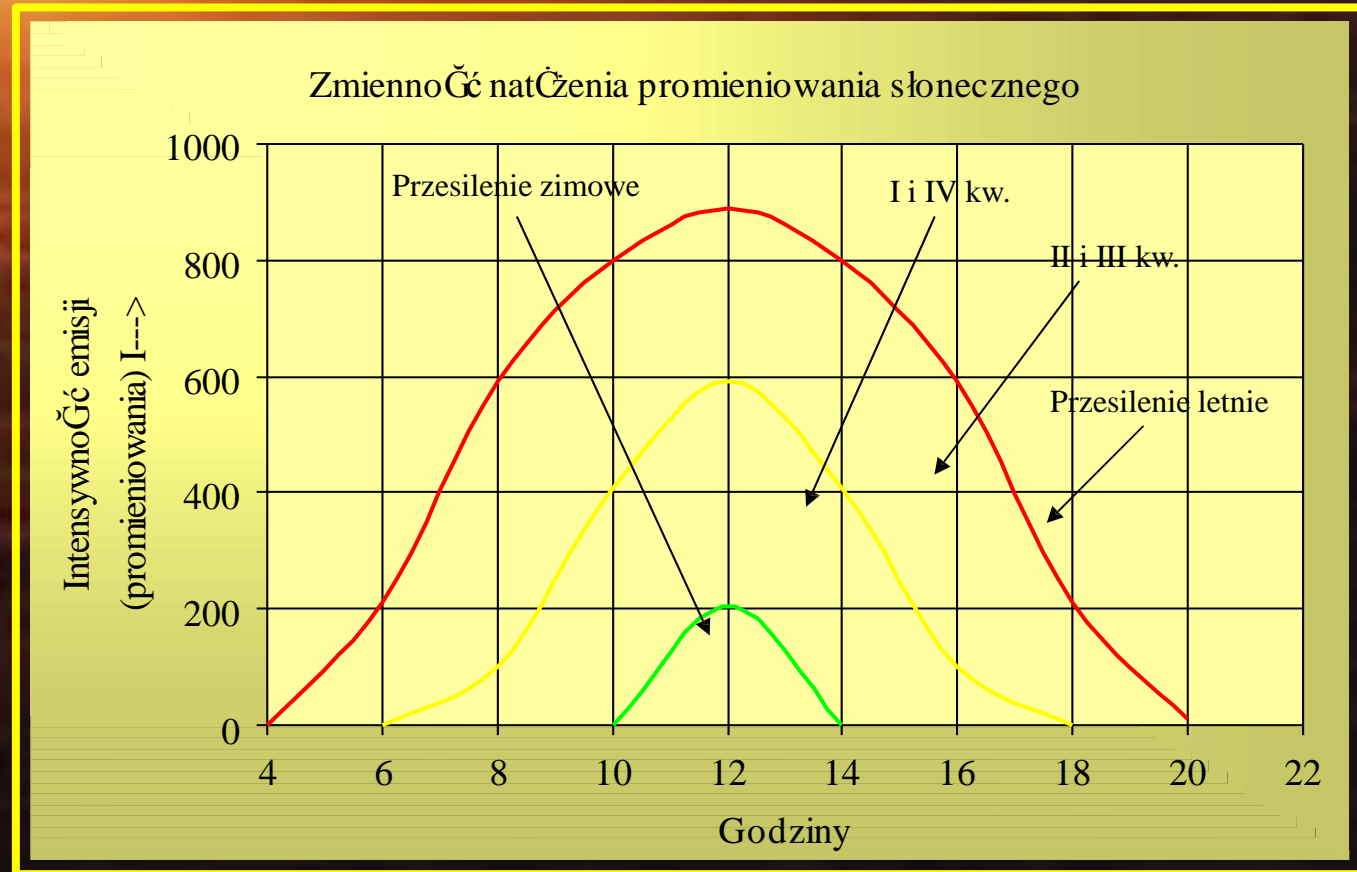
Energia promieniowania słonecznego

Energia słoneczna, która dociera do granicy atmosfery stanowi jedną półmiliardową część energii emitowanej przez Słońce. Jej strumień ma moc ok. $1,39 \text{ kW/m}^2$ – jest to tzw. stała słoneczna. Na skutek odbicia (ok. 35%), absorpcji i rozproszenia, w zależności od pory dnia i roku, do powierzchni Ziemi dociera średnio mniej niż 50% tej energii. W dni słoneczne gęstość promieniowania padającego na poziomą powierzchnię wynosi ok. 1 kW/m^2 . Natężenie promieniowania słonecznego na powierzchni Ziemi zależy od wysokości Słońca nad horyzontem, co wiąże się z grubością warstwy atmosfery, przez którą to promieniowanie jest absorbowane



Energia promieniowania słonecznego.

Zmiana natężenia promieniowania dla szerokości geograficznej $L=52^\circ$ (Wielka Brytania, Polska centralna) w dzień bezchmurny w zależności od pory roku i pory dnia. Na osi Y podano max wartość energii (W/m^2).



Energia promieniowania słonecznego.

Natężenie promieniowania słonecznego w funkcji szerokości geograficznej
(w nawiasach podano sumy promieniowania bezpośredniego i rozproszonego)

Polożenie	Szerokość geograficzna	Nasłonecznienie, kW*h/m ²		
		max	min	Roczne
Równik	0°	6,5 (7,5)	5,8 (6,8)	2200 (2300)
Zwrotnik Raka	23,5°	7,1 (8,3)	3,4 (4,2)	1900 (2300)
Szerokość południa	45°	7,2 (8,5)	1,2 (1,7)	1500 (1900)
Polska centralna	52°	7,0 (8,4)	0,5 (0,8)	1400 (1700)
Koło podbiegunowe	66,5°	6,5 (7,9)	0 (0)	1200 (1400)

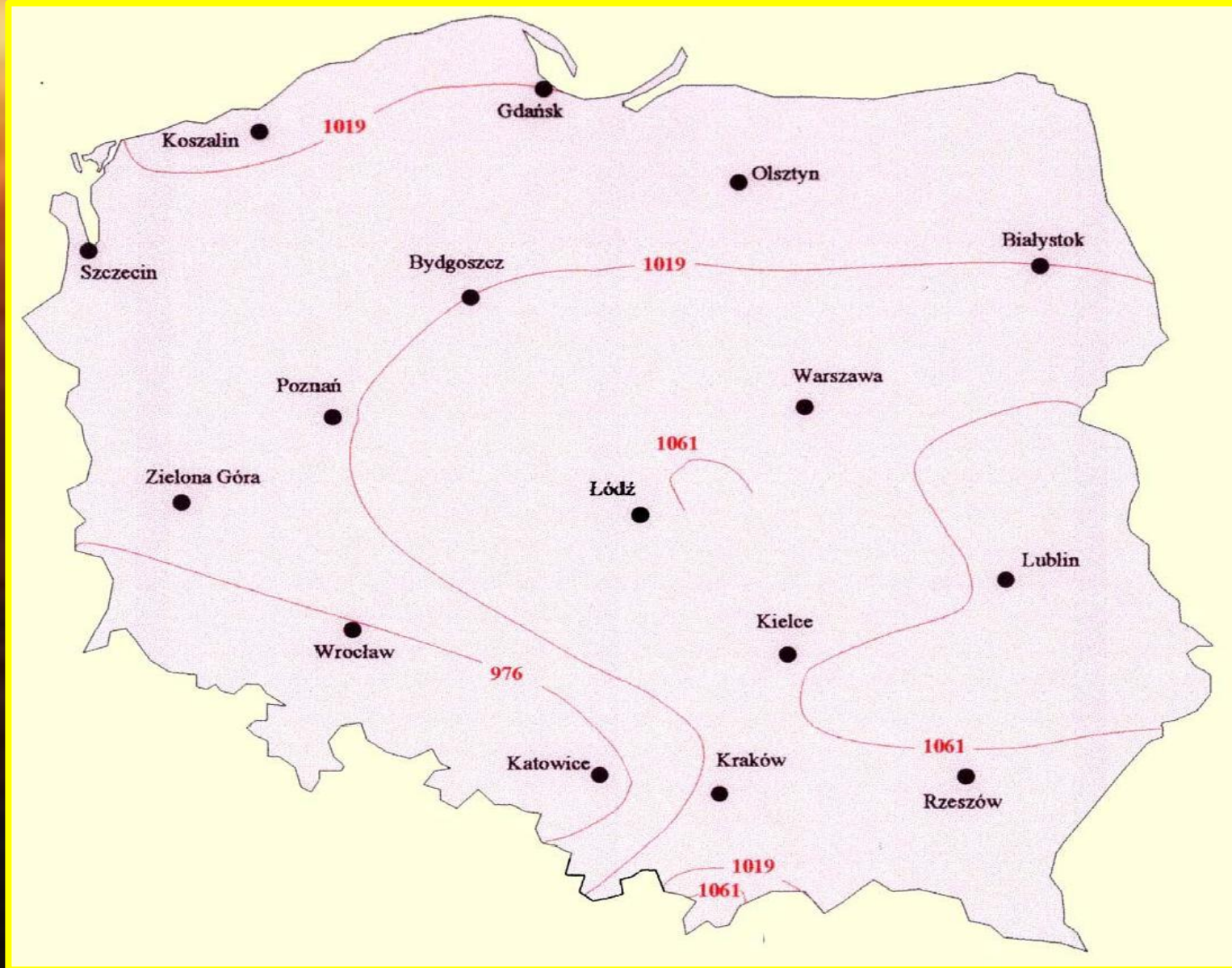
Energia promieniowania słonecznego.

Średnie miesięczne i roczne sumy całkowitego promieniowania słonecznego w Polsce wykazują dość duże zróżnicowanie terytorialne. W Polsce największa liczba słonecznych godzin w roku jest na Wybrzeżu (1671 h/a, Gdynia), trochę mniej w Warszawie (1600 h/a), najmniejsza na Śląsku (1234 h/a, Katowice).

Jako norma dla Polski przyjmuje się wartość napromieniowania całkowitego w ciągu roku $3600 \text{ MJ/m}^2 \pm 10\%$ (1000 kWh/m^2)

Energia promieniowania słonecznego.

Rozkład wartości całkowitego promieniowania słonecznego na terenie Polski [kWh/m²a].



Energia promieniowania słonecznego.

Wady i zalety promieniowania słonecznego

Wady:

- Cykliczność dzienna, roczna i stochastyczna (konieczność magazynowania, przetwarzania na inne łatwiej magazynujące formy energii),
- Zmienna koncentracja i niskie natężenie (duże obszary zajęte przez lustra lub absorbery, konieczność budowania systemów nadążających za „ruchem” słońca, wspomaganie innymi źródłami energii),
- Rozproszenie (konieczność budowania lusterek i soczewek skupiających),
- Znaczne koszty związane z budowaniem urządzeń wspomagających.

Zalety:

- Wszechobecność (rozwiązanie problemów transportowych – przesyłu),
- Darmowa energia (istotne po zwróceniu kosztów budowy instalacji),
- Proekologiczność (nie pogłbia efektu cieplarnianego, skażenia tlenkami siarki i azotu, nie ma wpływu na zanik ozonu),
- Nie ma wpływu na bilans energetyczny Ziemi (w przeciwieństwie do ropy, węgla lub gazu nie wyczerpuje się).

Energia promieniowania słonecznego.

Metody przetwarzania energii słonecznej:



Mechanizmy te można zgrupować w trzy podstawowe rodzaje konwersji:

- Fototermiczną (przetworzenie na ciepło)
- Fotowoltaiczną (przetworzenie na energię elektryczną)
- Fotobiochemiczną (energia wiązań chemicznych)

Energia promieniowania słonecznego.

Podział termosłonecznych metod przetwarzania energii słonecznej



Podział kolektorów słonecznych

Ze względu na budowę dzielą się na:

- Skupiające
- Płaskie

Ze względu na rodzaj czynnika roboczego dzielą się na:

- Wodne
- Powietrzne
- Wodno - powietrzne

Instalacja kolektorów słonecznych, przetwarzająca energię promieniowania słonecznego, składa się z:

- Kolektora (panel adsorpcyjny),
- Zasobnika ciepła,
- Układu regulacji
- Instalacji rur z zaworami.

Budowa kolektorów słonecznych

Adsorber

Typowy adsorber wykonany z blachy miedzianej lub aluminiowej, pokryty zwykłą czarną matową farbą ($\alpha/\varepsilon \approx 1$), w słoneczny dzień przy $H_b = 800 \text{ W/m}^2$ osiąga temperaturę równowagi ok. 343 K (70°C). W celu podwyższenia tej temperatury, czyli ilości zaadsorbowanej energii można:

- Adsorber pokryć powłokami selektywnymi, dla których $\alpha/\varepsilon \approx 8,5$ (Cu pasywowane NaOH i NaClO_2 , $t_a = 150 \div 160^\circ\text{C}$);
- Ograniczyć konwekcyjne straty ciepła, pokrywając adsorber dodatkową przezroczystą osłoną (plexi, szkło, szkło hartowane, PC, PA, PET, $t_a = 110 \div 190^\circ\text{C}$);
- Skoncentrować promieniowanie słoneczne układem lusterek płaskich parabolicznych lub soczewek.

Oslony kolektorów

Oslony kolektorów powinny być wytrzymałe na naciski, zginanie i ścieranie spowodowane: wiatrem, śniegiem, gradem, piaskiem. Powinny mieć też dużą twardość, być łatwo zmywalne, odporne na promieniowanie ultrafioletowe. Oslony te powinny być jak najbardziej przezroczyste.

Izolacja kolektora

Izolacja powinna mieć taką grubość δ , aby strumień strat ciepła był mniejszy niż 1 W/m^2 dla kolektorów całorocznych i mniejszych niż 5 W/m^2 dla kolektorów letnich. Współczynnik przewodności cieplnej λ , wyrażony w $\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$, najczęściej stosowanych materiałów izolacyjnych jest następujący: polistyren porowaty – 0,034, poliuretan spieniony – 0,024, wełna mineralna – 0,035, ebonit porowaty – 0,03, korek – 0,041.

Energia promieniowania słonecznego.

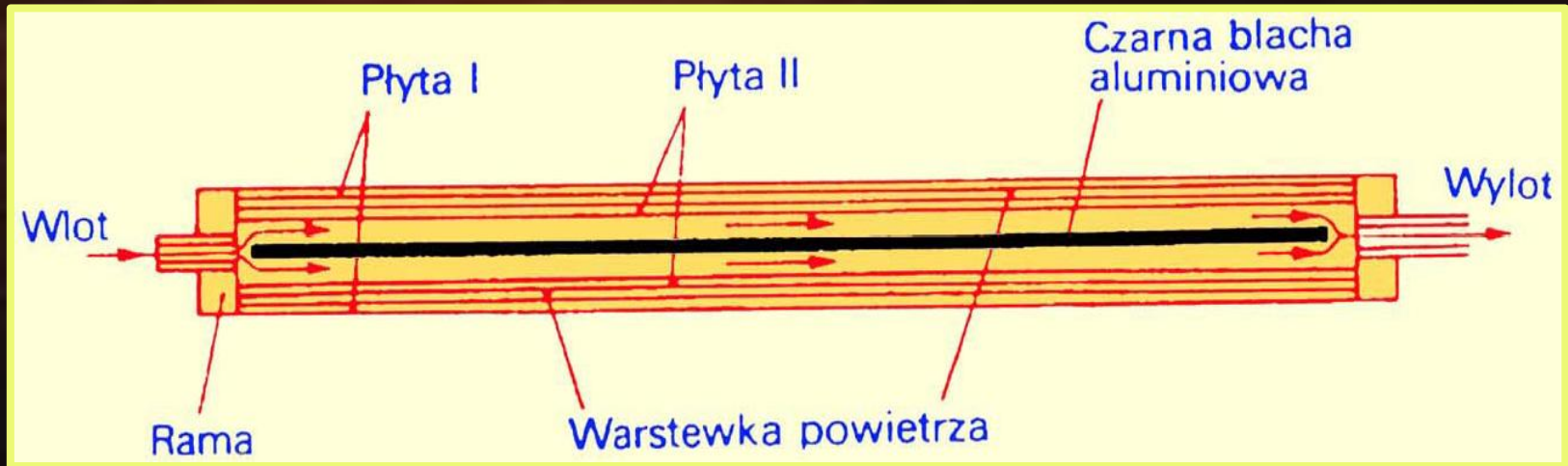
Kolektory słoneczne do podgrzewania wody

Pod względem konstrukcyjnym ze względu na budowę absorbera rozróżnia się zasadniczo dwa typy kolektorów:

- Wykonane z blachy z przymocowaną wężownicą, przez którą przepływa czynnik roboczy (kolektory rurkowe);
- Złożone z dwu blach połączonych przez zgrzewanie, klejone lub walcowane ze sobą w ten sposób, że między nimi powstaje układ kanałów, przez które przepływa czynnik roboczy (kolektory płytowe).

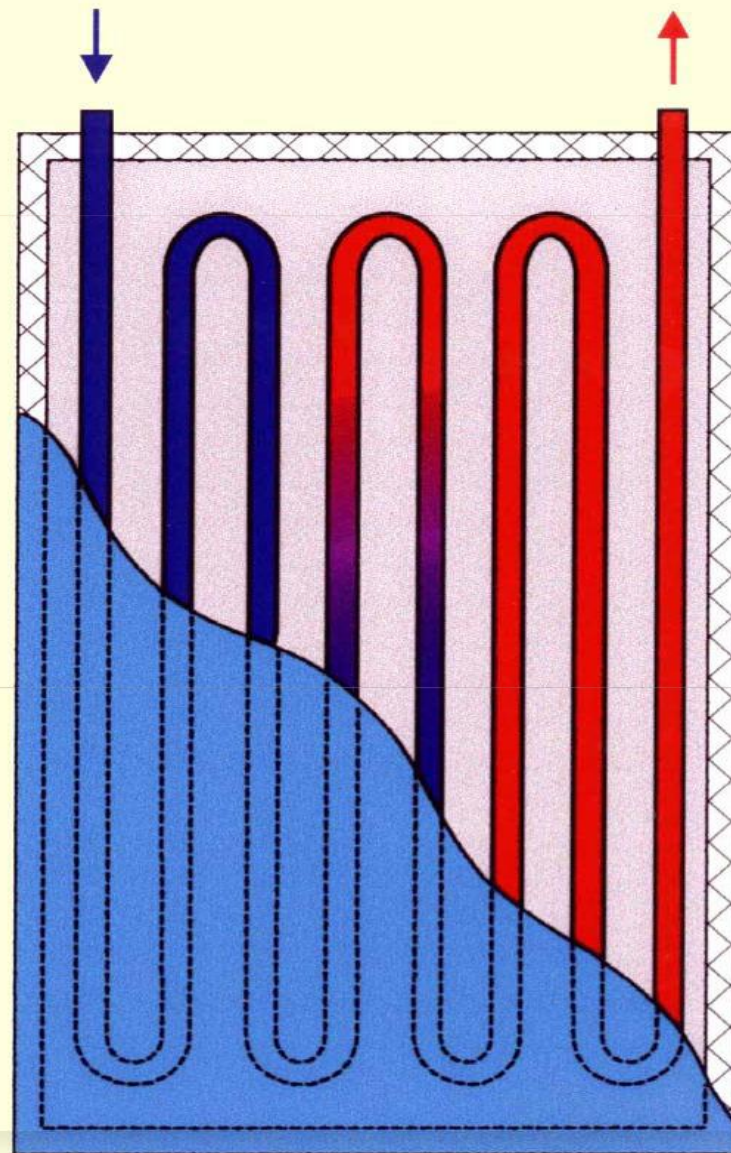
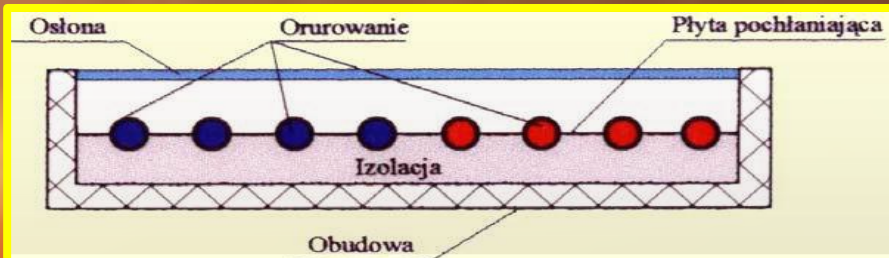
Kolektor wodny – płytowy

Woda przepływa przez kolektor dwiema odnogami: dolną – między warstwą izolacyjną, a czarnym arkuszem oraz górną – między nim, a podwójną płytą osłony.



Energia promieniowania słonecznego.

Kolektor słoneczny
płaski rurkowy ↗

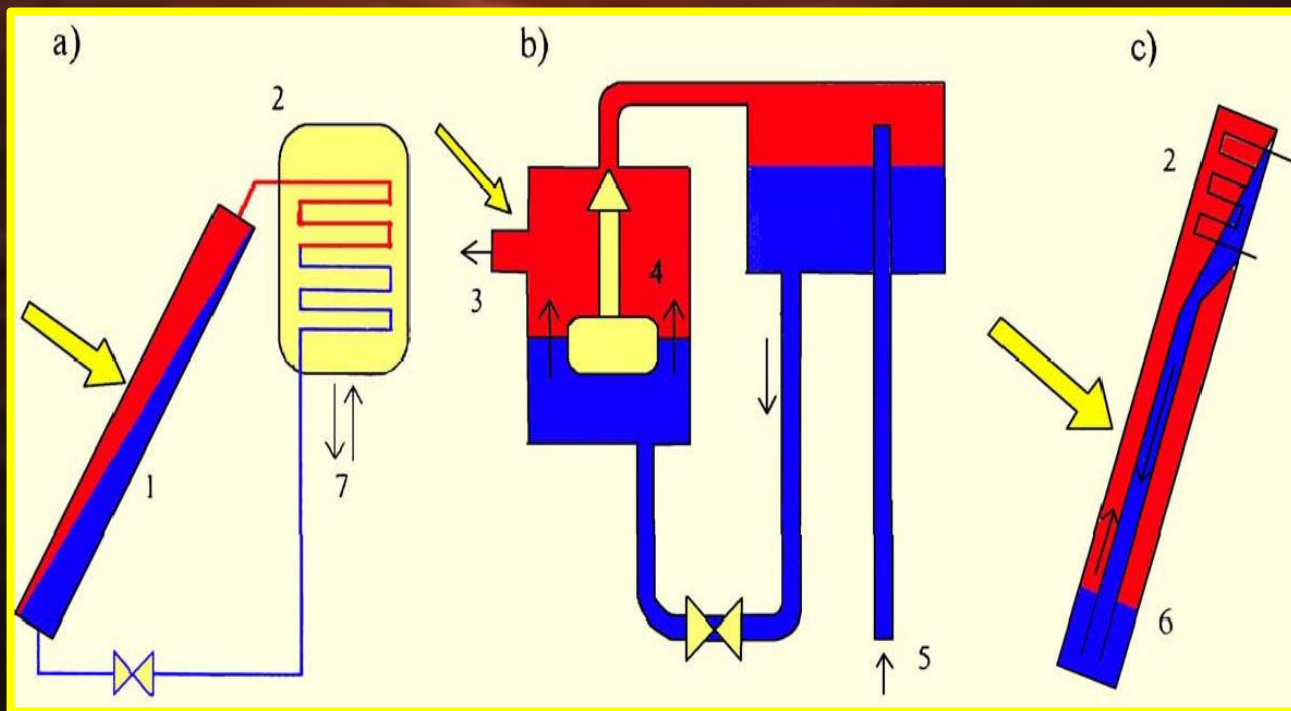


Energia promieniowania słonecznego.

Nowe typy kolektorów słonecznych

Kolektory z czynnikiem dwufazowym

Na rysunku przedstawiono trzy instalacje kolektorów z czynnikiem niskowrzącym (np. freon, amoniak, propan, butan), w których zachodzi przemiana fazowa (wrzenie – kondensacja). W rozwiązaniach tych część absorbująca promieniowanie słoneczne jest jednocześnie parownikiem czynnika niskowrzącego, a w zasobniku znajduje się kondensator. Przepływ czynnika może być grawitacyjny swobodny, grawitacyjny z pływakowym zaworem regulacyjnym lub wymuszony pompą obiegu kondensatu.



Kolektory słoneczne z
czynnikiem dwufazowym:

- a) Termosyfon
- b) Z zaworem pływakowym
- c) Rura cieplna

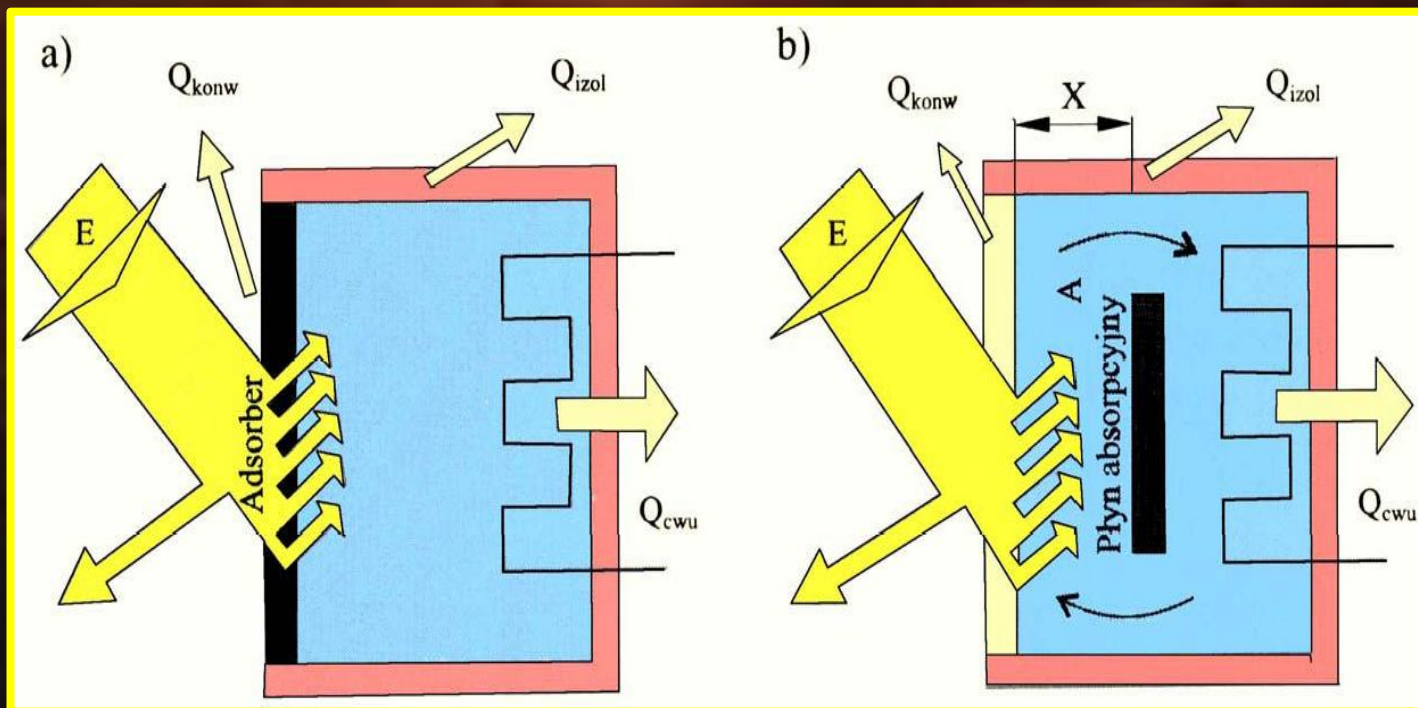
1 – kolektor parownik,
2 – kondensator,
3 – do kondensatora,
4 – zawór pływakowy,
5 – z kondensatora,
6 – parownik,
7 – ciepła woda użytkowa

Energia promieniowania słonecznego.

Nowe typy kolektorów słonecznych

Kolektory absorpcyjne

W typowych kolektorach słonecznych absorpcja promieniowania słonecznego odbywa się na czarnej powierzchni absorbera, wewnątrz którego płynie czynnik roboczy. Sprawność kolektora maleje wraz ze wzrostem temperatury powierzchni absorbera. Pochłanianie energii promieniowania odbywa się w całej masie, najczęściej barwnego, czynnika kolektora, przez co temperatura powierzchni stykającej się z otoczeniem jest niższa. Na rysunku porównano model kolektora adsorpcyjnego (tradycyjnego) z absorpcyjnym.



- Modele dwóch typów kolektora słonecznego:
- a) Tradycyjny adsorpcyjny,
 - b) Absorpcyjny z pochłanianiem energii promieniowania w objętości płynu

Nowe typy kolektorów słonecznych

Kolektory z warstwą lub warstwami załamującymi promieniowanie

Na podstawie zmodyfikowanego prawa Lamberta w pracy zaproponowano nową koncepcję kolektorów, w których zwiększono moc absorpcji załamując promienie słoneczne tak, że stają się one bardziej prostopadłe do powierzchni. W tym celu zaproponowano przezroczyste warstwy załamujące o zwiększającej się w kierunku zbliżania się do powierzchni adsorbenta, grubości.

Kolektory specjalne

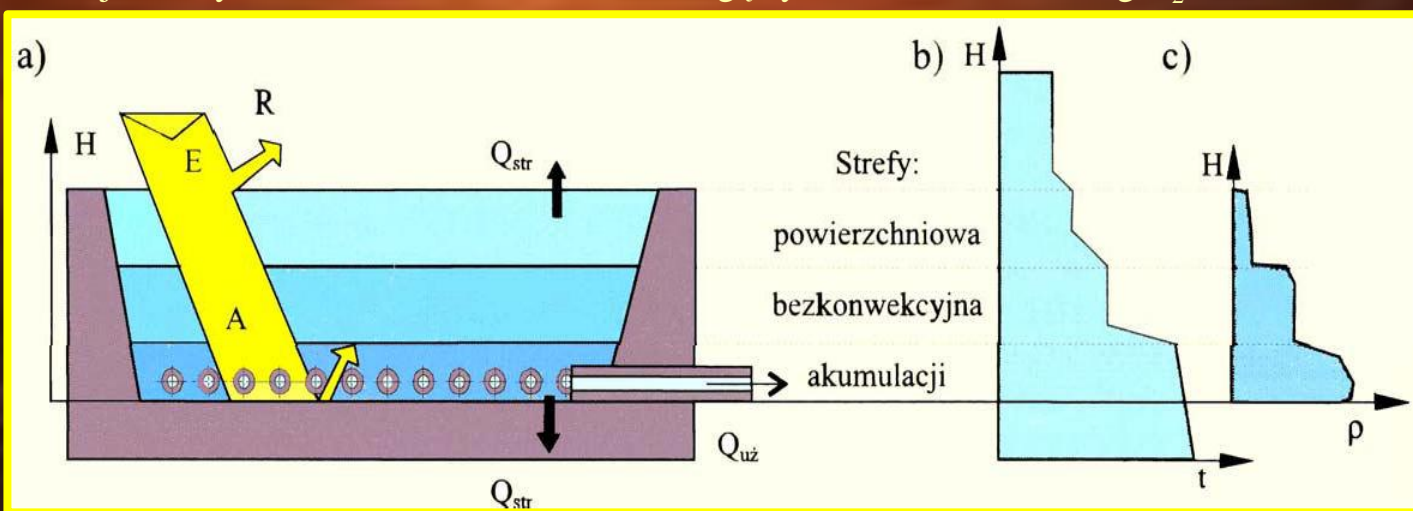
Oprócz wymienionych powyżej kolektorów słonecznych prowadzone są również badania innych rozwiązań i konstrukcji, wśród których można wyszczególnić:

- kolektory z półprzezroczystym złożem pochłaniającym,
- kolektory rurowe,
- kolektory z wypełnieniem komórkowym (kształt plastra miodu),
- kolektory magazynujące.

Stawy słoneczne

Staw słoneczny zalicza się podobnie jak kolektor słoneczny, do niskotemperaturowych aktywnych systemów wykorzystania energii słonecznej. W stawie słonecznym energia promieniowania słonecznego jest kumulowana, a nie oddawana do otoczenia, zwłaszcza nocą i zimą, tak jak w stawie zwykłym. Efekt ten jest uzyskiwany dzięki dużemu stężeniu soli w wodzie. Solanka ta, nawet ogrzana, gromadzi się na dnie i nie transportuje ciepła na drodze konwekcji z dna stawu do powierzchni, a następnie do otoczenia.

Typowy staw o głębokości $H = 1$ m ma od 6 do 8 warstw płynu o zróżnicowanym stężeniu. Na rysunku przedstawiono tylko trzy strefy: powierzchniową (izolującą), bezkonwekcyjną buforową i akumulacji ciepła o największym stężeniu solanki. Jako sole mogą być stosowane NaCl , MgCl_2 .



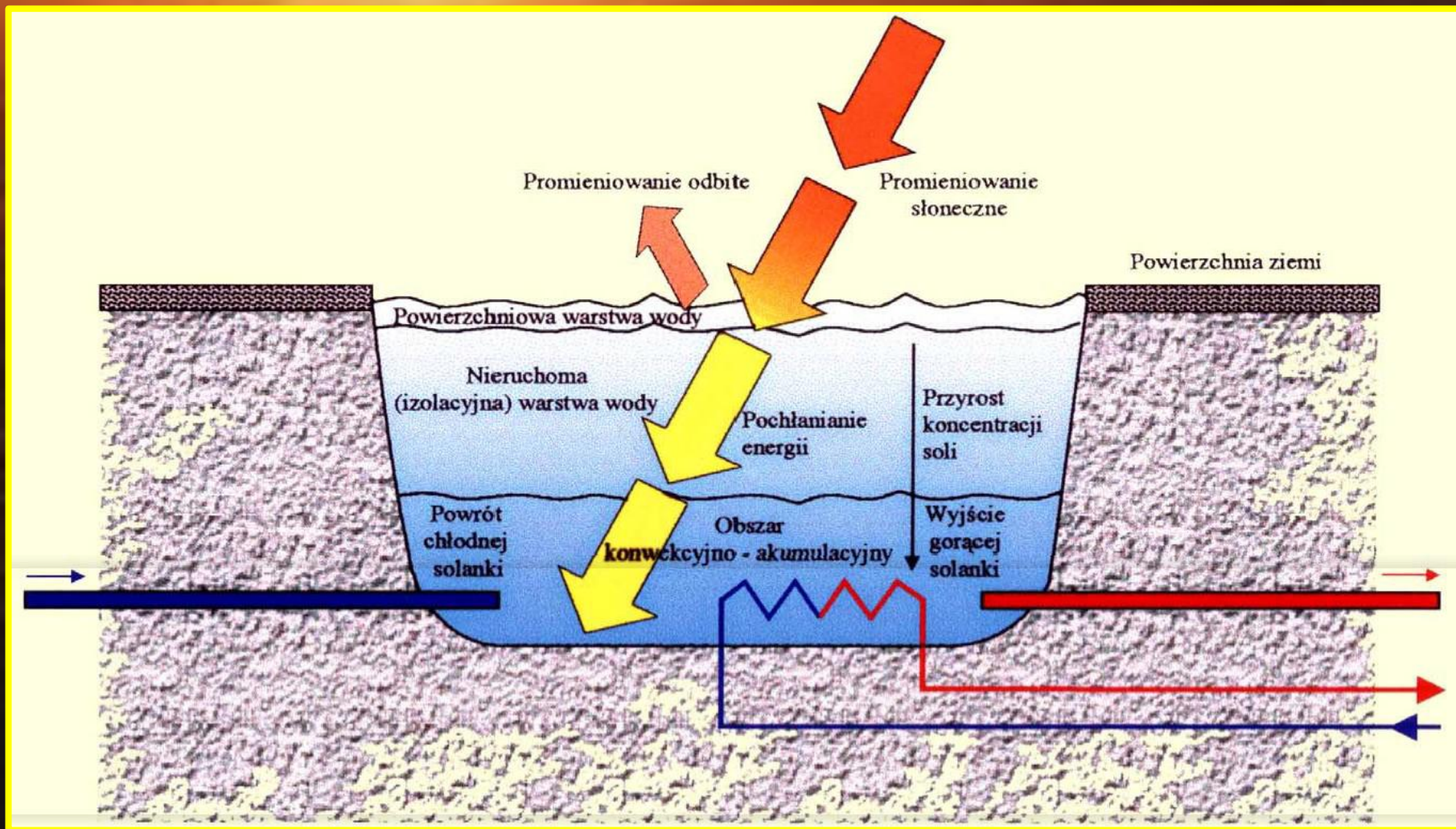
Schemat stawu słonecznego:

- a) Rozkład strumieni energii,
- b) Rozkład gradientu temperatury w funkcji głębokości,
- c) Rozkład gradientu stężenia w funkcji głębokości

W trakcie eksploatacji na drodze dyfuzji następuje samorzutne wyrównanie stężeń. W celu prawidłowej pracy stawu jest niezbędne ciągle doprowadzanie do warstwy powierzchniowej czystej wody, a do strefy akumulacji stężonego roztworu solanki. Do współpracy ze stawem jest więc konieczna instalacja do odsalania wody, np.: destylarka, przetwornik osmotyczny, wymiennik jonitowy itp. Instalacje te mogą być napędzane energią elektryczną, uzyskaną z turbogeneratora, napędzanego niskowrzącym czynnikiem (freon, amoniak, propan), czerpiącym energię ze stawu. Ze stawu o powierzchni 1400m^2 , w którym dolna i górna warstwa stanowią górne i dolne źródło ciepła czynnika roboczego można uzyskać ok. 4 W/m^2 (6kW) mocy. Temperatura rzędu $85\div 100^\circ\text{C}$ utrzymuje się na głębokości $H > 3,5$ m do kilku tygodni.

Energia promieniowania słonecznego.

Schemat stawu słonecznego z gradientem koncentracji soli.



Energia promieniowania słonecznego.

awary słoneczne

Zalety

- Moc i sprawność trochę wyższa, ale tego samego rzędu jak kolektora słonecznego;
- Mniejsze straty ciepła do otoczenia w porównaniu z kolektorami słonecznymi;
- Możliwość zastosowania do odsalania wody morskiej
- Prosta budowa.

Wady

- Konieczność utrzymywania właściwego gradientu stężeń, co wiąże się z utrzymywaniem instalacji odsalającej;
- Konieczność stosowania zabezpieczeń przed nieprzewidzianym wtargnięciem niepożądanych osób, zwłaszcza dzieci, które mogą się poparzyć;
- Wyższe koszty inwestycyjne w stosunku do kolektora słonecznego;
- Większe zużycie wody.

Energia promieniowania słonecznego.

W zależności od sposobu uzyskiwania i przetwarzania energii słonecznej wyróżnia się dwa podstawowe systemy:

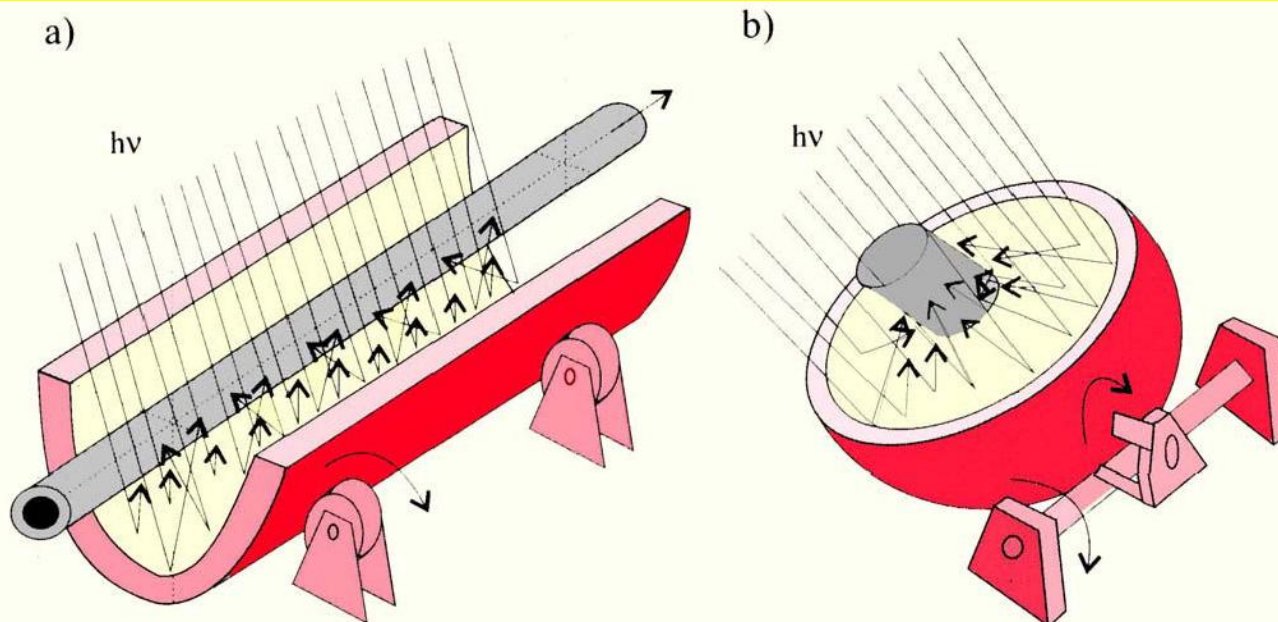
-**zdecentralizowany**, w którym czynnik roboczy przepływa kolektorem przez szereg koncentratorów płaskich, parabolicznych lub rynnowych, tworzących tzw. farmy słoneczne;

-**scentryalizowany**, w którym jest pole heliostatów w postaci luster koncentrujących promieniowanie słoneczne na jednym centralnym kolektorze umieszczonym na wieży.

Energia promieniowania słonecznego.

Wysokotemperaturowy system zdecentralizowany

W systemie zdecentralizowanym stosuje się najczęściej koncentratory skupiające, które zwiększają gęstość promieniowania słonecznego od 1,5 do 10 000 razy. W wyniku tego uzyskuje się temperatury czynnika roboczego dochodzące do 4000 K. Przy tak wysokiej różnicy temperatury między czynnikiem, a otoczeniem sprawność cieplna tych kolektorów jest mniejsza niż kolektorów płaskich. W celu polepszenia sprawności stosuje się w metodach wysokotemperaturowych elektroniczny układ nadążny śledzący Słońce i ustawiający pod odpowiednim kątem koncentratory wraz z kolektorami.

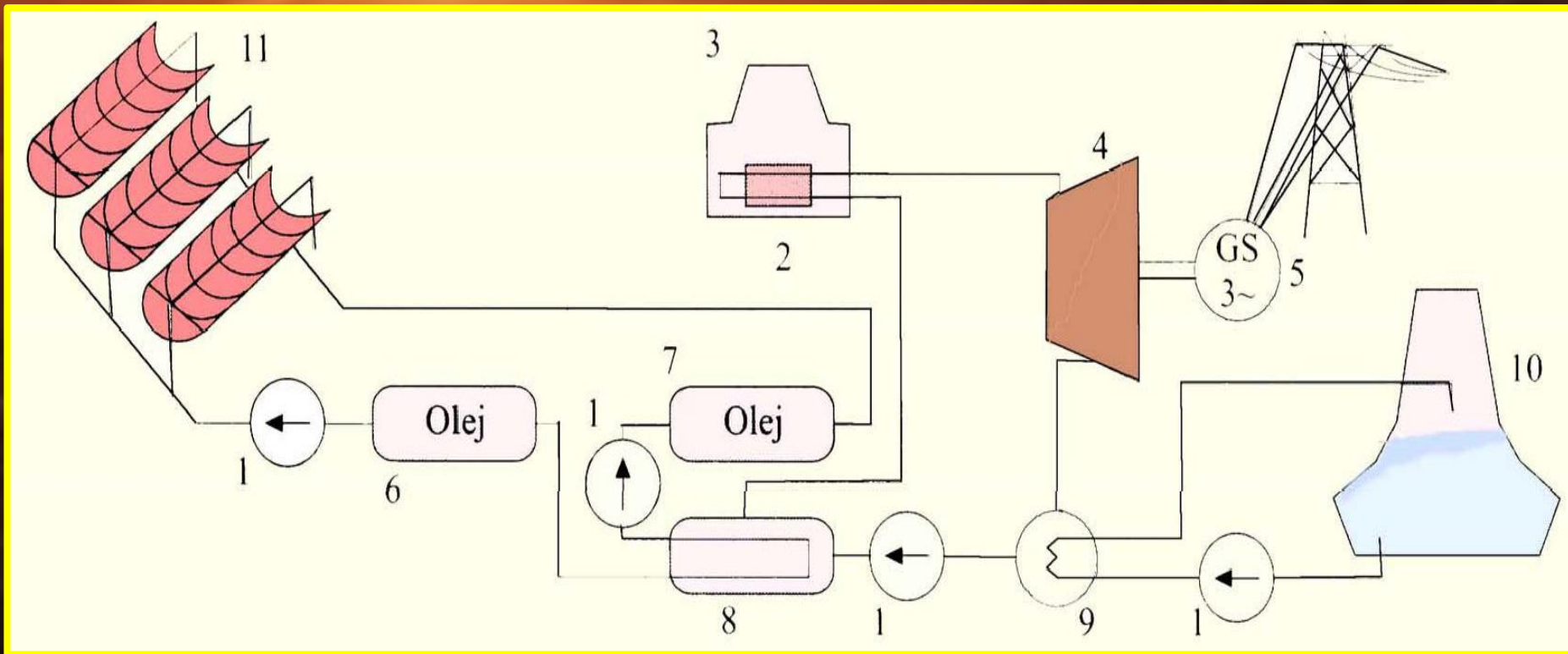


- Schematy koncentratorów promieniowania słonecznego:
- a) Cylindryczny (rurowy),
 - b) Paraboliczny (talerzowy)

Energia promieniowania słonecznego.

Wysokotemperaturowy system zdecentralizowany

Znane elektrownie wykorzystujące energię słoneczną w systemie zdecentralizowanym



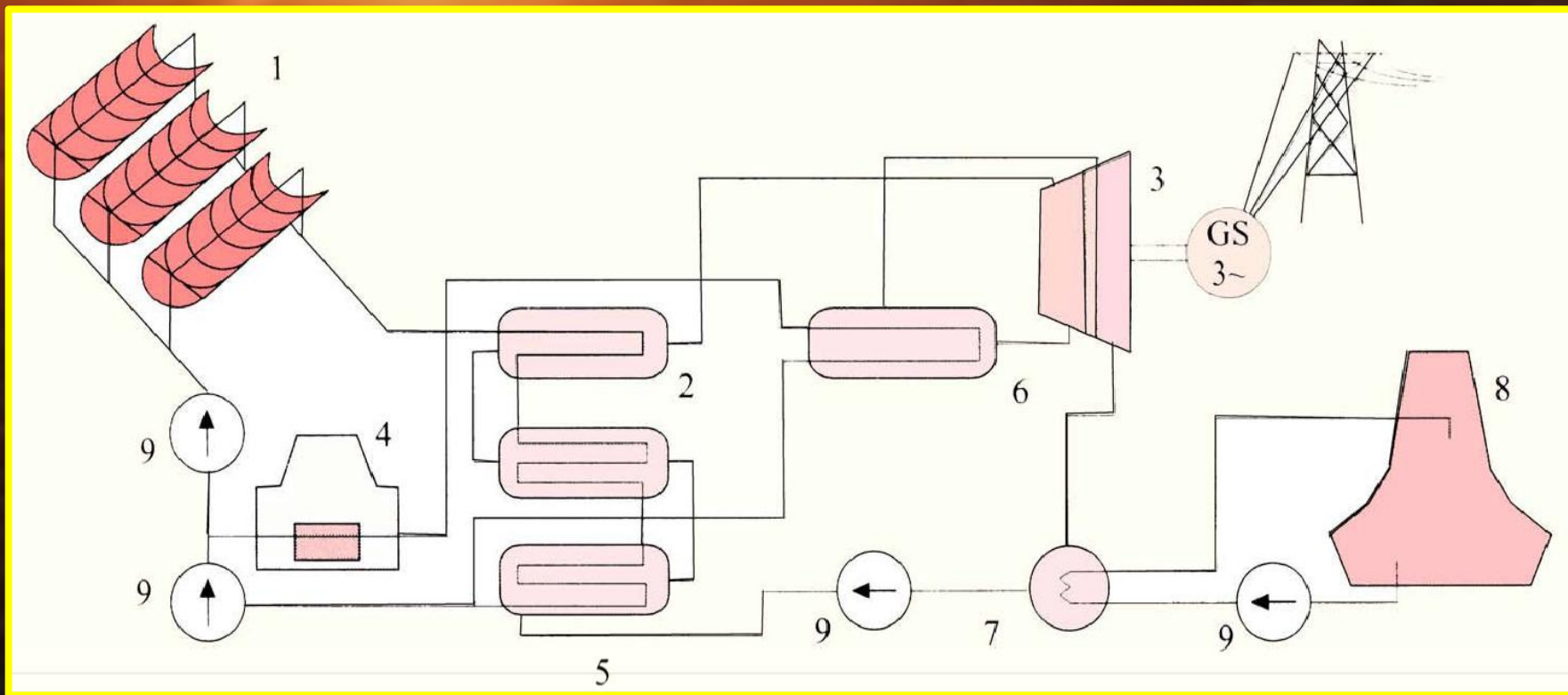
Schemat elektrowni słonecznej w Daggett w Kalifornii

1 – pompy, 2 – kocioł gazowy, 3 – przegrzewacz, 4 – turbina parowa, 5 – generator, 6 – zbiornik zimny, 7 – zbiornik gorący, 8 – wytwornica pary, 9 – skraplacz, 10 – chłodnia kominowa, 11 – pole koncentраторów

Energia promieniowania słonecznego.

Wysokotemperaturowy system zdecentralizowany

Znane elektrownie wykorzystujące energię słoneczną w systemie zdecentralizowanym



Schemat elektrowni słonecznej w Haper Lake w Kalifornii

1 – pole koncentratorów, 2 – przegrzewacz pary, 3 – turbogenerator, 4 – podgrzewacz, 5 – wytwornica pary, 6 – przegrzewacz międzystopniowy, 7 – skraplacz, 8 – chłodnia kominowa, 9 - pompy

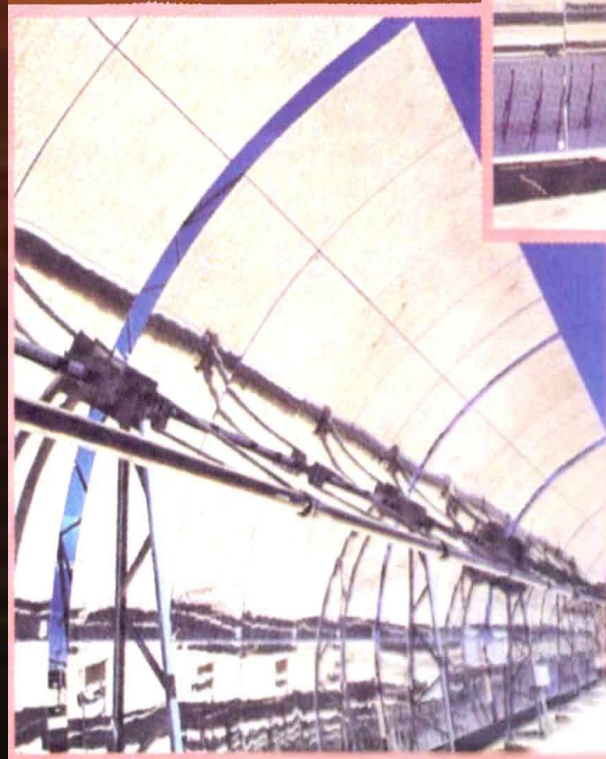
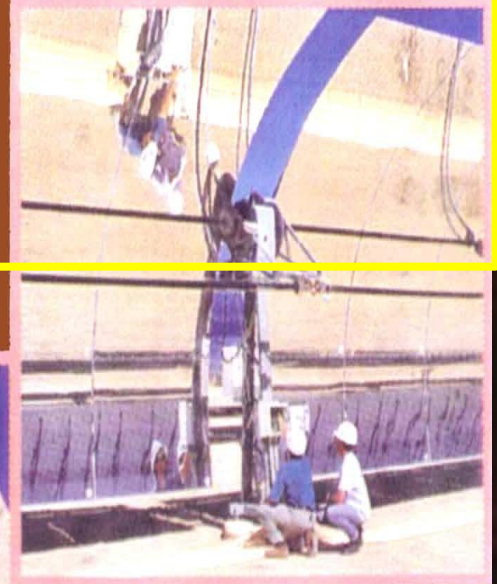
Energia promieniowania słonecznego.

System SEGS

Każdy zakład przemysłowy SEGS produkuje ponad 30 megawatów elektryczności – 150 MW łącznie – wykorzystując słońce jako podstawowe źródło energii.

Każdy SEGS ma ogromne pole słoneczne i konwencjonalną elektrownię. Pole słoneczne jest złożone z rzędów parabolicznego koryta słonecznych kolektorów. Te kolektory złożone są z paneli reflektorowych – lub lusterek – które śledzą słońce używając sensorów i mikroprocesorów. Światło słoneczne odbite od paneli reflektorowych jest skupiane na specjalnie pokrytych stalowych rurkach, które zawierają płyn przepływu ciepła.

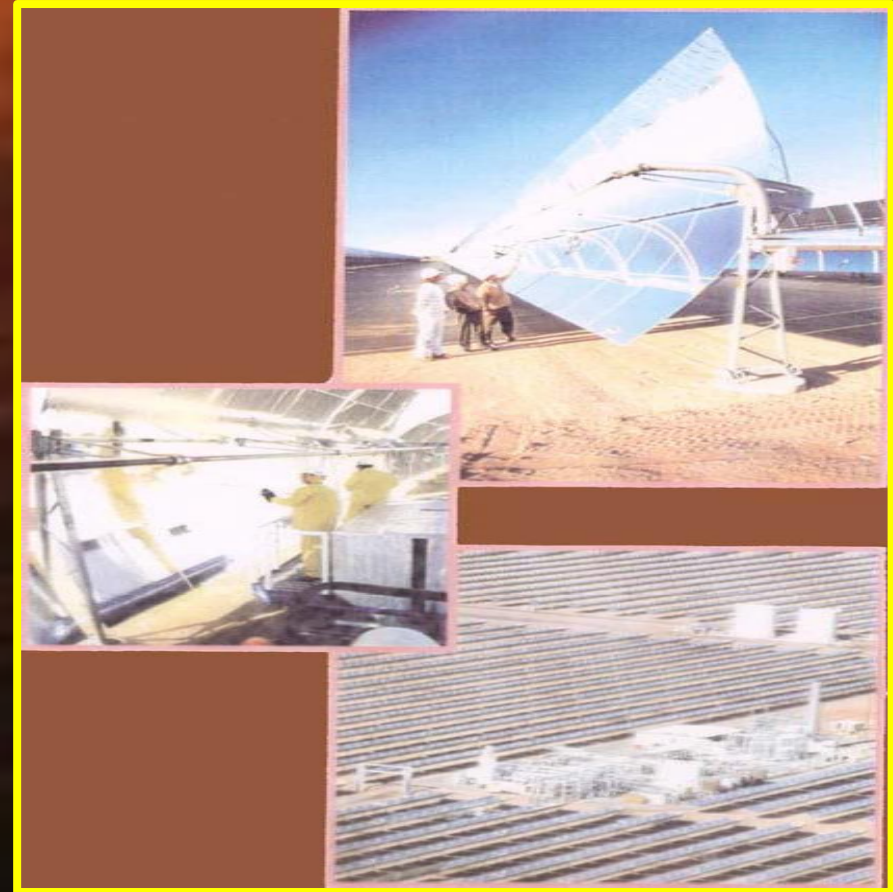
Każde pole słoneczne SEGS ma około 100 000 części lusterek, każde o powierzchni ok. 2 m² – całość ponad 1 mln m² lusterek



Energia promieniowania słonecznego.

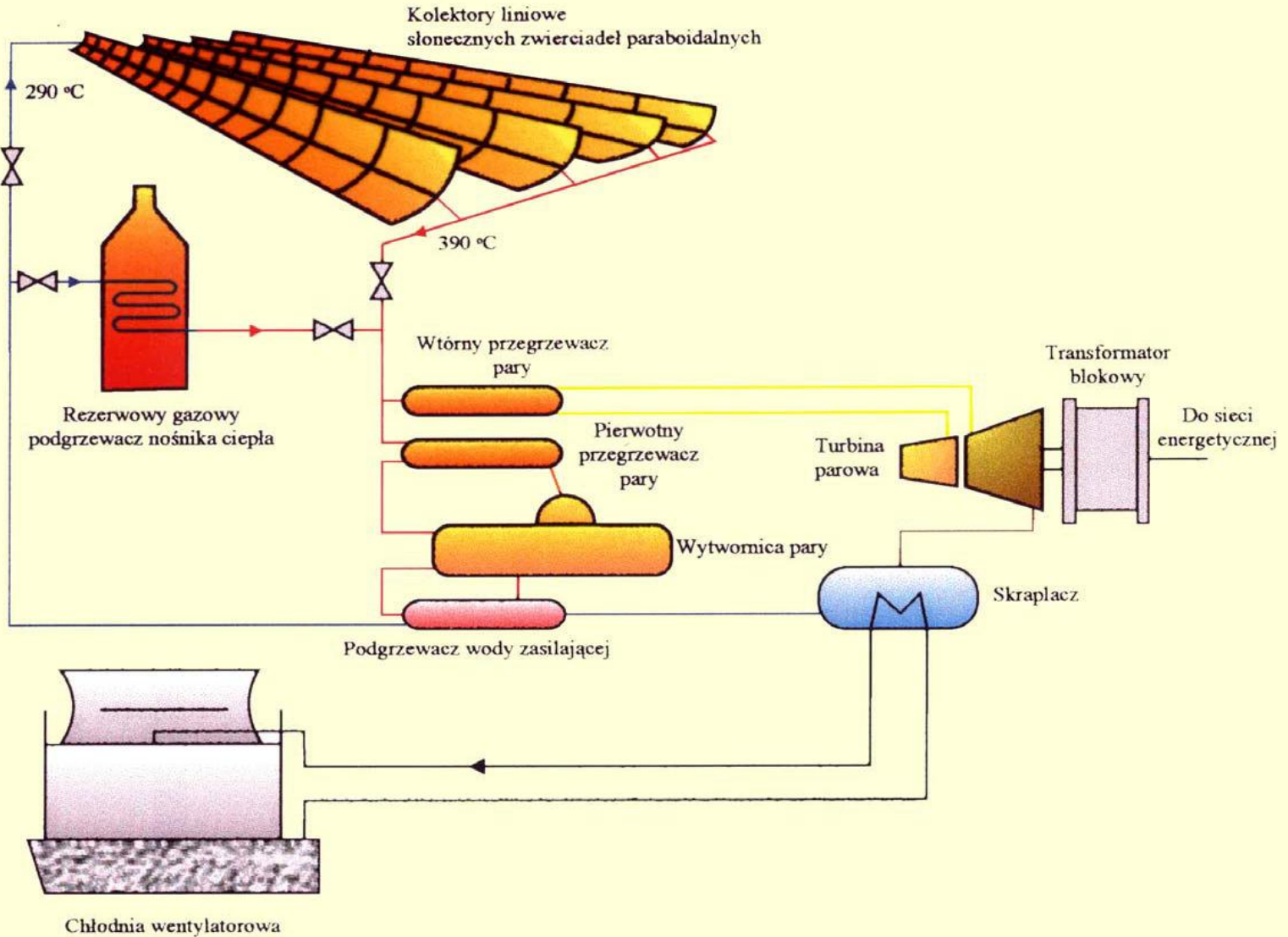
System SEGS

Płyn przepływu ciepła jest rozgrzany do temperatury 735°F i przepompowany przez serię wymienników ciepła z bloku elektrowni, aby stworzyć super nagrzaną parę, która napędza generator turbiny tworząc elektryczność. Naturalny gaz może uzupełniać parę wytworzoną przez energię słoneczną w pochmurne dni i wczesne wieczory.



Energia promieniowania słonecznego.

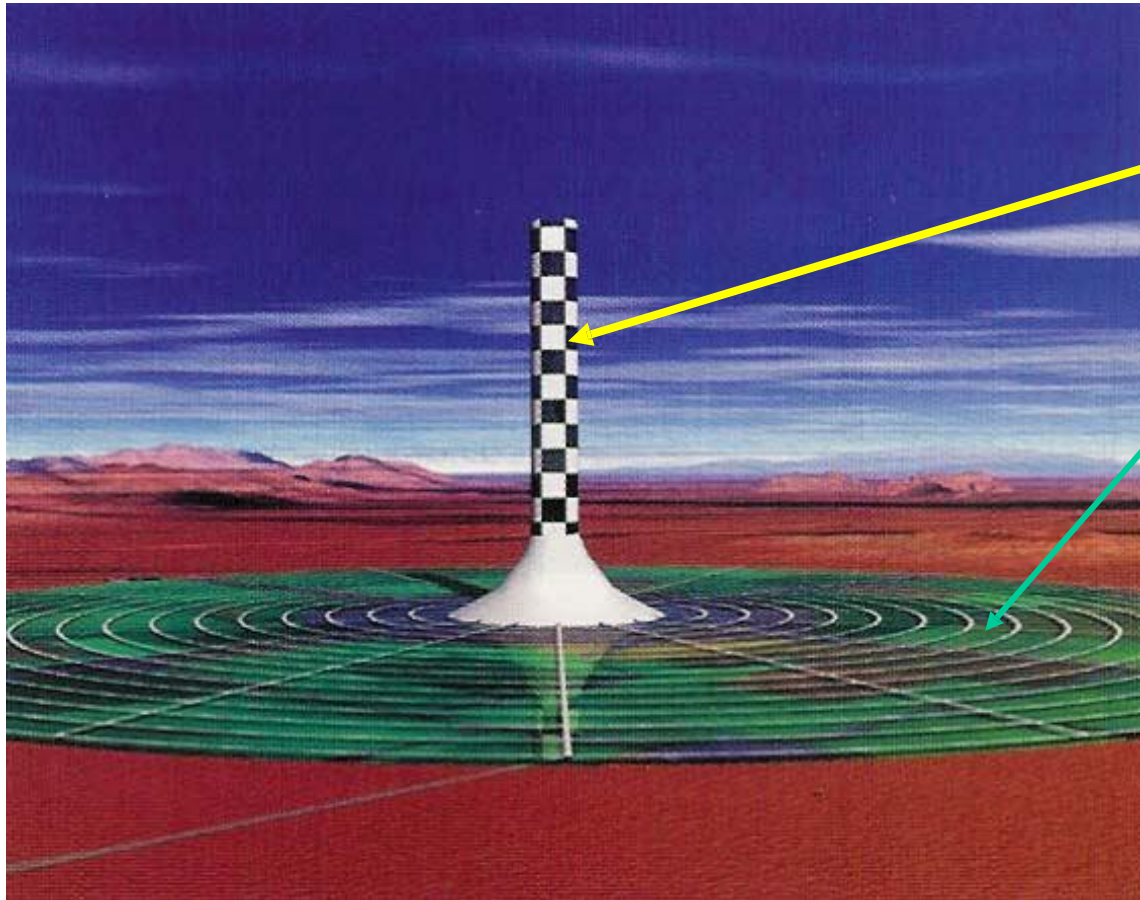
Schemat ideowy elektrowni heliothermalnej typu SEGS.



Słoneczna elektrownia wieżowa

Moc: 200 MW

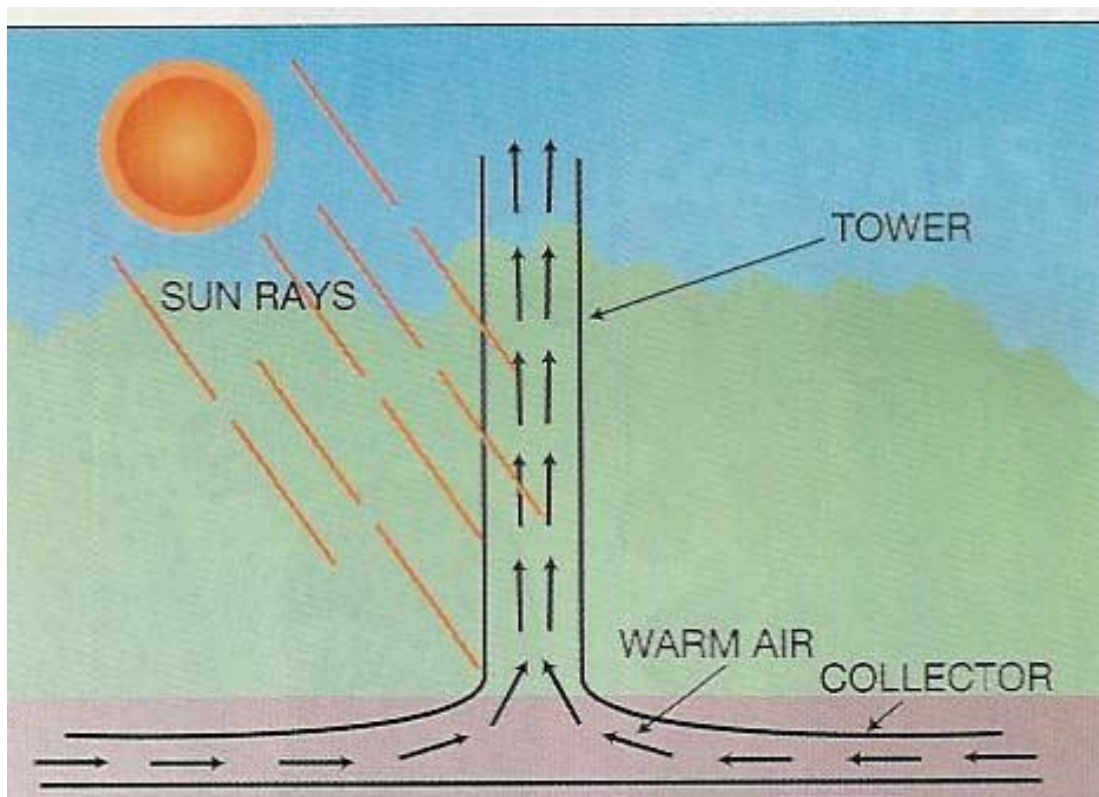
Major Project Facilitation Australia, Victoria state



Wieża o wysokości 1 km

Układ kolektorów powietrznych
o promieniu 3.5 km

Słoneczna elektrownia wieżowa



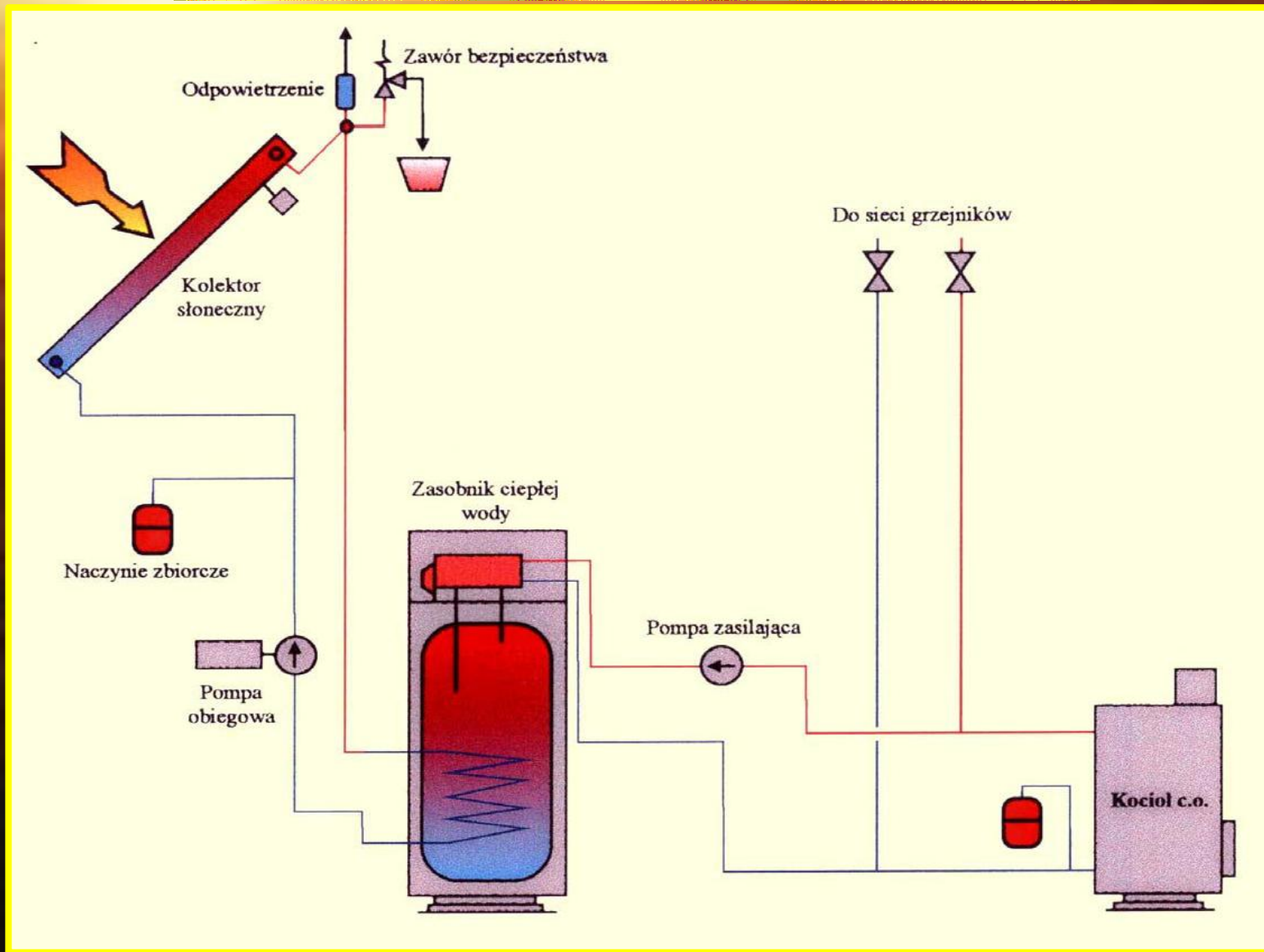
Temperatura powietrza pod sklepieniem kolektora wynosi 30 °C, a prędkość powietrza: 32 km/h

Podgrzane powietrze (60-70 °C) przepływa przez 32 turbiny umieszczone na wlocie do wieży

Nocą ciepło magazynowane jest w gruncie poniżej kolektora umożliwiając pracę elektrowni w nocy

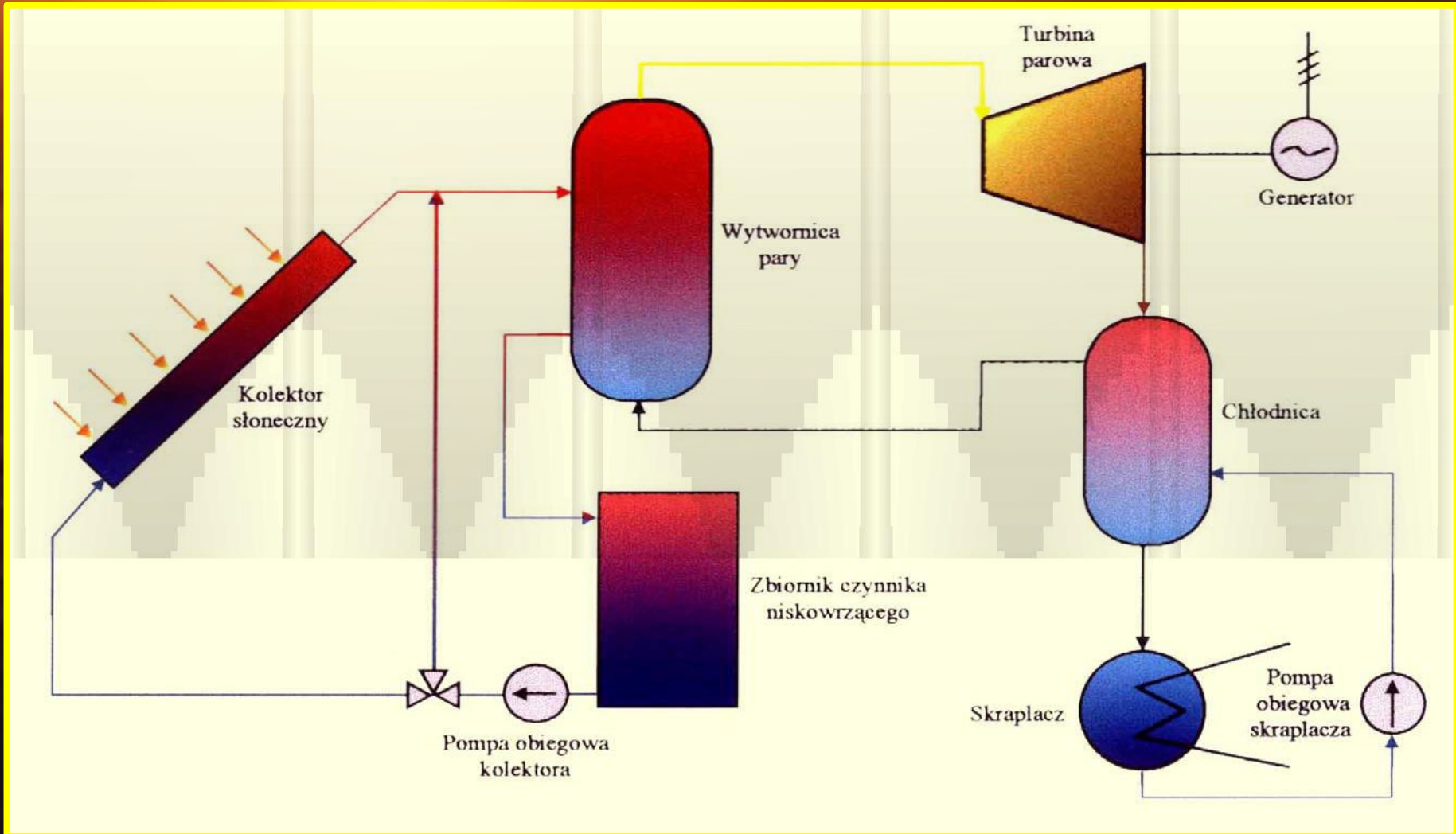
Energia promieniowania słonecznego.

Aktywny system
słoneczny dla
budynku
jednorodzinnego



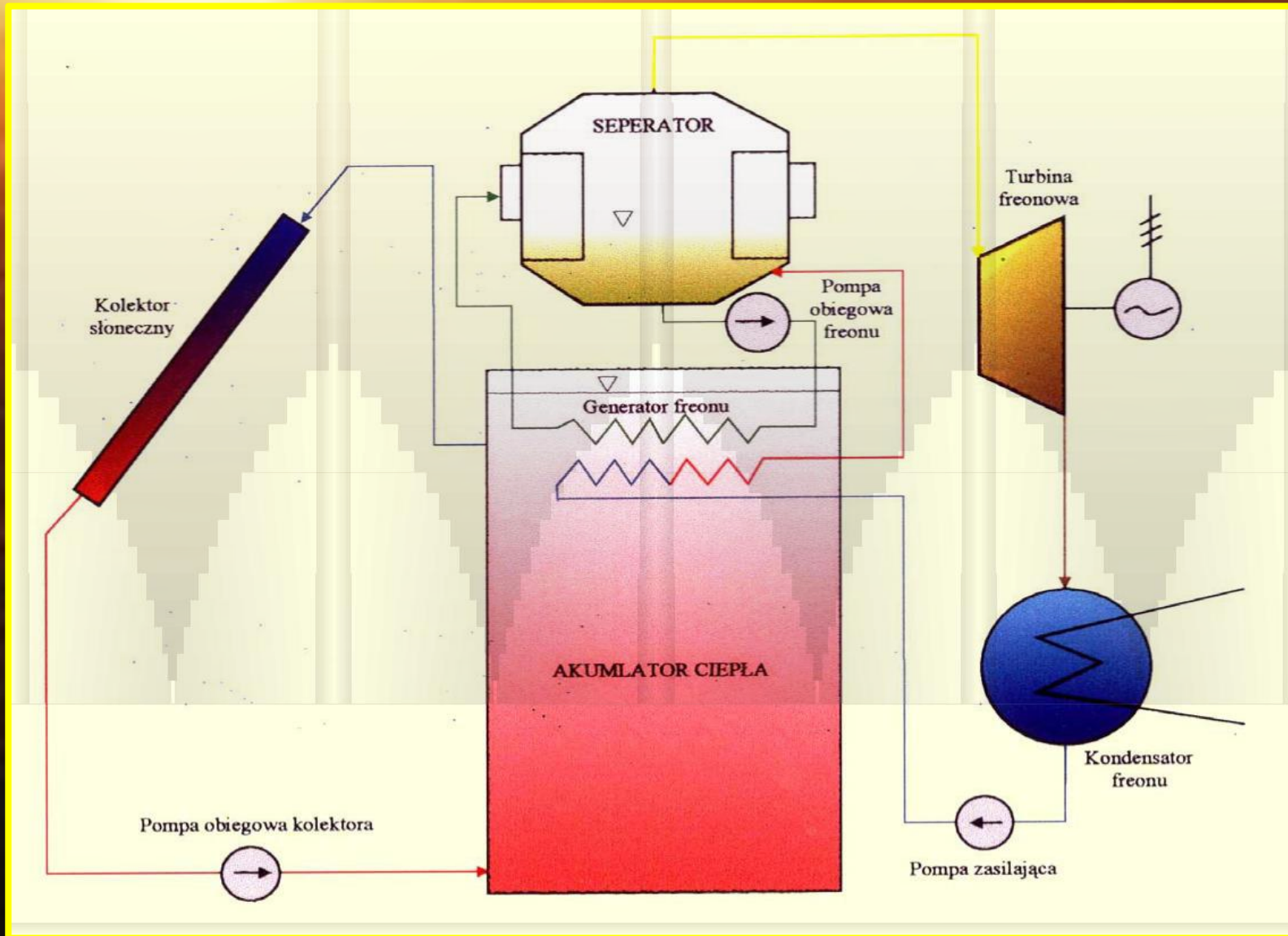
Energia promieniowania słonecznego.

Schemat obiegu siłowni małej mocy pracującej na czynnik niskowrzący.



Energia promieniowania słonecznego.

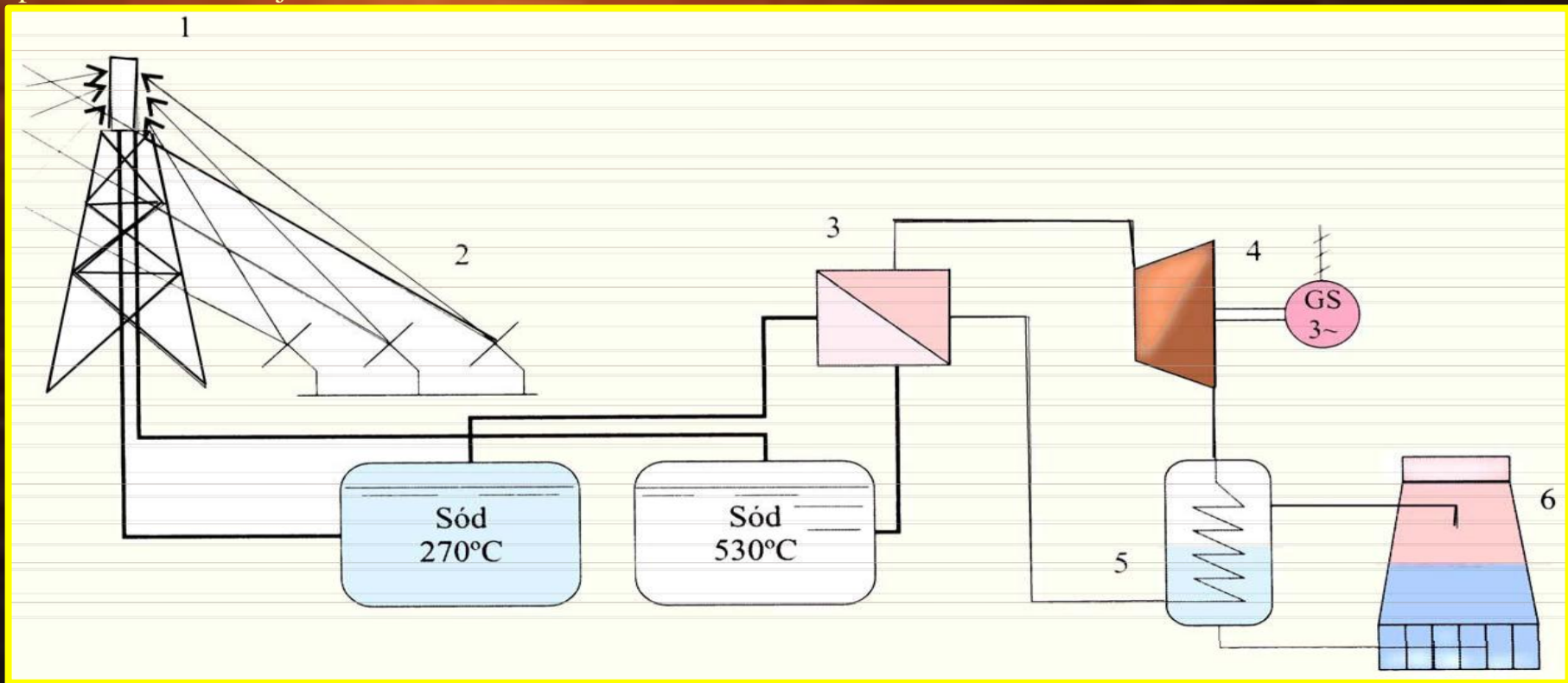
Schemat obiegu siłowni freonowej.



Energia promieniowania słonecznego.

Wysokotemperaturowy system scentralizowany

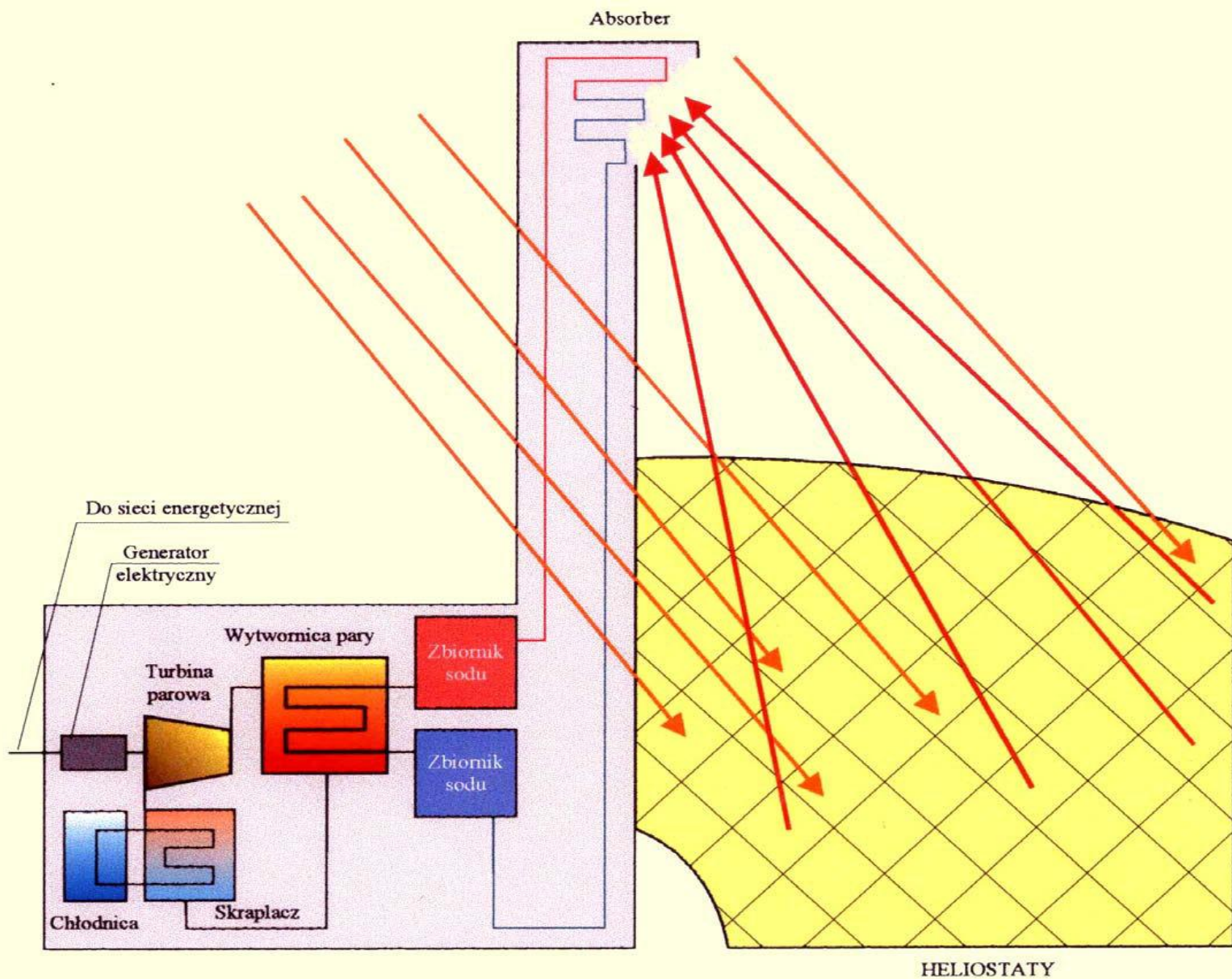
Typowa scentralizowana elektrownia słoneczna składa się z pola heliostatów, absorbera wieżowego, dwóch obiegów (sodu stopionego i obiegu wodno – parowego), wytwornicy pary, turbogeneratora i ociekowej chłodni powietrzno – wodnej.



Schemat scentralizowanej elektrowni słonecznej

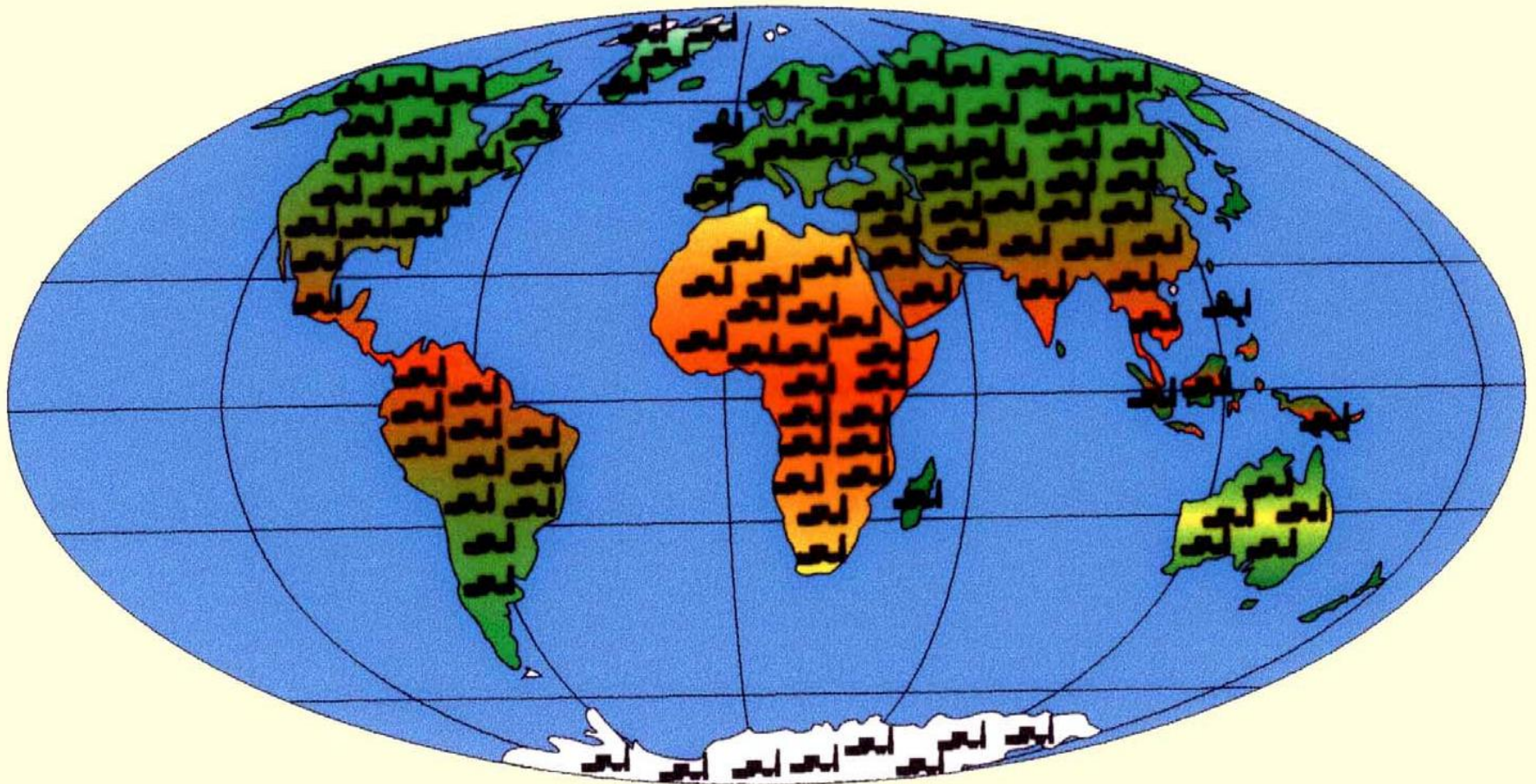
1 – absorber wieżowy, 2 – pole heliostatów, 3 – wytwornica pary, 4 – turbogenerator, 5 – wymiennik, 6 – chłodnia wieżowa

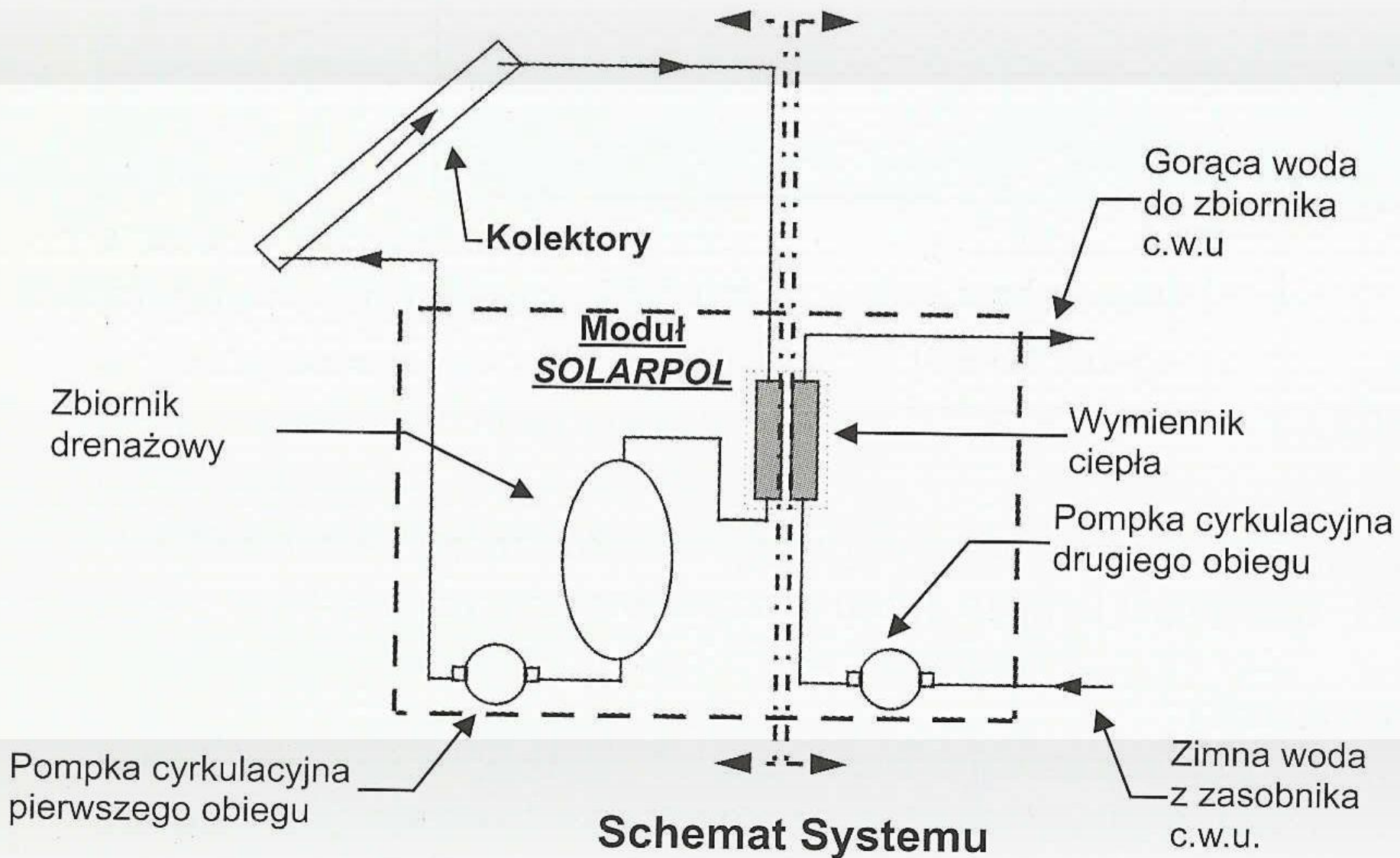
Schemat
ideowy
elektrowni
heliotermicznej
typu CRS.



Energia promieniowania słonecznego.

Czy można by zastąpić Słońce elektrowniami spalającymi węgiel ?





Pompka cyrkulacyjna pierwszego obiegu

Schemat Systemu

Gorąca woda do zbiornika c.w.u.

Wymiennik ciepła

Pompka cyrkulacyjna drugiego obiegu

Zimna woda z zasobnika c.w.u.

Kolektory

Moduł SOLARPOL

Zbiornik drenażowy

KATEDRA OGRZEWNICTWA, WENTYLACJI
I OCHRONY ATMOSFERY
INSTALACJA SŁONECZNA
Solarhart
DOKONYWANA PRZEZ
WPROST W KATOWICACH

18 2 2005

KATEDRA OGRZEWICTWA, WENTYLACJI
I OCHRONY ATMOSFERY
KRISTALACJA SŁONECZNA
Solahart
DOTOWANA PRZEZ
WFOSiG⁴ W KATOWICACH

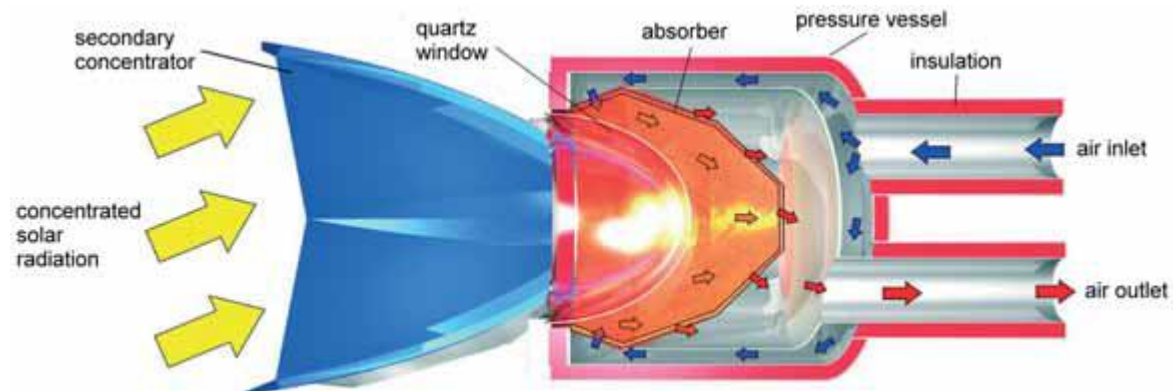
18 2 2005



18 2 2005

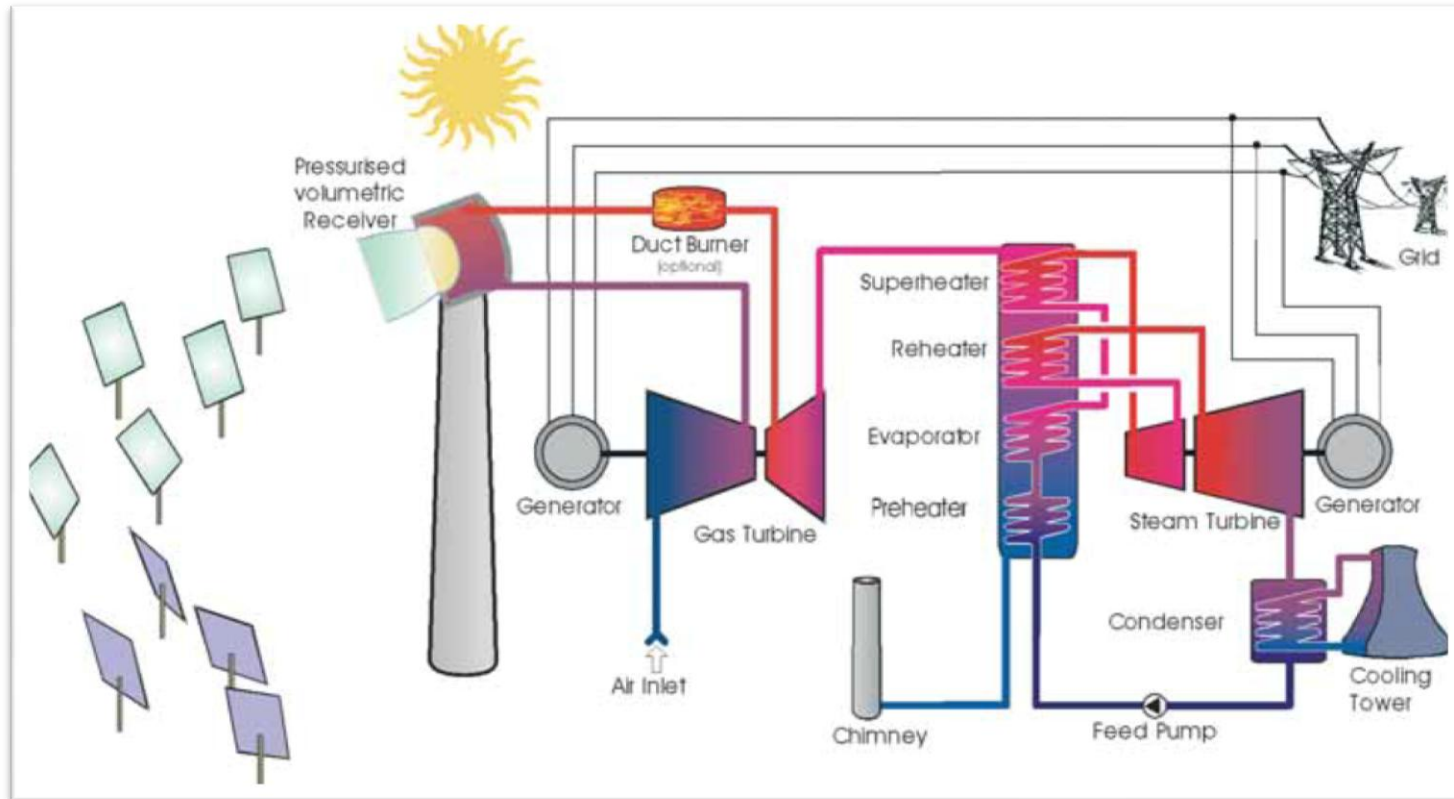


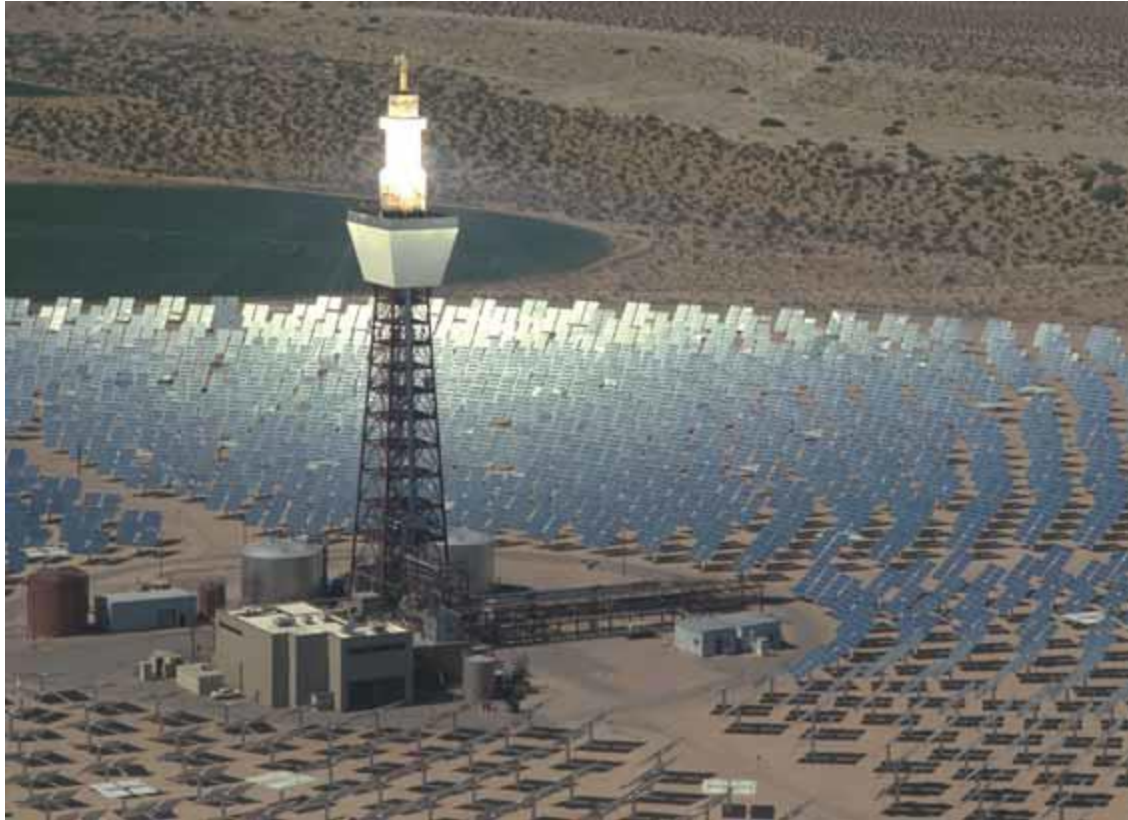
REFOS
pressurised
receiver
concept
(Source: DLR)



REFOS ciśnieniowy odbiór ciepła promieniowania

**Schematic of a combined cycle system powered by a volumetric central receiver using pressurised air as heat transfer fluid
(Source: DLR)**





Centralia silownia sloneczna Kalifornia