

# Energia słoneczna

*Prof. dr hab. inż. Jacek Zimny*

AGH Kraków

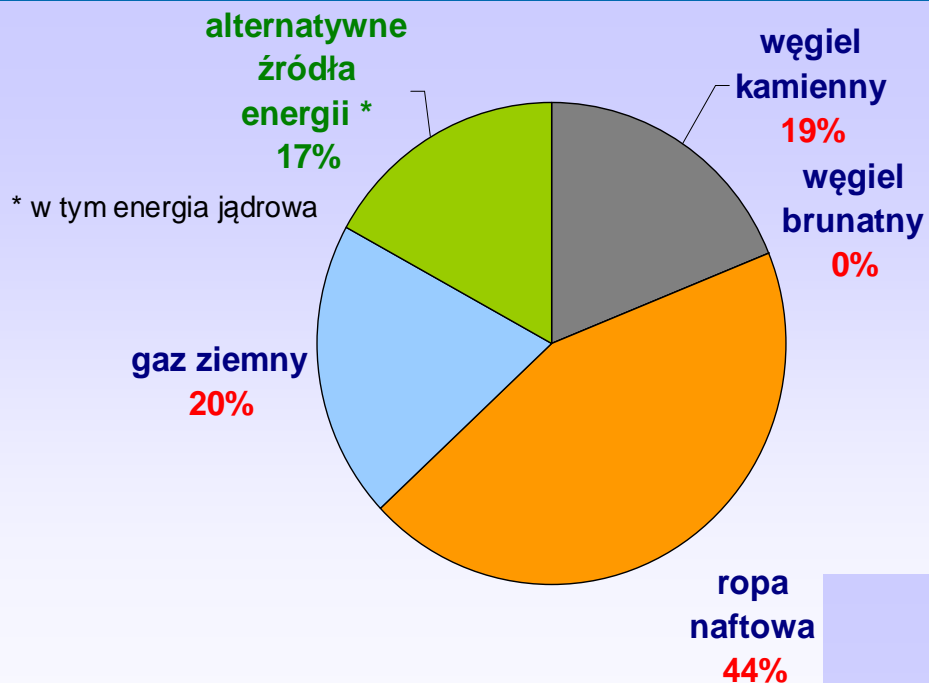
Przewodniczący

Polskiej Geotermalnej Asocjacji (PGA)

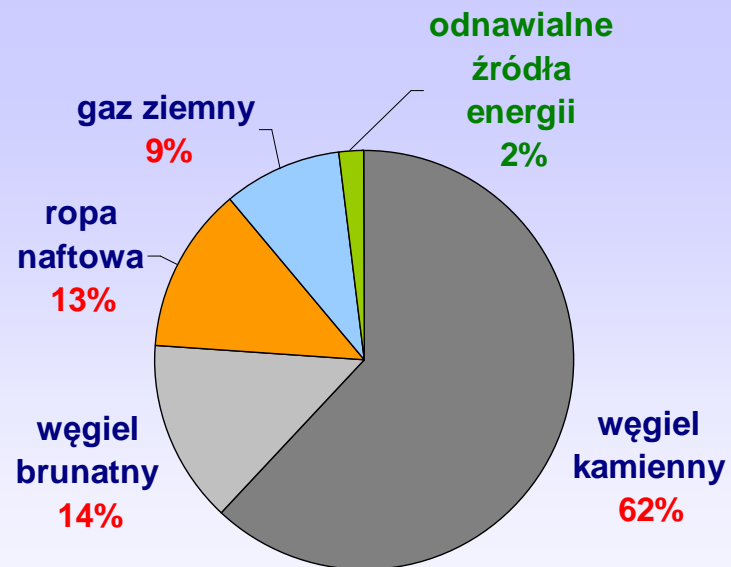


# Struktura zużycia paliw

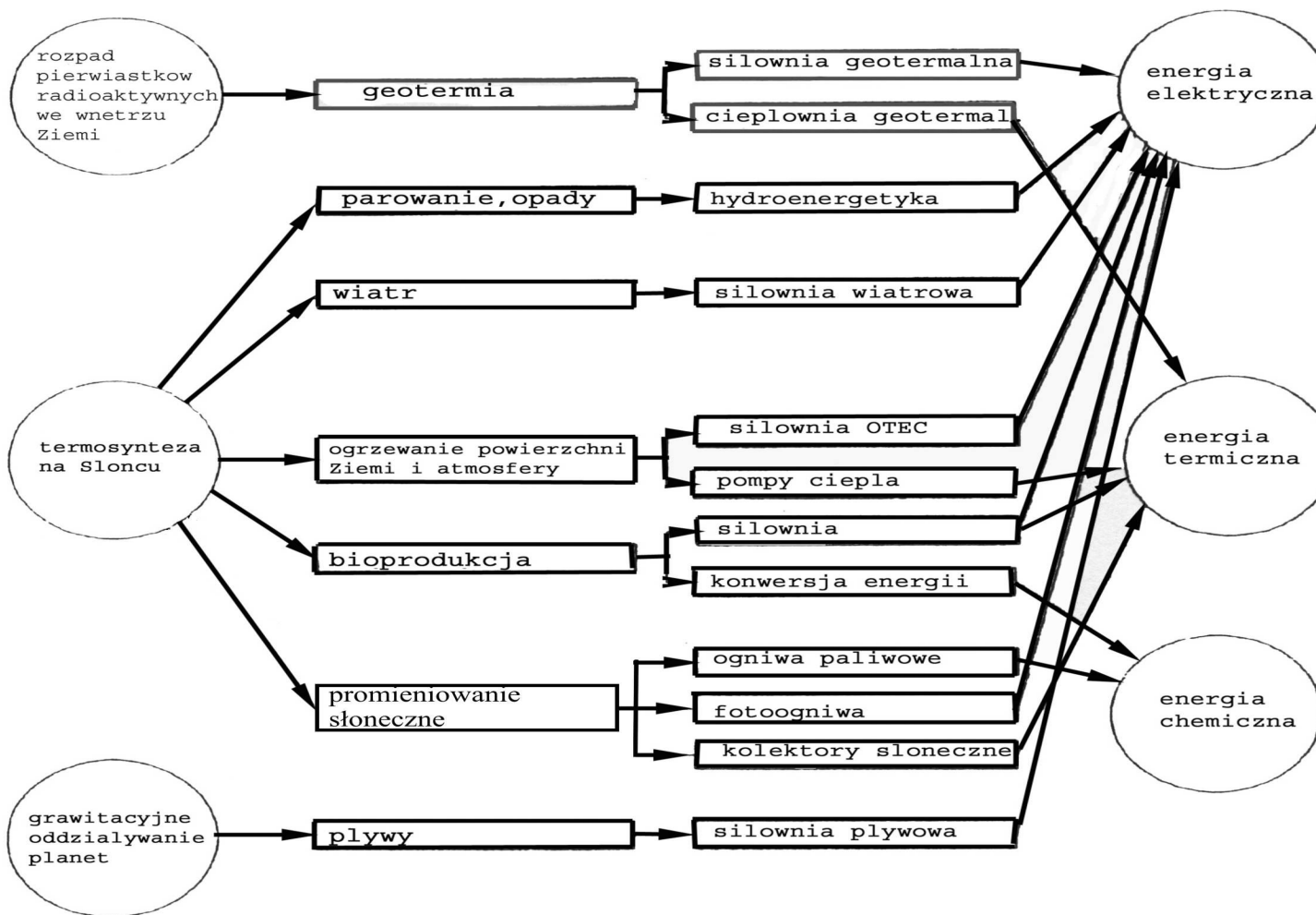
## w Unii Europejskiej



## i w Polsce



# Łańcuch przekształceń energii: źródło energii pierwotnej - naturalna konwersja energii - konwersja energii przez człowieka - energia wtórna



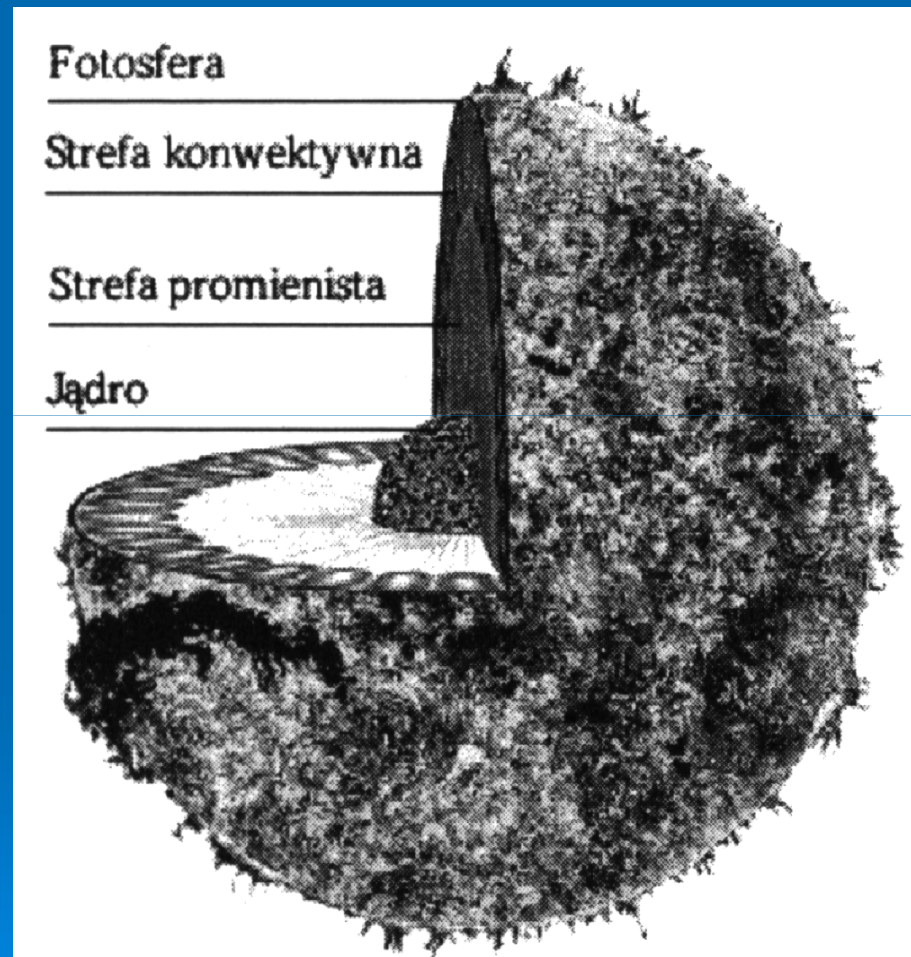
Zródło energii pierwotnej

naturalna konwersja energii

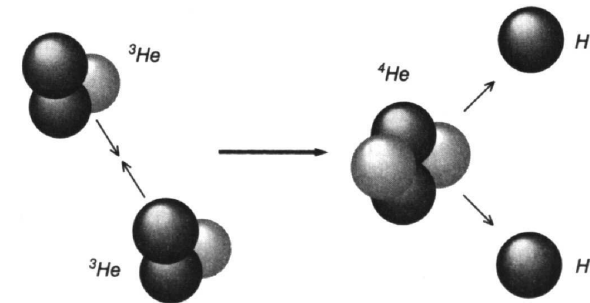
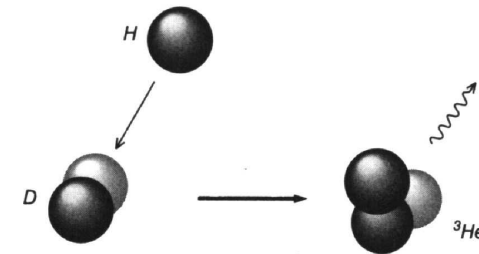
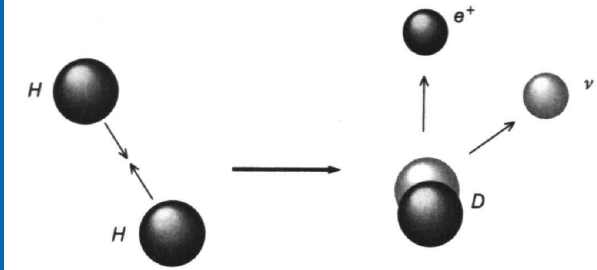
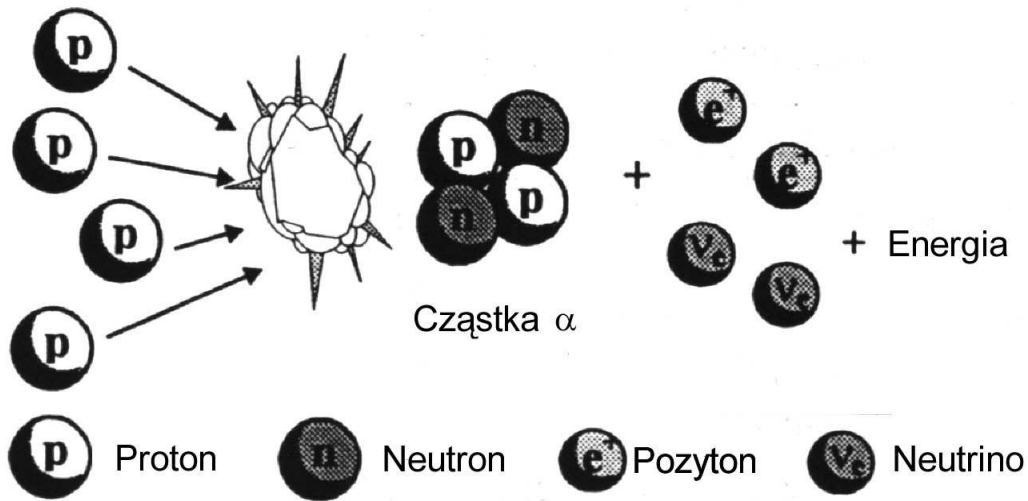
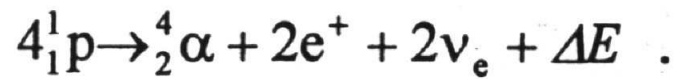
konwersja energii przez człowieka

energia wtórna

# Słońce nieprzebranym źródłem energii



# FUZJA TERMOJĄDROWA



# Zasoby energii słonecznej

Potencjalna energia użyteczna promieniowania słonecznego w kWh/m<sup>2</sup>/rok w Polsce



Rejon	kWh/m <sup>2</sup> /Rok	Półrocze Letnie (IV-IX)	Sezon letni (VI-VIII)	Półrocze zimowe (X-III)
Pas nadmorski	1076	881	497	195
Wschodnia część Polski	1081	821	461	260
Centralna część Polski	985	785	449	200
Zachodnia część Polski z górnym dorzeczem Odry	985	785	438	204
Południowa część polski	962	682	373	280
Południowo-zachodnia część polski obejmująca obszar Sudetów z Tuchowem	950	712	393	238

# Zasoby energii słonecznej

Zasoby potencjału energetycznego, określanie:

Wg PN – B – 02025, 1999 „Pomiary nasłonecznienia”:

- średnia wartość energii uzyskanej przez kolektory słoneczne w okresie od III-X wg PN = 1000 kWh/m<sup>2</sup>;
- na 1 osobę (c.w.u. = 1,5 m<sup>2</sup> kolektora)

Potencjał energii słonecznej dla kolektorów słonecznych można określić wg wzoru:

$$E_{ks} = B_{wr} \times M_{wr} \times 4000[\text{MJ/rok}] \times 0,4 + B_{jr} \times 4 \times 4000[\text{MJ/rok}] \times 0,8 + B_h \times M_h \times 4000 [\text{MJ/rok}] \times 0,5/3,6 [\text{GWh/rok}]$$

$B_{wr}$  – ilość budynków wielorodzinnych,

$M_{wr}$  – mieszkańcy w budynkach wielorodzinnych,

$B_{jr}$  – budynki jednorodzinne,

$B_h$  – hotele,

$M_h$  – mieszkańcy hoteli.



# Wykorzystanie energii słonecznej

- Produkcja energii cieplnej
  - Kolektory słoneczne
    - Produkcja ciepłej wody użytkowej
    - Wspomaganie centralnego ogrzewania
- Produkcja energii elektrycznej
  - Fotowoltaika



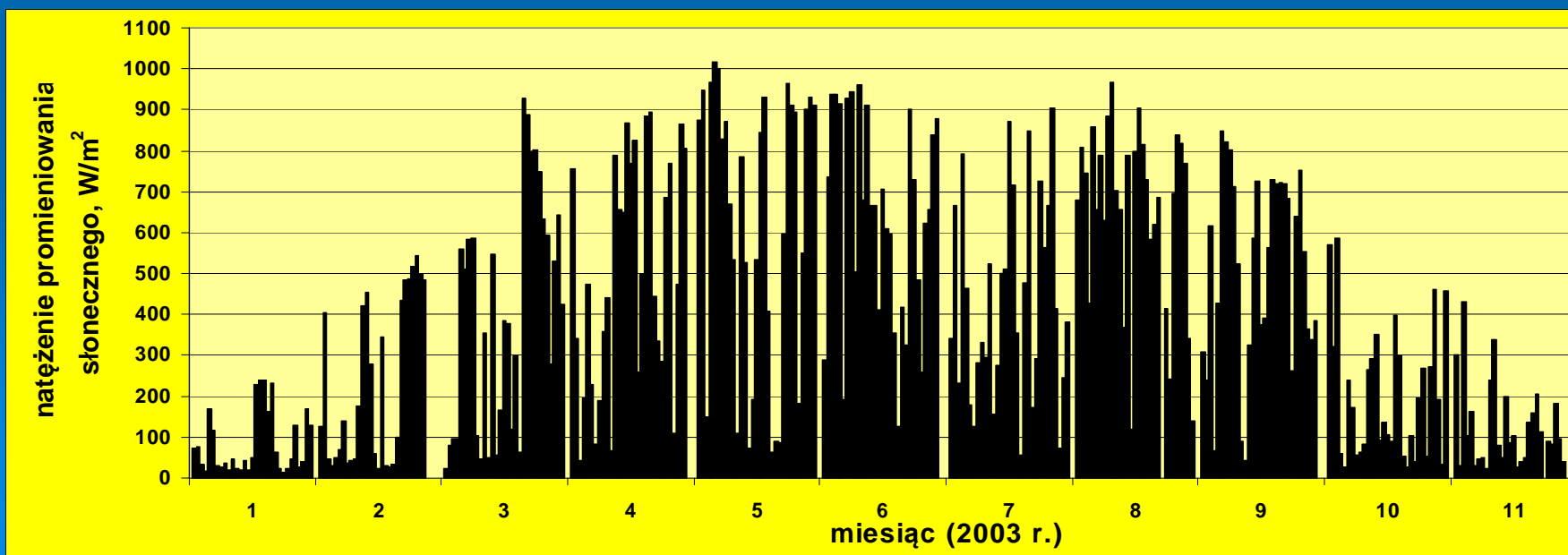
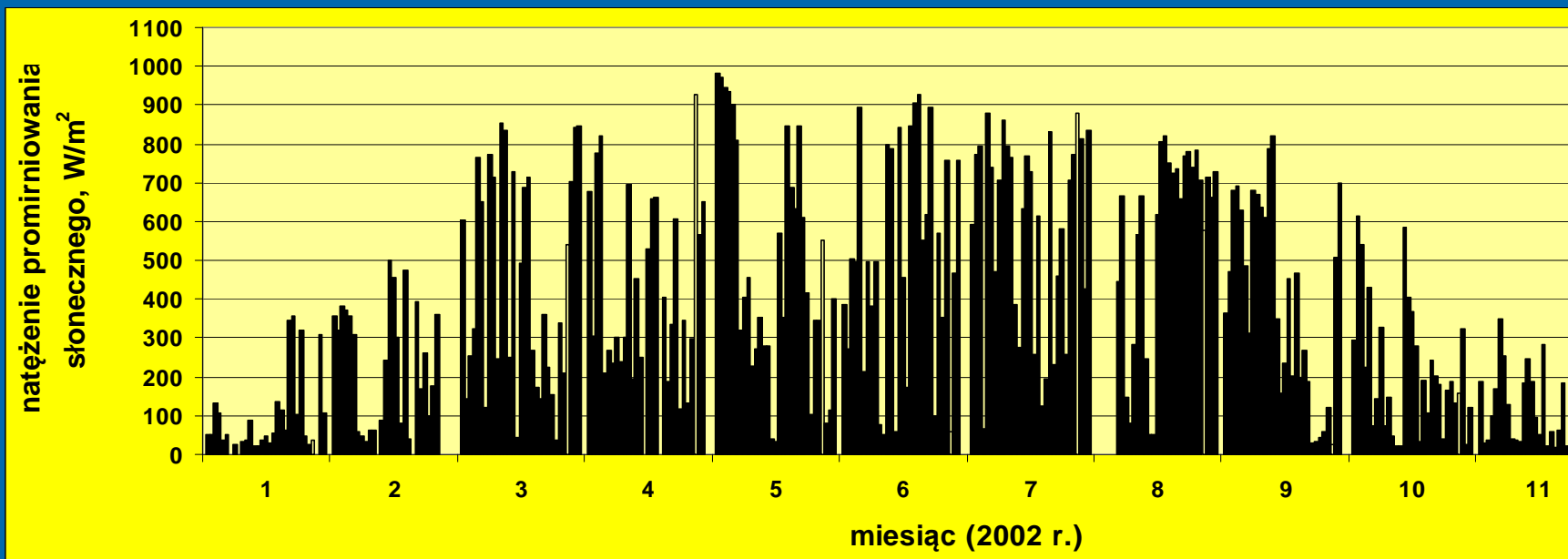
PARADIGMA



# Zapotrzebowanie:

- gmina średnio: 3 000-8 000 mieszkańców – 90 GWh/rok
- Potencjał techniczny kolektorów słonecznych – 25% gminy [GWh/rok]
- Potencjał techniczny fotowoltaiki – 30% pot. tech. kolektorów słonecznych.
- Potencjał ekonomiczny fotowoltaiki = 10 % potencjału technicznego energii słonecznej gminy.

# Średnia gęstość strumienia promieniowania słonecznego w godzinach 11<sup>00</sup> - 14<sup>00</sup> dla Krakowa w 2002 i 2003 r.



# KOLEKTORY SŁONECZNE CIECZOWE I POWIETRZNE

Uśrednione wartości parametrów meteorologicznych niezbędne do szacunkowych obliczeń kolektorów słonecznych

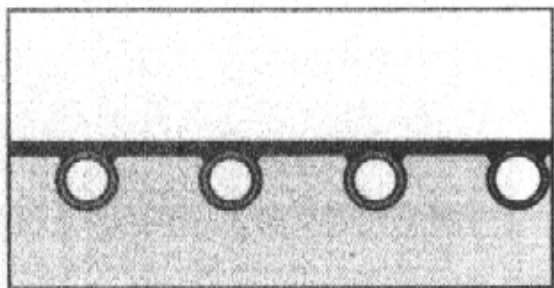
Parametry	Rok I–XII	Półrocze letnie IV–IX	Półrocze zimowe X–III	Sezon letni VI–VIII
Usłonecznienie, h	1600	1200	400	750
Suma nasłonecznienia, kWh/m <sup>2</sup>	990	766	223	428
Średnia suma dzienna nasłonecznienia, kWh/m <sup>2</sup>	2,7	4,2	1,2	4,7
Optymalny kąt nachylenia płaszczyzny kolektora do poziomu $\beta$	40°	30°	60°	< 30°

## Właściwości materiałów stosowanych na powłoki absorberów kolektorów słonecznych

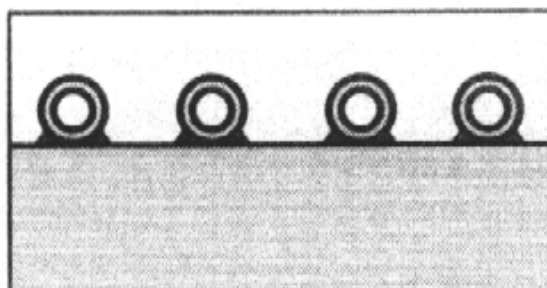
Material	Współczynnik pochłaniania $\alpha$	Współczynnik emisji $\varepsilon$	Selektywność $\alpha/\varepsilon$
Aluminium utlenione ( $\text{KMnO}_4$ )	0,80	0,35	2,30
Aluminium pokryte (CuO)	0,85	0,11	7,70
Beton	0,90	0,60	1,50
Cu-czarne (miedź czerniona przez działanie $\text{NaOH} + \text{NaClO}_2$ )	0,93	0,11	8,50
Czerń chromowa	0,98	0,14	7,00
Ebanol na miedzi kolorowany na czarno (CuO)	0,90	0,16	5,60
Farby czarne	0,98	0,89	1,10
– czarna Parsonsa	0,98	0,98	1,00
– szaroczarna	0,87	0,87	1,00
Nikiel czarny zawierający tlenki i siarczki	0,92	0,11	8,40
Tlenki magnezu	0,86	0,14	4,80
Sadza na bazie akrylu jako środka wiążącego	0,90	0,37	0,88
PbS jako pigment z silikonowym lepiszczem	–	–	2,43
Lakier solarny	0,90	0,25	3,60



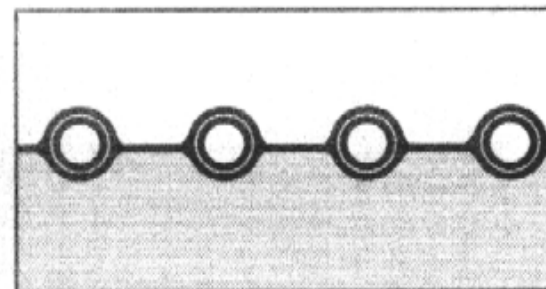
a)



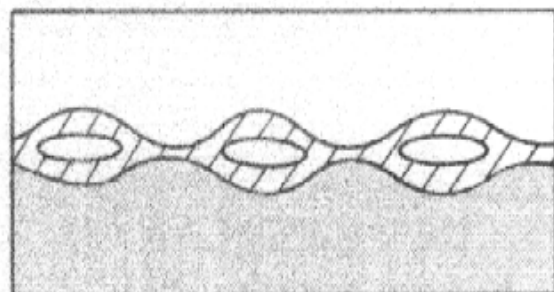
b)



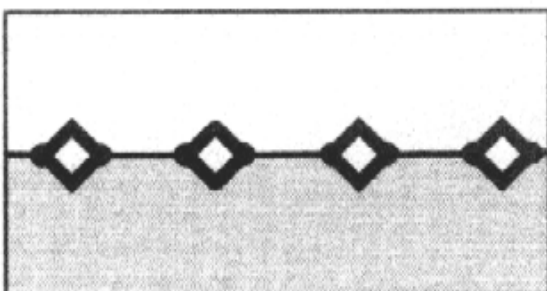
c)



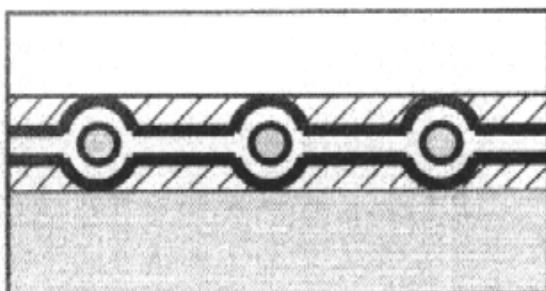
d)



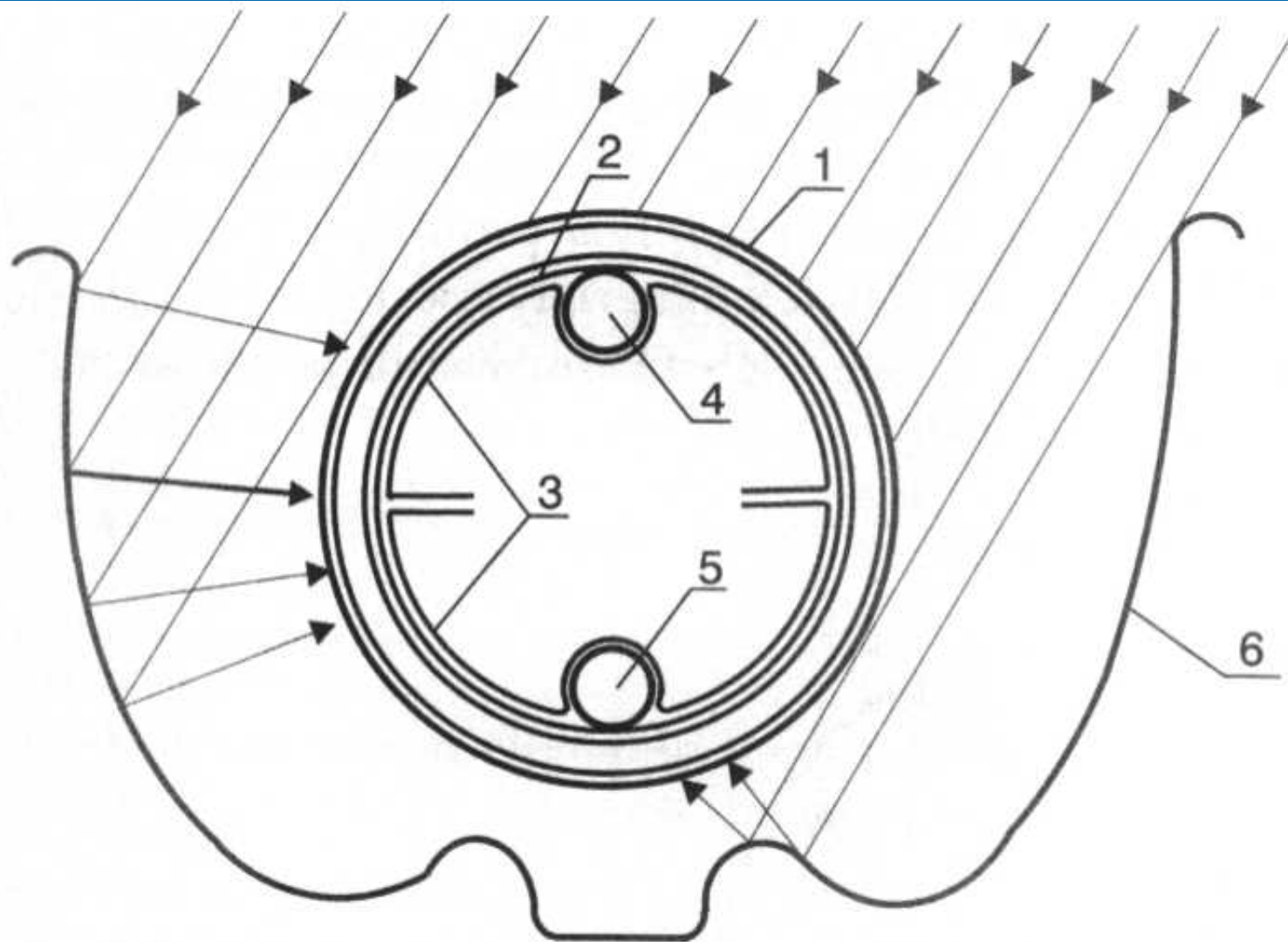
e)



f)



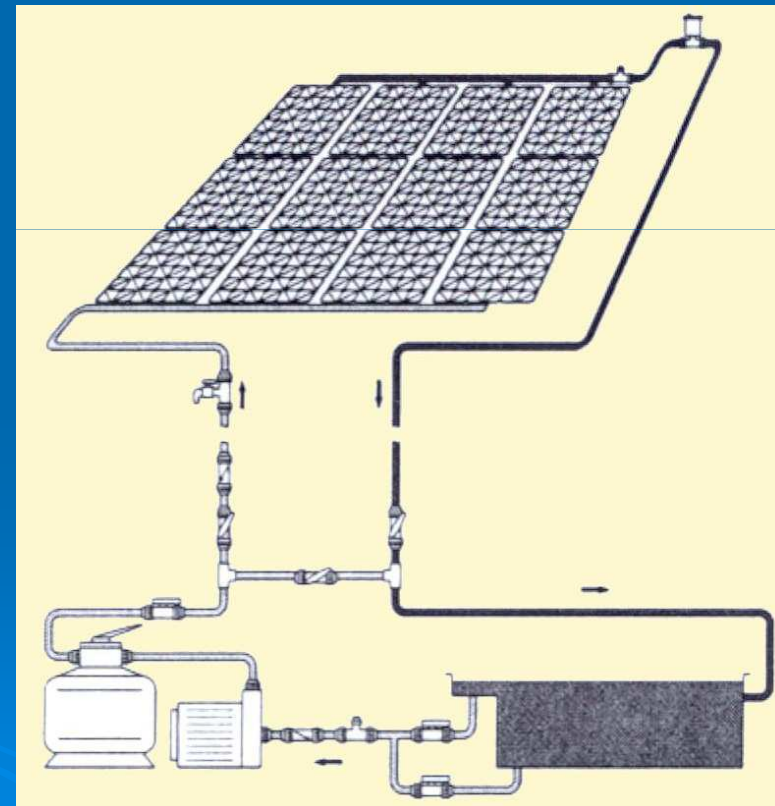
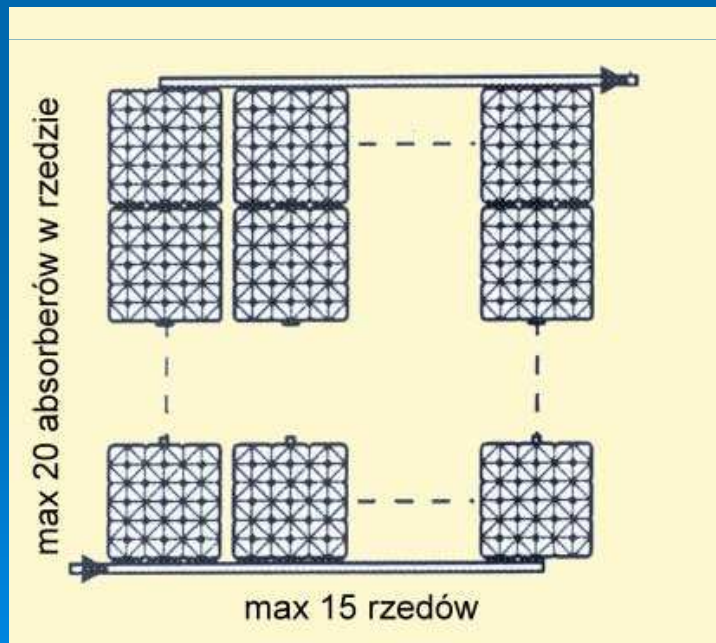
Kształty absorberów i schematy (w przekroju) wodnych kolektorów słonecznych produkowanych seryjnie.



Przekrój rury kolektora próżniowo-rurowego; 1 – ścianka zewnętrzna, 2 – ścianka wewnętrzna, 3 – absorber, 4 – wypływ wody gorącej, 5 – wpływ wody zimnej, 6 – reflektor



## Najprostsza instalacja do podgrzania wody basenowej



# Budowa płaskiego kolektora słonecznego

rama aluminiowa

szyba solarna

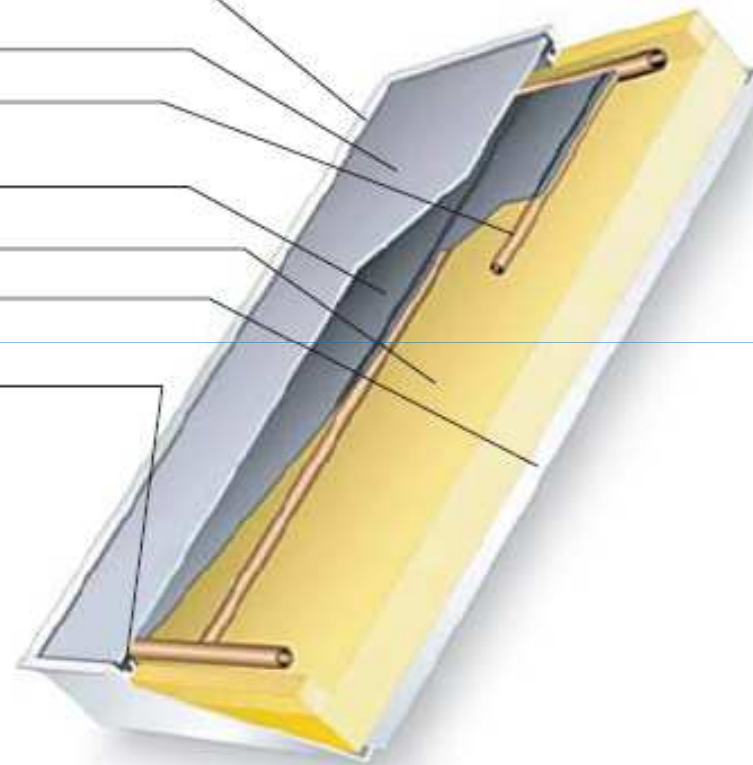
rurka miedziana

absorber

izolacja termiczna

ścianka tylna aluminiowa

uszczelka silikonowa



Przekrój kolektora słonecznego

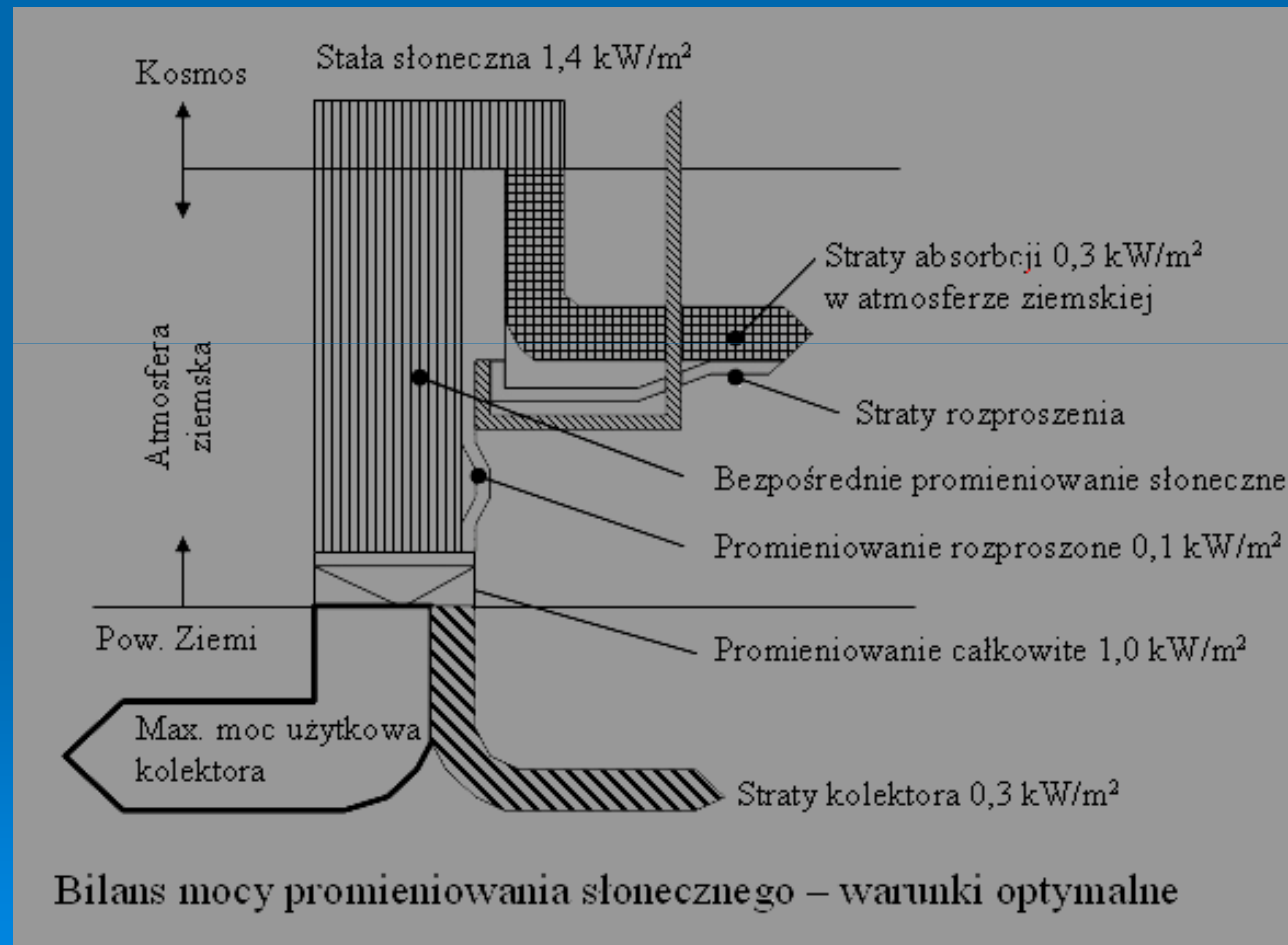


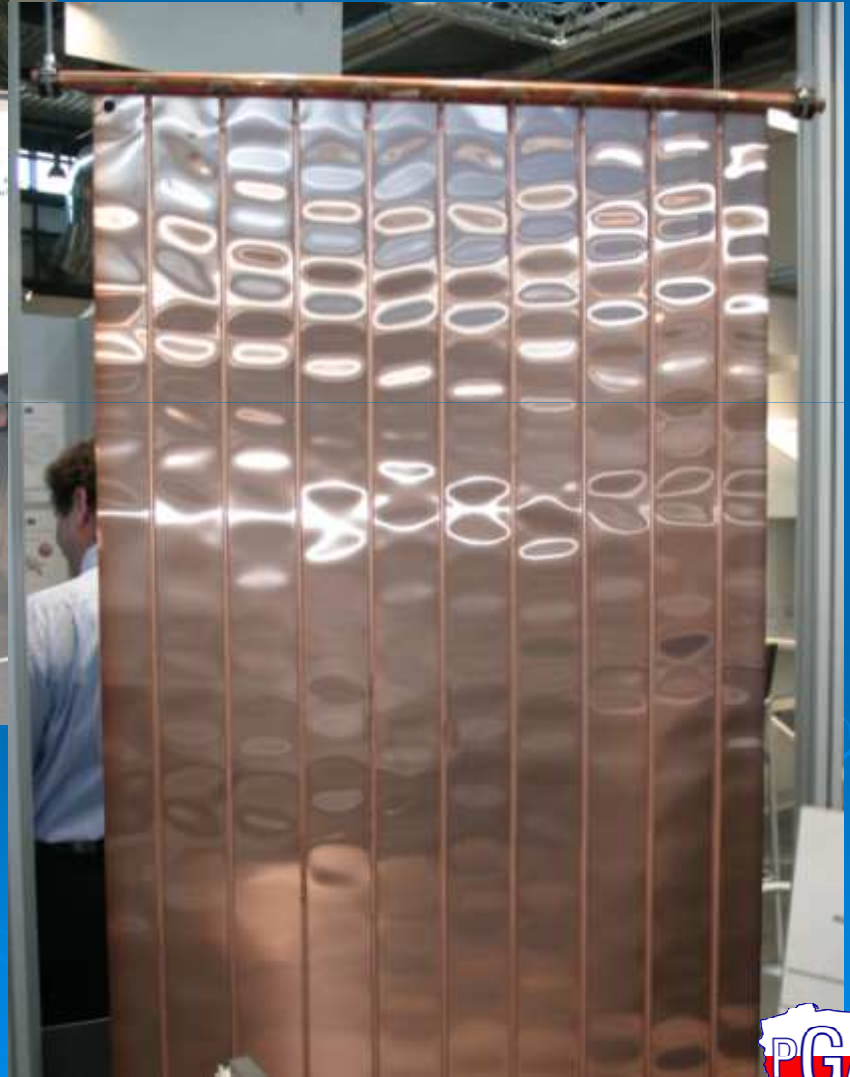
## Płaski kolektor słoneczny, absorber o układzie meandrowym

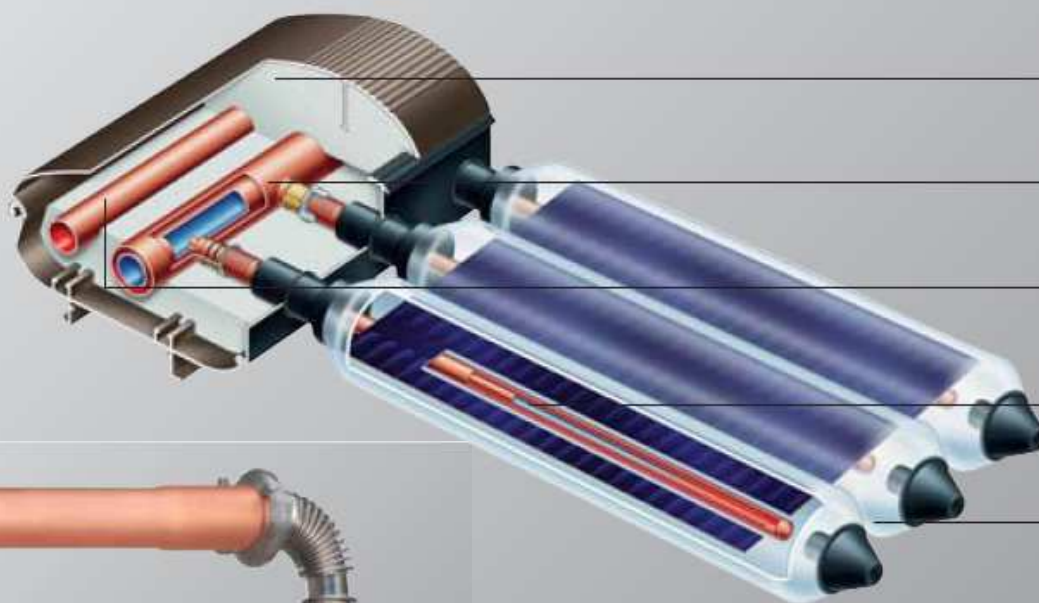




# Wykres pasmowy wykorzystania energii przez kolektor słoneczny







Wysokoskuteczna izolacja cieplna  
Koncentryczny przewód rozdzielczy

Przewód zbiorczy

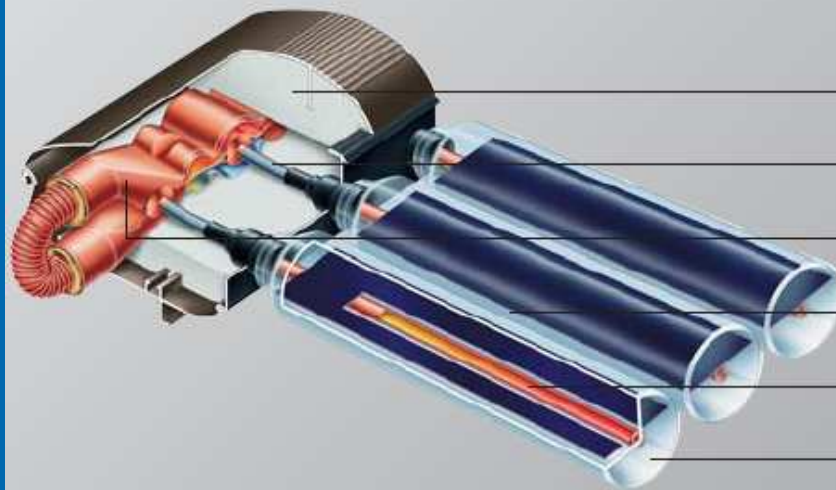
Absorber z pokryciem Sol-Titan i bezpośrednim przepływem czynnika grzewczego

Wysokowartościowe szkło borokrzemowe



## Kolektory rurowe, próżniowe

## Kolektor próżniowy z wymiennikiem typu heat pipe



Wysokoskuteczna izolacja cieplna

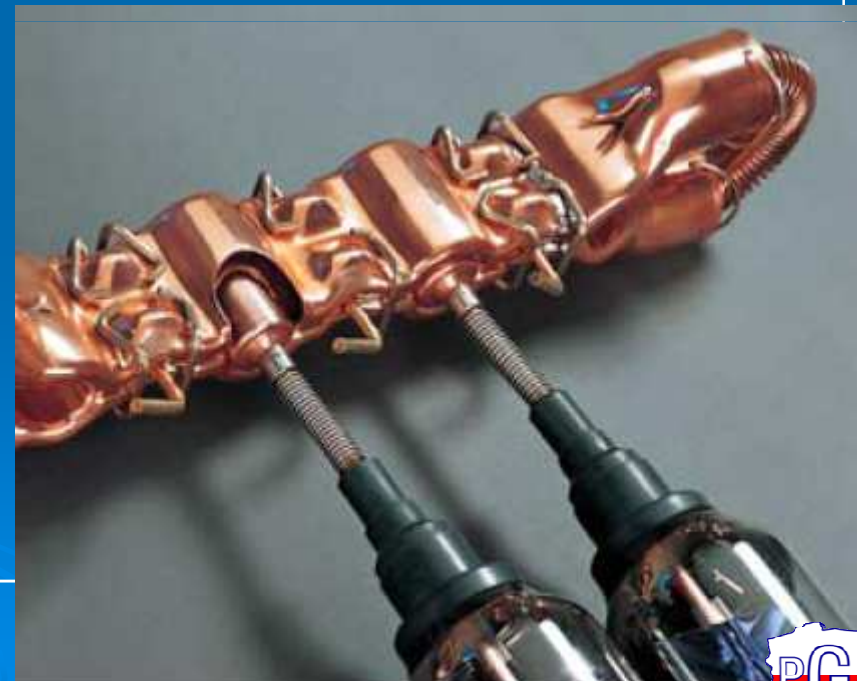
„Suche” połączenie, brak bezpośredniego kontaktu między nośnikiem ciepła a czynnikiem grzewczym

Dwururowy wymiennik ciepła Duotec ze zintegrowanym zabezpieczeniem przed przegrzaniem

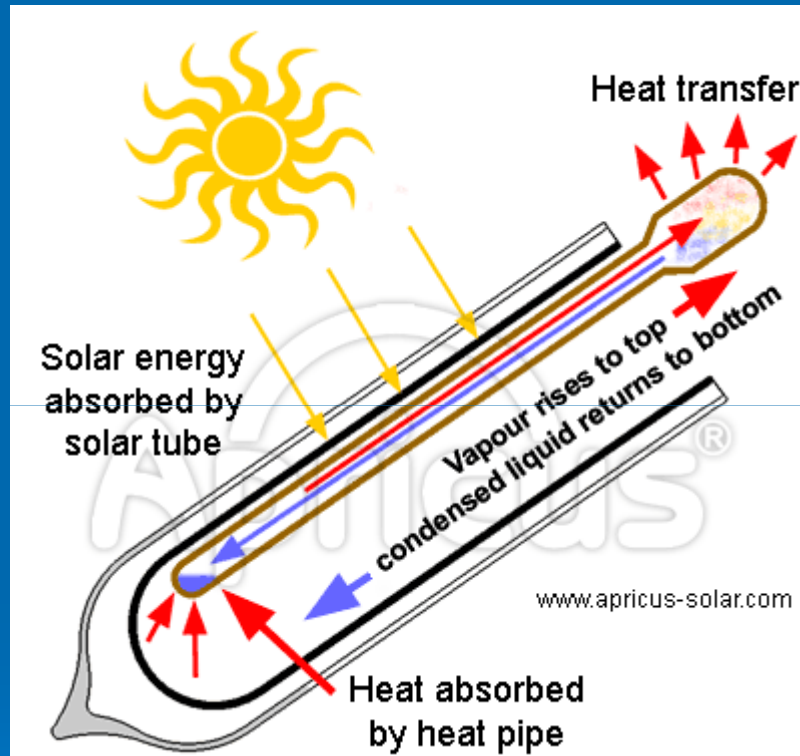
Absorber z pokryciem Sol-Titan

Heatpipe (rura cieplna)

Wysokowartościowe szkło borokrzemowe



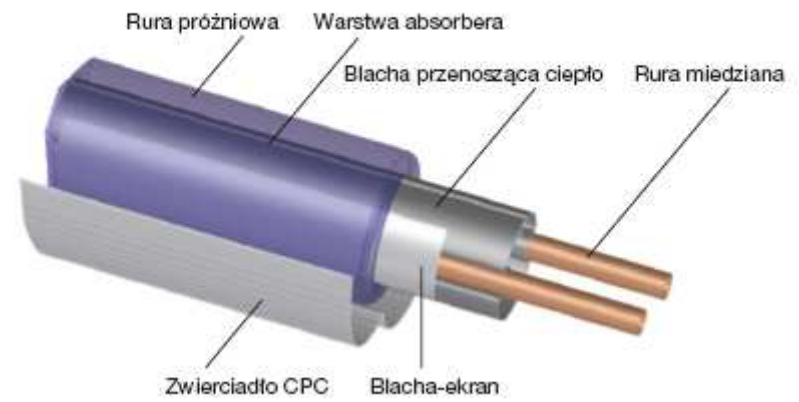
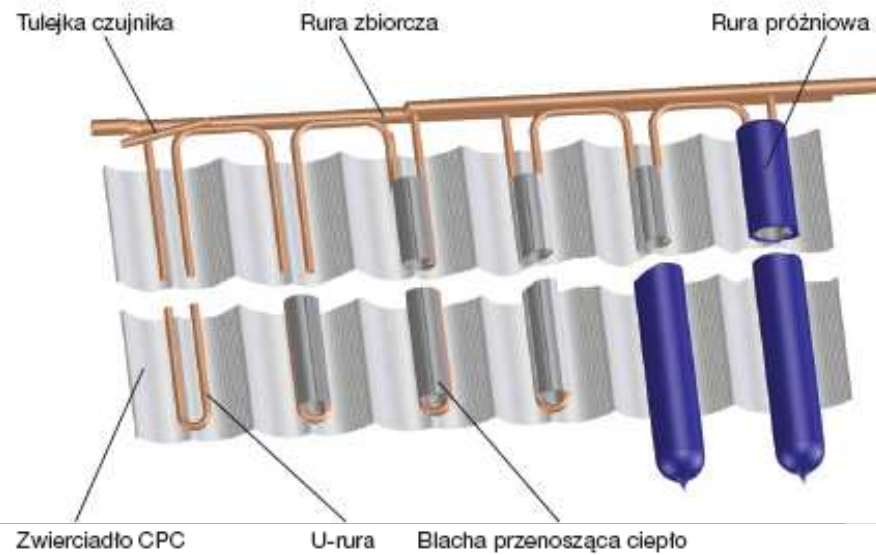
# Rury grzewcze



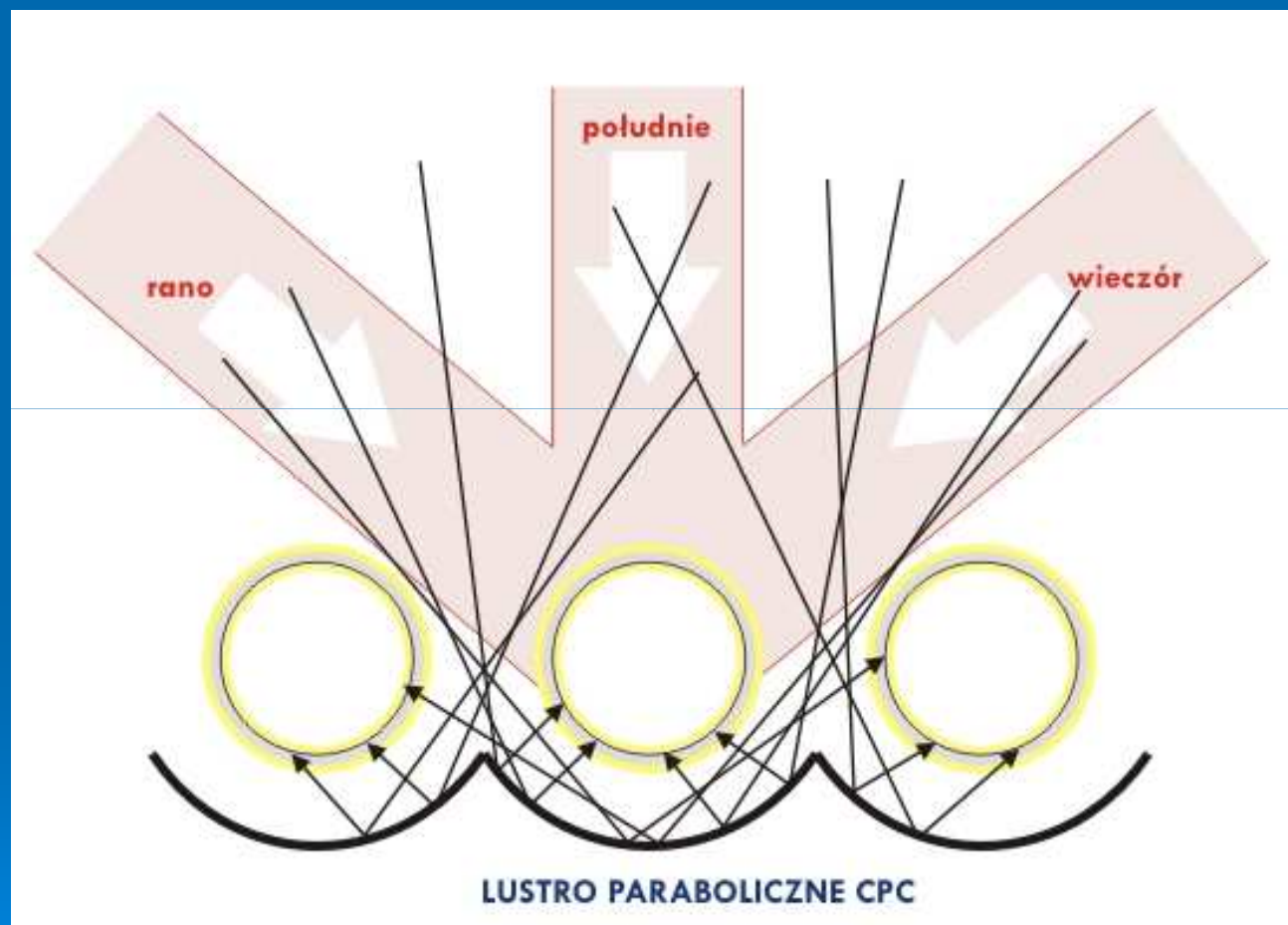
# Kolektory próżniowe CPC



### Jednostka przenosząca ciepło CPC 21 Star azzurro



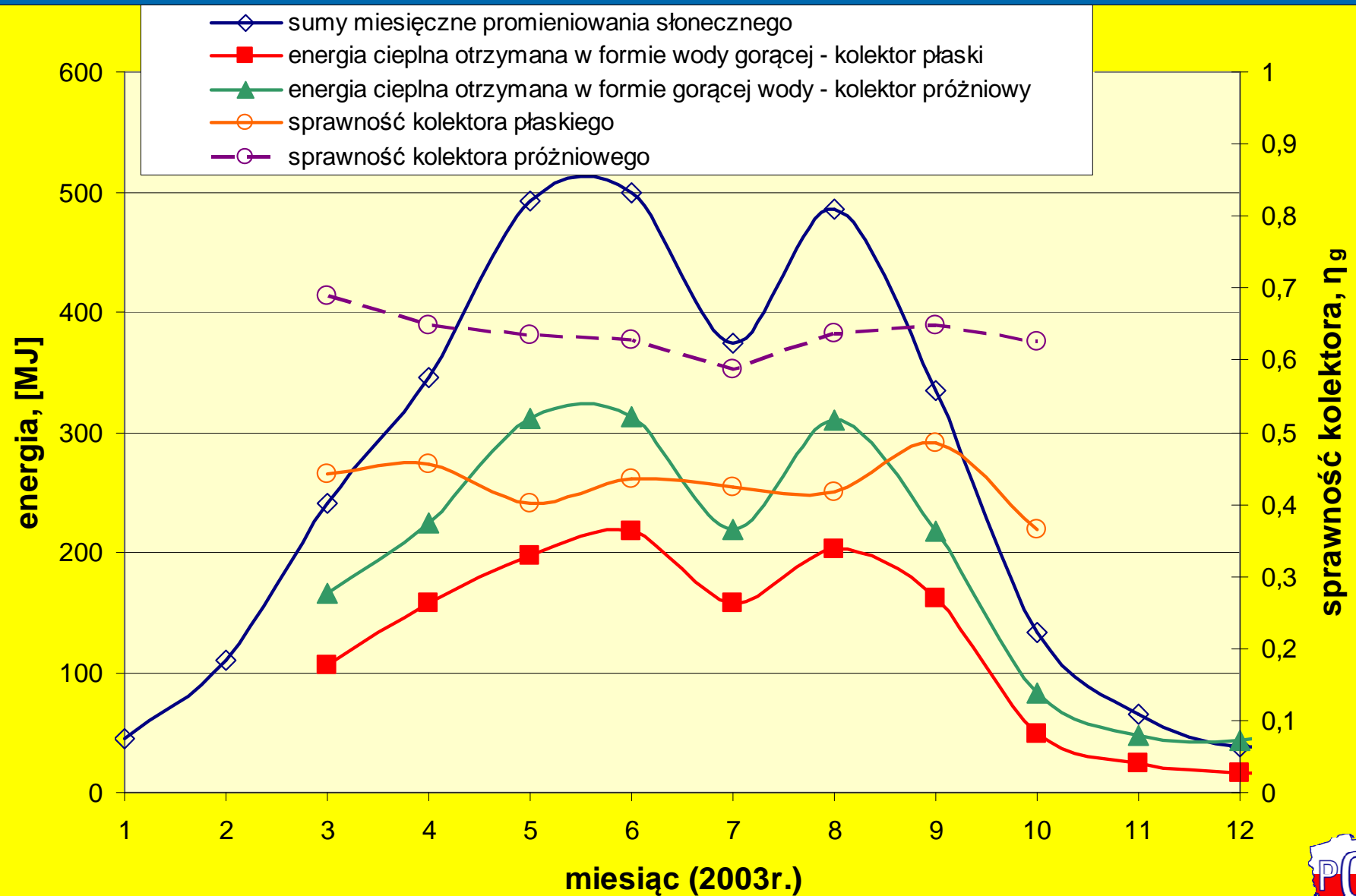
## Zasada działania lustra w kolektorach CPC



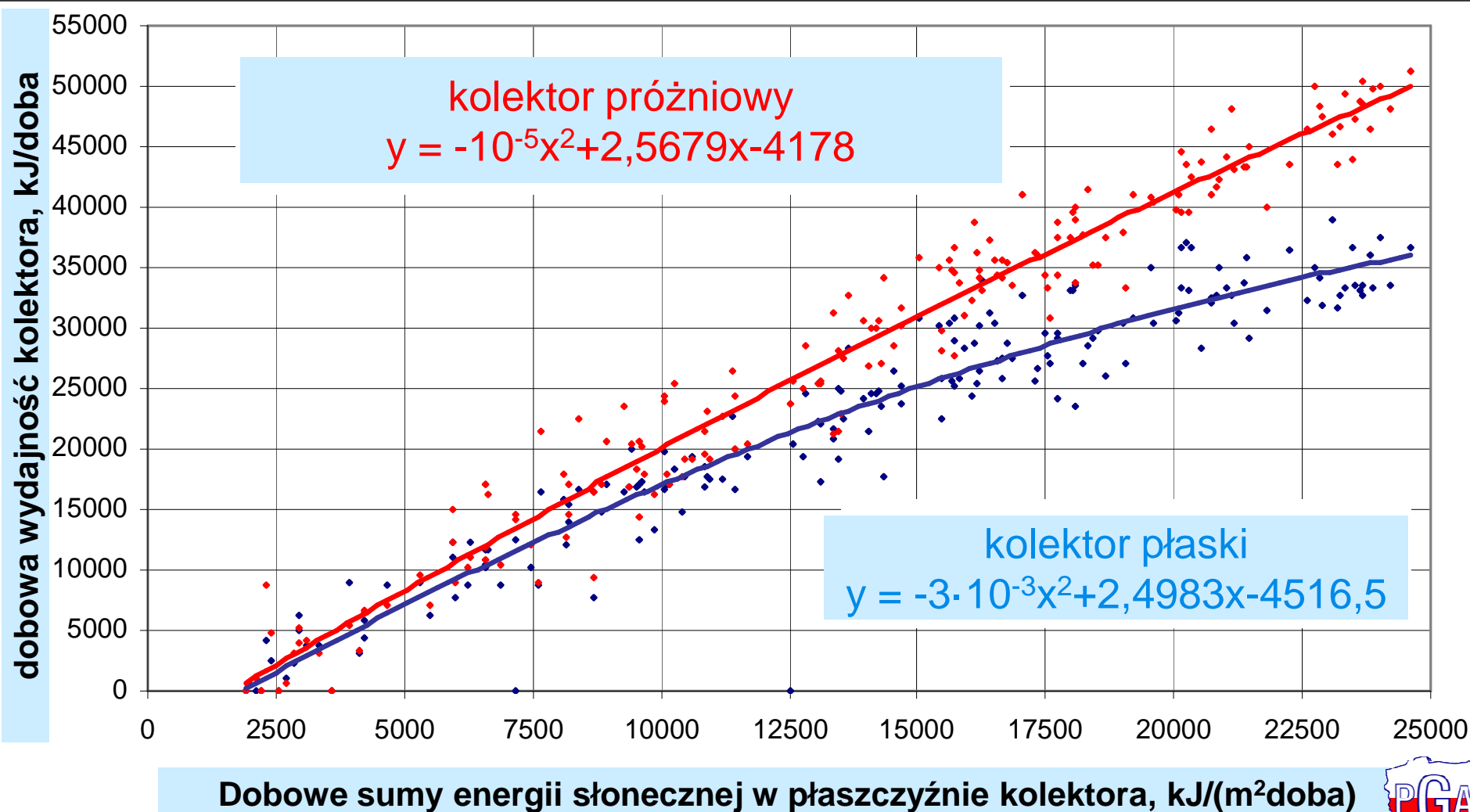
# Rury solarne



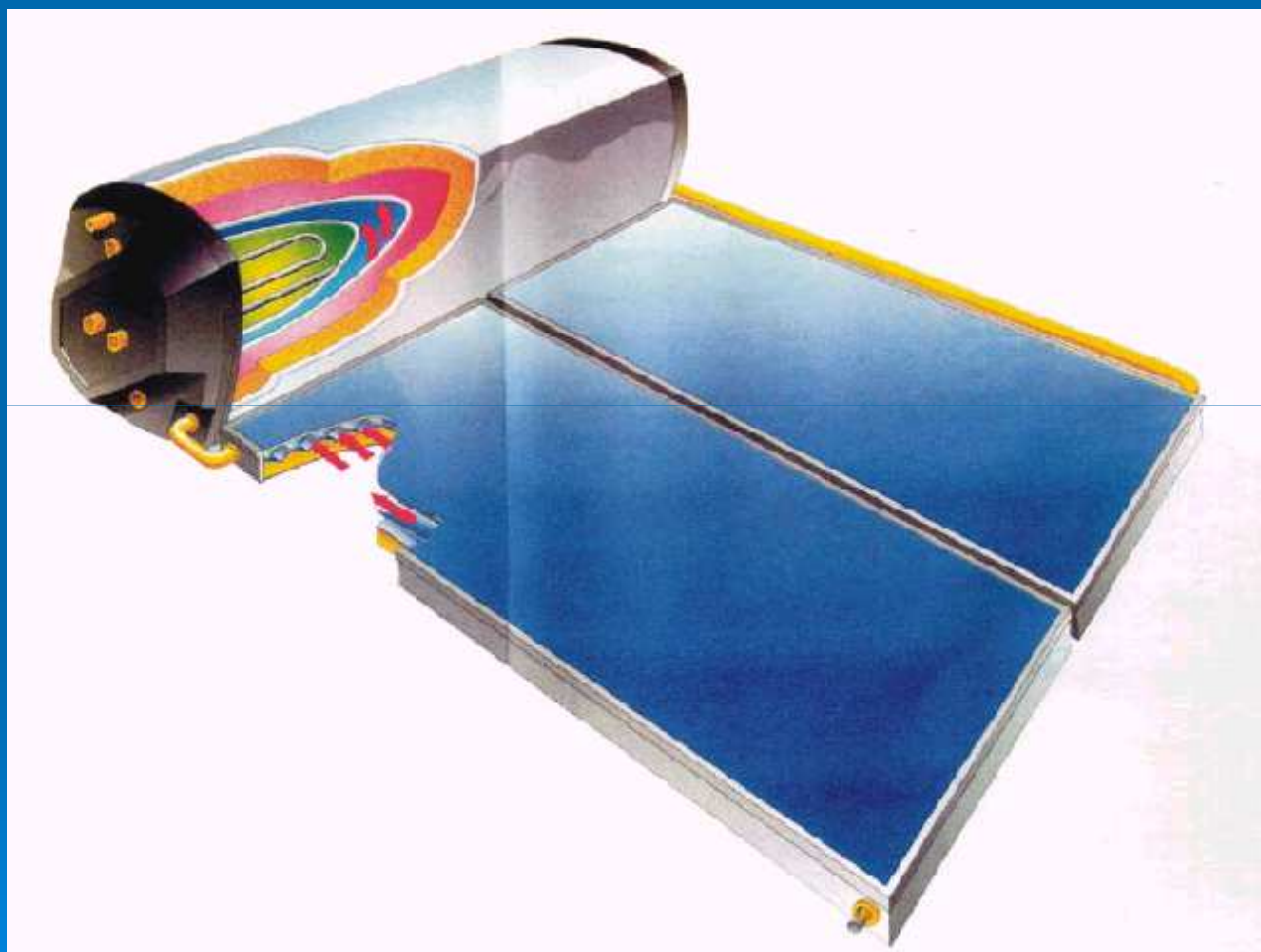
# Miesięczne sprawności i efektywności pracy (wydajności) instalacji kolektorów słonecznych



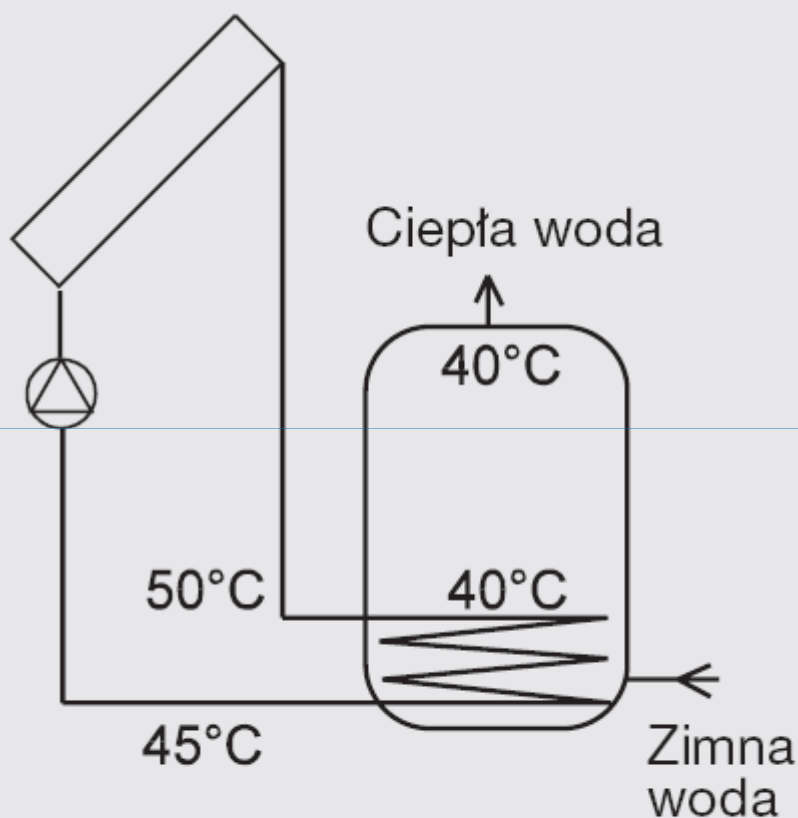
Dobowa wydajność pracy instalacji kolektorów słonecznych  
w funkcji sum dziennych całkowitego promieniowania  
słonecznego padającego na jednostkę powierzchni kolektora,  
kąt nachylenia 30°, okres pomiarów kwiecień-wrzesień



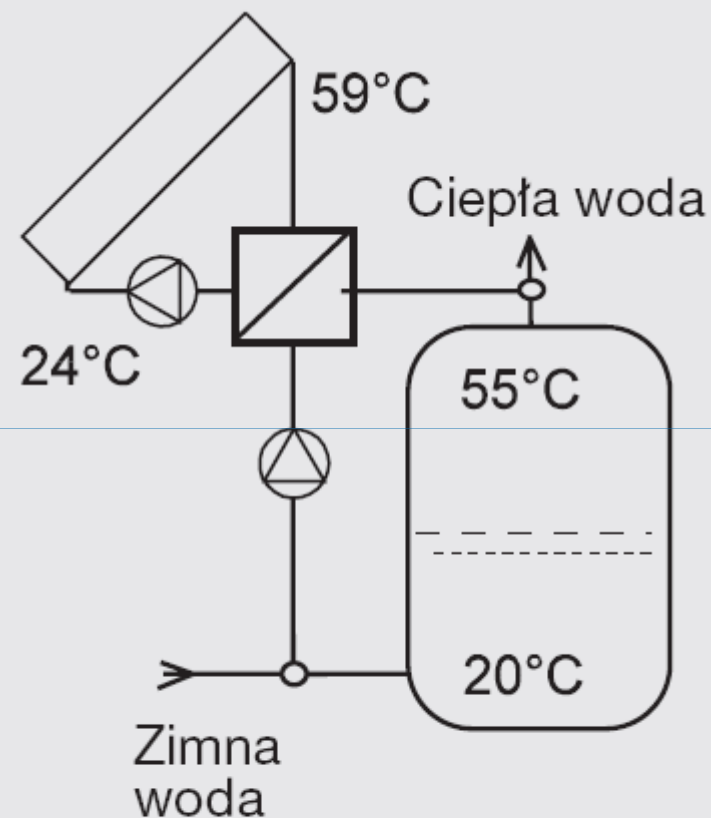
# System o cyrkulacji grawitacyjnej (samoczynnej)



## System z węzownią i z wymiennikiem zewnętrznym

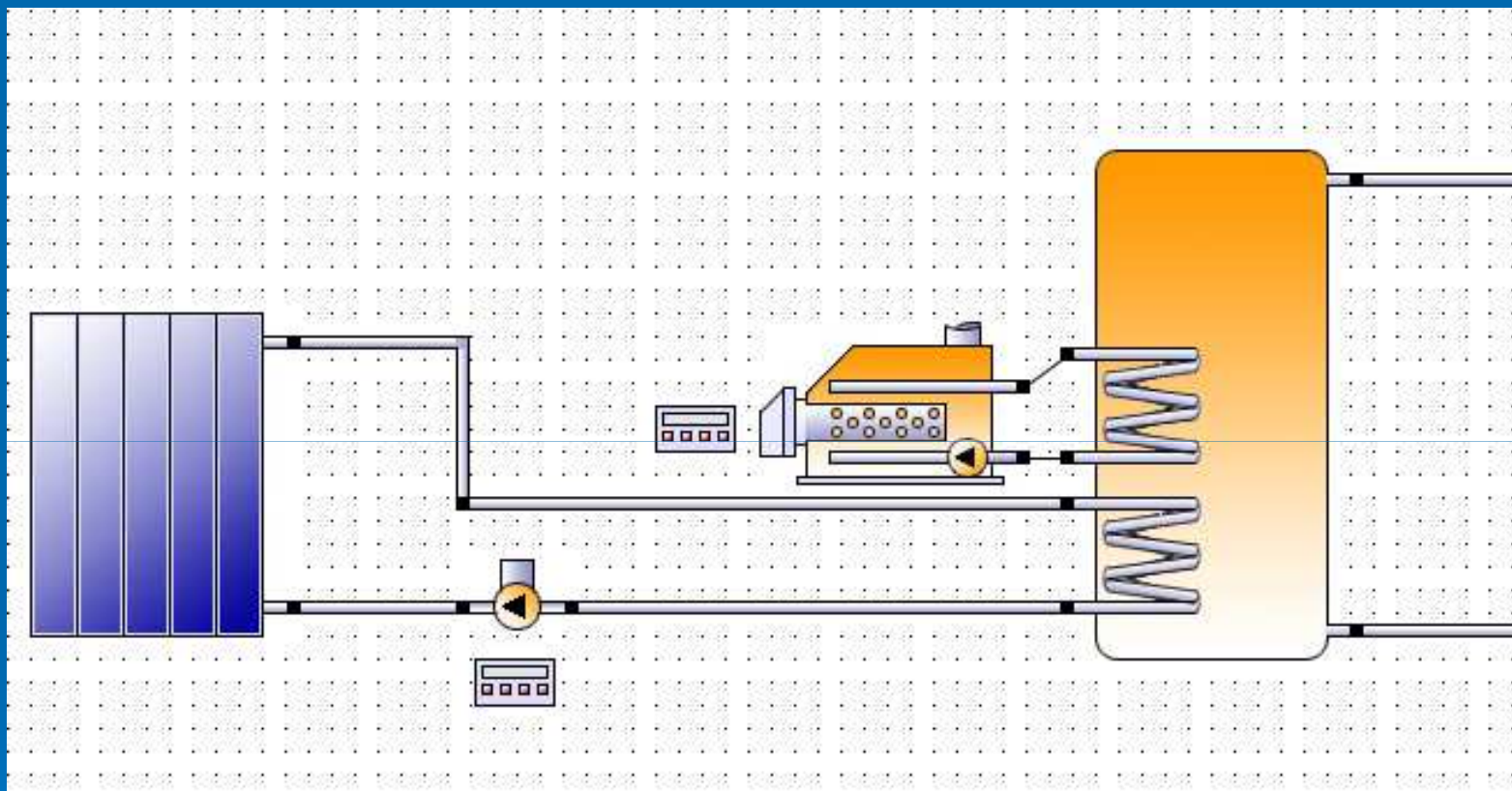


1) Konwencjonalny

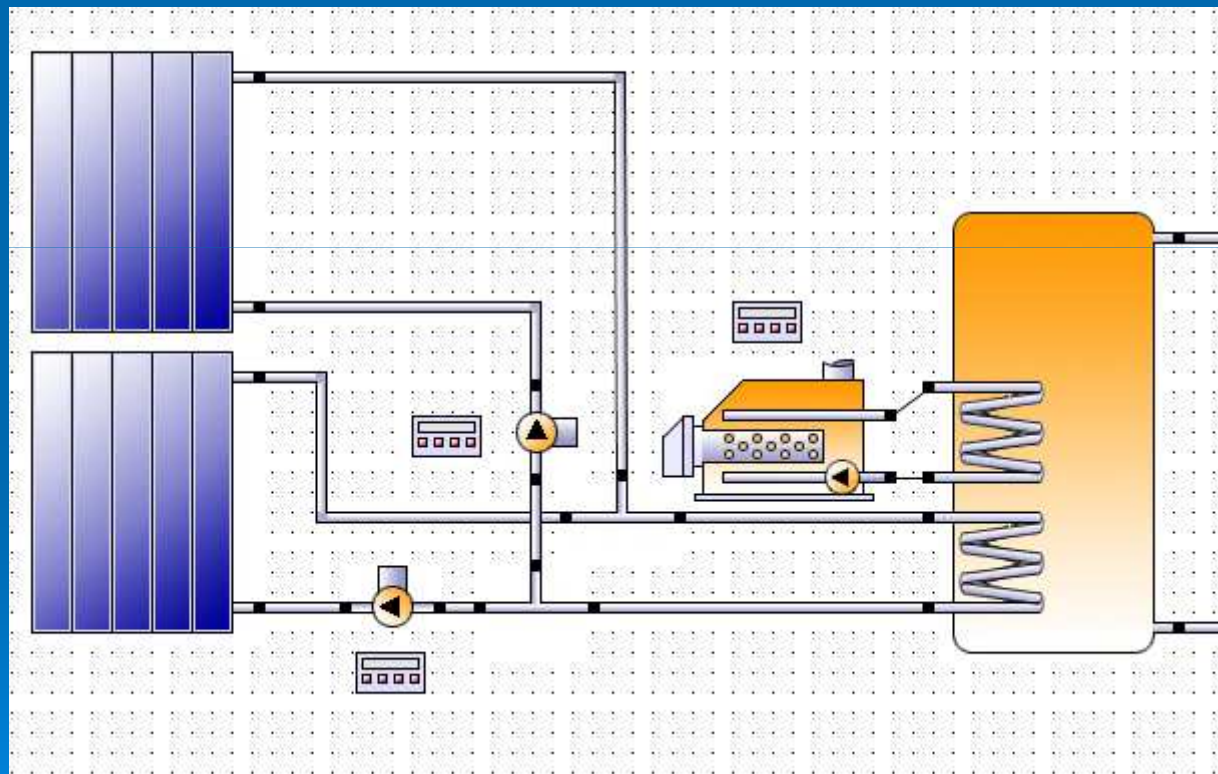


2) System solar Low-flow z zewn. wym. ciepła

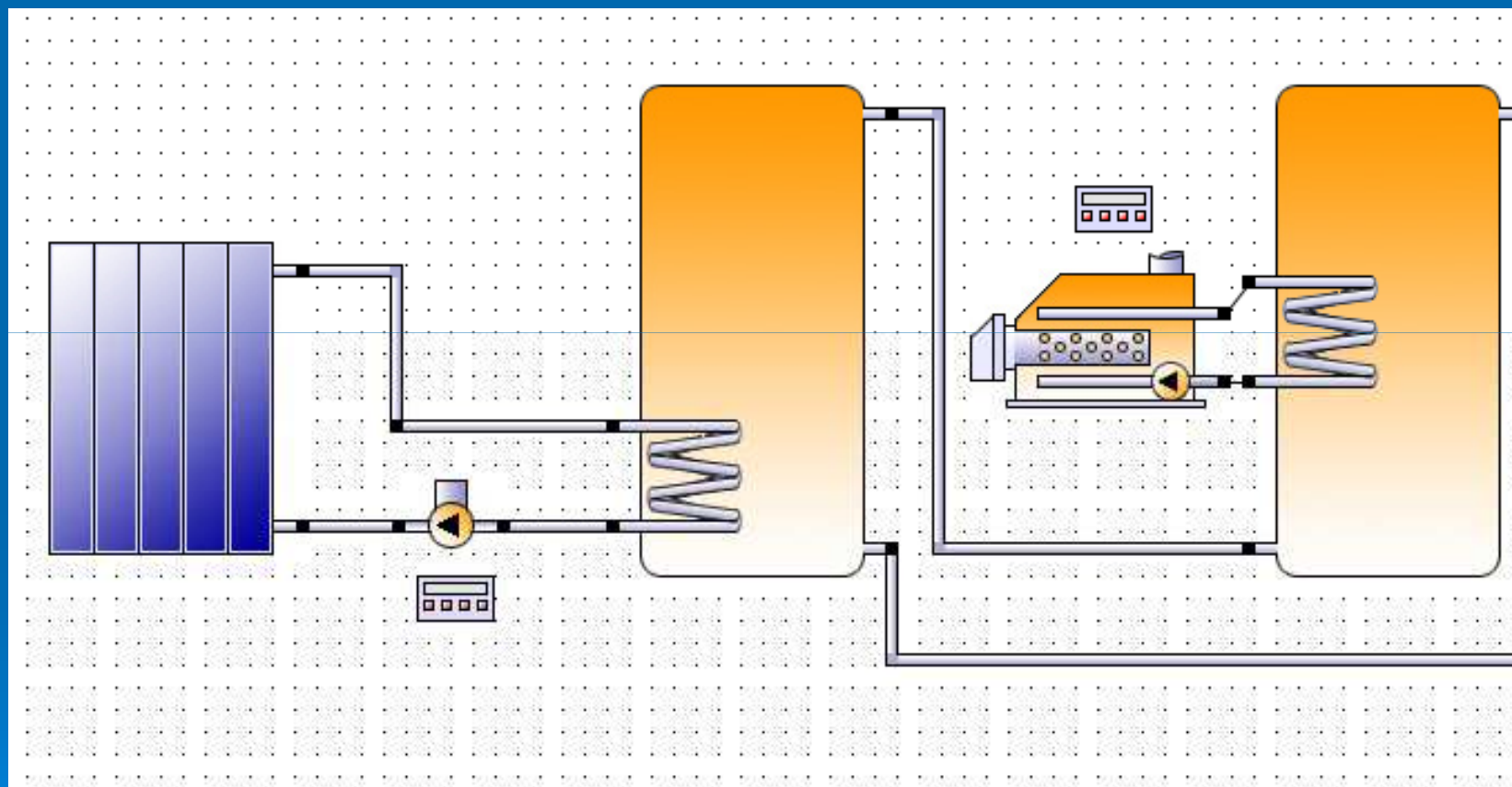
# System o cyrkulacji wymuszonej



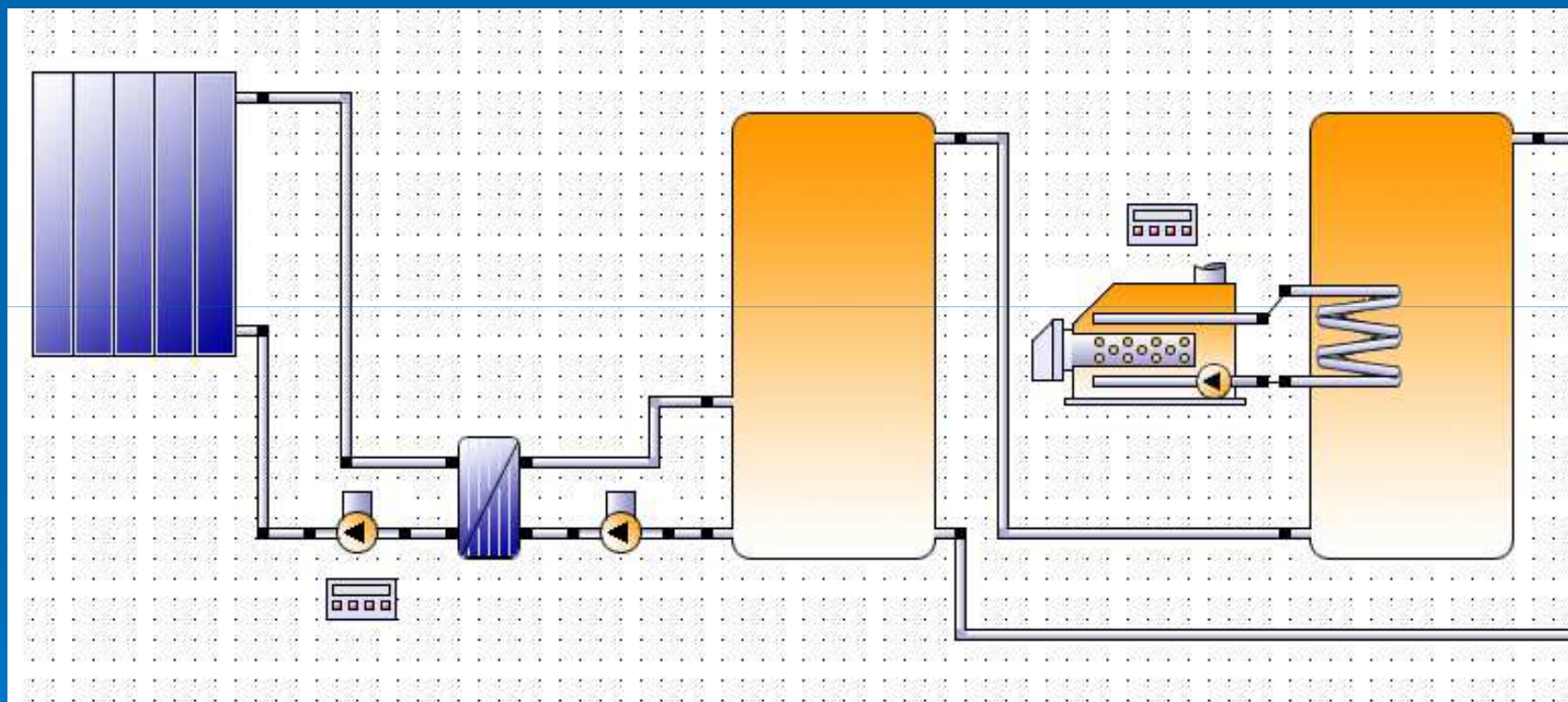
## Układ z dwoma polami kolektorów np.: wschód-zachód



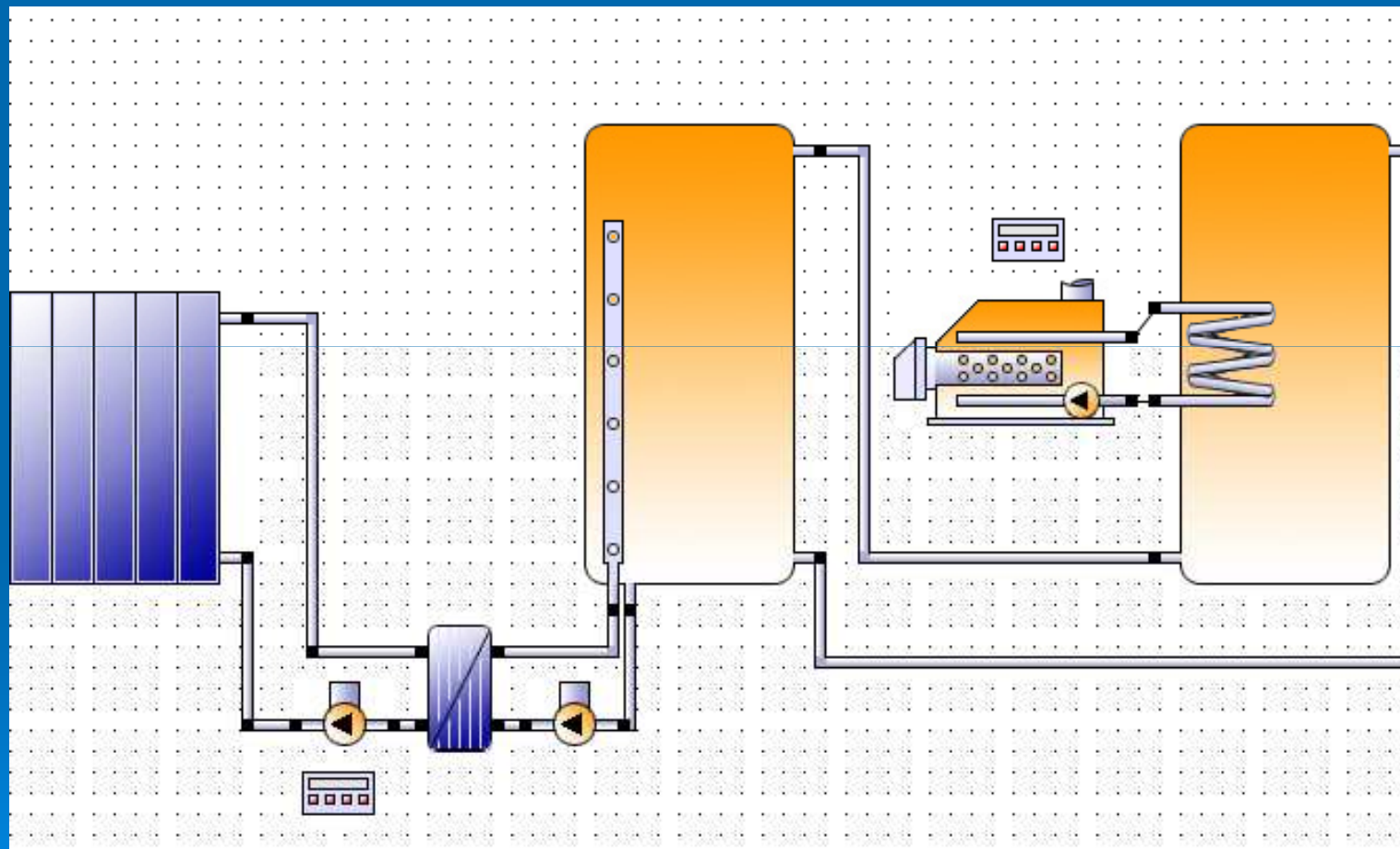
## System z kaskadą zbiorników



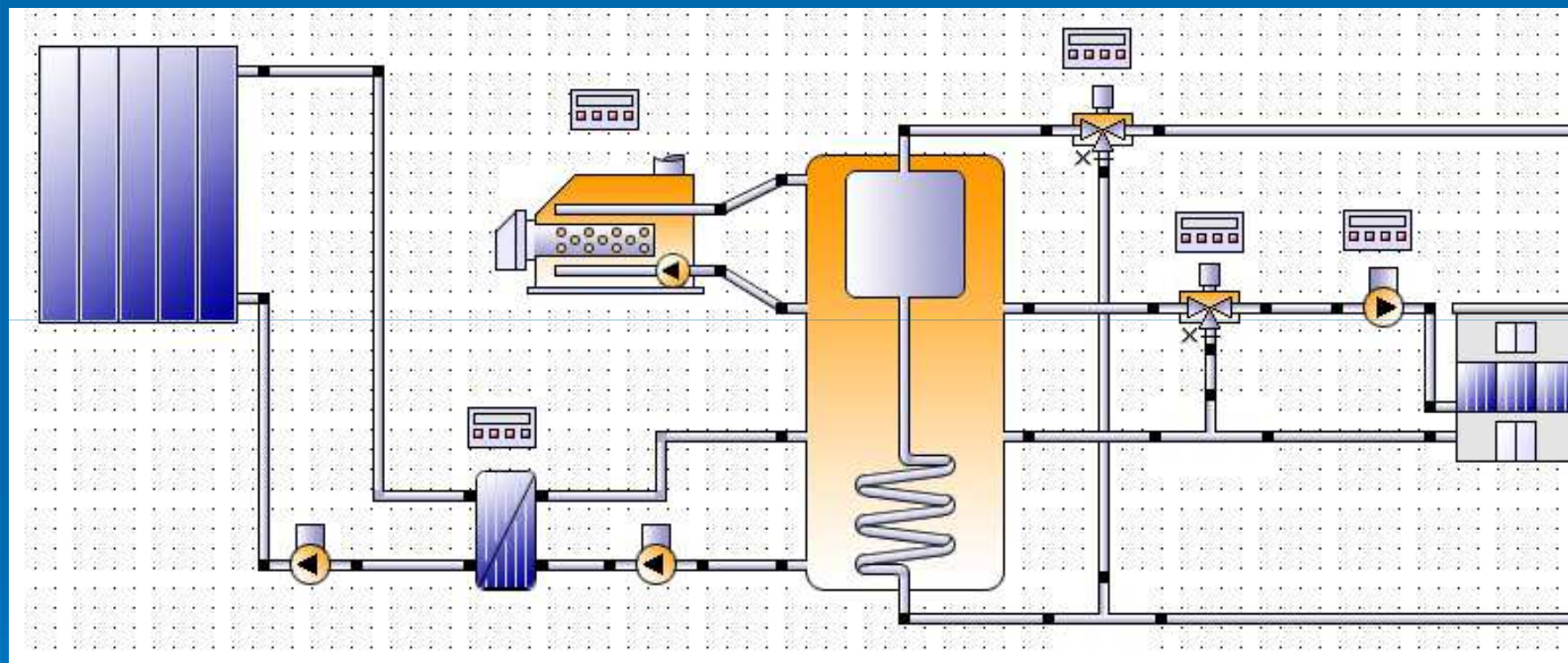
## Układ lo-flow, kaskadowy



## Układ kaskadowy z łańcuchem stratyfikacyjnym

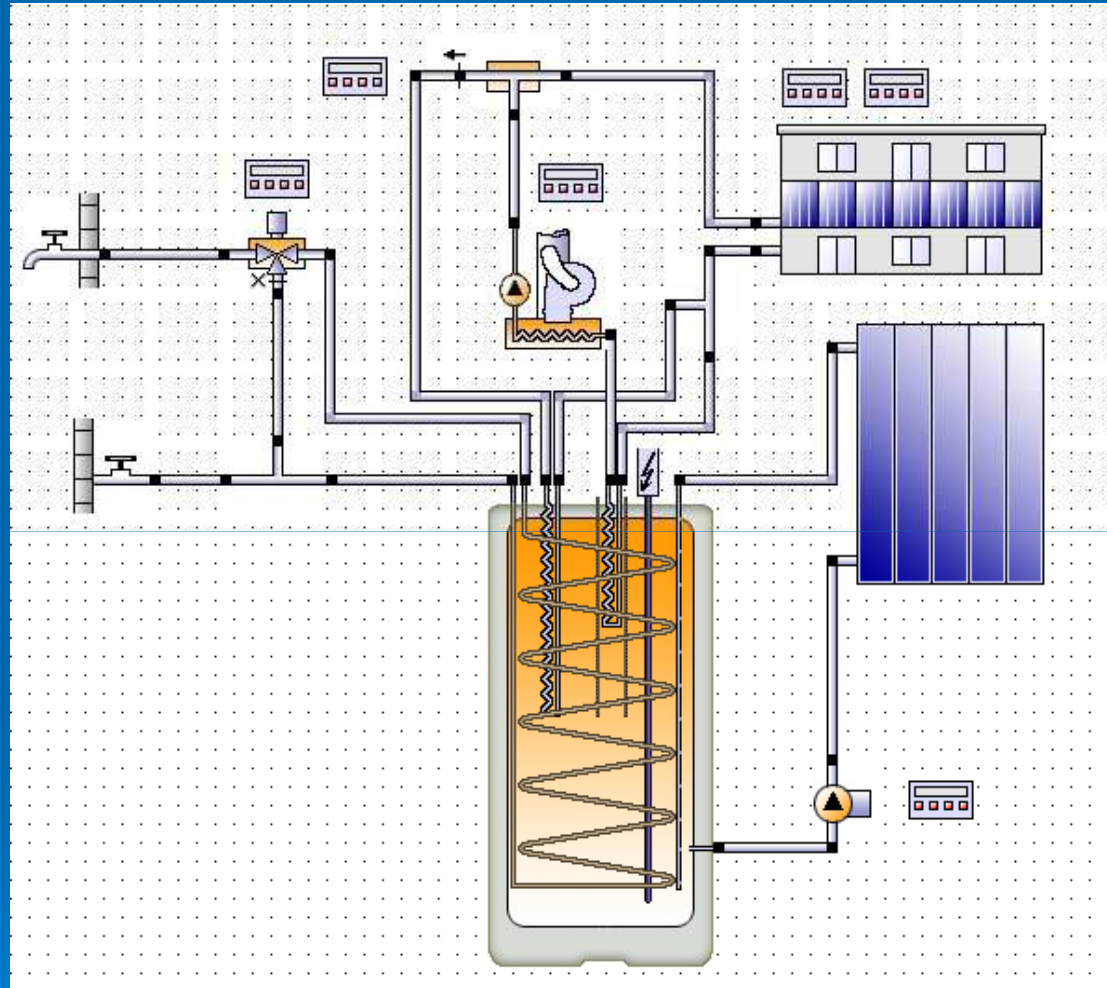


# System zintegrowany do przygotowania c.w.u. i ogrzewania pomieszczeń z wykorzystaniem energii słonecznej

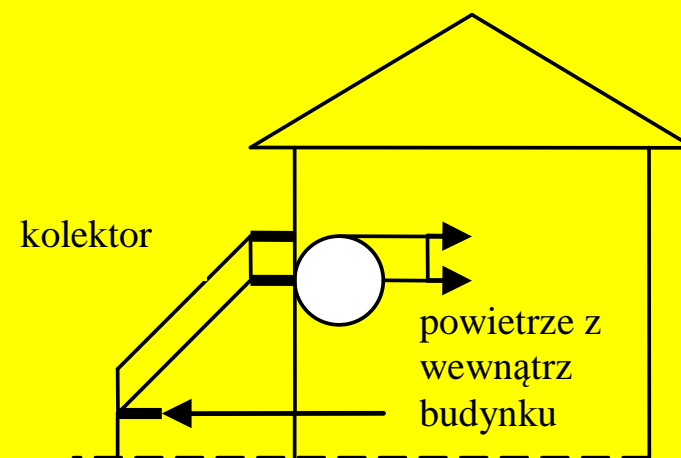
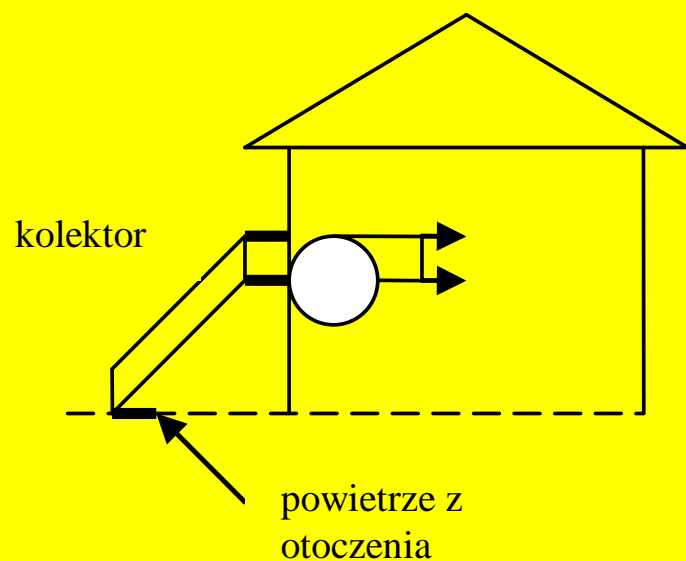




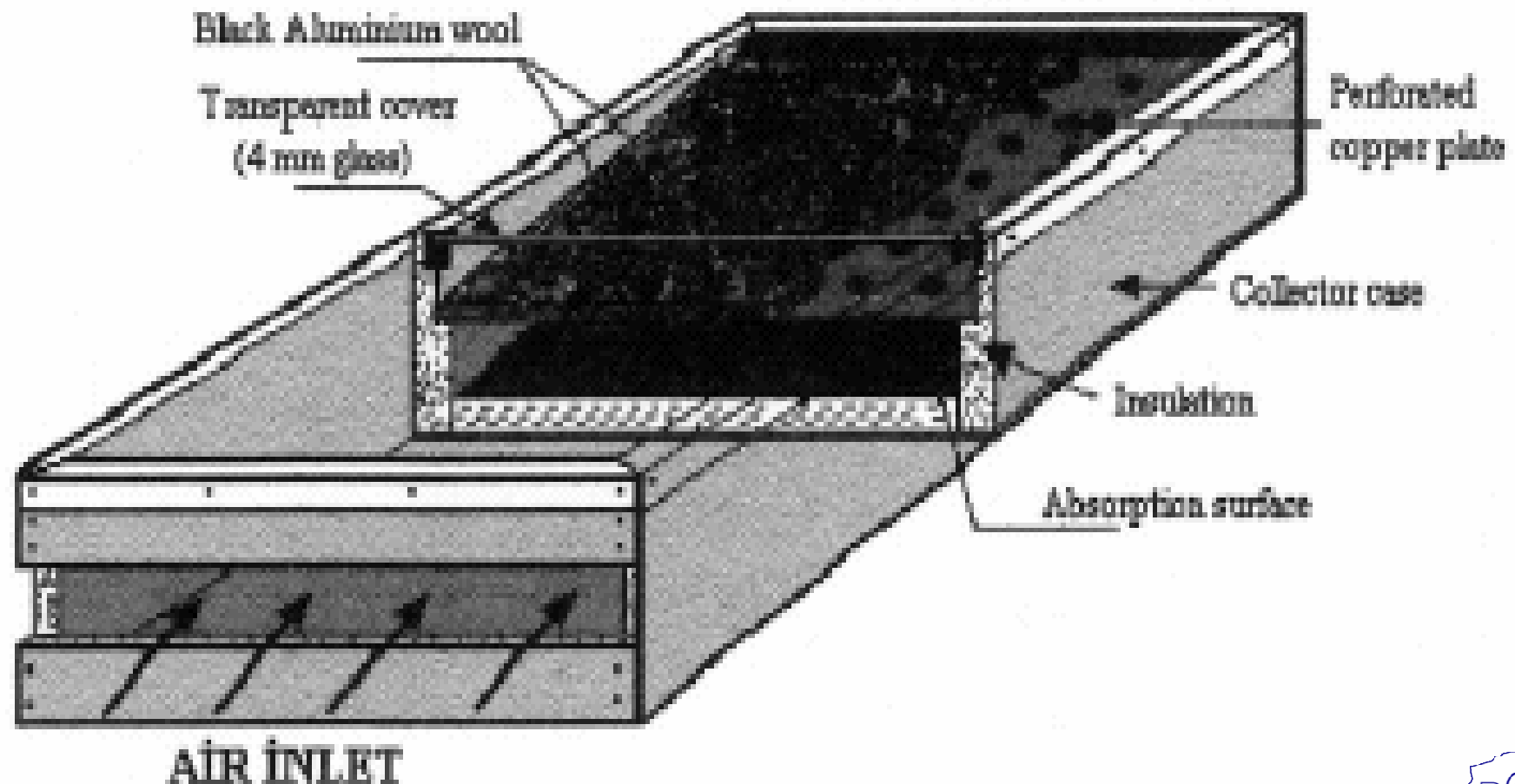




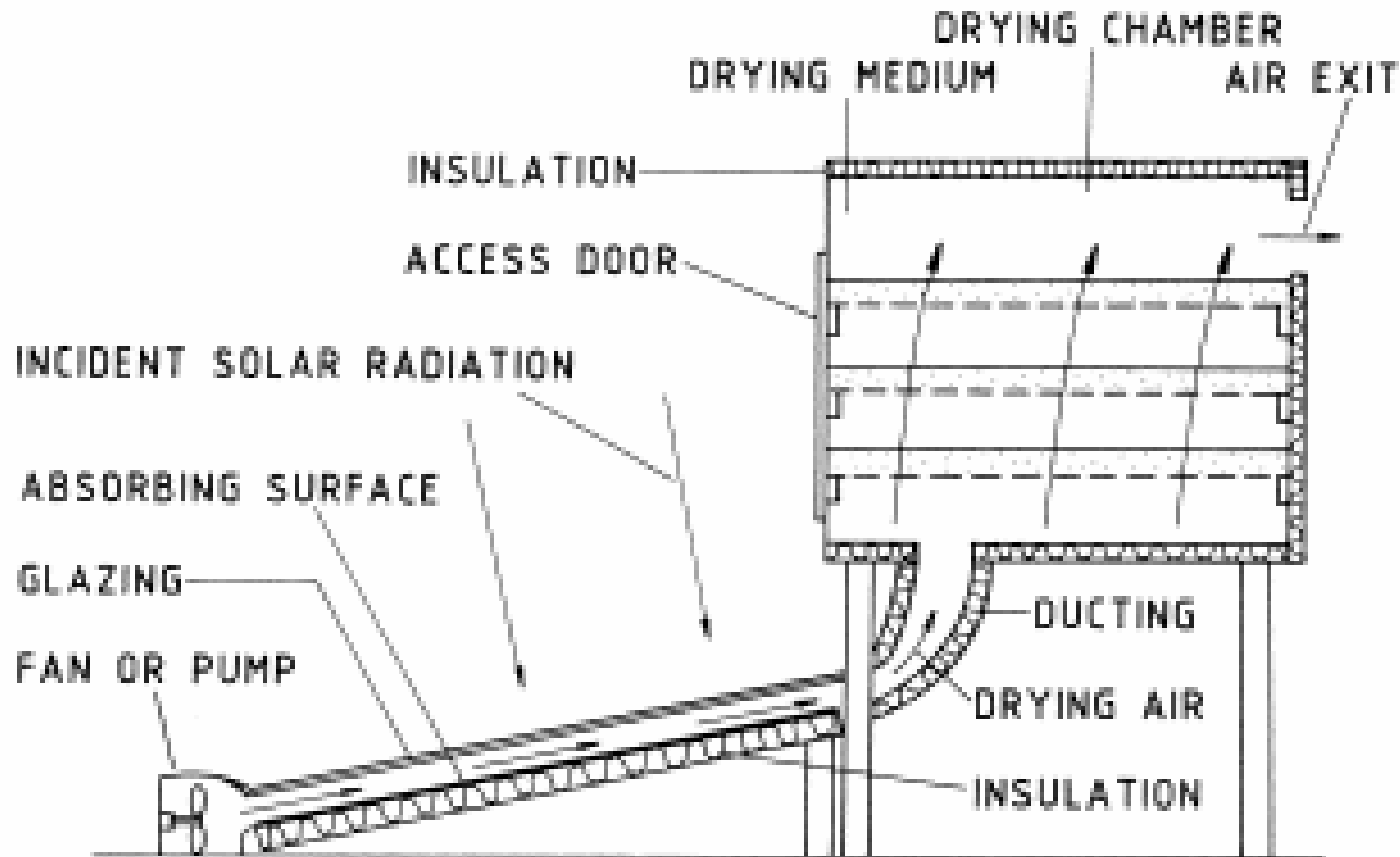
# Schemat instalacji do ogrzewania budynku za pomocą kolektorów powietrznych



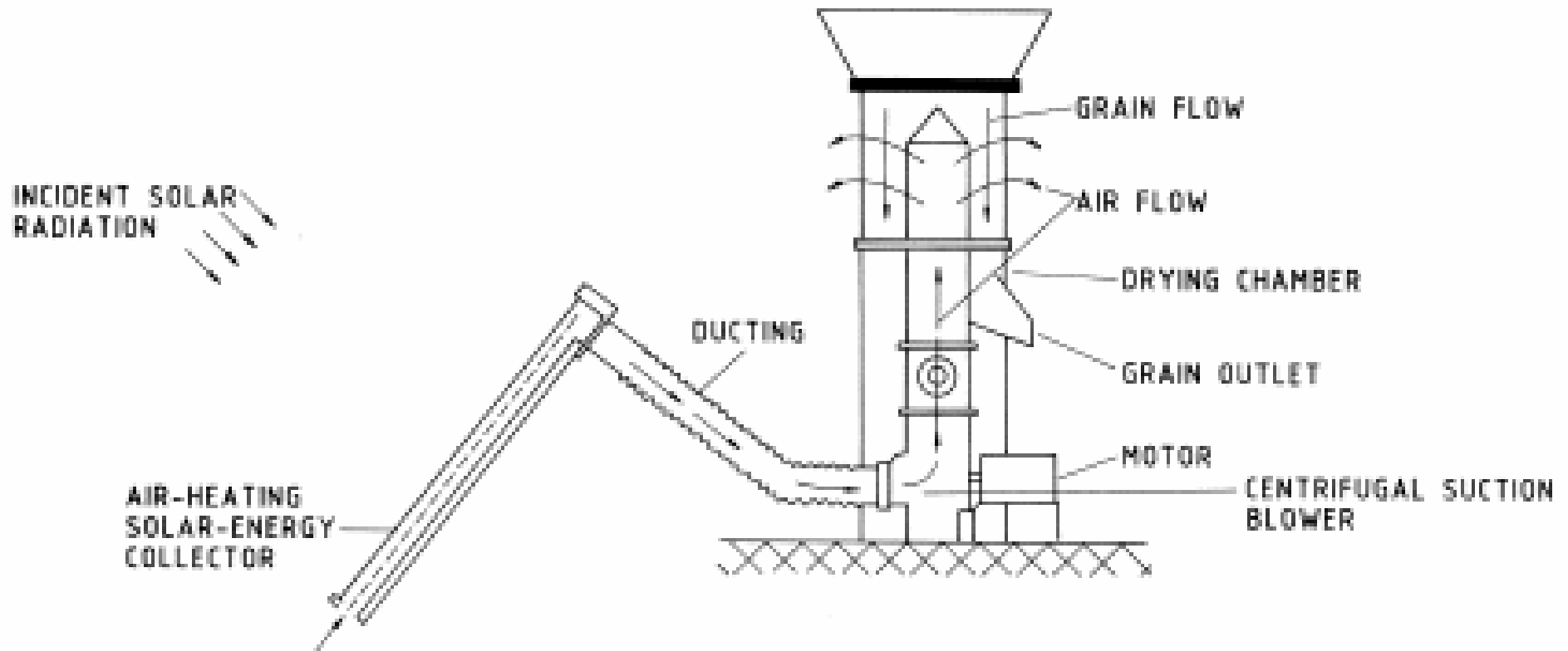
# Przekrój słonecznego kolektora powietrznego

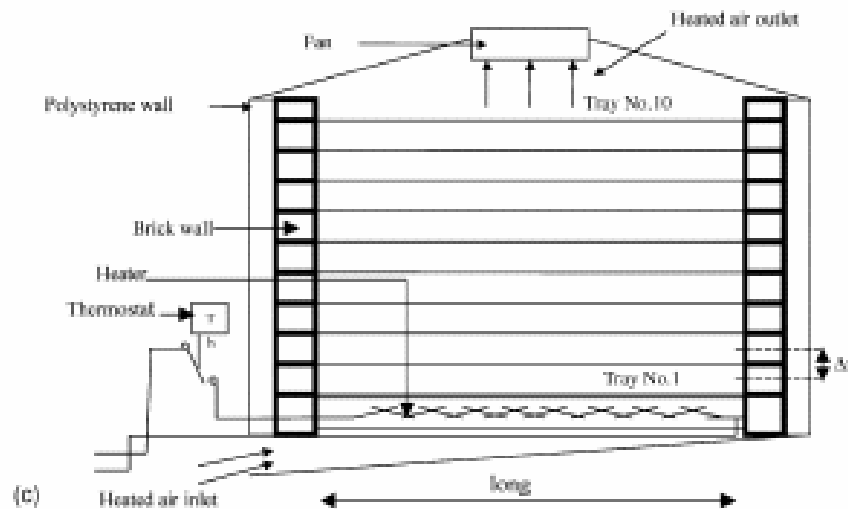
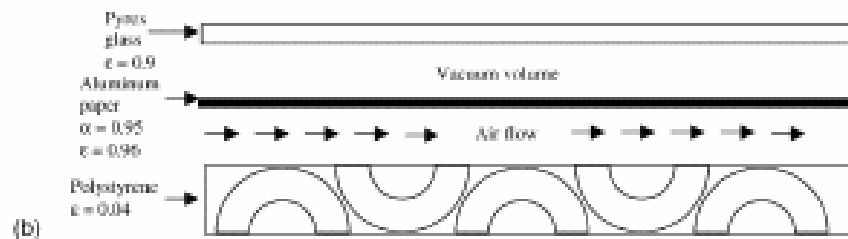
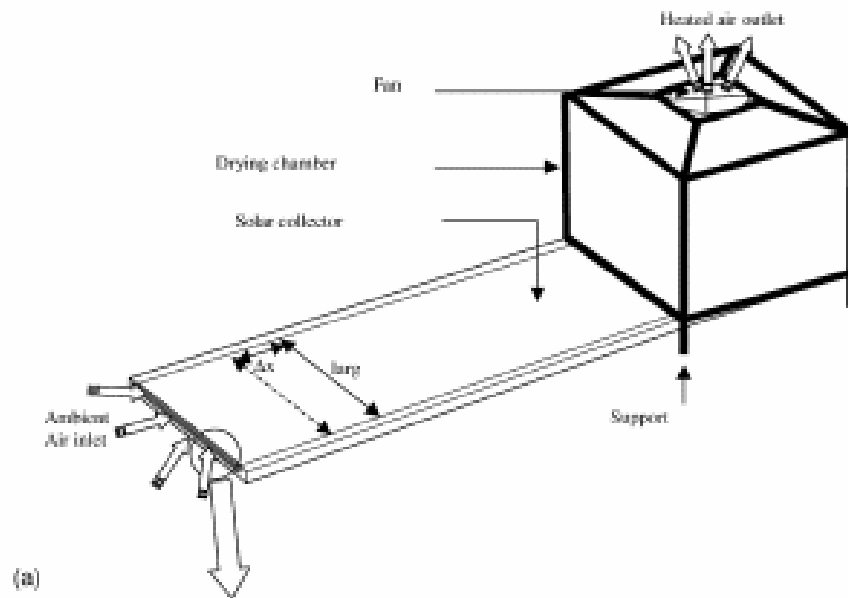


# Elementy typowej suszarni ze słonecznym kolektorem powietrznym



# Suszarnia do ziarna z ciągłym przepływem





(a) Schemat instalacji suszarniczej.

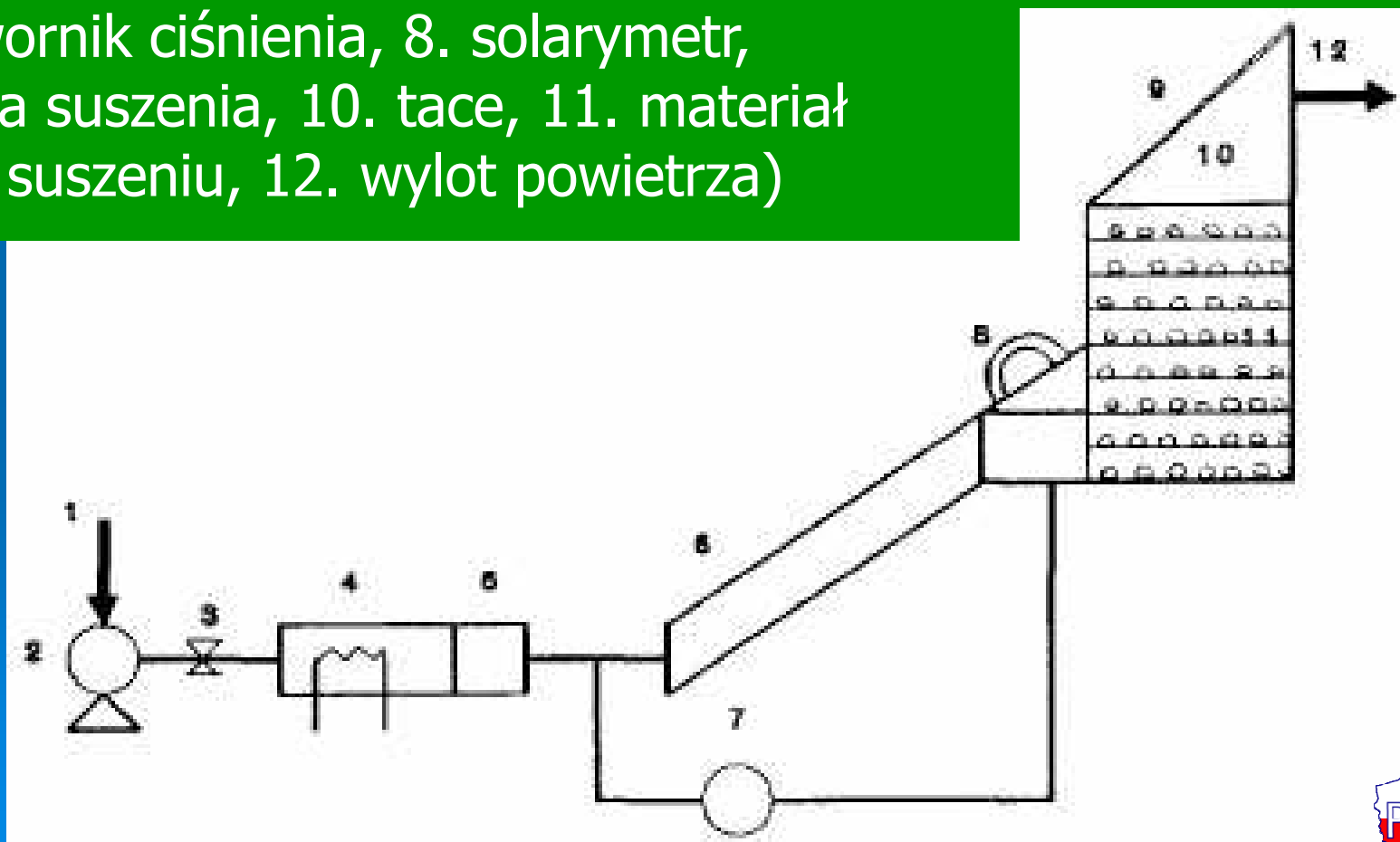
(b) Schemat kolektora

(c) Schemat komory suszarniczej

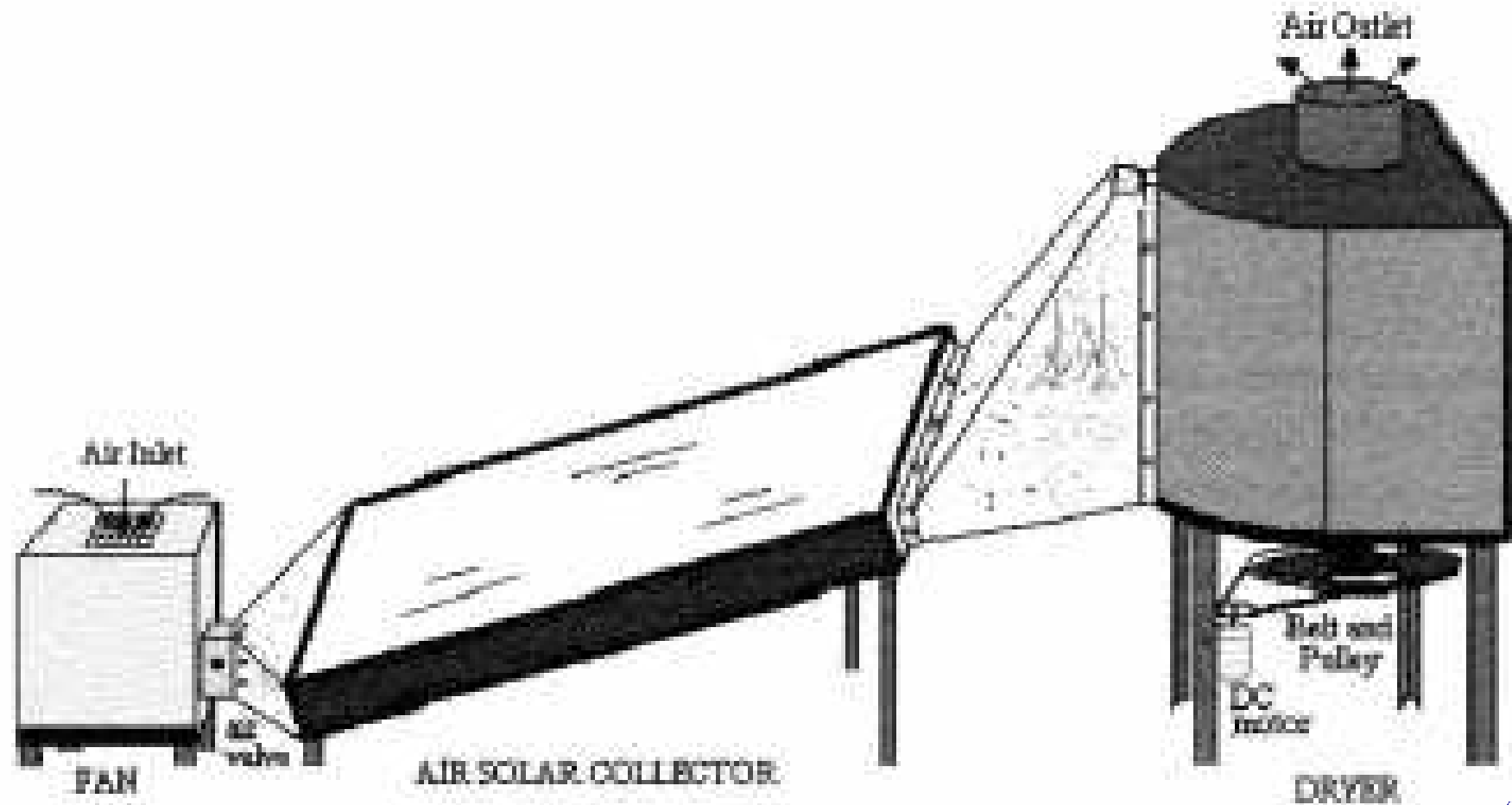


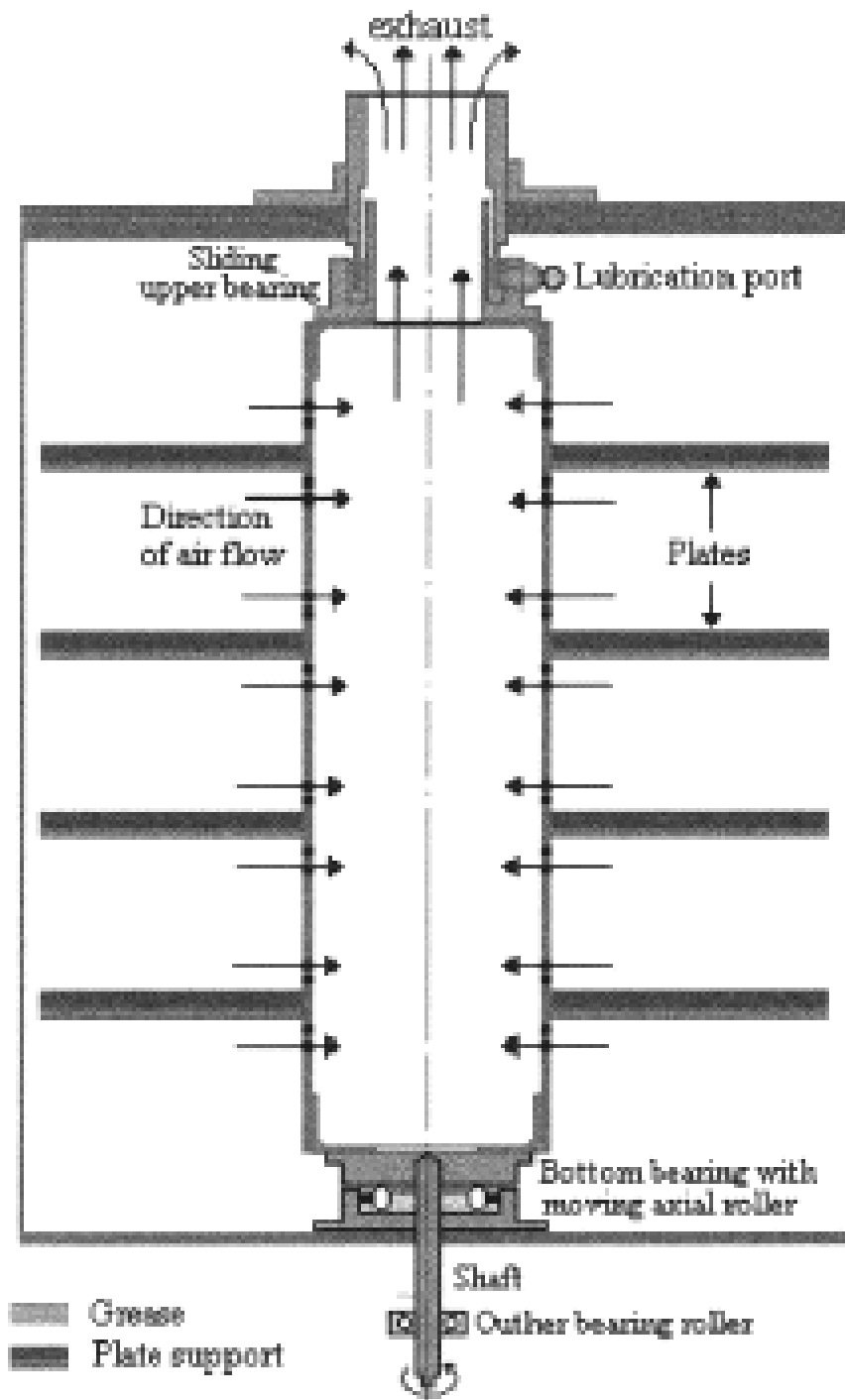
# Schematyczna ilustracja instalacji suszarniczej

(1. wlot powietrza, 2. wentylator, 3. zawór, 4. podgrzewacz elektryczny, 5. przepływomierz, 6. słoneczny kolektor powietrzny, 7. przetwornik ciśnienia, 8. solarymetr, 9. komora suszenia, 10. tace, 11. materiał poddany suszeniu, 12. wylot powietrza)

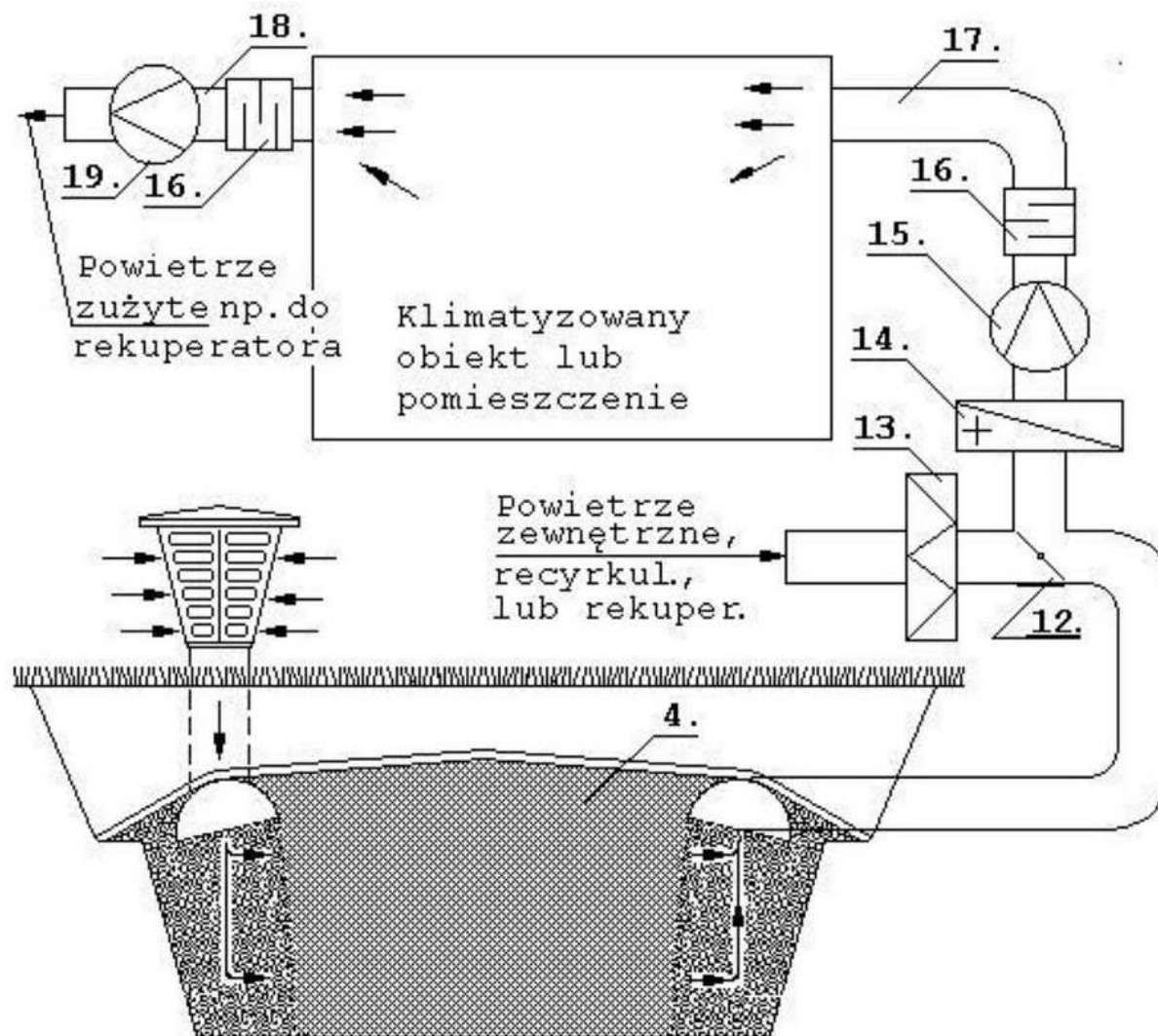


# Kompletna instalacja susząca





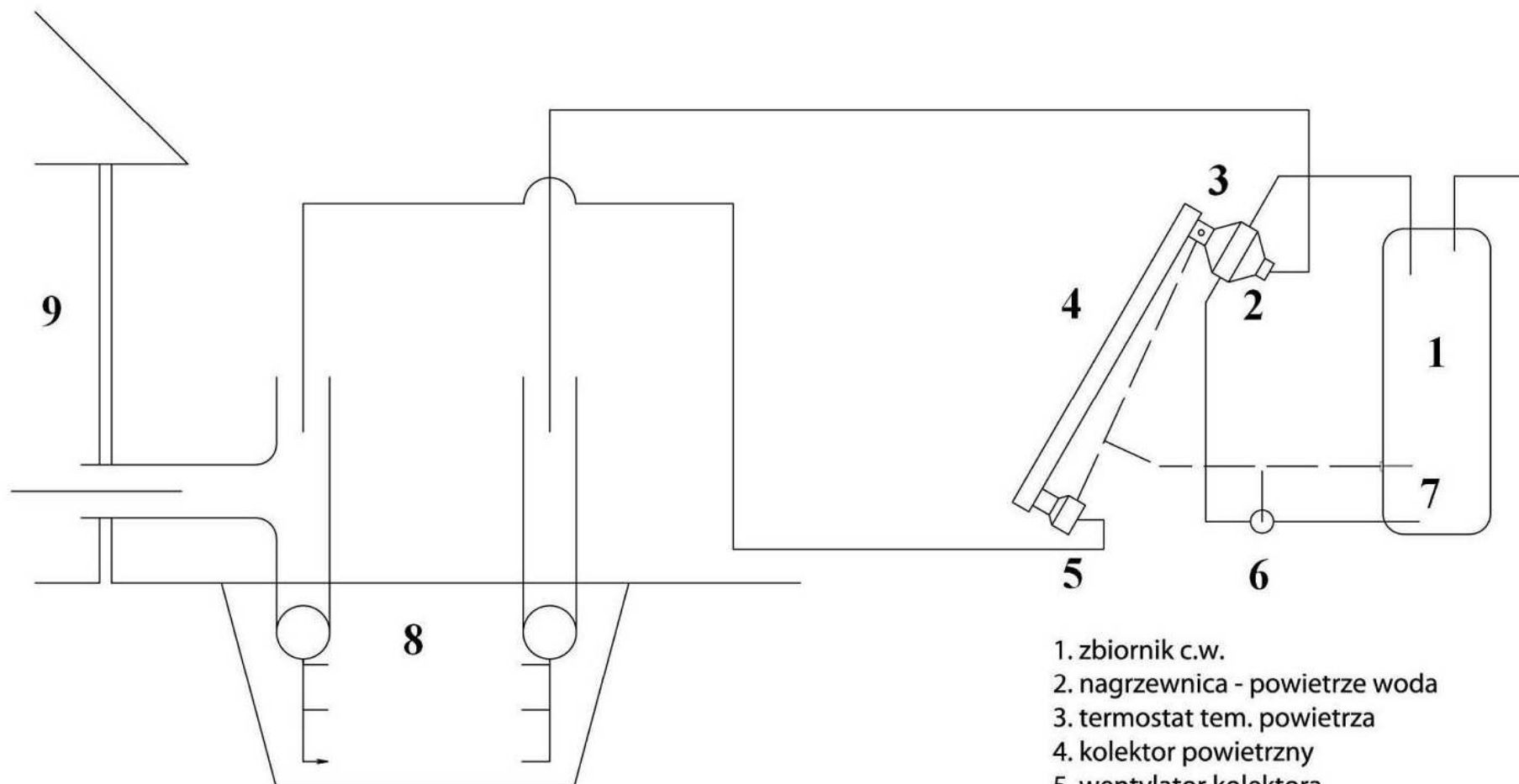
## Przekrój poprzeczny komory suszarniczej i kolumny rotacyjnej



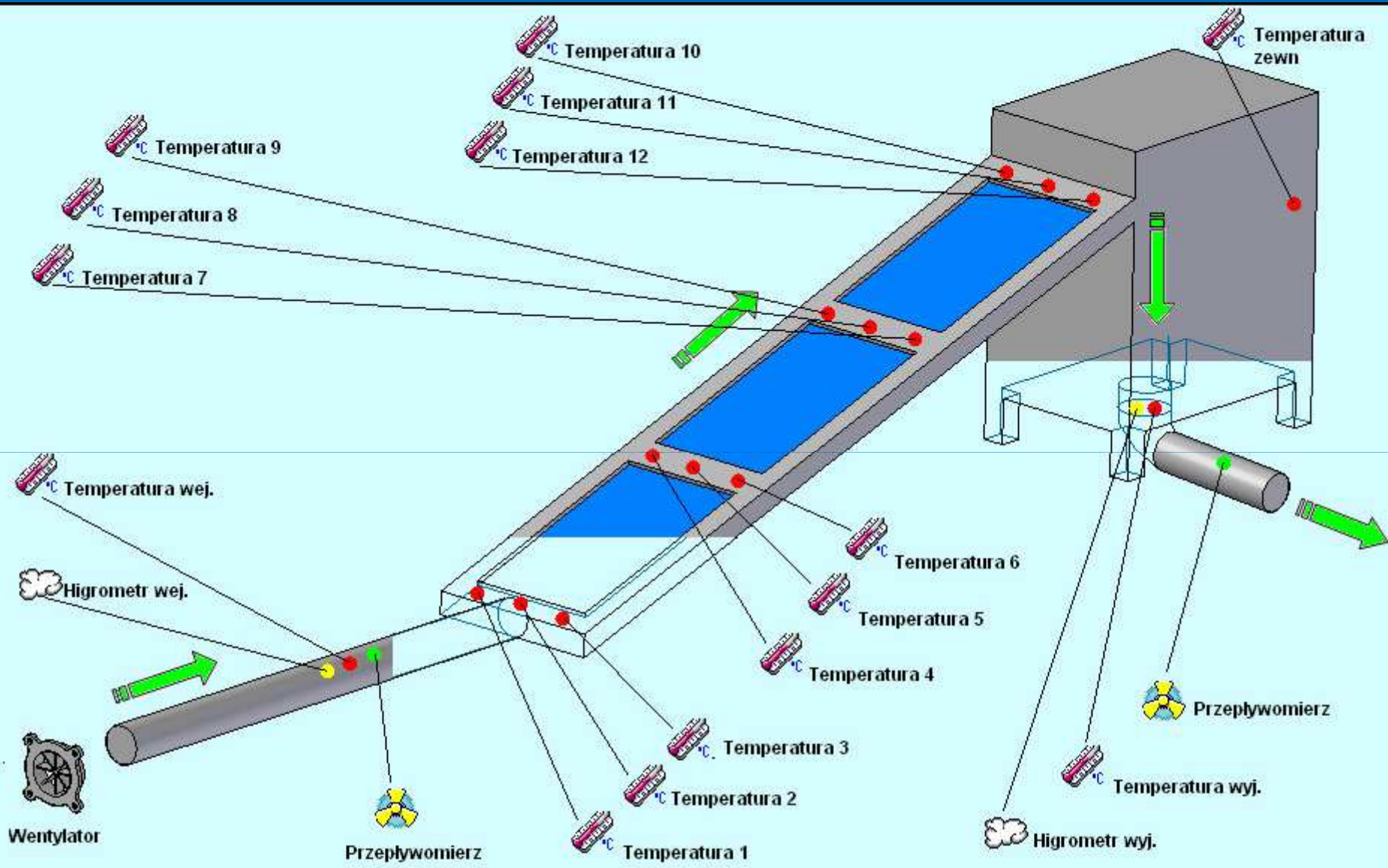
# Przykładowy schemat instalacji wentylacyjnej dla dużego obiektu

- 4) Gruntowy wymiennik ciepła
- 12) Przepustnica - patrz przycisk obok "Sterownik działania GWC"
- 13) Filtr powietrza
- 14) Nagrzewnica
- 15) Wentylator nawiewny
- 16) Tłumik akustyczny
- 17) Kanał nawiewny
- 18) Kanał wywiewny
- 19) Wentylator wywiewny

## Schemat zastosowania powietrznego kolektora słonecznego



1. zbiornik c.w.
2. nagrzewnica - powietrze woda
3. termostat tem. powietrza
4. kolektor powietrzny
5. wentylator kolektora
6. pompa cyrkulacji c.w.
7. termostat c.w.
8. gruntowy wymiennik c.w.
9. obiekt ogrzewany



# Lokalizacja układu słoneczne kolektory powietrzne - suszarka



# Układ kolektorów



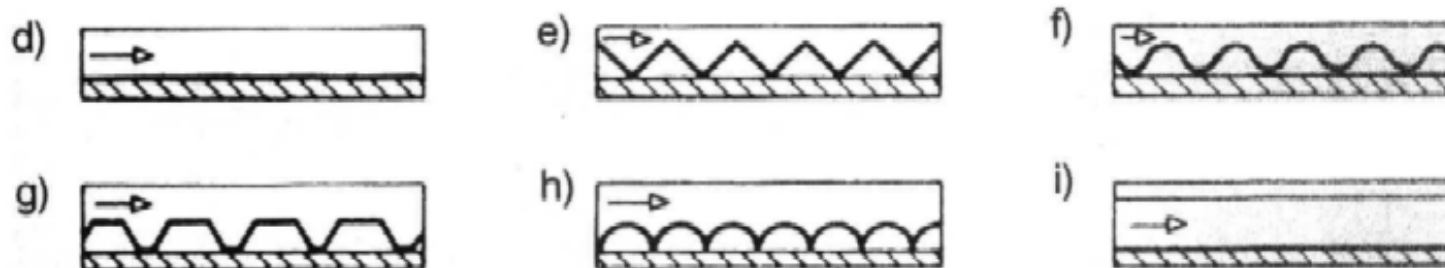
# Suszarka



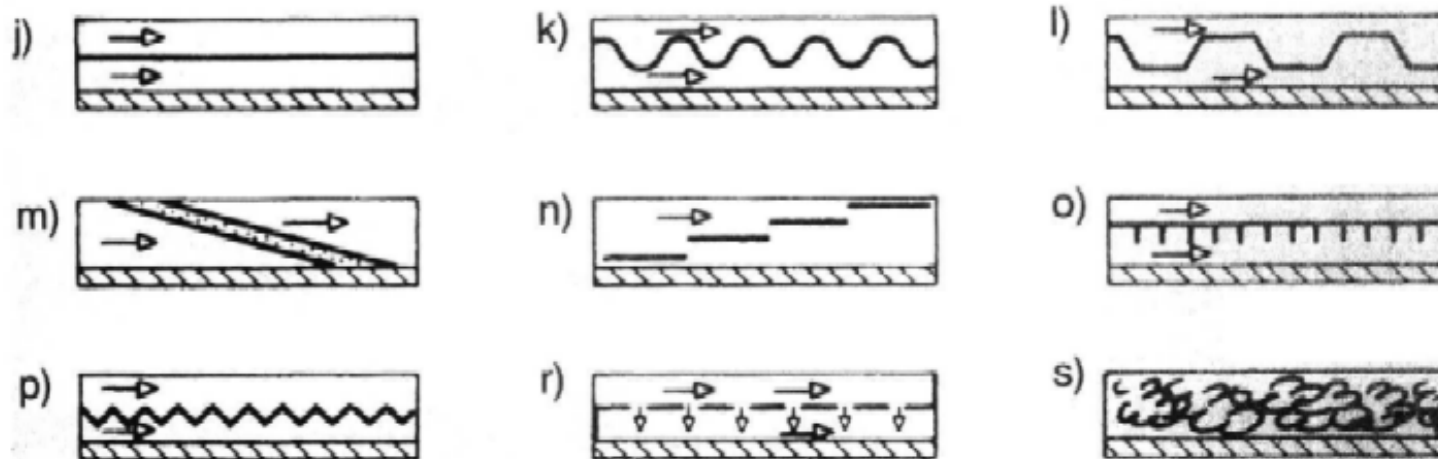
Kolektory płaskie odkryte – przepływ pod adsorbentem



Kolektory płaskie zakryte – przepływ nad absorberem



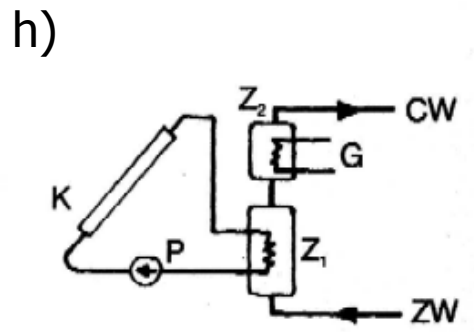
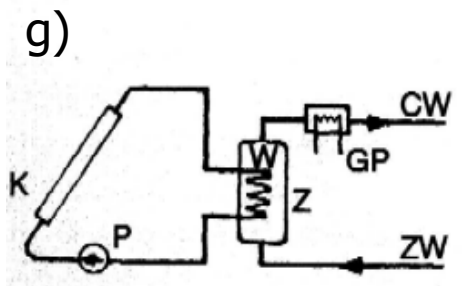
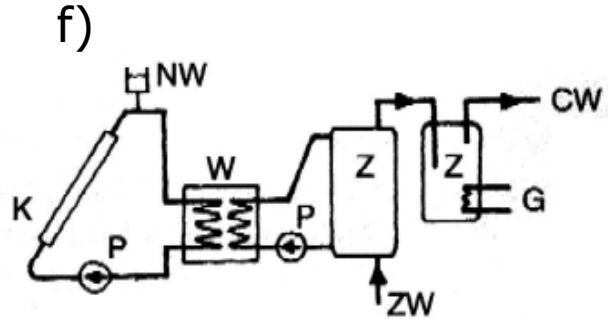
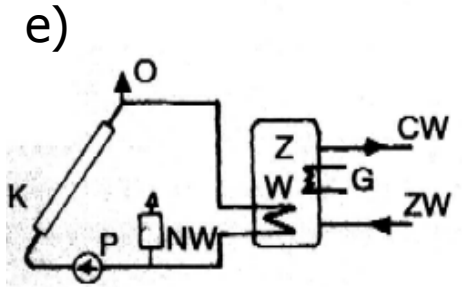
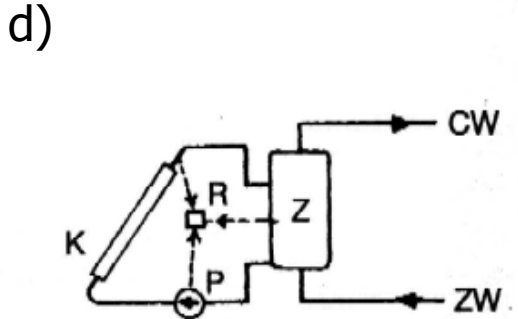
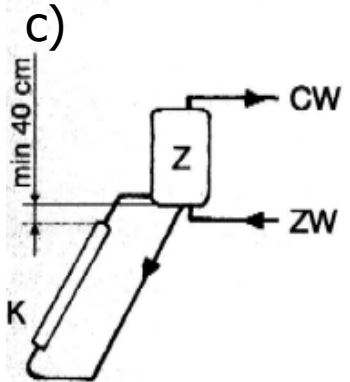
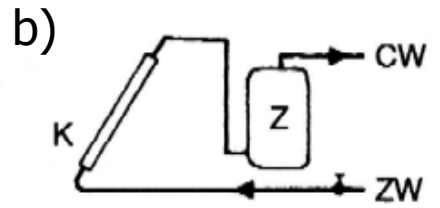
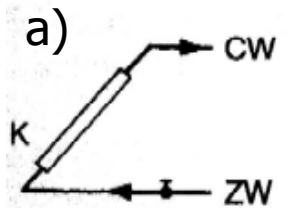
– przepływ nad i pod absorberem



Przesłona      Absorber      Dno      Izolacja

**Kształt absorberów i schematy kolektorów słonecznych do podgrzewania powietrza**

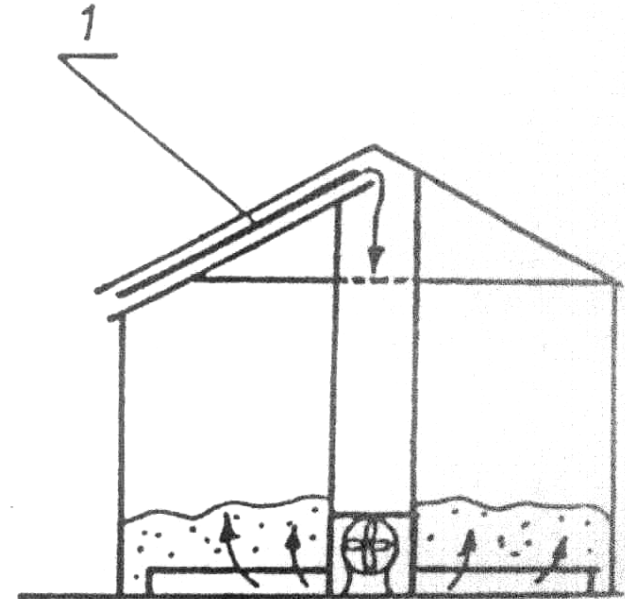
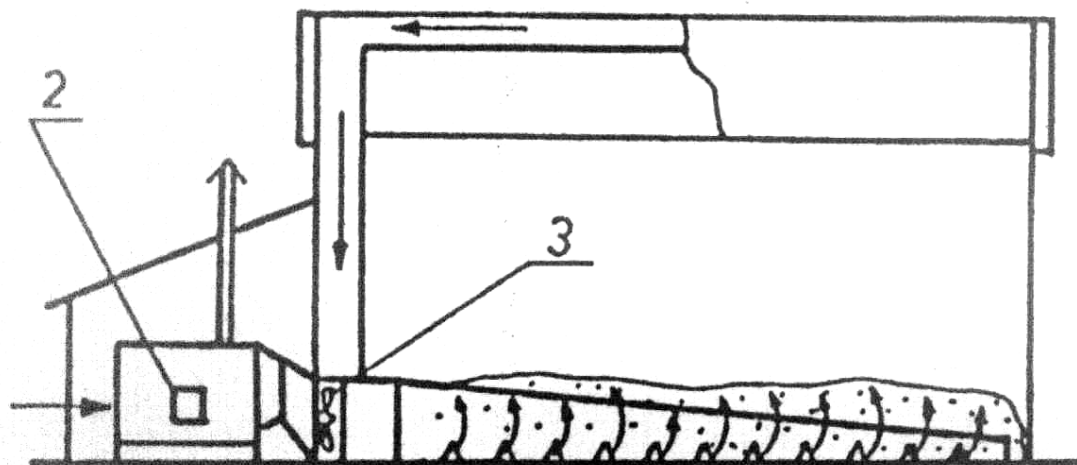




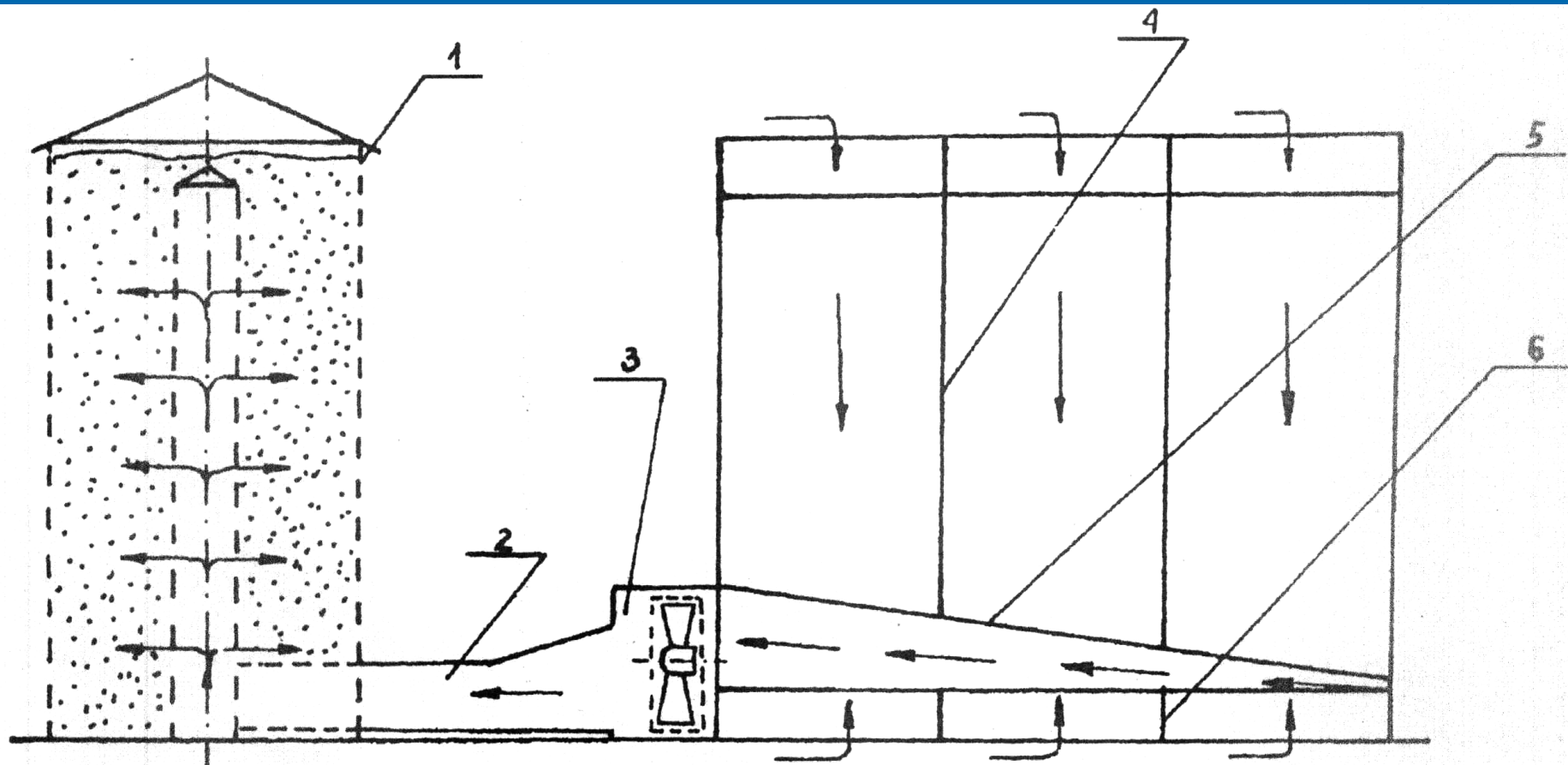
## Schematy układów do podgrzewania wody kolektorami słonecznymi

K-kolektor, Z-zasobnik, P- pompa cyrkulacyjna, W-wymiennik (wężownica), G-grzałka elektryczna, NW-naczynie wzbiorcze, O-odpowietrzenie, zawór bezpieczeństwa, R-regulator (termostat różnicowy), GP-grzejnik przepływowy (terma), CW -woda ciepła, ZW-woda zimna;

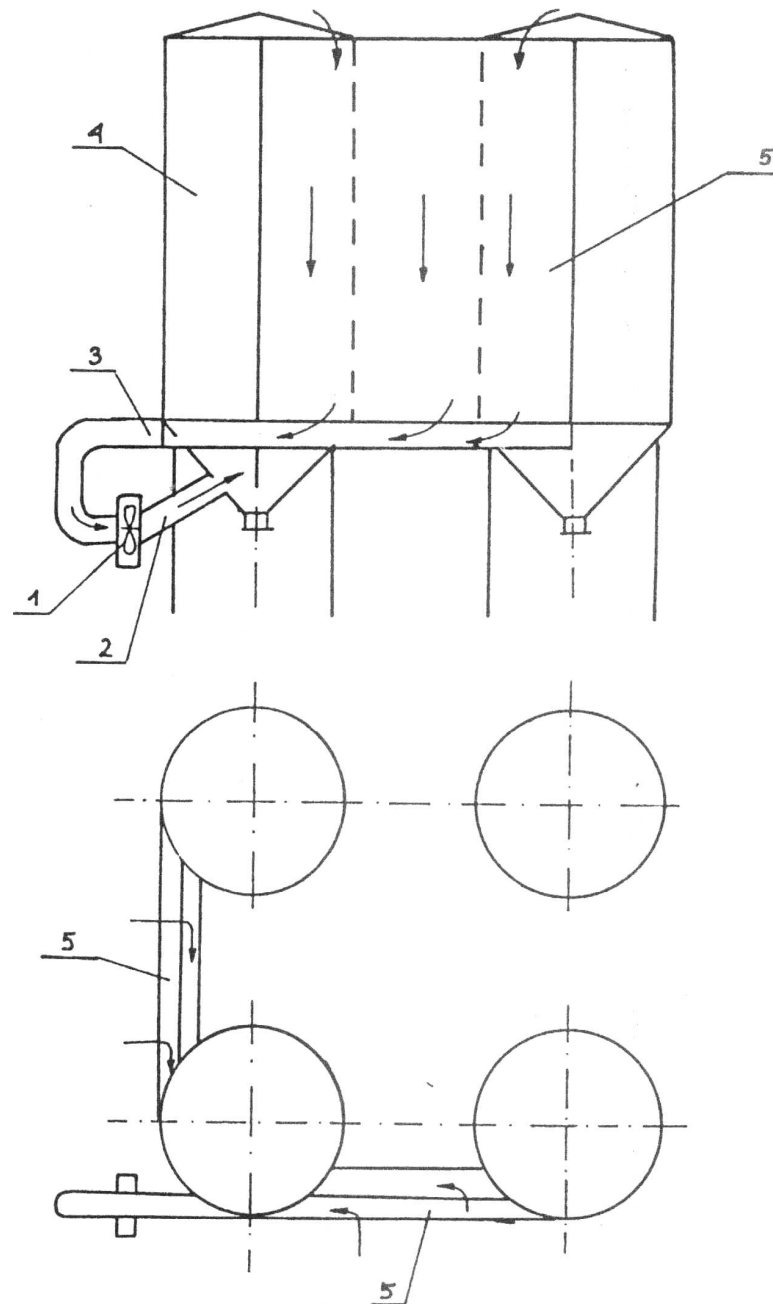




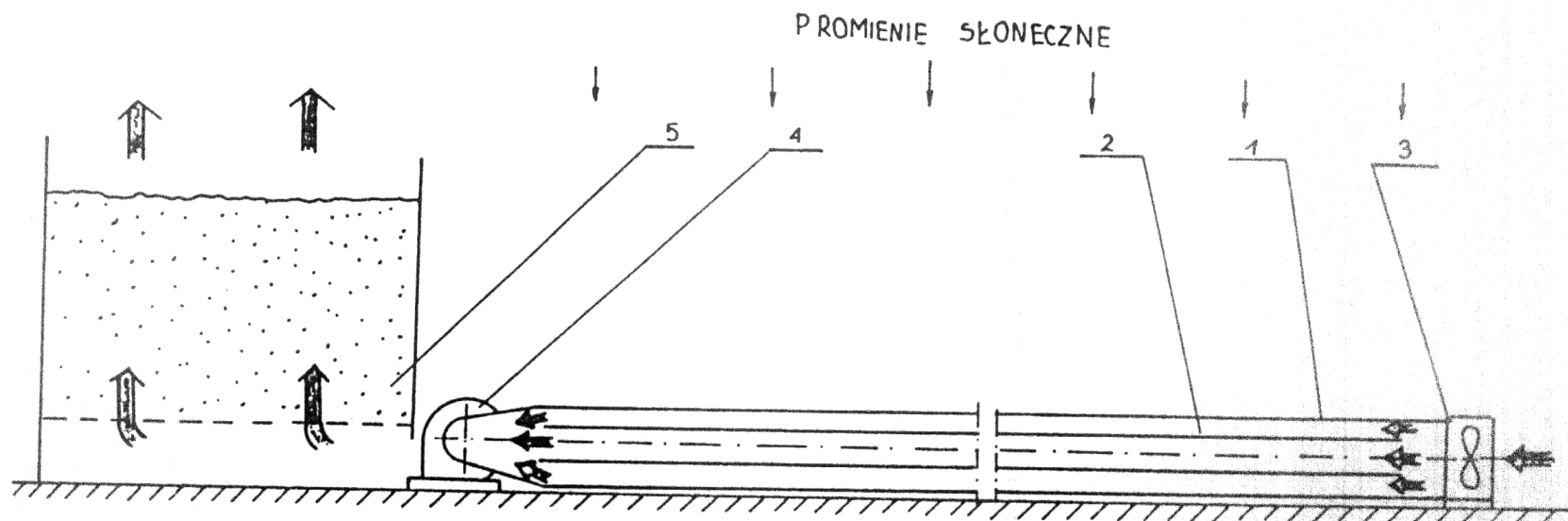
Kolektor słoneczny zainstalowany na dachu budynku współpracujący z podgrzewaczem powietrza i suszarką nasion: 1 – kolektor słoneczny, 2 – podgrzewacz powietrza, 3 – wentylator suszarki



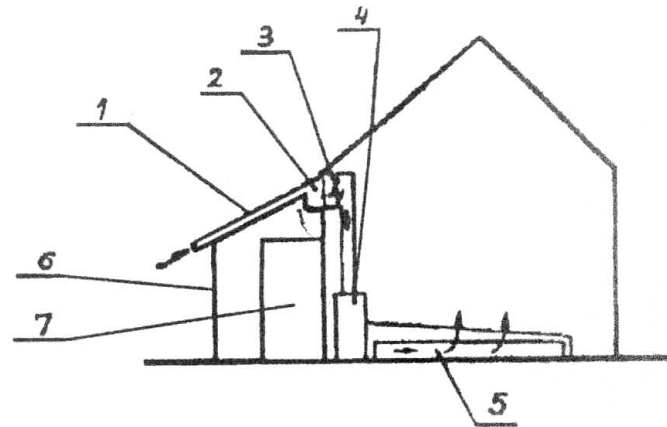
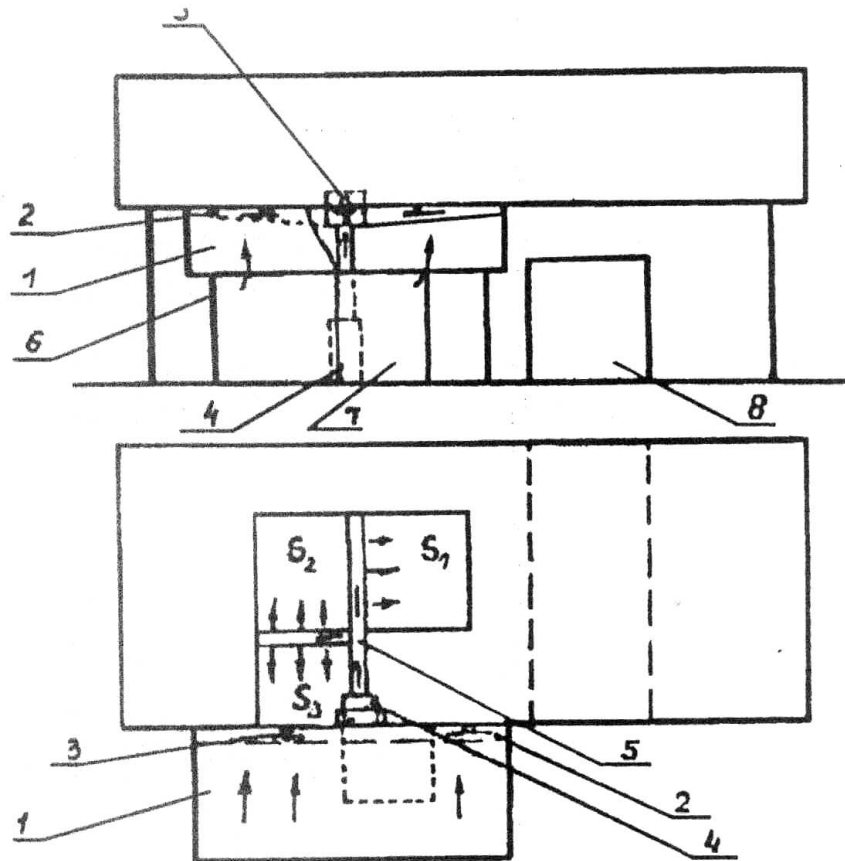
Zastosowanie kolektora słonecznego do suszenia ziarna zbóż w silosie zbożowym o pojemności 30 ton: 1 – silos, 2 – przewód łączący silos z kolektorem powietrza, 3 – wentylator, 4 – kolektor słoneczny na ścianie budynku, 5 – kanał powietrzny kolektora, 6 – kolektor słoneczny poziomy



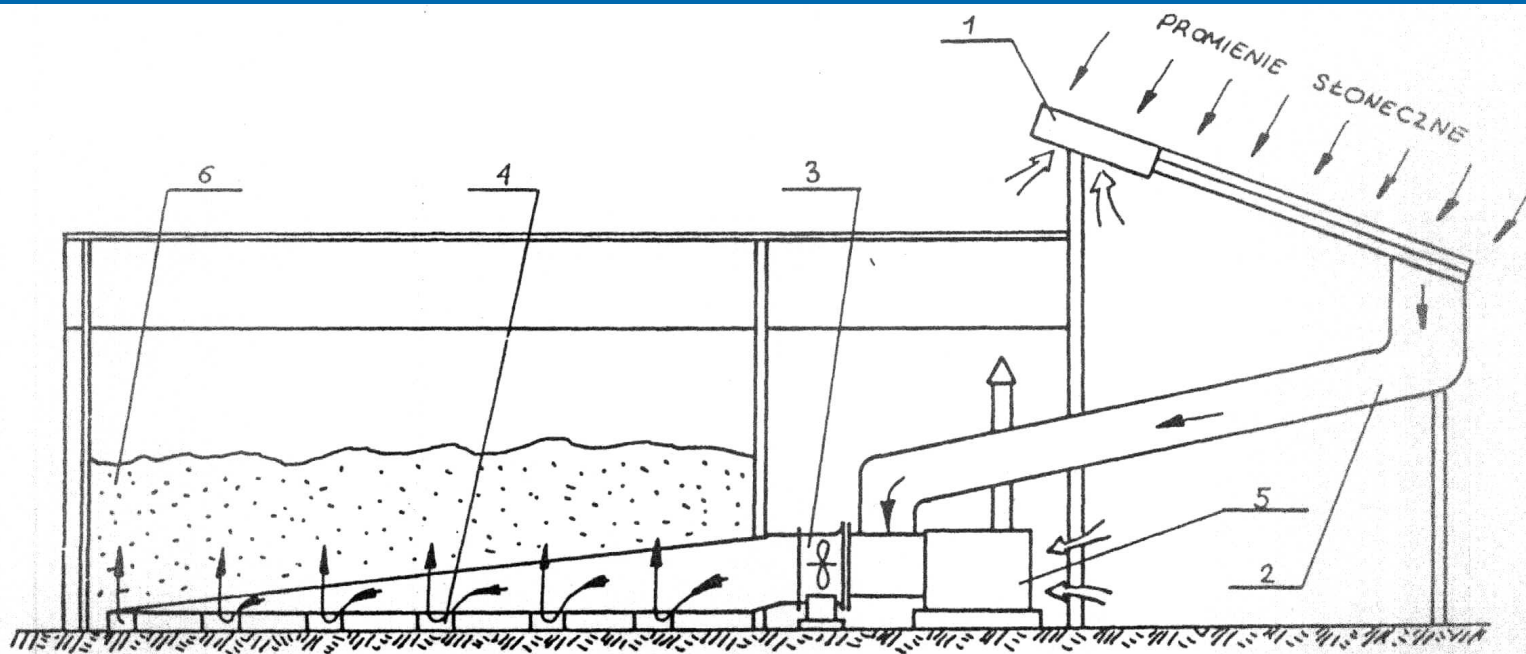
Zastosowanie kolektora słonecznego do suszenia ziarna zbóż w baterii 4 silosów zbożowych, każdy o pojemności 30 ton: 1 – wentylator silosów zbożowych, 2 – przewód powietrzny tłoczący, 3 – przewód powietrzny ssący, 4 – silosy zbożowe, 5 – kolektory słoneczne



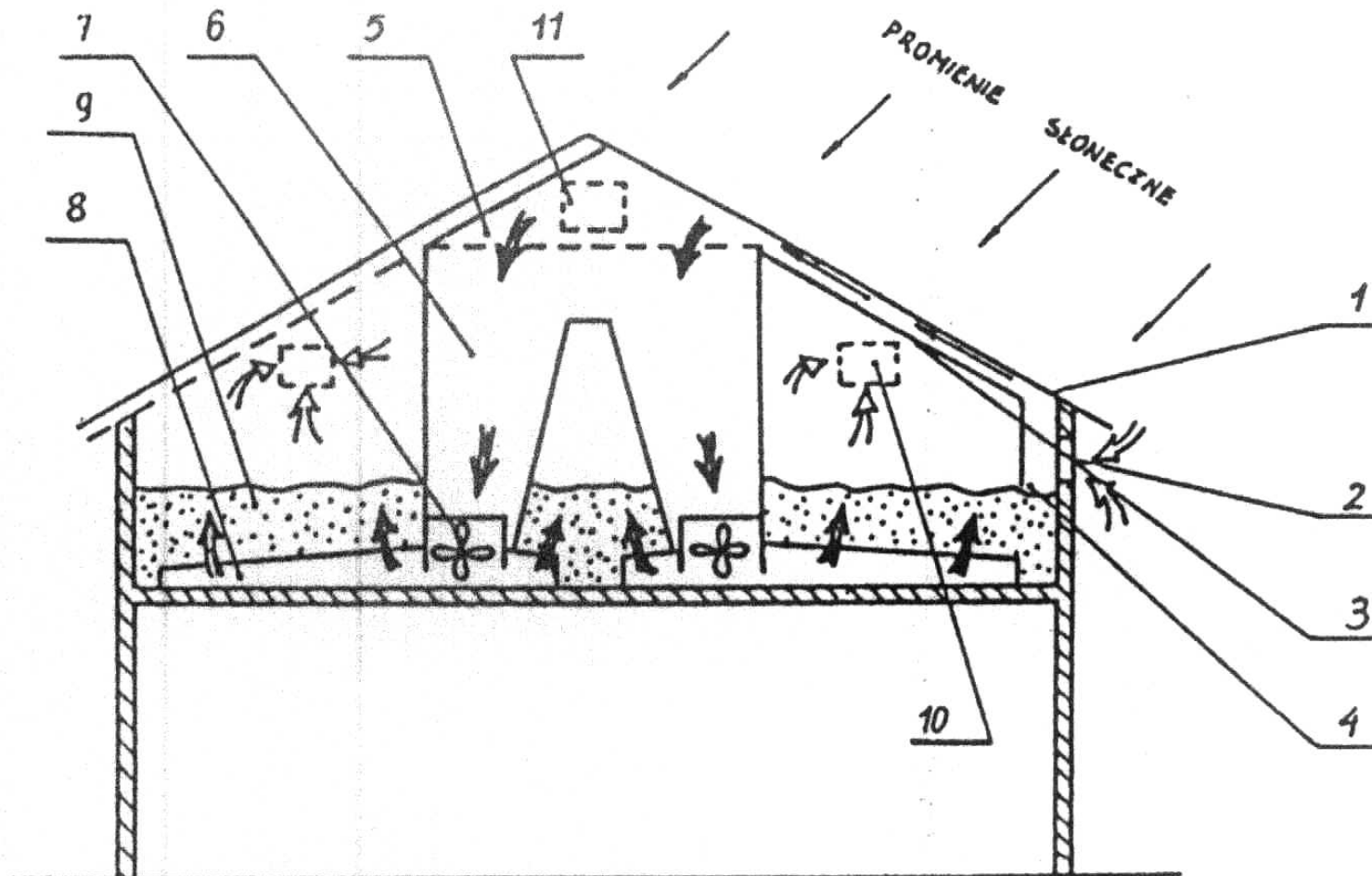
Zastosowanie kolektora słonecznego foliowego rurowego do suszenia ziarna zbóż w silosie zbożowym: 1 – przewód rurowy zewnętrzny przezroczysty, 2 – przewód rurowy wewnętrzny czarny, 3 – wentylator kolektora, 4 – wentylator silosu zbożowego, 5 – ziarno zbóż



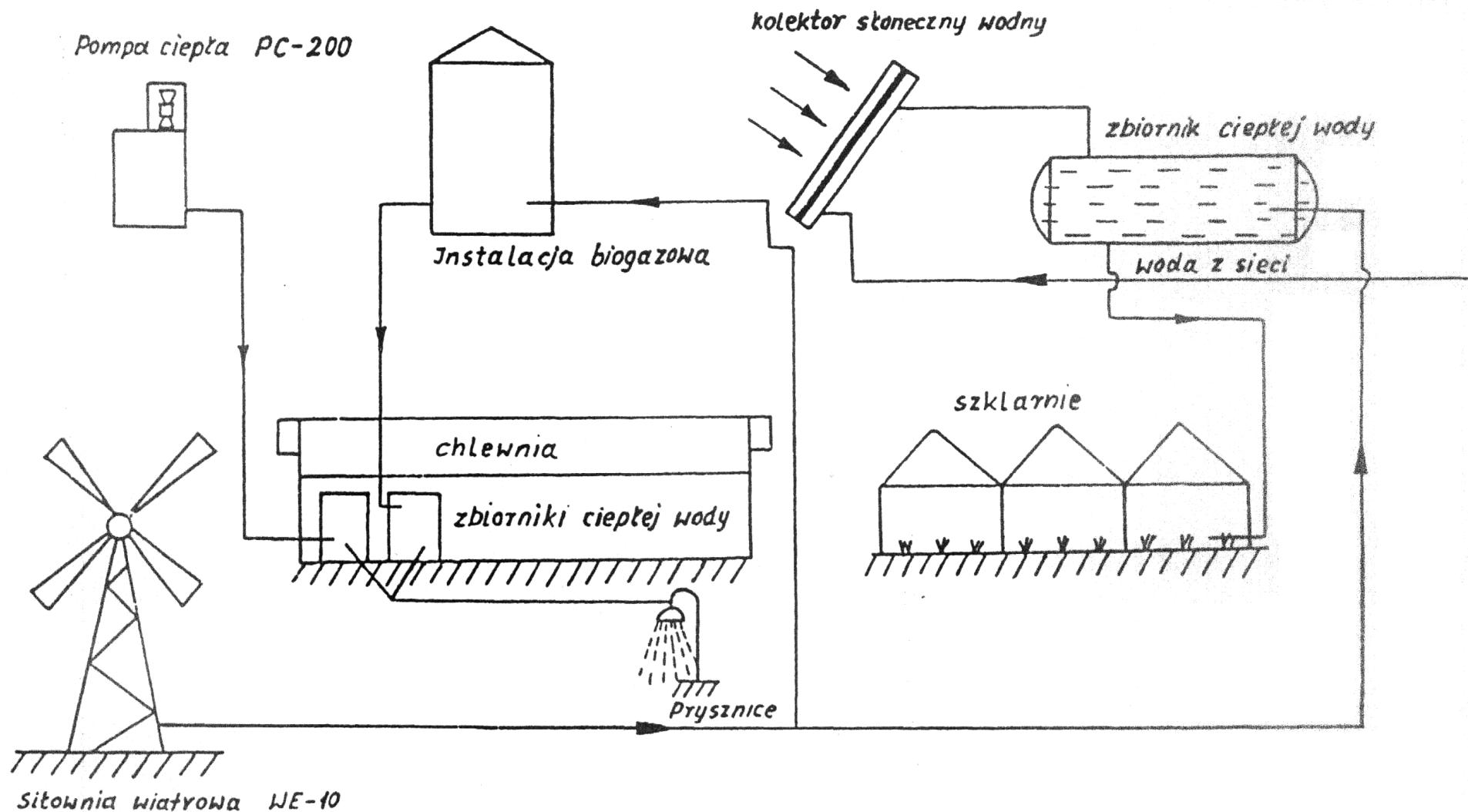
Zastosowanie kolektora słonecznego do suszenia ziarna zbóż, nasion warzyw i obsuszania cebulek kwiatów po zbiorze: 1 – kolektor słoneczny, 2 – kanał powietrzny kolektora, 3 – wentylator suszarek S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, 4 – podgrzewacz powietrza opalany węglem, 5 – kanały powietrzne suszarek, 6 – konstrukcja nośna kolektora, 7 – przybudówka, 8 – przejazd



Zastosowanie kolektora słonecznego do suszenia nasion i obsuszania warzyw po zbiorze przed ich przechowywaniem: 1 – kolektor słoneczny, 2 – przewód powietrzny, 3 – wentylator osiowy, 4 – suszarka podłogowo-rusztowa, 5 – podgrzewacz powietrza opalany olejem opalowym

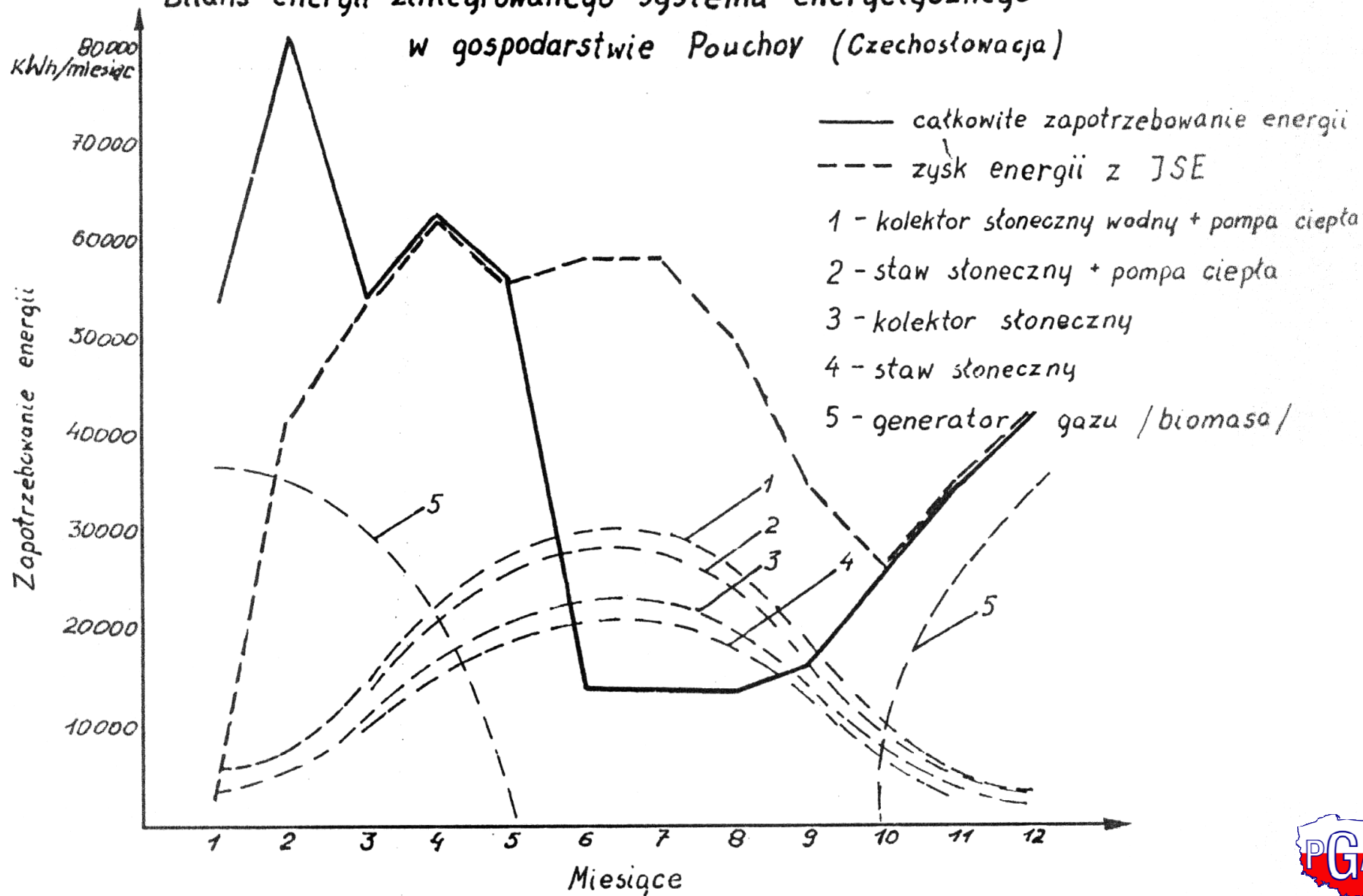


Zainstalowanie płytowego otwartego kolektora słonecznego na dachu obory do suszenia zielonek przeznaczonych na siano: 1 – dach blaszany malowany czarną farbą, 2 – otwory wlotowe powietrza, 3 – kanał wlotowy, 4 – podbicie z płyt pilśniowych, 5 – kanał zbiorczy, 6 – kanały ssące, 7 – wentylatory, 8 – suszarka podłogowo-rusztowa, 9 – zielonka, 10 – otwory wylotowe wilgotnego powietrza, 11 – otwór wentylacyjny



Zintegrowany system energetyczny w gospodarstwie hodowli świń i produkcji warzyw w szklarni

## Bilans energii zintegrowanego systemu energetycznego w gospodarstwie Pouchov (Czechosłowacja)



# Systemy fotowoltaiczne

## Wprowadzenie

- **Ogniwa fotowoltaiczne (PV)** (ogniwa słoneczne), są urządzeniami półprzewodnikowymi, które przekształcają światło słoneczne w prąd stały (**efekt fotowoltaiczny**)
- "**Photo**" pochodzi z greckiego słowa "**phos**", oznaczającego „**światło**".
- "**Volt**" zaczerpnięto z nazwiska **Alessandro Volta**, pioniera badań nad elektrycznością. Zatem: "**Photo-voltaic**", oznacza „**światło-elektryczny**“
- **Fotowoltaika** pozwala wytwarzać energię elektryczną bezpośrednio z energii słonecznej.
- Zgrupowane ogniwa fotowoltaiczne tworzą moduły i panele.
- Z pomocą odpowiednich urządzeń do konwersji prądu ogniwa fotowoltaiczne mogą wytwarzać prąd zmienny do zasilania typowych urządzeń, przy czym mogą być eksploatowane równolegle do sieci zasilającej i być z nią połączone.

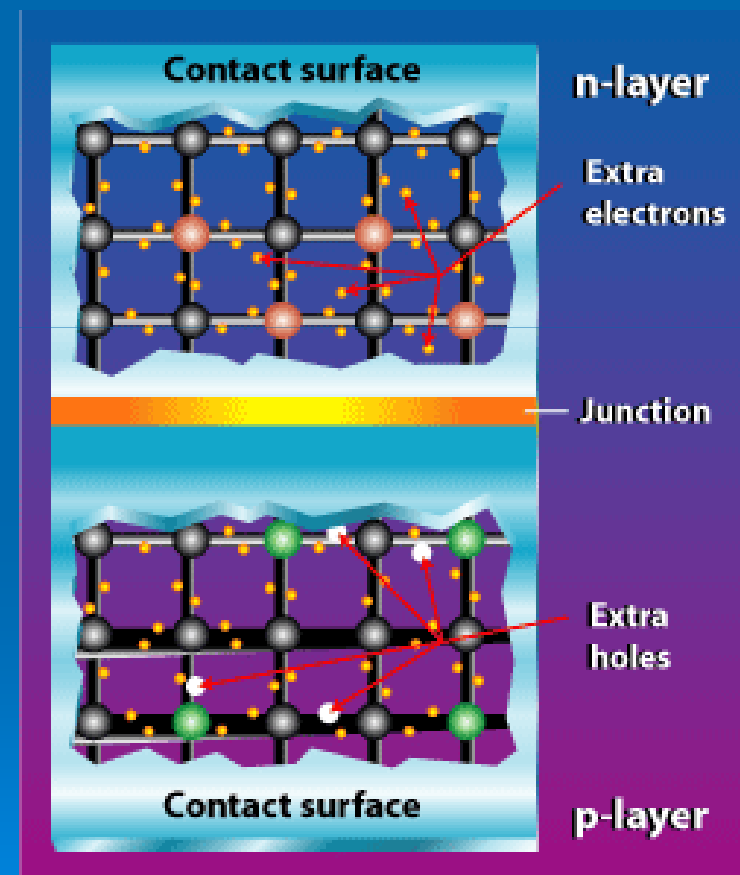


# Techniczne zasady funkcjonowania

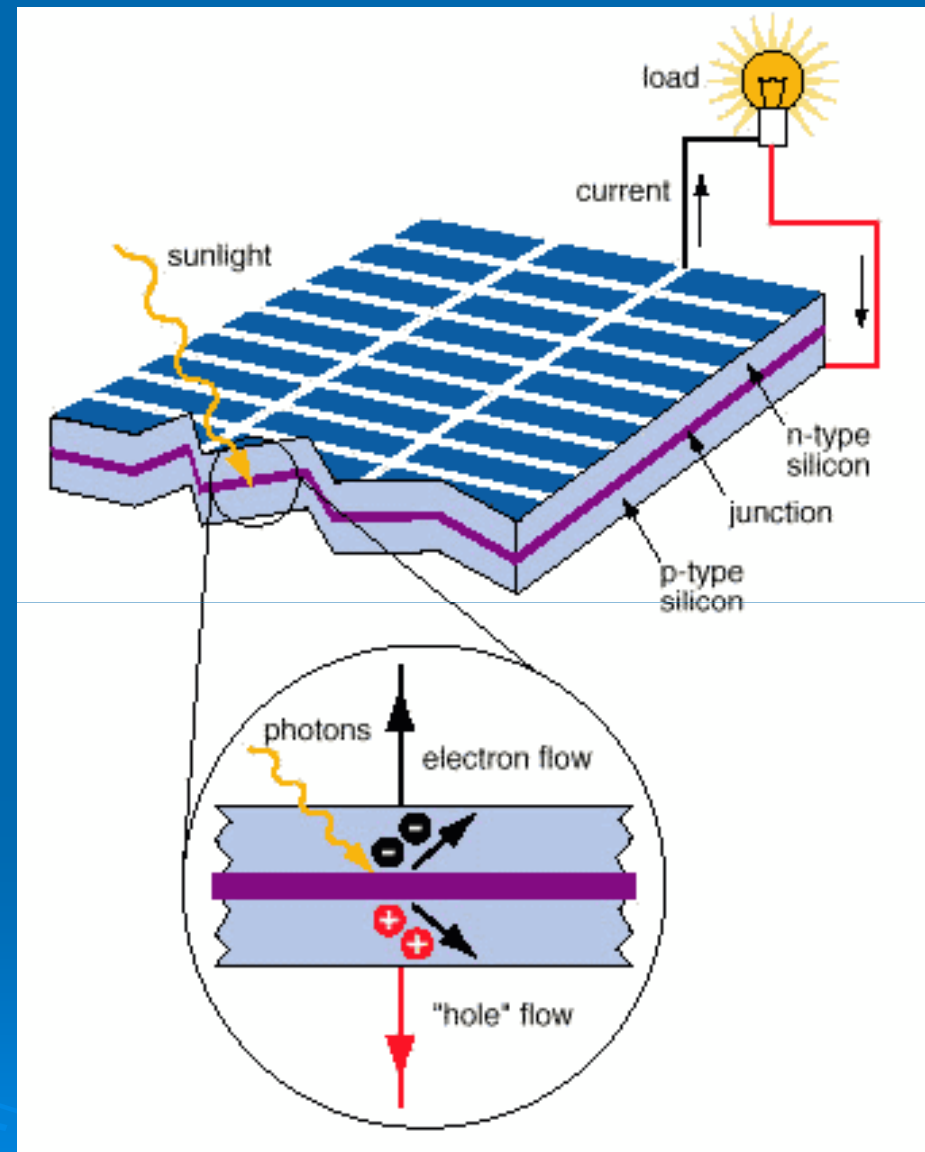
## ✓ Jak działa ogniwo fotowoltaiczne?

- Ogniwa fotowoltaiczne składają się z różnego typu materiałów półprzewodnikowych (najczęściej używany jest krzem (Si))
- Półprzewodniki to materiały, które pod wpływem światła lub ciepła przewodzą prąd elektryczny
- Podczas produkcji ogniwa

"Domieszkowanie" to celowe wprowadzenie pierwiastków, dzięki którym można uzyskać nadmiar nośników ładunków dodatnich (warstwa półprzewodnika typu p) lub nośników z nadmiarem ładunków ujemnych (warstwa półprzewodników typu n) z materiału półprzewodnika. Z chwilą zetknięcia materiału półprzewodnika typu n- z półprzewodnikiem p-, nadmiar elektronów zaczyna się przemieszczać od strony półprzewodnika typu n- w kierunku półprzewodnika typu p-.



- Z powodu przepływu elektronów i przemieszczania się dziur dwa półprzewodniki zachowują się jak bateria, tworząc w miejscu zetknięcia pole elektryczne na powierzchni ( ).
- W miejscu tworzy się wewnętrzne pole elektryczne, które prowadzi do rozdzielania nośników ładunków uwalnianych przez światło.

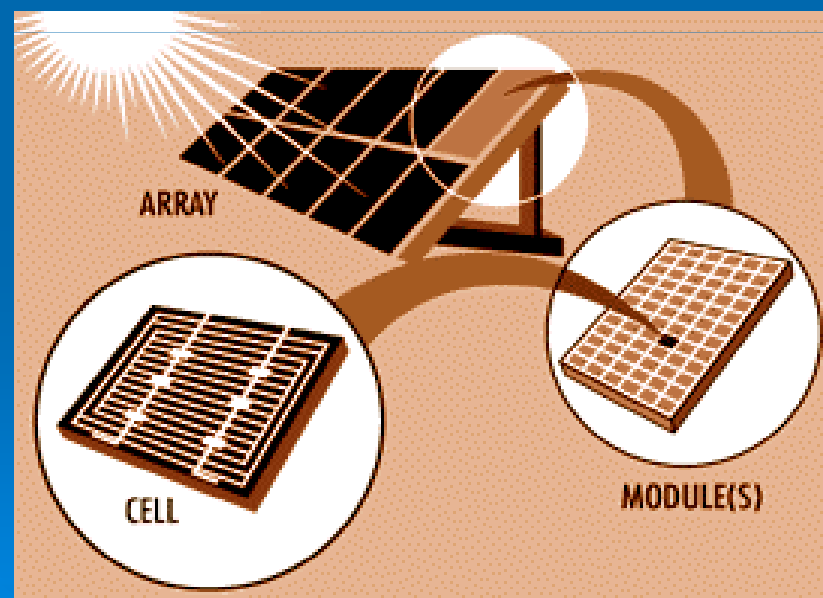


## ✓ *Ogniwa fotowoltaiczne, moduły i panele*

- Ogniwa fotowoltaiczne mają zwykle rozmiar 10 cm x 10 cm.
- Typowe pojedyncze ogniwo z krzemu krystalicznego ma głęboki niebieski kolor i ciężar poniżej 10 g.
- W optymalnych warunkach jedno ogniwo produkuje około 1,5 W o napięciu 0,5 V).
- Pojedyncze ogniwa słoneczne zostają połączone (przewodami, szeregowo i/lub równoległe) i tworzą większe zespoły -

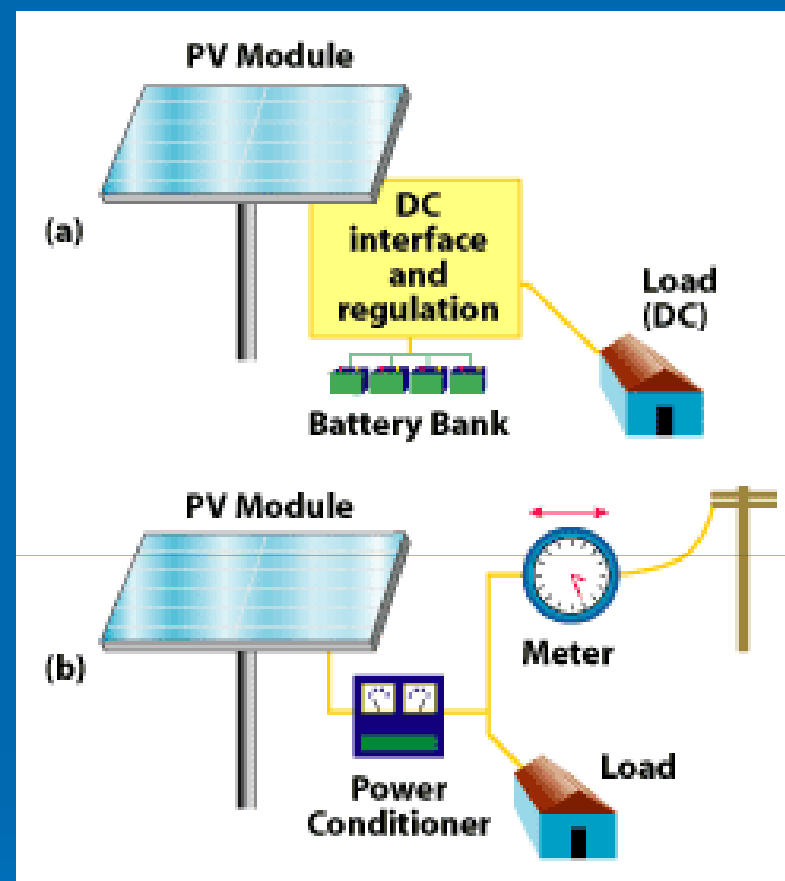
definiuje się często jako najmniejszą samodzielną jednostkę w panelu. Jest to połączona grupa ogniw we wspólnej obudowie. Liczba ogniw zastosowana w module zależy zwykle od napięcia, które system ma wytworzyć.

fotowoltaiczny składa się z wielu połączonych modułów fotowoltaicznych, które zapewniają wymaganą moc oraz wytwarzają odpowiedni prąd i napięcie.



## ✓ Konfiguracja systemu fotowoltaicznego

- Pełny system fotowoltaiczny składa się z trzech podsystemów:
  - Po **stronie wytwarzania energii** znajduje się podsystem urządzeń fotowoltaicznych (ogniw, modułów i paneli), który przekształca światło słoneczne na prąd stały.
  - Po **stronie wykorzystania energii** podstawowy element to obciążenie - wykorzystanie prądu fotowoltaicznego.
  - “**System balansowania energii (BOS)**: umożliwia właściwe zasilanie odbiornika przez prąd uzyskany z ogniw fotowoltaicznych.



(a) Autonomiczny system fotowoltaiczny magazynujący energię w akumulatorze, by zapewnić niezawodną dostawę prądu stałego.

(b) Układ fotowoltaiczny może wytwarzać prąd elektryczny (przekształcony na prąd zmienny przez układ przetwarzający) w czasie dnia, do domu podłączonego do sieci energetycznej.

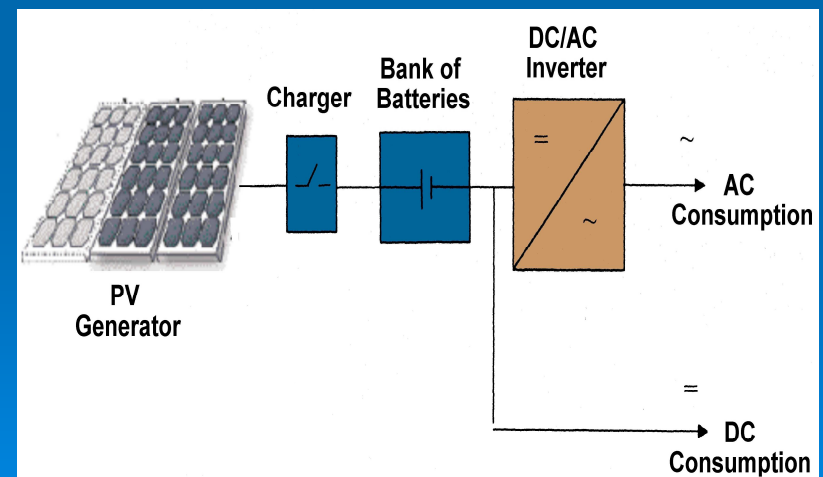
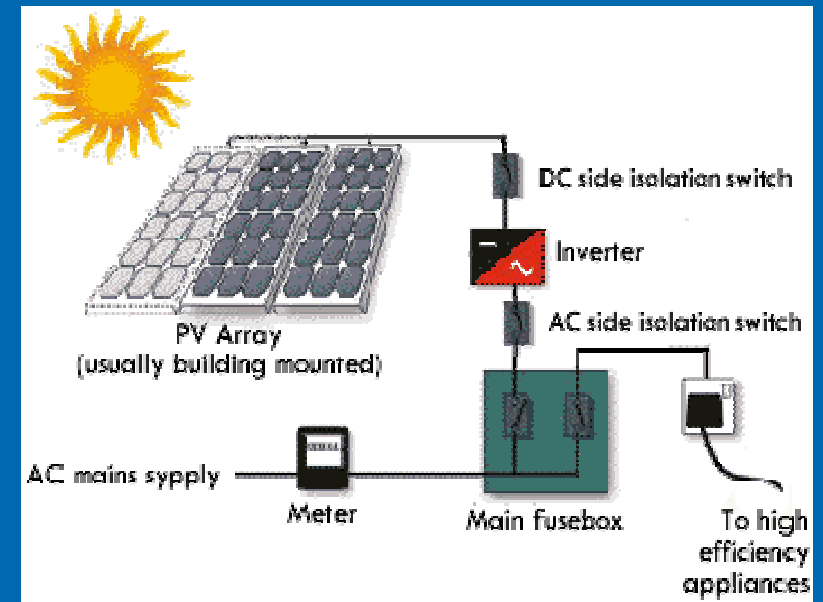
## ✓ Rodzaje systemów fotowoltaicznych

### Systemy podłączone do sieci

- Podłączone do miejscowej sieci energetycznej.
- W ciągu dnia elektryczność wytworzona przez system fotowoltaiczny może być wykorzystana natychmiast lub może być odsprzedana zakładowi energetycznemu. Wieczorem, kiedy system słoneczny nie jest w stanie dostarczyć potrzebnej energii, potrzebną energię można odkupić od sieci energetycznej. W ten sposób sieć energetyczna działa jako system **przechowywania energii**, (system fotowoltaiczny nie musi być wyposażony w akumulatory do przechowywania energii elektrycznej).

### Autonomiczne systemy fotowoltaiczne:

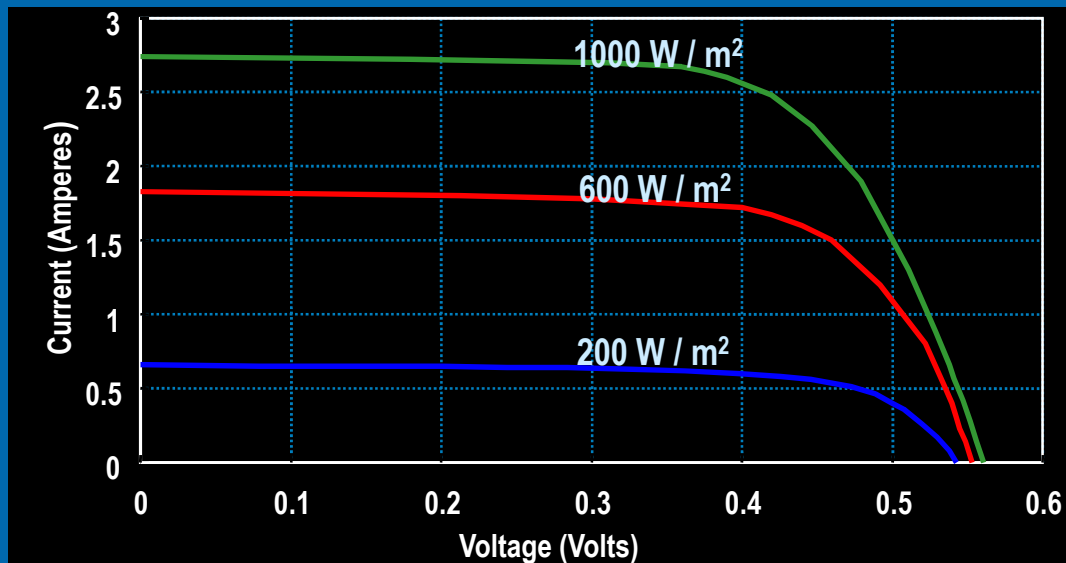
- Działają niezależnie od sieci elektrycznej.
- Najprostszymi rodzajem systemu autonomicznego stanowi system połączony bezpośrednio (wyprodukowany prąd stały z modułu jest odprowadzany bezpośrednio do odbiornika elektrycznego). Nie ma akumulatorów, dlatego odbiornik działa tylko przy świetle słonecznym.
- W wielu autonomicznych systemach fotowoltaicznych akumulatory są używane do magazynowania energii.



## Względy techniczne mające wpływ na przepływy środków pieniężnych przez cały okres użytkowania systemów fotowoltaicznych

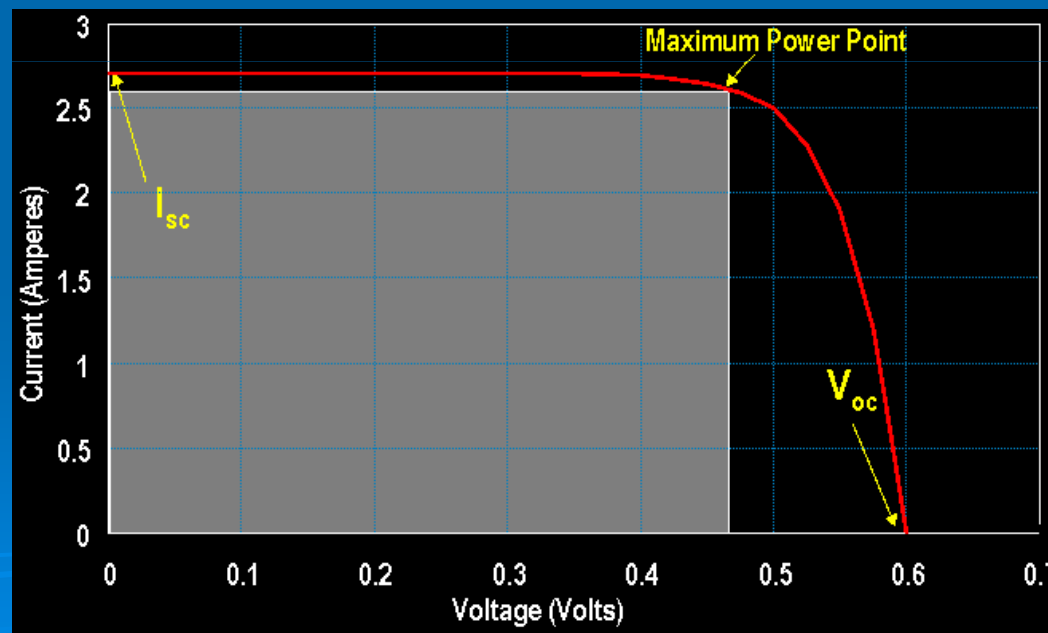
### ✓ *Charakterystyka pracy ogniw słonecznych*

- **Standardowe Warunki Testowe (STC)** wyodrębniono jako przemysłowe standardy testowania wydajności ogniw słonecznych: **Temperatura = 25 °C, Nasłonecznienie = 1 000 W/m<sup>2</sup>, Masa powietrza = AM 1,5**
- Ilość prądu wytworzona przez ogniwa fotowoltaiczne stanowi funkcję napięcia; linie obrazujące napięcie prądu wytwarzanego przez ogniwo (krzywe I-V) obrazują związek między tymi czynnikami. Natomiast krzywe znajdują zastosowanie podczas określania wydajności ogniw w pewnych warunkach i do porównywania różnych ogniw.
- Moc uzyskiwaną z modułu fotowoltaicznego można określić przez:
  - ❖ Typ i pole powierzchni materiału,
  - ❖ Intensywność światła słonecznego (nasłonecznienie)
  - ❖ Długość fali świetlnej światła słonecznego.
- Współczynnik energii elektrycznej wyprodukowanej przez ogniwo słoneczne w stosunku do natężenia padającego napromieniowania jest określany mianem „**sprawności ogniwa fotowoltaicznego**”.



*Charakterystyka I-V ogniwa z krzemu monokrystalicznego na różnym poziomie nasłonecznienia*

*Charakterystyka napięcia prądu ogniwa z krzemu*



## ✓ *Typy ogniw fotowoltaicznych*

### ❖ *Ogniwa z krzemu*

#### *monokrystalicznego:*

- Składają się z ogniw powycinanych piłą z pojedynczego kryształu krzemu,
- Najbardziej wydajne ogniwa fotowoltaiczne,
- Główna zaleta: wysoka wydajność (14 -17%)
- Nieco kosztowniejsze niż inne technologie.



### ❖ *Ogniwa z krzemu*

#### *polikrystalicznego:*

- Wykonane z ogniw wyciętych z bloku stopionego i ponownie skryształizowanego krzemu.
- Zaleta: tańsze w produkcji od ogniw z krzemu monokrystalicznego
- są nieco mniej wydajne (średnia sprawność 12 - 15%).



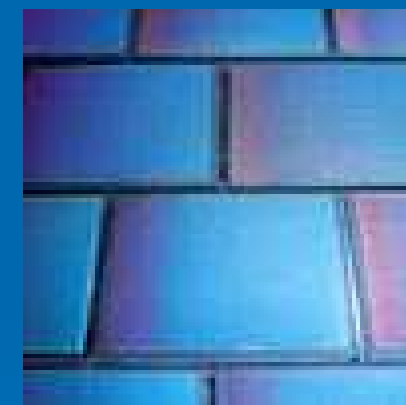
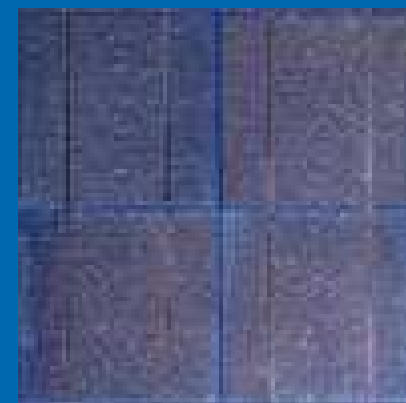
### ❖ **Ogniwa z krzemu grubowarstwowego:**

- Krzem jest osadzany na materiale podstawowym w trakcie ciągłego procesu.
- Pokryte przezroczystym polimerem izolującym z osłoną ze szkła hartowanego i osadzony zwykle w mocnej ramie aluminiowej.

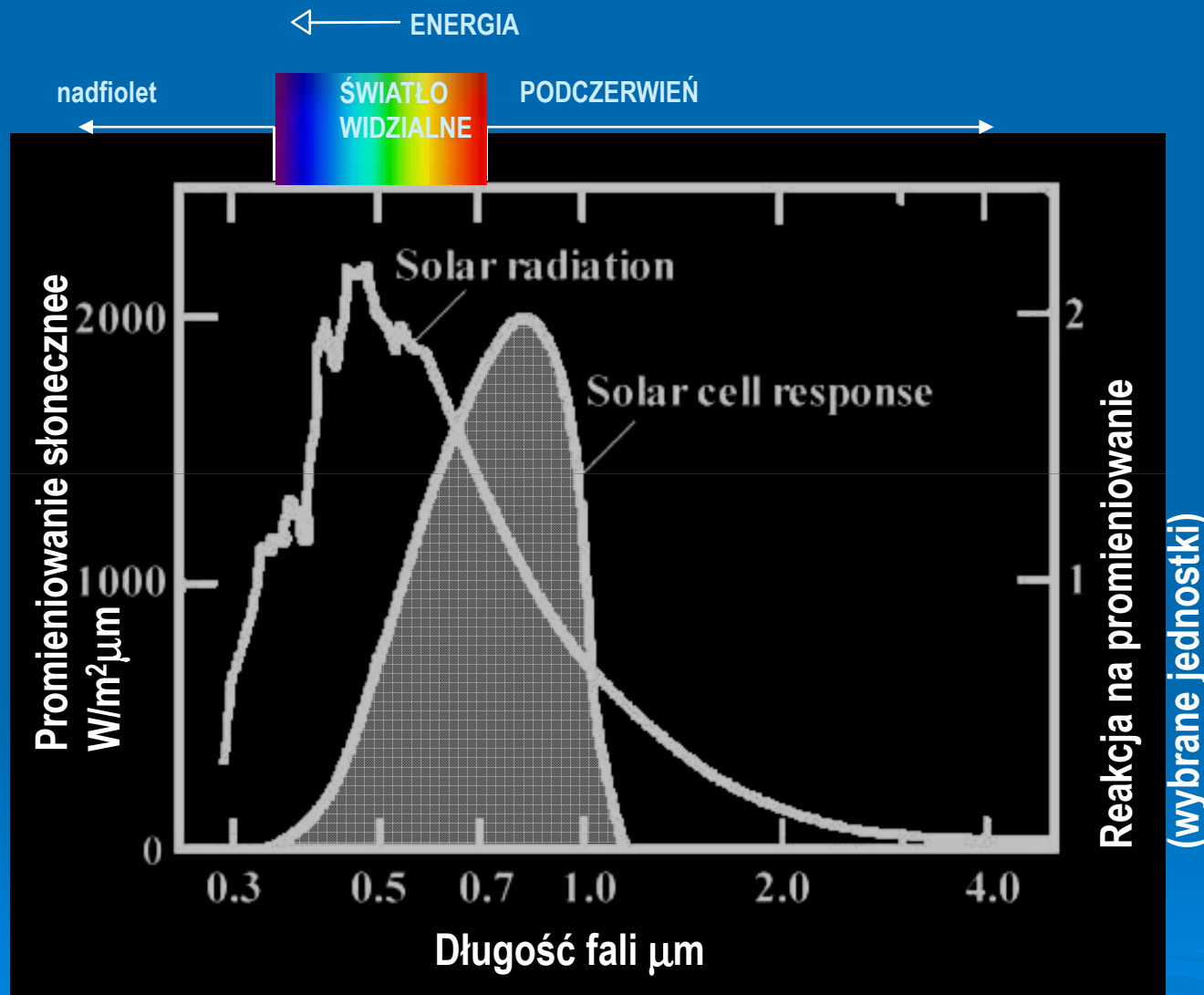
### ❖ **Ogniwa z krzemu amorficznego:**

- Składają się z atomów krzemu nie w formie krystalicznej, lecz w postaci cienkiej jednolitej warstwy.
- Efektywniejsza absorpcja światła niż w ogniwach z krzemu krystalicznego (znane również jako technologia „cienkowarstwowa”).
- Mniej wydajne niż ogniwa krystalowe (typowa sprawność 5-7%), ale ich produkcja jest łatwiejsza, a przez to tańsza.

- ❖ **Inne rodzaje krzemu cienkowarstwowego:** stosuje się w modułach fotowoltaicznych szereg interesujących materiałów, na przykład tellurek kadmu (CdTe) i selenek indowo-miedziowy (CIS). Tańsza produkcja w porównaniu z technologiami krzemu krystalicznego, natomiast ich wydajność jest wyższa niż w przypadku zastosowania krzemu amorficznego.



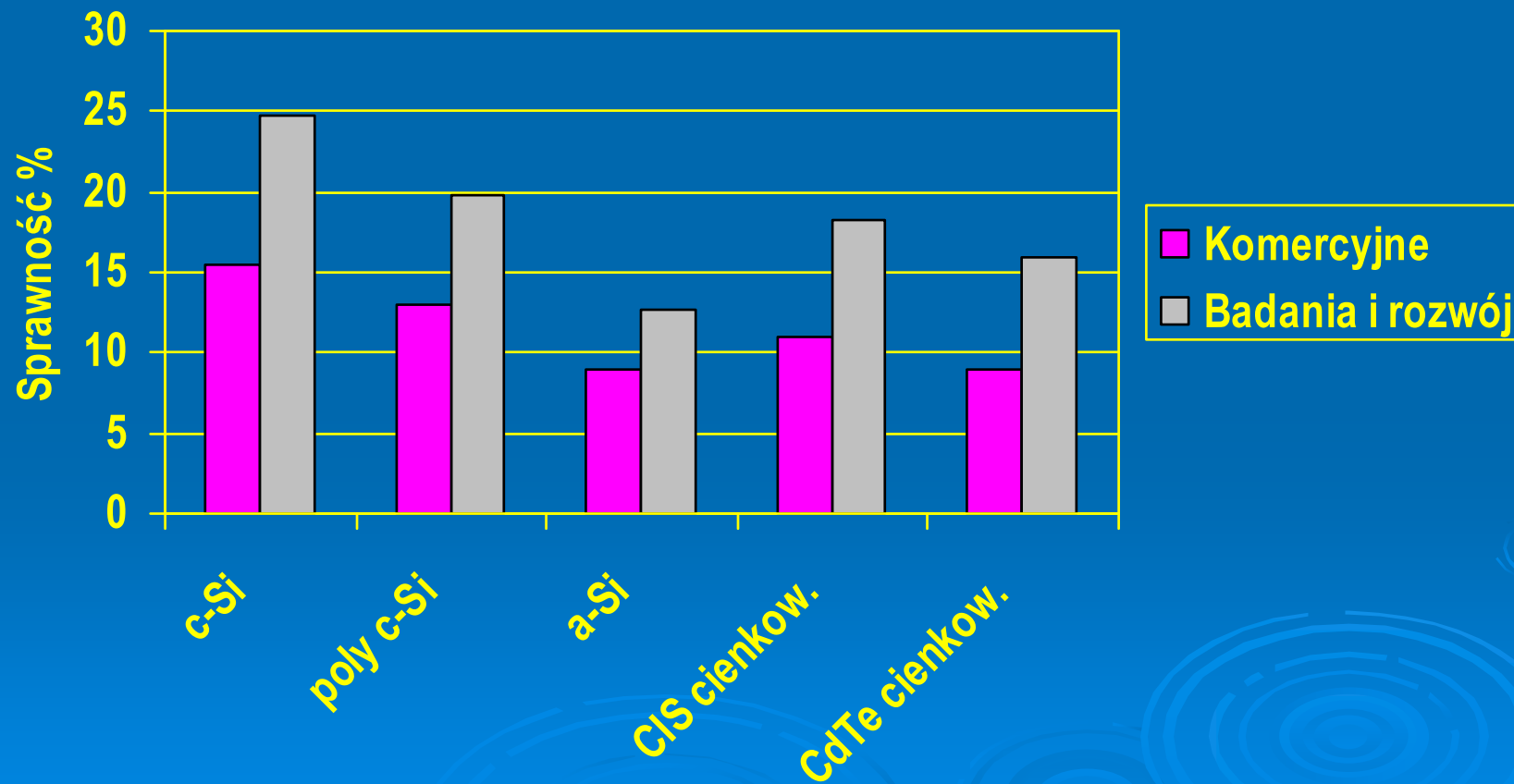
## ✓ Promieniowanie słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne



*Rozkład widma promieniowania słonecznego nad powierzchnią ziemi i reakcja widma krzemowego ogniwa fotowoltaicznego*

## ✓ Wydajność ogniw fotowoltaicznych

Sprawność różnych rodzajów ogniw słonecznych stosowanych na powierzchni ziemi



## Ocena końcowa

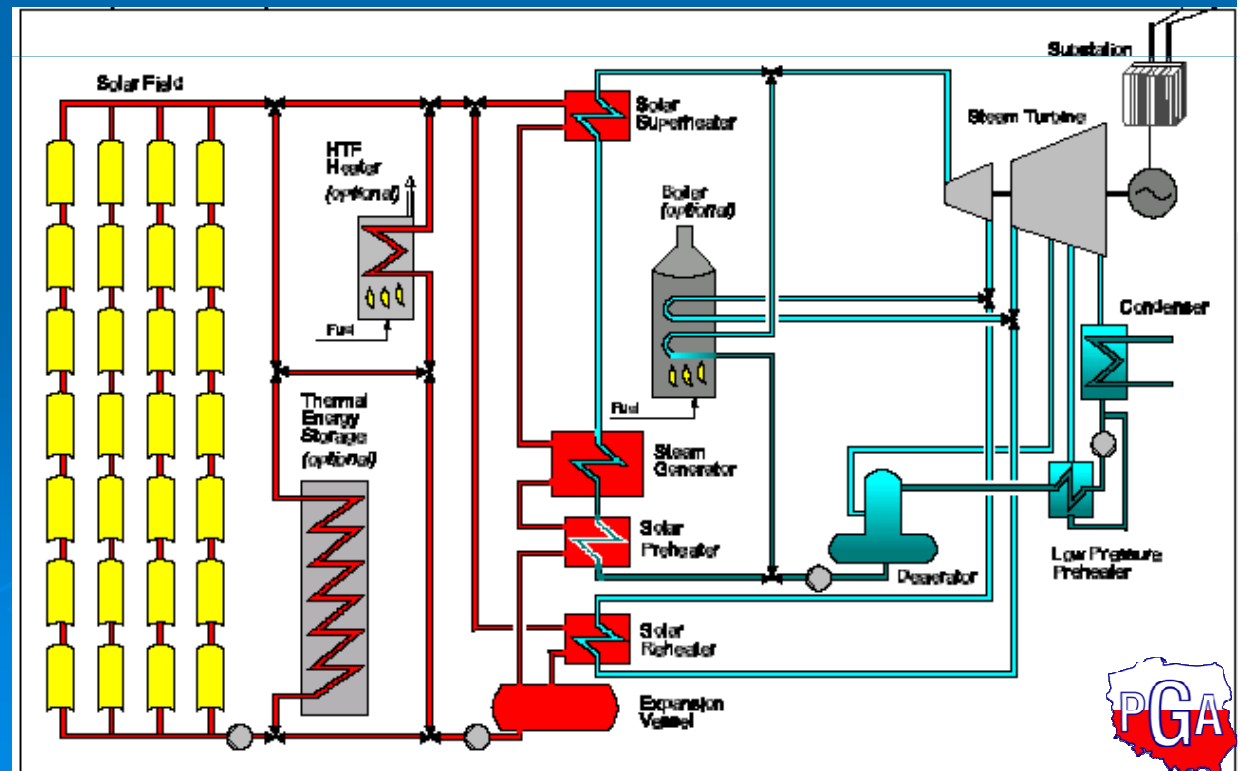
- Ogniwa fotowoltaiczne są bardzo bezpieczne i niezawodne
- Potencjał ogniw fotowoltaicznych jest znaczący nawet w krajach Europy Północnej
- Obecnie głównym czynnikiem ograniczającym tę technologię jest wysoki koszt modułów fotowoltaicznych i wyposażenia
- Ogniwa fotowoltaiczne można już wykorzystać w specjalistycznych zastosowaniach
- W perspektywie długoterminowej masowa produkcja i innowacje mogą wystarczająco zmniejszyć koszty, by ogniwa fotowoltaiczne były znaczącym źródłem energii odnawialnej.

# „Słoneczna” energia elektryczna – inne metody produkcji

## ✓ System rynny parabolicznej

- Paraboliczne systemy przepływowe skupiają energię słoneczną dzięki podłużnym, zakrzywionym zwierciadłom (w kształcie litery U).
- Technologia parabolicznych systemów przepływowych jest obecnie najlepiej sprawdzoną technologią produkcji elektryczności z energii słonecznej.

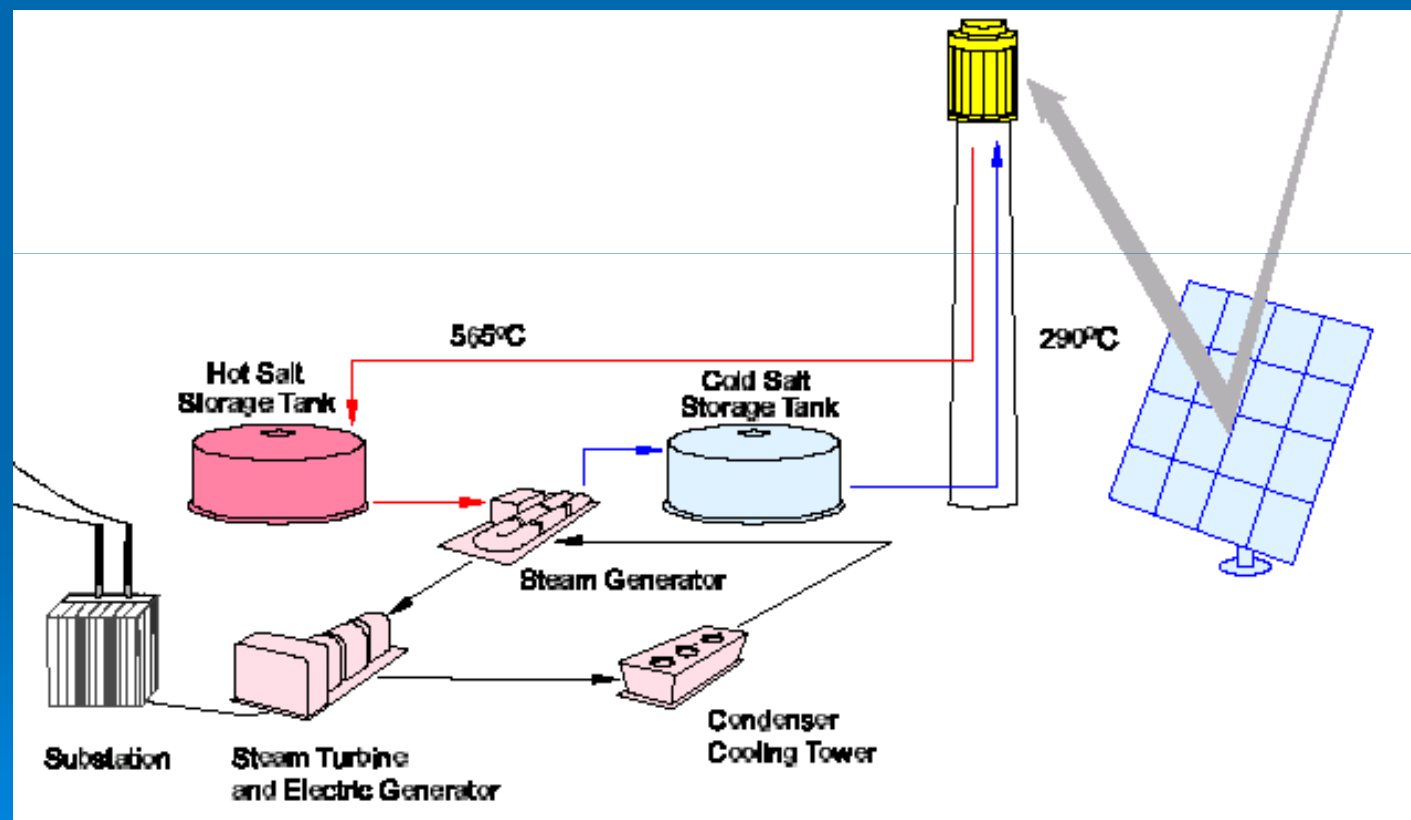
*Schemat konfiguracji  
parabolicznej  
słonecznej instalacji  
przepływowej  
/instalacji z systemem  
Rankina*



## ✓ Elektrownia wieżowa

- W elektrowni wieżowej wykorzystuje się dużą powierzchnię lustrzaną ("heliostaty"), skupiającą światło słoneczne na szczycie wieży, gdzie odbiornik się znajduje.

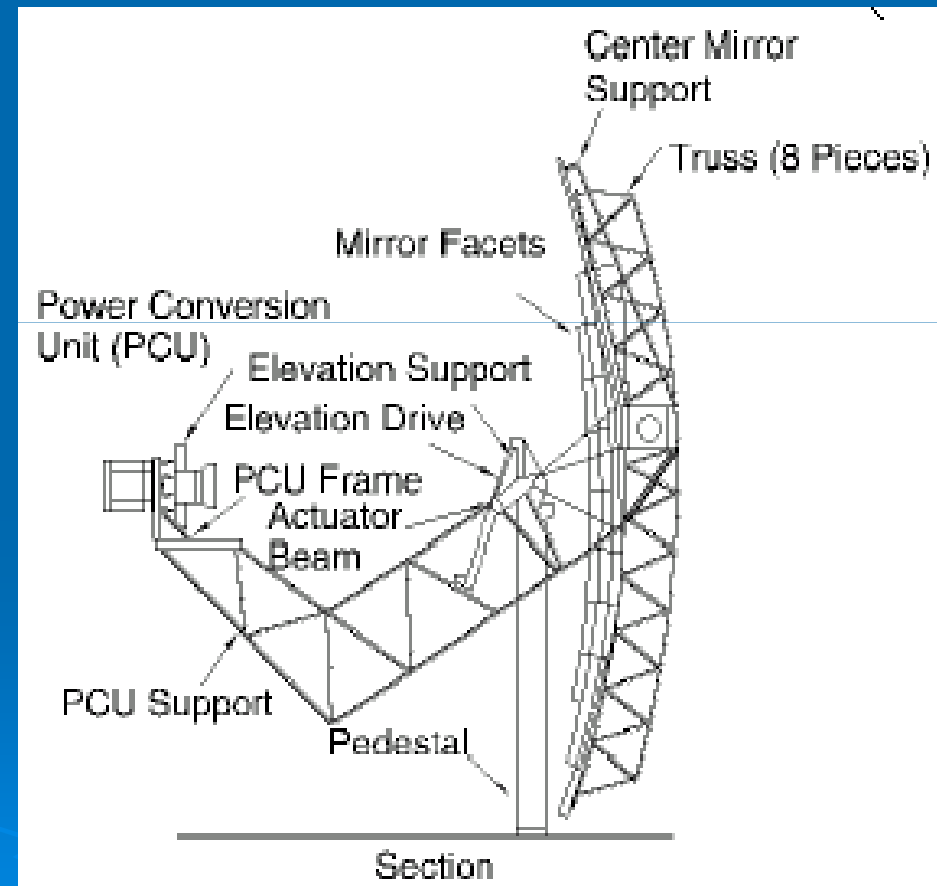
*Elektrownia  
wieżowa z  
zastosowaniem  
stopionej soli*



## ✓ Systemy paraboliczne / silnikowe

Układ paraboliczny/silnik (noszący także nazwę talerza parabolicznego) wykorzystuje pokryty zwierciadłami talerz, który przypomina ogromną antenę satelitarną.

- Charakterystyka systemów parabolicznych/silnikowych:
  - ✓ *Wysoka sprawność*
  - ✓ *Uniwersalność*
  - ✓ *Praca w układzie hybrydowym*



*A Dish/engine system section*



# Porównanie głównych technologii produkujących energię elektryczną przy zastosowaniu energii słonecznej



	<b>Paraboliczny system przepływowy</b>	<b>Paraboliczny talerz</b>	<b>Elektrownia wieżowa</b>
<b>Zastosowania</b>	Instalacje podłączone do sieci; ciepło technologiczne do zastosowania w przemyśle .	Małe siłownie autonomiczne; możliwość połączenia z siecią	Instalacje podłączone do sieci; ciepło technologiczne do zastosowania w przemyśle.
<b>Właściwości</b>	Energia dyspozycyjna w okresach obciążenia szczytowego; dostępna na rynku, doświadczenie zebrane podczas produkcji 4.500 GWh; praca w systemie hybrydowym (energia słoneczna/paliwa kopalne).	Energia dyspozycyjna, wysoka wydajność konwersji; modularność; praca w systemie hybrydowym (energia słoneczna/paliwa kopalne).	Energia dyspozycyjna w okresach obciążenia podstawowego; wysoka wydajność konwersji; magazynowanie energii; praca w systemie hybrydowym (energia słoneczna/paliw kopalne).

# Ekonomika słonecznych systemów ciepłych

## ✓ *Nakłady inwestycyjne w zakresie słonecznych systemów ciepłych*

- Koszty kompletnych słonecznych systemów ogrzewania wody różnią się w zależności od kraju; możliwe są nawet różnice w granicach jednego państwa. Koszty zależą od zapotrzebowania ciepłej wody i warunków klimatycznych na danym obszarze.
- podział kosztów przeciętnego (ze względu na wielkość) systemu do ogrzewania ciepłej wody użytkowej o naturalnym obiegu, na podstawie realnej ceny detalicznej (ESTIF) jest następujący:
  - ✓ Materiały: 33%,
  - ✓ Robocizna: 10%,
  - ✓ Promocja + wydatki ogólne: 43%,
  - ✓ Instalacja (robocizna i materiały): 14%
- Koszt całkowitego cyklu użytkowania słonecznego systemu ciepłego jest niższy od kosztu tradycyjnego systemu ogrzewania.
- Należy pamiętać, że czas zwrotu inwestycji jeśli chodzi o słoneczny system ogrzewania wody zależy od cen paliw kopalnych, które zastępują energię słoneczną.
- Inwestycja początkowa w instalacje słoneczne obejmuje cenę dostawy urządzeń i koszty instalacyjne. Całkowity koszt zainstalowanego wyposażenia  $C$  wynosi:

$$C = A * C_A + C_E$$

gdzie,

$C_A$ : koszt zależny od powierzchni kolektora,

$C_E$ : oraz koszt urządzeń, który nie jest zależny od pola powierzchni kolektora



## ✓ *Inne koszty związane z eksploatacją słonecznych systemów ciepłych*

- Należy przeprowadzić analizę ekonomiczną, która pozwoli określić, czy dany system słoneczny jest opłacalny ekonomicznie dla danego przedsięwzięcia .
- **Koszt eksploatacji** słonecznego systemu ciepłego jest niewielki w porównaniu z kosztami zakupu paliw kopalnych. Główne koszty eksploatacyjne obejmują: *koszty energii zużywanej przez sam, związane z napędem i sterowaniem systemu oraz koszty napraw i utrzymania*. Paliwa kopalne muszą być jednak dostarczane i płaci się za nie proporcjonalnie do zapotrzebowania na ciepło. Tak więc pośród korzyści użytkownika słonecznej instalacji grzewczej znajduje się oszczędność paliwa. Utrzymanie i ubezpieczenie to koszt powtarzalny utrzymania sprawności instalacji i ochrony przed pożarem lub innymi stratami.
- Wiele instalacji podlega **podatkom od nieruchomości**, co zwiększa całkowity koszt eksploatacji systemu ogrzewania słonecznego w stosunku do ogrzewania tradycyjnego.
- Natomiast **podatek dochodowy** zmniejsza koszt całkowitego cyklu eksploatacji w porównaniu z systemem tradycyjnym.
- **Koszt energii wspomagającej** to wydatki na paliwo do uruchomienia wspomagającego /zapasowego źródła energii, jeśli powstanie taka potrzeba. .
- Obsługa pomp, dmuchaw i urządzeń sterujących wymaga **własnego zużycia energii**, zwykle energii elektrycznej .

# Główne czynniki ryzyka słonecznych systemów ciepłych

## ✓ *Właściwe dobranie wielkości jako środek redukujący ryzyko*

- Ponieważ słoneczne instalacje grzewcze są stosunkowo drogie, to dobranie ich wielkości ma wielkie znaczenie i nie powinny być projektowane rutynowo.
- Konieczne jest dokładne określenie wielkości inwestycji na podstawie ekonomicznych metod optymalizacji by określić ekonomiczny koszt instalacji dla danego zastosowanie: „Konieczne jest określenie punktu, w którym suma dwóch kosztów, systemu wykorzystującego energię słoneczną i systemu wykorzystującego inne źródło energii, zostaje zminimalizowana”.
- Procedura optymalizacji jest ułatwiana poprzez zastosowanie metod optymalizacji. wymaga danych wejściowych do obliczenia zapotrzebowania budynku na energię do ogrzewania i ciepłą wodę użytkową.
- Optymalizacja ekonomiczna wymaga także wyznaczenia szeregu parametrów projektowych instalacji słonecznej, od których zależy wydajność systemu. Trzeba także wziąć pod uwagę koszty i parametry ekonomiczne związane z takimi działaniami.
- Optymalną pod względem ekonomiczną wielkość kolektora można określić poprzez określenie kosztów całkowitego cyklu eksploatacji alternatywnego systemu o danej wielkości oraz oszczędności w okresie eksploatacji związane ze sprawnością systemu o każdej wielkości.

## ✓ *Zmniejszanie ryzyka*

- Osoba decydująca nie narazi się na ryzyko, jeśli wybierze doskonale opracowany projekt systemu energetycznego i wydajną instalację ciepłą wody użytkowej i elementów.
- Niezawodność obecnej generacji instalacji została sprawdzona, czas działania określa się na 15-20 lat.
- Z powodów technicznych instalacja systemów podczas budowy lub przebudowy istniejącego systemu lub budynku jest znacznie bardziej efektywna i tańsza.
- Ponadto opracowano program **Gwarancji dla produkcji systemów słonecznych** ("Guarantee of Solar Results" (GSR)), wspierany przez producentów instalacji słonecznych i UE, którego celem jest wyeliminowanie postrzeganego ryzyka niskiej wydajności oraz poprawa usług w zakresie energii (ogólnie). W systemie tym dostawcy zawierają umowę na wypłatę klientom rekompensat, jeśli dany system każdego roku nie dostarczy wyznaczonej minimalnej ilości energii
- Ogólnie rzecz biorąc, **umowy zawierane z firmami typu ESCO** stanowią preferowaną opcję dostawy ciepła słonecznego przez instalacje centralnego ogrzewania
- „**Program finansowania przez stronę trzecią**” (TPF) jest zasadniczo stosowany w działaniach na dużą skalę, obejmujących produkcję ciepłej wody użytkowej (np. stosowanej w przemyśle jako ciepło technologiczne).

## ➤ Program finansowania przez stronę trzecią obejmuje:

- dostarczenie przez wyspecjalizowaną inżynierską firmę zajmującą się instalacjami słonecznymi (zwaną dalej Biurem Projektu) pakietu usług projektowych i konstrukcyjnych
- zwrot zainwestowanego kapitału proporcjonalnie do ilości zmierzonej energii słonecznej dostarczonej użytkownikowi, według ustalonych stawek
- Biuro Projektu zapewnia techniczne doświadczenie i prowadzi "działalność" w zakresie inwestycji w celu dostarczenia użytkownikowi energii cieplnej uzyskanej przy udziale energii słonecznej
- Przez cały okres programu eliminuje się przeszkody dotyczące rozwoju rynku, poprzez pełne przeniesienie technicznych i finansowych czynników ryzyka na Biuro Projektu którymi są:
  - ✓ *techniczne umiejętności skutecznego projektowania, instalowania i utrzymania instalacji słonecznej*
  - ✓ *umiejętności gromadzenia zbierania kapitału przy niższych cenach tego kapitału; dotyczy to zwykle instytucji finansowych*
- ❖ *Program finansowania przez stronę trzecią w połączeniu z „gwarantowaną sprawnością może służyć wyeliminowaniu postrzeganego ryzyka projektu.*

# Ekonomika systemów fotowoltaicznych

## ✓ *Nakłady inwestycyjne systemów fotowoltaicznych*

- ❖ Nakłady inwestycyjne systemu fotowoltaicznego są zwykle mierzone w: cenie wata szczytowego tzn. €/Wp  
**„Wat szczytowy” to moc użyteczna w standardowych warunkach testowych”**
- ❖ Główne czynniki mające wpływ na nakłady inwestycyjne przygotowanych „pod klucz” systemów fotowoltaicznych (zastosowania w budownictwie):
  - Wielkość instalowanego systemu
  - Liczba systemów fotowoltaicznych zainstalowanych jednorazowo.
  - Etap instalowania systemu – montaż podczas budowy lub w trakcie modernizacji.
  - Dostęp do miejsca instalowania systemu fotowoltaicznego.
  - Zastosowanie typowego modułu fotowoltaicznego ma decydujący wpływ na koszty .

## ✓ *Inne koszty ponoszone w trakcie eksploatacji systemów fotowoltaicznych*

- Przewidywany okres eksploatacji systemów fotowoltaicznych wynosi **30 lat**
- Analiza cyklu całkowitego użytkowania produktu (LCC) przedstawia całkowity koszt systemu fotowoltaicznego - włączając w to wszystkie wydatki poniesione przez cały okres użytkowania systemu.
- **Koszty całkowitego cyklu użytkowania systemu fotowoltaicznego obejmują:**
  - ✓ koszty kapitałowe modułów i BOS,
  - ✓ koszty przygotowania miejsca inwestycji, projektu systemu i dokumentacji technicznej
  - ✓ koszty robocizny podczas instalacji, pozwolenia, koszty eksploatacji i utrzymania.
- **Koszty całkowitego cyklu użytkowania** w odniesieniu do energii elektrycznej produkowanej przy pomocy ogniw fotowoltaicznych mieszczą się zwykle w zakresie od 0,20 €/kWh do 0,50 €/kWh, w zależności od nasłonecznienia i przyjętych założeń finansowych.
- **Koszty eksploatacji i utrzymania instalacji fotowoltaicznych** mogą być znaczące, mogą one jednak różnić się znacznie, od zaledwie 0,01 €/kWh aż do 0,10 €/kWh.
- **Planowane utrzymanie systemów fotowoltaicznych** obejmuje głównie mycie modułów w celu usunięcia zabrudzeń i pyłu.
- **Nieplanowane utrzymanie** jest wymagane jeśli potrzebna jest wymiana całych falowników, bezpieczników, zresetowania wyłączników automatycznych i aktualizacji oprogramowania.

## Główne elementy ryzyka

Przed finansowaniem systemu fotowoltaicznego należy spełnić trzy główne wymagania:

- **Techniczna wykonalność:**

przedsięwzięcie wykonalne technicznie to przedsięwzięcie, które zostanie zrealizowane zgodnie z harmonogramem w granicach przeznaczonego na nie budżetu a jego wydajność będzie zgodna z projektem.

- **Wykonalność ekonomiczna:**

*Przedsięwzięcie wykonalne ekonomicznie to przedsięwzięcie, w wyniku którego zostaną uzyskane wystarczające przepływy środków pieniężnych, by pokryć koszty kapitału.*

- **Wiarygodność kredytowa:**

Przedsięwzięcie charakteryzujące się zdolnością kredytową nawet w miarę niesprzyjających warunkach zapewni wystarczające przepływy środków pieniężnych, by pokryć koszty operacyjne i obsługę długu.

## ❖ Czynniki mające wpływ na konkurencyjność systemów produkcji energii z energii słonecznej i oddziałujące na zakup energii przez klientów i decyzje inwestorów:

- cena w przeliczeniu na wat wyprodukowany przez instalację fotowoltaiczną (włączając w to wszystkie elementy i obsługę) ,
- stawka podatku od ceny zainstalowanego systemu,
- stosowane przez władze bodźce mające na celu zmniejszenie ceny zakupu zainstalowanego systemu,
- zachęty firmy (np. zmniejszenie oprocentowania pożyczek) mające na celu przyciągnięcie klientów,
- stawki stosowane przy zakupie do sieci energii pochodzącej z instalacji słonecznej,
- okres użytkowania system i utrata wydajności w czasie,
- potencjał słoneczny (ilość światła słonecznego na dzień),
- dostępność i koszt miejsca do zamontowania instalacji,
- cena lub koszt alternatywnej energii,
- oprocentowanie.

## ✓ *Ryzyko dotyczące zasobów, technologii i działania*

- Ryzyko związane z zasobami jest marginalne. Ryzyko związane z czynnikami technicznymi i eksploatacyjnymi jest bardzo małe, gdyż na ogół producent udziela dwudziestopięcioletniej gwarancji .
- Względnie niska sprawność systemów w przypadku strat poprzez elementy systemu bilansującego (BOS) (nieoptymalna praca falowników, strata na przewodach i akumulatorach), zacienienie, niedopasowanie modułów fotowoltaicznych , nagromadzenie zabrudzeń lub śniegu, jak również nieoptymalne ustawienie.
- W niektórych przypadkach czynnikiem ograniczającym są wymagania dotyczące powierzchni dla paneli fotowoltaicznych .

## ✓ *Ryzyko finansowe*

- Wysoki początkowy koszt inwestycji i powiązany z tym czasowy profil ryzyka dla projektów fotowoltaicznych.
- Instalacja fotowoltaiczna wymaga około 90% nakładów na samym początku, bo samo źródło energii jest dostępne „za darmo”.
- Brak obeznania z systemami fotowoltaicznymi i braku koordynacji instalacji tych systemów z budową domu, stosowanie niestandardowych części i systemów, niezwiązane z nimi czynniki ogólne.
- Procedury i koszty związane z połączeniem z siecią, mogą być długotrwałe i wysokie. W ich skład mogą wchodzić opłaty przyłączeniowe, opłaty za kalibrację opomiarowania, projekty techniczne i koszty opracowań, ubezpieczenia od odpowiedzialności, prawo dostępu do nieruchomości, rekompensaty prawne, monitoring i dodatkowe urządzenia ochronne.
- Znaczące zwiększenie oprocentowania znacznie zmniejszy konkurencyjność cen prądu z systemów fotowoltaicznych w porównaniu z cenami prądu z sieci w przypadku, gdy koszty systemu fotowoltaicznego są pokrywane z pożyczek bankowych.

## ✓ *Ryzyko związane z regulacjami prawnymi*

- Ryzyko związane ze zmianą przepisów wskutek zmian polityki rządu w sektorze energetycznym - rynek ogniw fotowoltaicznych jest wspierany przez politykę ekologiczną.
- W wielu państwach europejskich wprowadzono na odnawialne źródła energii lub instalacje fotowoltaiczne przesyłające do sieci prąd wytworzony przez małe generatory do sieci stałe stawki za energię oddawaną do sieci. Na ogół stawki te są wyższe od standardowych stawek hurtowych za energię, które by płacono w innym przypadku i skutecznie stymulowały rynek instalacji fotowoltaicznych, zwłaszcza jeśli stawki są zagwarantowane na tak długi okres, by można było osiągnąć akceptowany zwrot inwestycji.
- Możliwość korzystania ze stawek standardowych eliminuje niepewność występującą na etapie studium wykonalności dla nowych projektów i zmniejsza czas i koszty, które byłyby w innym przypadku związane z negocjowaniem taryf. W celu pobudzenia miejscowej branży instalacji fotowoltaicznych i innych źródeł energii odnawialnego oraz obniżenia kosztów, na niektórych obszarach wprowadzono stawki wyższe od taryf detalicznych.

# RETScreen

Ocena projektów Czystej Energii





# Solarne podgrzewanie powietrza

## Ocena projektu

RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

Szkolenie w zakresie oceny projektów Czystej Energii



System solarnego podgrzewania wody, Quebec, Kanada



Zdjęcie: Conservall Engineering

© Ministerstwo Zasobów Naturalnych Kanady 2001–2006.

# Zagadnienia



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Podstawy systemów solarnego podgrzewania powietrza (SPP)
- Prezentacja kluczowych kwestii w analizie projektów SPP
- Wprowadzenie do modułu solarnego podgrzewania powietrza programu RETScreen®



# Co zapewniają systemy SPF



RETSCREEN® INTERNATIONAL

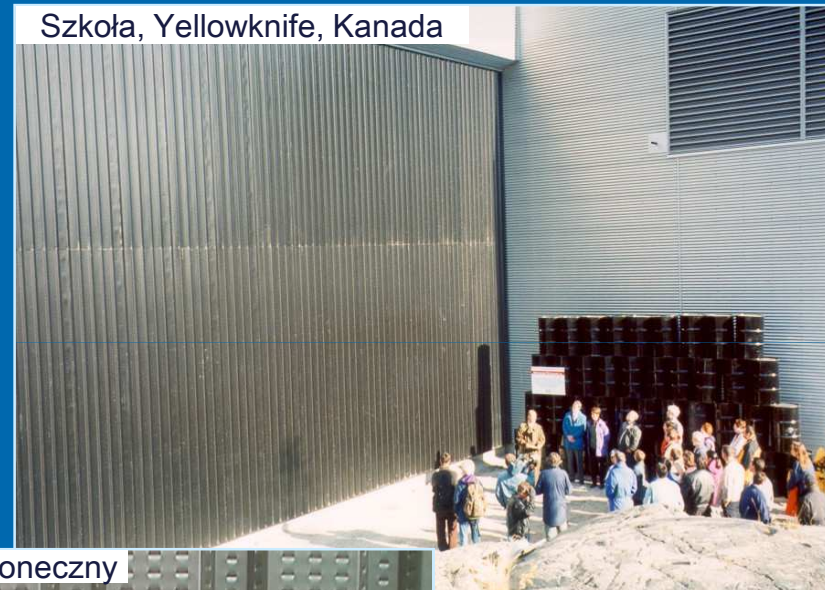
www.retscreen.net

- Ciepłe powietrze wentylacyjne
- Ciepłe powietrze technologiczne

...ale także...

- Zwiększenie odporności budynku na warunki pogodowe
- Zmniejszenie strat ciepła przez ściany zewnętrzne
- Zmniejszenie efektu stratyfikacji
- Lepsza jakość powietrza
- Ograniczenie problemów związanych z ciśnieniem

Szkoła, Yellowknife, Kanada



Zdjęcie: Arctic Energy Alliance

Kolektor słoneczny



Zdjęcie: Enermodal Engineering



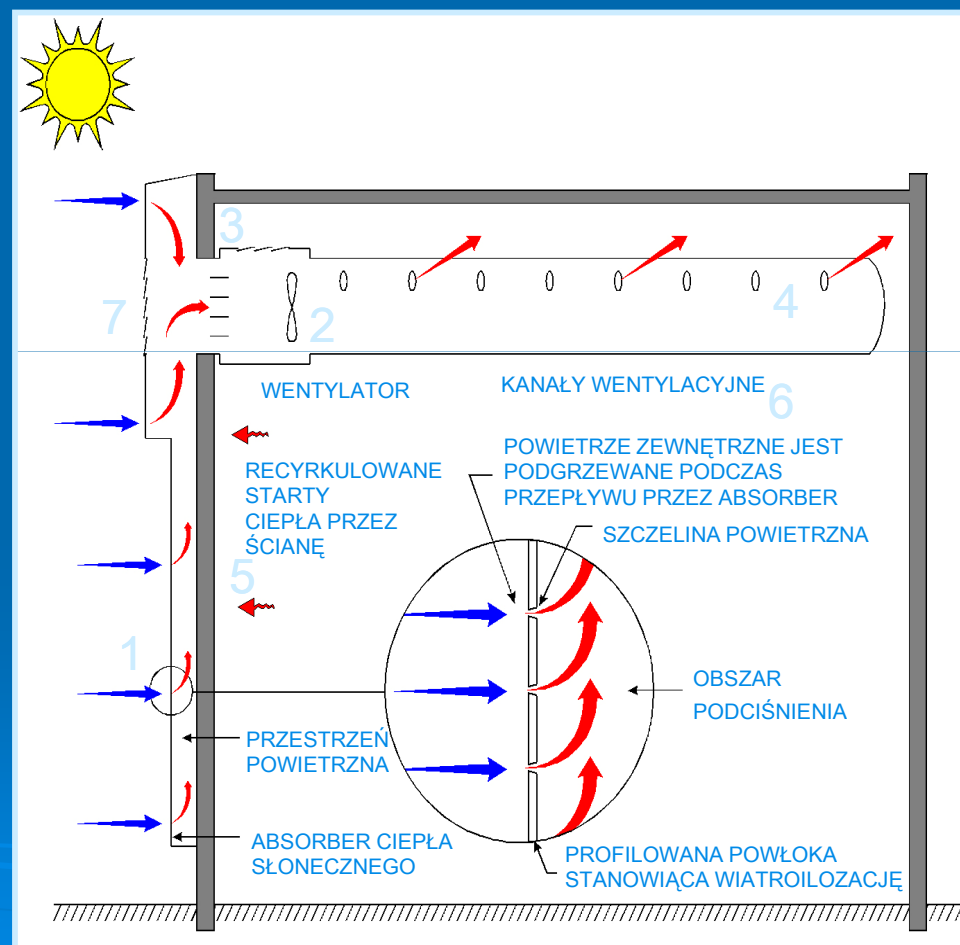
# Działanie systemu SPP



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

1. Ciemny, perforowany absorber pochłania energię słoneczną
2. Wentylator wymusza przepływ powietrza przez kolektor
3. Regulacja temperatury
  - ▶ Żaluzje
  - ▶ Dogrzewanie
4. Rozprowadzanie powietrza w budynku
5. Odzyskiwanie strat ciepła przez ściany zewnętrzne
6. Zmniejszenie gradientu temperatur
7. Żaluzja obejścia letniego



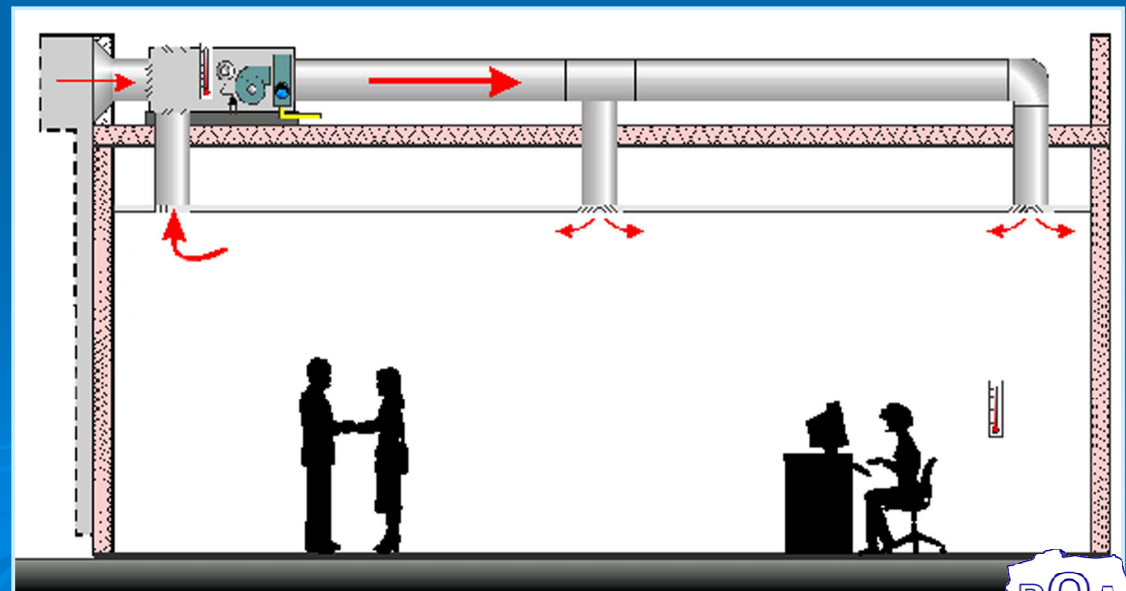
# Komercyjne/mieszkańcowe systemy SPP



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Dwa typy systemów
  - ▶ System wentylacyjny (mieszkania i szkoły)
  - ▶ Ogrzewanie, chłodzenie i wentylacja przy 10-20% udziale powietrza świeżego
- Kolektor podłączony do konwencjonalnej instalacji wentylacyjnej
- Dogrzewanie ciepłem konwencjonalnym w razie potrzeby
- Występuje gradient temperatury
- Rekuperator pozwala na zwiększenie udziału powietrza świeżego



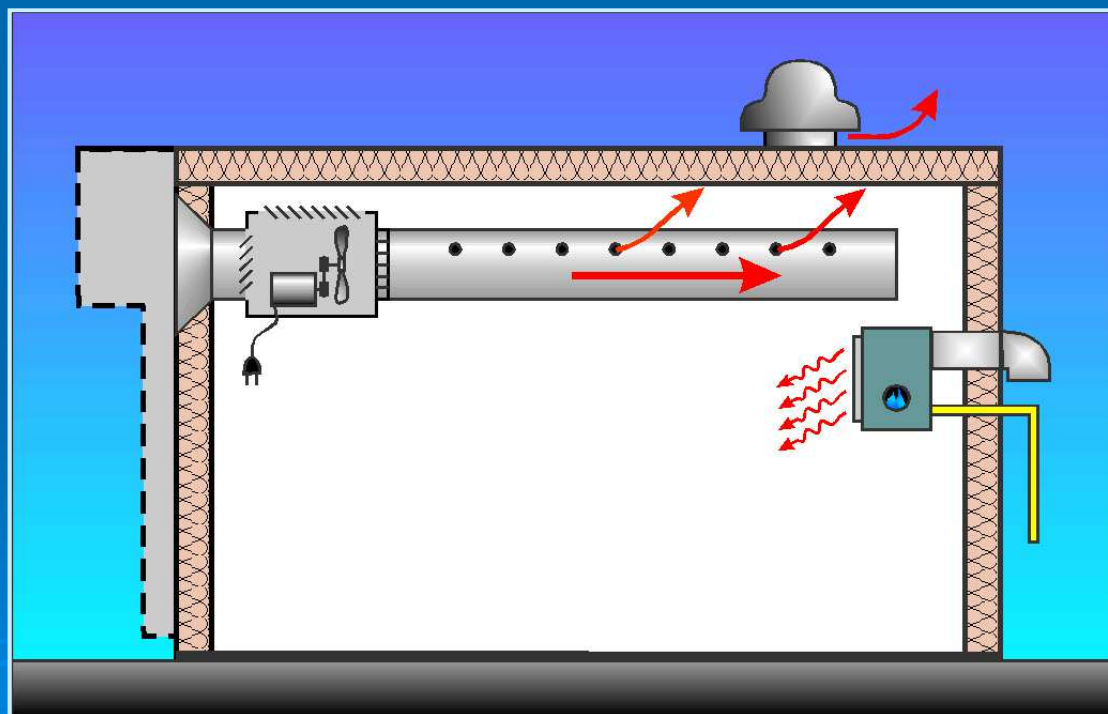
# Przemysłowe systemy SPP



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Wentylacja powietrza w fabrykach, magazynach, itp.
- Zwykle kanały wentylacyjne rozprawdają powietrze przy suficie
- Regulacja temperatury: mieszanie powietrza świeżego z wtórnym, w razie potrzeby dogrzewanie
- Cyrkulacja konwekcyjna: chłodne powietrze miesza się z ciepłym powietrzem przy suficie i opada



# Systemy SPP dla ciepła technologicznego



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Kolektor montowany na każdej dogodnej powierzchni
- Powietrze z kolektora doprowadzane do procesu kanałami
- Możliwość regulacji temperatury poprzez
  - ▶ Podgrzewacz konwencjonalny
  - ▶ Żaluzję {przepustnicę} obejściową
- Suszarnie
  - ▶ Wymagana niższa temperatura aby nie zniszczyć zbiorów
- Wstępny podgrzew powietrza w procesach przemysłowych

Suszarnia herbaty, Zachodnia Java, Indonezja



Zdjęcie: Conserval Engineering

# Ilość energii słonecznej a potrzeby ciepłej wentylacji

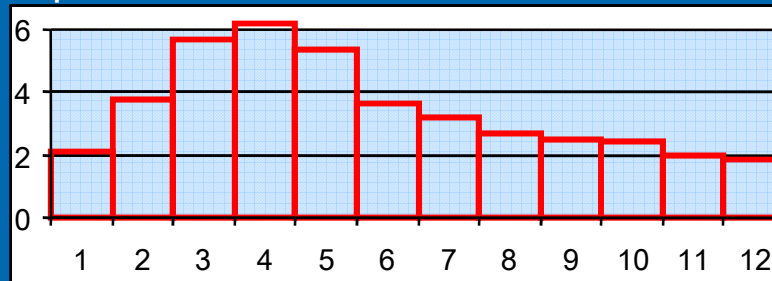


RETScreen® INTERNATIONAL

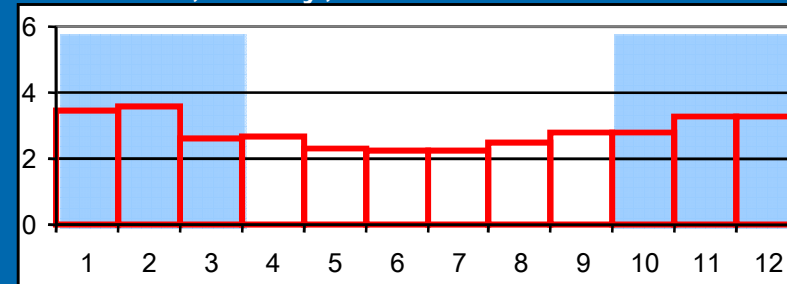
www.retscreen.net

Ilość godzin szczytowego dziennego promieniowania  
słonecznego na płaszczyznę kolektora

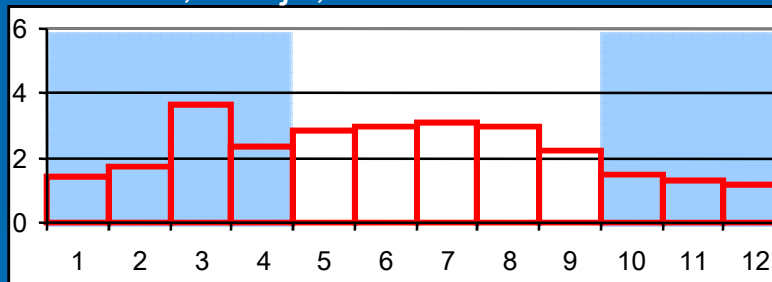
Iqaluit, Kanada, 64°N



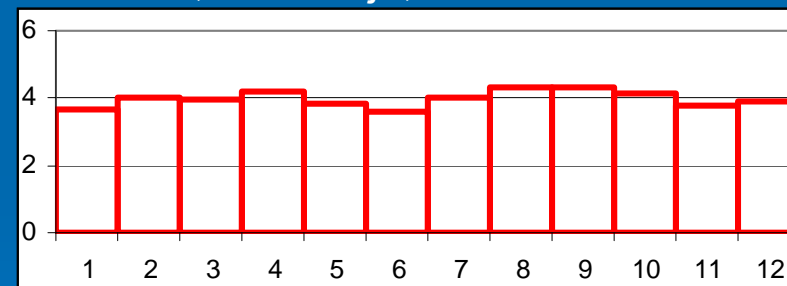
Lanzhou, Chiny, 36°N



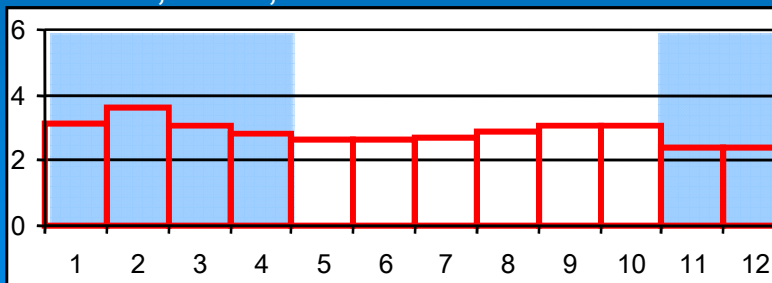
Moskwa, Rosja, 55°N



Dżakarta, Indonezja, 6°S



Buffalo, USA, 43°N



- ▶ Miesiące ze średnią temperaturą  $<10^{\circ}\text{C}$  są zaciemnione
- ▶ Pionowe usytuowanie powierzchni kolektora; wyjątek: Dżakarta (poziome)
- ▶ Częściowe pokrycie zapotrzebowania miesięcznego



# Koszty i oszczędności z systemów SPP



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net



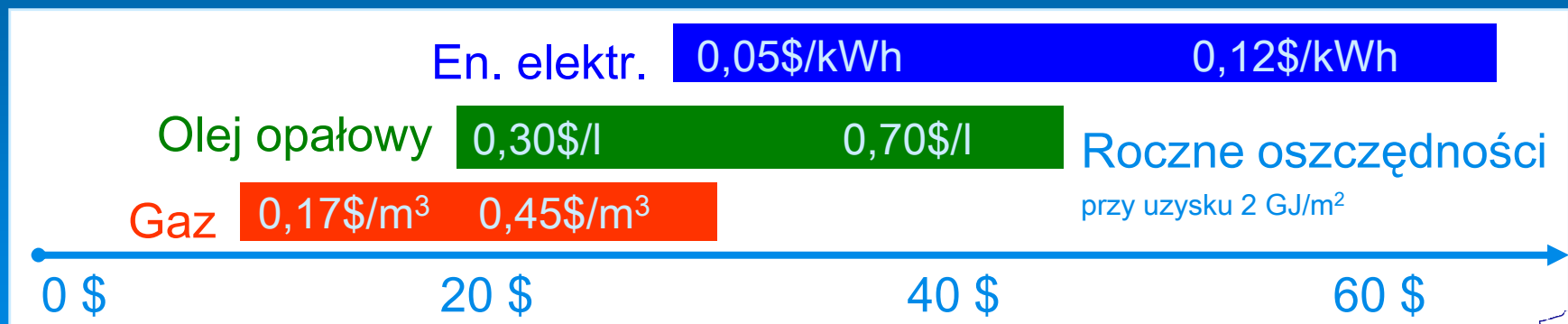
1 m<sup>2</sup> kolektora

Zaabsorbowana energia:

- ▶ od 1 do 3 GJ/m<sup>2</sup>rok

Koszty instalacji:

- ▶ Kolektor: 100 \$ do 250\$/m<sup>2</sup>
- ▶ System wentylacyjny: 0 \$ do 100\$/m<sup>2</sup>
- ▶ Razem: 100 \$ do 350\$/m<sup>2</sup>  
*minus koszt tradycyjnej fasady*



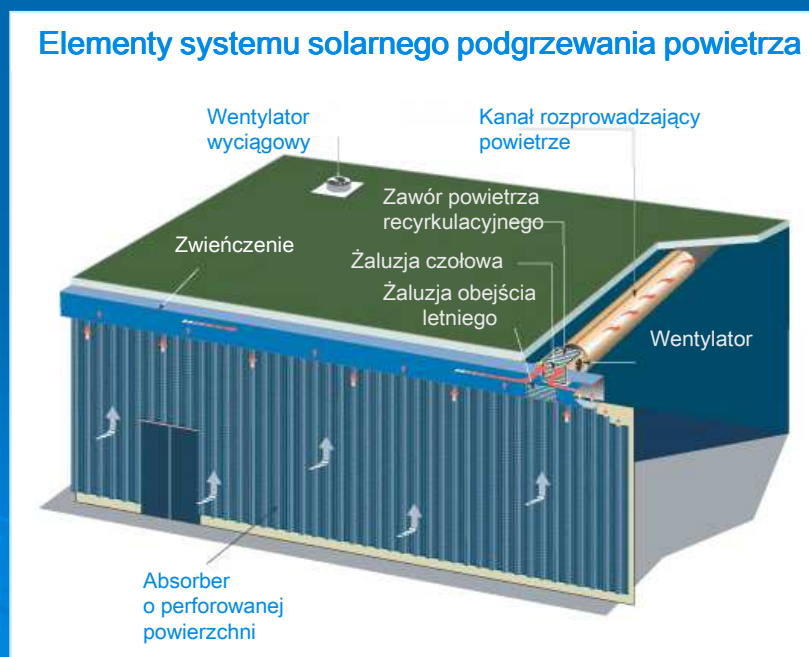
# Uwarunkowania projektu solarnego podgrzewania powietrza



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Najbardziej opłacalne w nowowznoszonych budynkach i kompleksowych modernizacjach
  - Uniknięte koszty elewacji
  - Łatwość dostosowania systemu wentylacji do potrzeb systemu SPP
- Współczynnik absorpcji dla ciemnych kolorów wynosi 0,80-0,95
  - Koncepcja architektoniczna może mieć bardzo istotne znaczenie
  - Większe wykorzystanie obiektu zwiększa opłacalność
  - Możliwość montażu wokół okien i drzwi
  - Możliwość wykorzystania istniejących wentylatorów i kanałów
  - Niskie lub brak dodatkowych kosztów konserwacji



Rysunek: NRCan



# Przykłady: Kanada i USA

## Podgrzewanie ciepła wentylacyjnego



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Poprawa jakości powietrza niewielkim kosztem
- Zakres wielkości od kilku m<sup>2</sup> do 10 000 m<sup>2</sup>
- Kanały powinny być montowane blisko ściany południowej
- Okres zwrotu wynosi zwykle 2 do 5 lat
- Zazwyczaj okres zwrotu dla systemów przemysłowych jest krótszy

Budynek mieszkalny,  
Ontario, Kanada



Brązowy kolektor na budynku  
przemysłowym, Connecticut, USA



Przenośna sala lekcyjna, Ontario, Kanada



Zdjęcie: Conserval Engineering

Zdjęcie: Conserval Engineering



# Przykład: Indonezja

## Ciepło technologiczne



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Zwykle system ze stałym natężeniem przepływu powietrza i prostą regulacją
- Używane do suszenia plonów rolnych zbieranych w ciągu całego roku
- Najlepiej gdy sezon letni zbiega się z okresem zbiorów

Suszarnia herbaty, Zachodnia Java, Indonezja



Zdjęcie: Conserval Engineering

# RETScreen<sup>®</sup> Moduł solarnego podgrzewania powietrza



RETSCREEN<sup>®</sup> INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Analiza produkcji energii w dowolnym miejscu na świecie, koszty w okresie żywotności i redukcja emisji gazów cieplarnianych



- Powietrze wentylacyjne
- Ciepło technologiczne
- Odzysk ciepła
- Zmniejszenie gradientu temperatury
- Tylko 12 danych niezbędnych dla RETScreen<sup>®</sup> w porównaniu z zestawem 8 760 danych potrzebnych w godzinowych modelach symulacyjnych
- Obecnie model nie ma zastosowania dla:
  - Zaawansowanych systemów HRV
  - Technologii innych niż Solarwall<sup>®</sup>
  - Niezrównoważonych systemów wentylacyjnych

RETScreen<sup>®</sup> Energy Model - Solar Air Heating Project [Training & Support](#)

Units:

Site Conditions	Estimate	Notes/Range
Project name	Example	<a href="#">See Online Manual</a>
Project location	Iqaluit, Canada	
Nearest location for weather data	Iqaluit A, NT / NWT	➔ <a href="#">Complete SB sheet</a>
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m <sup>2</sup> 1,26	
Annual average temperature	°C -9,5	
Annual average wind speed	m/s 4,4	

System Characteristics	Estimate	Notes/Range
Heating application type	Ventilation air	
<b>Base Case Heating System</b>		
Heating fuel type	Diesel (#2 oil)	
Heating system seasonal efficiency	75%	0% to 350%
<b>Building</b>		
Building type	Commercial	
Maximum delivered air temperature	40,0	10,0 to 60,0
RSI-value of building wall	m <sup>2</sup> - °C/W 2,1	0.1 to 10.0
<b>Airflow Requirements</b>		
Design airflow rate	m <sup>3</sup> /h 72,000	50 to 1,000,000
Operating days per week	d/w 7,0	1.0 to 7.0
Operating hours per day	h/d 24,0	5.0 to 24.0
<b>Solar Collector</b>		
Design objective	High efficiency	
Collector colour	Black	<a href="#">See Product Database</a>
Solar absorptivity	0,95	0.20 to 0.99
Suggested solar collector area	m <sup>2</sup> 500	
Solar collector area	m <sup>2</sup> 500	
Percent shading during season of use	% 0%	0% to 50%
SAH fan flow rate	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> 144	
Average air temperature rise	°C 6,1	
Incremental fan power	W/m <sup>2</sup> 1,0	0.0 to 7.0

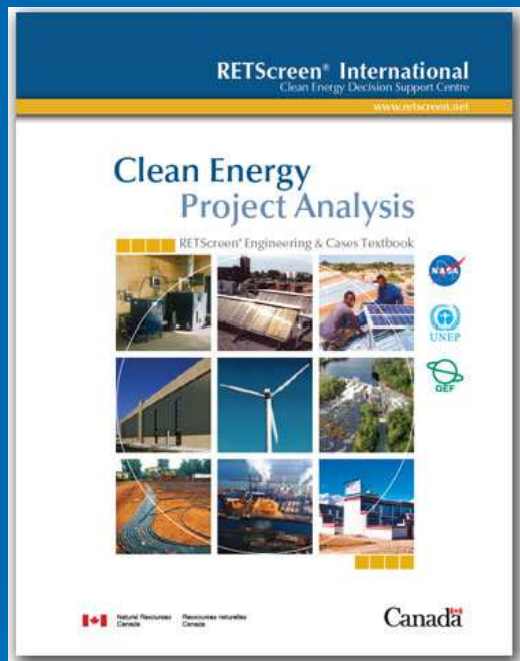
  

Annual Energy Production (10.0 months analysed)	Estimate	Notes/Range
Incremental fan energy	MWh 3,6	
Specific yield	kWh/m <sup>2</sup> 964	
Collector efficiency	% 79%	
Solar availability while operating	% 86%	
Renewable energy collected	MWh 425,9	
Building heat loss recaptured	MWh 55,9	
Renewable energy delivered	MWh 481,8	
	GJ 1734,5	

[Complete Cost Analysis sheet](#)

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997 - 2004. NRCan/CETC - Varennes

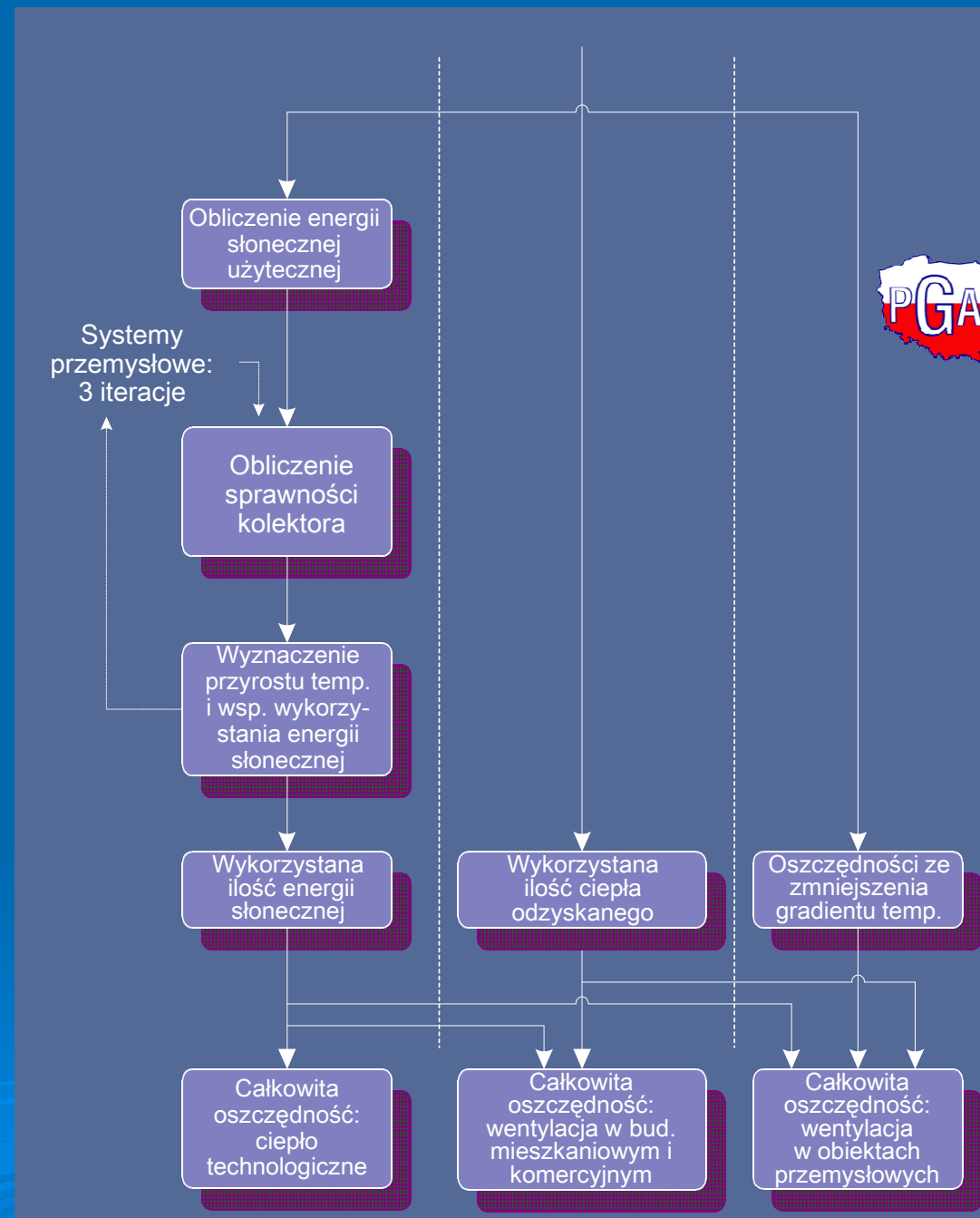
# RETScreen<sup>®</sup> SPP Obliczenia energetyczne



[Sprawdź e-Podręcznik](#)

Ocena projektów w zakresie Czystej Energii:  
RETScreen<sup>®</sup> Projektowanie i Przykłady

Rozdział: Solarne podgrzewanie powietrza



# Przykłady weryfikacji modelu RETScreen® SPP



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

Porównanie z SWift™	RETScreen	SWift	Różnica
	[kWh/m <sup>2</sup> /d]	[kWh/m <sup>2</sup> /d]	
<b>Toronto, Ontario, Kanada</b>			
Przemysł (Duży wzrost temperatury)	1,23	1,21	2%
Przemysł (Wysoka sprawność)	1,64	1,79	-8%
Bud. komercyjny (Wysoka spr.)	1,39	1,28	9%
<b>Winnipeg, Manitoba, Kanada</b>			
Przemysł (Duży wzrost temperatury)	1,4	1,64	-15%
Przemysł (Wysoka sprawność)	2,00	2,20	-9%
Bud. komercyjny (Wysoka spr.)	2,03	1,93	5%



# Wnioski

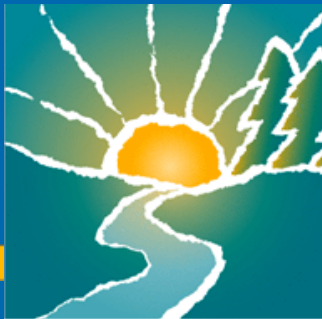


RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Systemy SAH zapewniają wentylację i ciepło technologiczne
- Zapotrzebowanie na ciepłe powietrze wentylacyjne czyni możliwym wykorzystanie energii słonecznej niemal na całym świecie
- SAH służące jako ochrona przed warunkami atmosferycznymi oraz wspomaganie konwencjonalnego systemu wentylacji
- Dla systemów SAH, RETScreen® wyznacza
  - Pozyskaną energię, sprawność i przyrost temperatury
  - Odzysk strat ciepła przez ścianę zewnętrzną
  - Zmniejszenie strat ciepła wynikające z cyrkulacji konwekcyjnej
- RETScreen® przeprowadza analizę roczną w oparciu o obliczenia miesięczne co pozwala uzyskać dokładność obliczeń porównywalną z godzinowymi modelami symulacyjnymi
- RETScreen® pozwala znacznie obniżyć koszty opracowania wstępnego studium wykonalności





# Solarne podgrzewanie wody

## Ocena projektu

RETSCREEN® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

Szkolenie w zakresie oceny projektów Czystej Energii



Kolektory płaskie, Ontario, Kanada



Zdjęcie: NRCan



# Zagadnienia



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Podstawy systemów solarnego podgrzewania wody (SPW)
- Prezentacja kluczowych kwestii w analizie projektów SPW
- Wprowadzenie do modułu SPW programu RETScreen®



# Co zapewniają systemy SPW?



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Ciepła woda użytkowa
- Ciepło procesowe
- Podgrzewanie wody basenowej

*...ale również...*

- Zwiększona rezerwa ciepłej wody
- Wydłużenie sezonu pływackiego (podgrzewanie basenu)

Centrum konferencyjne, Bethel, Lesoto



Zdjęcie: Vadim Belotserkovsky

Budownictwo mieszkaniowe, Kungsbacka, Sweden



Zdjęcie: Alpo Winberg/ Solar Energy Association of Sweden

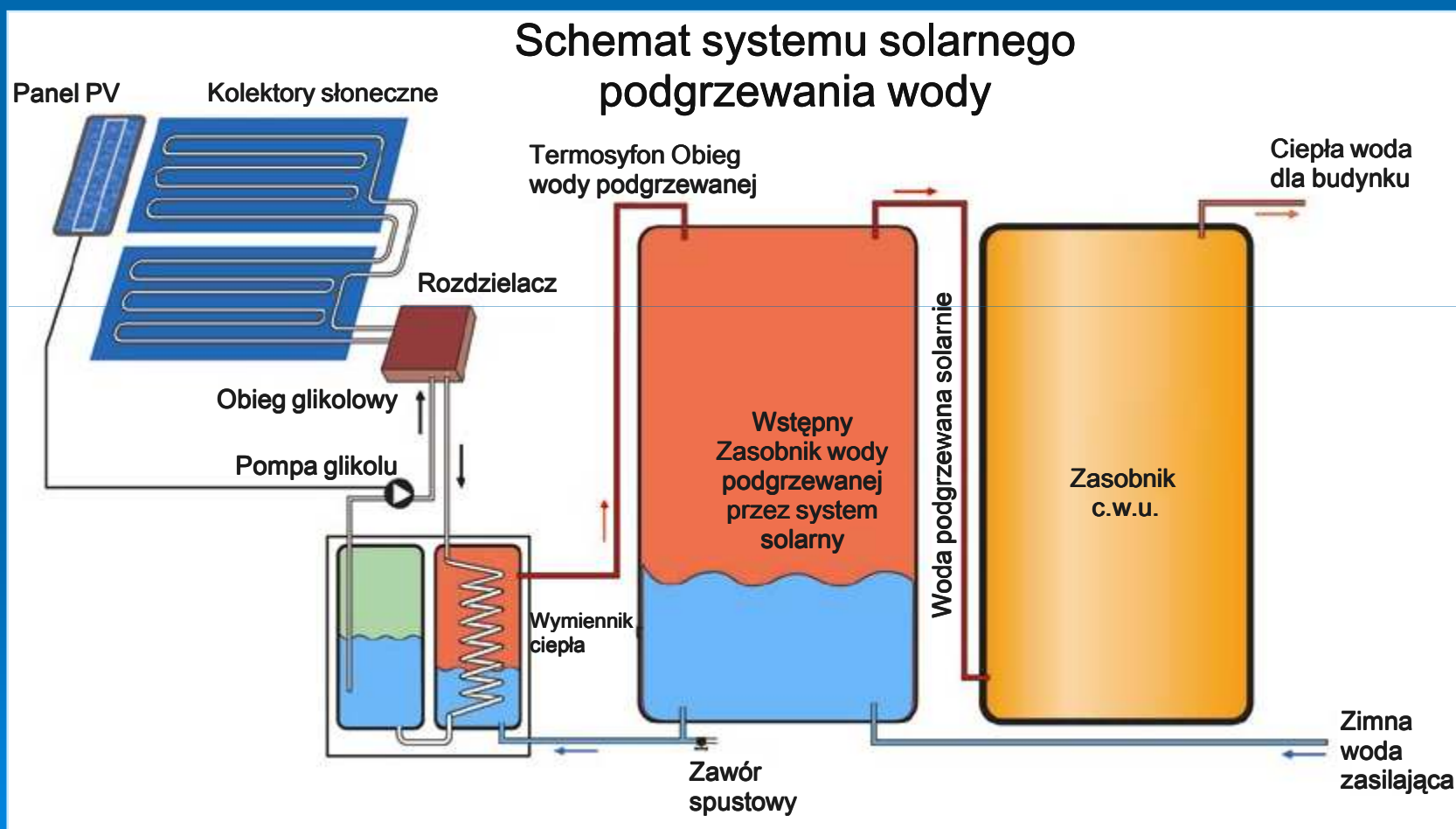


# Elementy systemów SPW



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net



Rysunek: NRCan



# Kolektory słoneczne odkryte

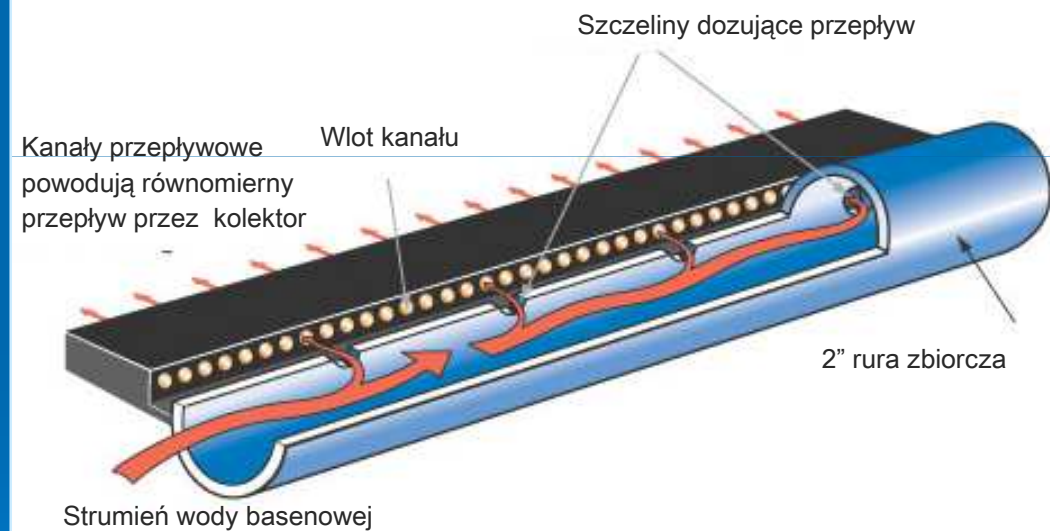


RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Niska temperatura
- Niska cena
- Trwały
- Lekki
- Sezonowe podgrzewanie wody basenowej

## Kolektor solarny nieoszkłony



Rysunek: NRCan

- Niskie ciśnienie
- Mała wydajność przy chłodnej i wietrznej pogodzie



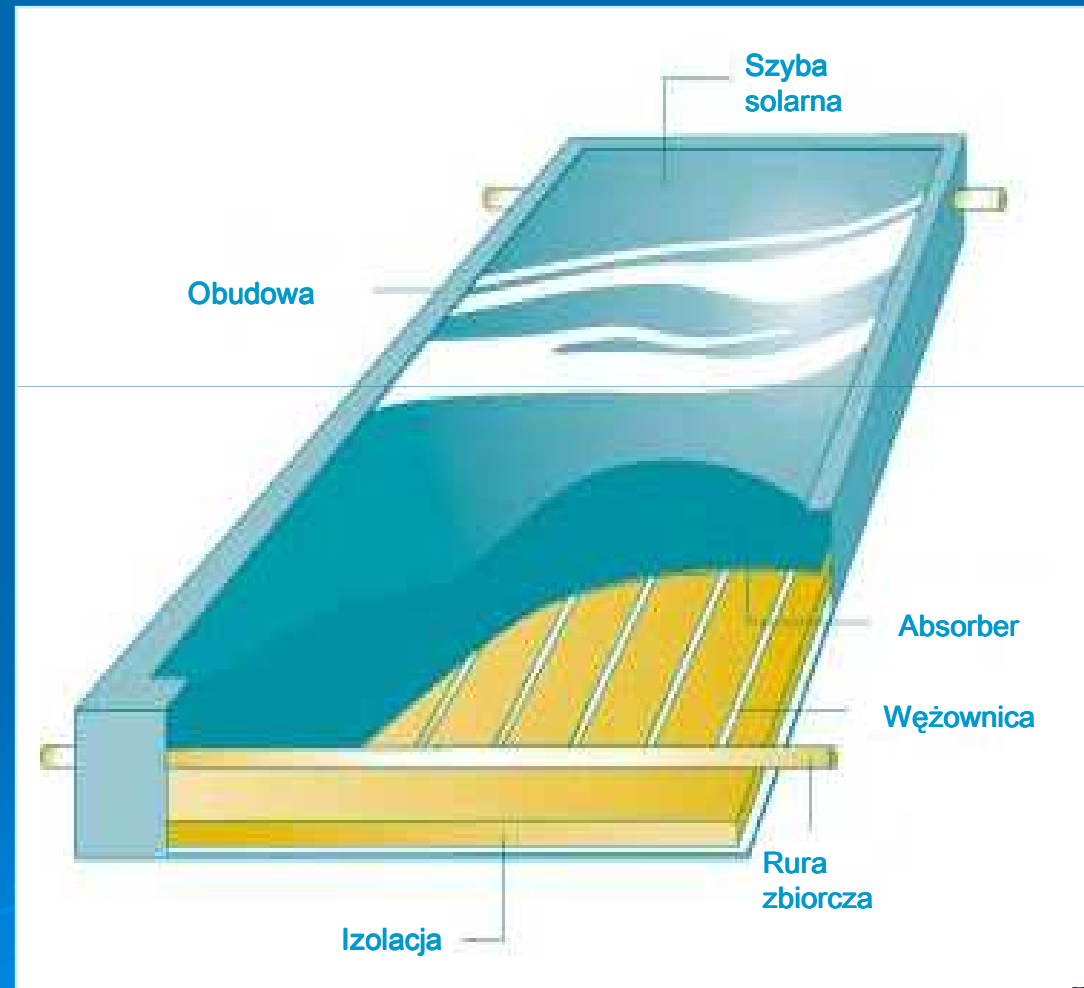
# Kolektory słoneczne płaskie



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Umiarkowana cena
- Wyższa temperatura pracy
- Może pracować przy ciśnieniu sieciowym wody zasilającej
- Cięższy i mniej odporny na uszkodzenia



Rysunek: NRCan



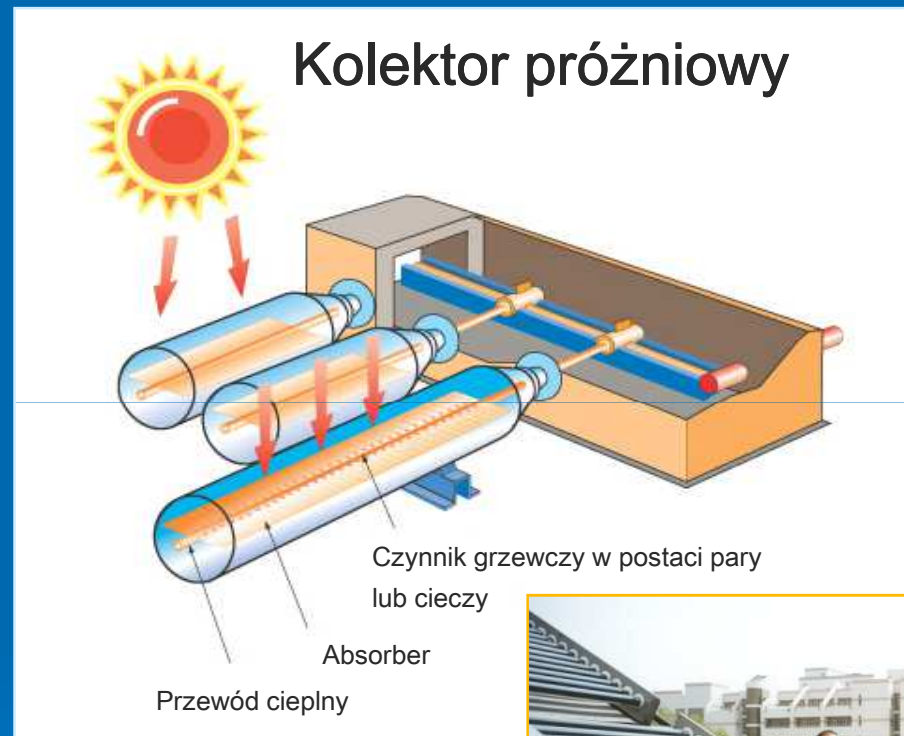
# Kolektory słoneczne próżniowe



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Wyższe koszty
- Brak strat konwekcyjnych
- Wysoka temperatura
- Zimniejsze strefy klimatyczne
- Mała odporność na uszkodzenia
- Instalacja może być bardziej skomplikowana
- Opady śniegu stanowią mniejszy problem



Rysunek: NRCan



Produkcja i rozwój kolektorów próżniowych w Chinach

Zdjęcie: Nautilus



# Solarne podgrzewanie wody w różnych strefach klimatycznych

RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net



- Dla domowego systemu podgrzewania ciepłej wody z 6 m<sup>2</sup> kolektorów płaskich, przy zapotrzebowaniu ciepłej wody 300 l/dzień o temp. 60°C i zasobnikiem 300 l, **udział ciepła z systemu solarnego** wynosi:

21% w Tromsø, Norwegia (70°N)

40% w Yellowknife, Kanada (62°N)

32% w Warszawie, Polska (52°N)

51% w Harbin, Chiny (46°N)

67% w Sacramento, USA (39°N)

39% w Tokyo, Japonia (36°N)

78% w Marrakech, Maroko (32°N)

75% w Be'er-Sheva, Izrael (31°N)

81% w Matam, Senegal (16°N)

59% w Puerto Limón, Kostaryka (10°N)

59% w Dżakarcie, Indonezja (6°S)

86% w Huancayo, Peru (12°S)

69% w Harare, Zimbabwe (18°S)

65% w Sydney, Australia (34°S)

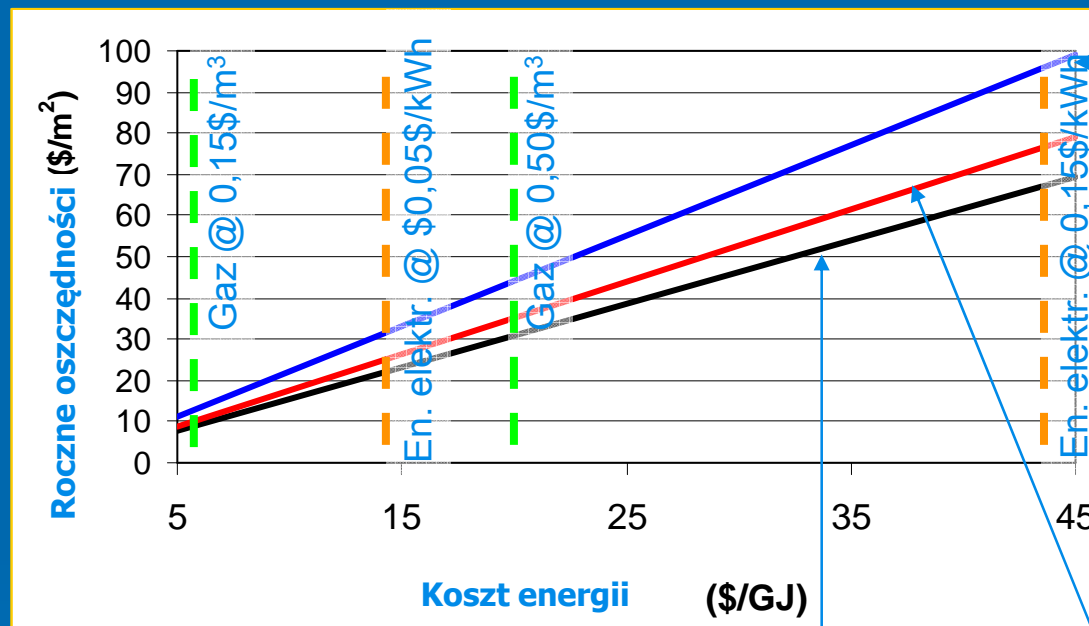
39% w Punta Arenas, Chile (53°S)

# Przykłady kosztów i korzyści dla systemów SPW



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net



Kolektor zakryty, system całoroczny (z zasobnikiem)

La Paz, Boliwia  
2,2 GJ/m<sup>2</sup>  
400\$/m<sup>2</sup>

Kolektor próżniowy, system całoroczny (z zasobnikiem)

Kopenhaga, Dania  
1,8 GJ/m<sup>2</sup>  
1 000\$/m<sup>2</sup>

Kolektor odkryty, tylko podgrzewanie wody basenowej latem

Montreal, Canada  
1,5 GJ/m<sup>2</sup>  
150\$/m<sup>2</sup>



# Uwarunkowania projektu solarnego podarzewania wody

RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net



- Czynniki wpływające na powodzenie projektu:
  - Duże zapotrzebowanie na ciepłą wodę obniżające udział kosztów stałych
  - Wysokie koszty energii (np. gdy inne tańsze nośniki energii są niedostępne)
  - Niepewność dostaw energii konwencjonalnej
  - Duża korzyść środowiskowa dla właściciela/operatora budynku
- Zapotrzebowanie na ciepłą wodę w godzinach dziennych wymaga mniejszej akumulacji ciepła (mniej zasobników)
- Tańsze systemy sezonowe mogą być finansowo korzystniejsze niż bardziej kosztowne systemy całoroczne
- Wymogi konserwacyjne podobne jak w każdej instalacji hydraulicznej, jednak operator musi dopilnować okresowej konserwacji i napraw



# Przykłady: Australia, Botswana i Szwecja

## Domowe systemy ciepłej wody



**RETScreen® INTERNATIONAL**

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- System solarny jako uzupełnienie dla innych nośników energii, wymaga świadomego właściciela
  - Długi okres zwrotu przy niskich cenach energii
  - System dostarcza od 20 do 80% ciepłej wody
- Poza siecią lub tam gdzie istnieje niepewność dostaw energii

System z termosyfonem, Australia



Zdjęcie: The Australian Greenhouse Office

Domy, Malmö, Szwecja



Zdjęcie: Marie Andrén, Solar Energy Association of Sweden

Dom dla personelu medycznego w obszarze wiejskim, Botswana



Zdjęcie: Vadim Belotserkovsky



# Przykłady: USA i Kanada

## Systemy basenowe



RETSCREEN® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Tanie kolektory odkryte
  - Baseny sezonowe w zimniejszych strefach klimatycznych
  - Wydłużenie sezonu kąpielowego w klimacie ciepłym
  - Dla całorocznych basenów w chłodniejszych strefach klimatycznych do użytku latem
  - Mogą osiągnąć 1 do 5 letni okres zwrotu nakładów
- Kolektory zakryte dla całorocznego podgrzewania wody
- System filtracji służy jako pompa

System basenowy, USA



Zdjęcie: Aquatherm Industries/ NREL Pix

Pływalnia miejska, Ontario, Kanada



Zdjęcie: NRCan



# Przykłady: Grecja i Kanada

## Komercyjne i przemysłowe systemy ciepłej wody



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Hotele/motele, apartamentowce i budynki biurowe
- Placówki zdrowotne i szpitale
- Myjnie samochodowe, pralnie, restauracje
- Obiekty sportowe, szkoły, łaźnie
- Hodowle ryb, inny mały przemysł

Hotel, Agio Nikolaos, Kreta



Zdjęcie: Regional Energy Agency of Crete/ISES

Hodowla ryb, British Columbia, Kanada



Zdjęcie: NRCan



# RETScreen® Moduł solarnego podgrzewania wody



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

➤ Analiza produkcji energii w dowolnym miejscu na świecie, koszty w okresie żywotności i redukcja emisji gazów cieplarnianych

- Kolektory odkryte i zamknięte
- Baseny kryte i otwarte
- Systemy przygotowania ciepłej wody (z i bez zasobników)

➤ Tylko 12 danych niezbędnych dla RETScreen® w porównaniu z zestawem 8 760 danych potrzebnych w godzinowych modelach symulacyjnych

➤ Obecnie model nie ma zastosowania dla:

- Układów o zmiennym dobowym zapotrzebowaniu c.w.u.
- Samodzielnych układów przygotowania c.w.u.
- Systemów bezzasobnikowych, pokrywających znaczną część zapotrzebowania na ciepło
- Układów śledzących słońce, układów scentralizowanych i kolektorów zintegrowanych

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project			Training & Support
<b>Site Conditions</b>			<b>Estimate</b>
Project name		Pool example	<a href="#">Notes/Range</a>
Project location		Longueuil, Canada	<a href="#">See Online Manual</a>
Nearest location for weather data		St Hubert A, QC	➔ <a href="#">Complete SPWH Case</a>
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m <sup>2</sup>	1,61	
Annual average temperature	°C	5,9	
Annual average wind speed	m/s	4,4	
Desired load temperature	°C	27	
Number of months analysed	month	3,5	
Energy demand for months analysed	MWh	16,39	
<b>System Characteristics</b>			<b>Estimate</b>
Application type		Swimming pool (outdoor)	<b>Notes/Range</b>
<b>Base Case Water Heating System</b>			
Heating fuel type	-	Electricity	
Heating system seasonal efficiency	%	250%	60% to 300%
<b>Solar Collector</b>			
Collector type	-	Unglazed	<a href="#">See Technical Note / See Product Database</a>
Solar water heating collector manufacturer		ABC	
Solar water heating collector model		XYZ	
Area per collector	m <sup>2</sup>	4,00	1,00 to 5,00
Fr (tau alpha) coefficient	-	0,85	0,50 to 0,90
Wind correction for Fr (tau alpha)	sim	0,040	0,030 to 0,050
Fr UL coefficient	(W/m <sup>2</sup> )/°C	11,56	10,00 to 15,00
Wind correction for Fr UL	(J/m <sup>2</sup> )/°C	4,37	3,00 to 15,00
Suggested number of collectors		11	
Number of collectors		7	
Total collector area	m <sup>2</sup>	28,0	
<b>Balance of System</b>			
Heat exchanger/antifreeze protection	yes/no	No	
Suggested pipe diameter	mm	31	8 to 25 or PVC 30 to 38
Pipe diameter	mm	38	8 to 25 or PVC 30 to 38
Pumping power per collector area	W/m <sup>2</sup>	0	3 to 22, or 0
Piping and solar tank losses	%	1%	1% to 10%
Losses due to snow and/or dirt	%	3%	2% to 10%
Horz. dist. from mech. room to collector	m	5	5 to 20
# of floors from mech. room to collector	-	2	0 to 20
<b>Annual Energy Production (3.50 months analysed)</b>			<b>Estimate</b>
Pumping energy (electricity)	MWh	0,00	<b>Notes/Range</b>
Specific yield	kWh/m <sup>2</sup>	270	
System efficiency	%	48%	
Solar fraction for months analysed	%	46%	
Renewable energy delivered	MWh	7,57	
	GJ	27,25	<a href="#">Complete Cost Analysis sheet</a>

Version 3.0

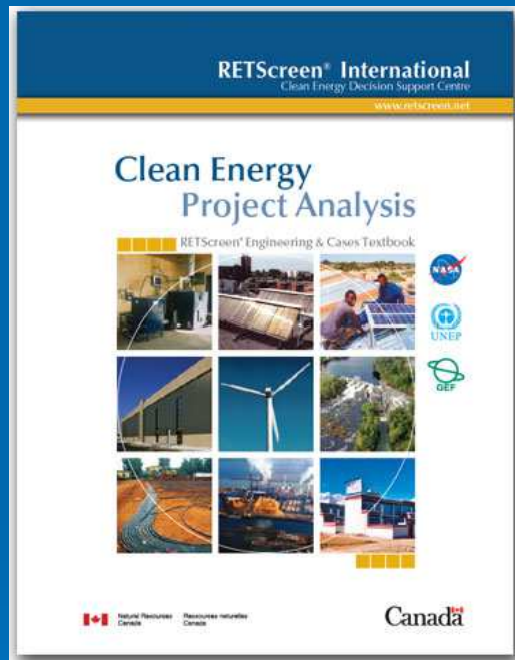
© Minister of Natural Resources Canada 1997 - 2004.

NRCCan/CETC - Vancouver



# RETScreen® SPW Obliczenia energetyczne

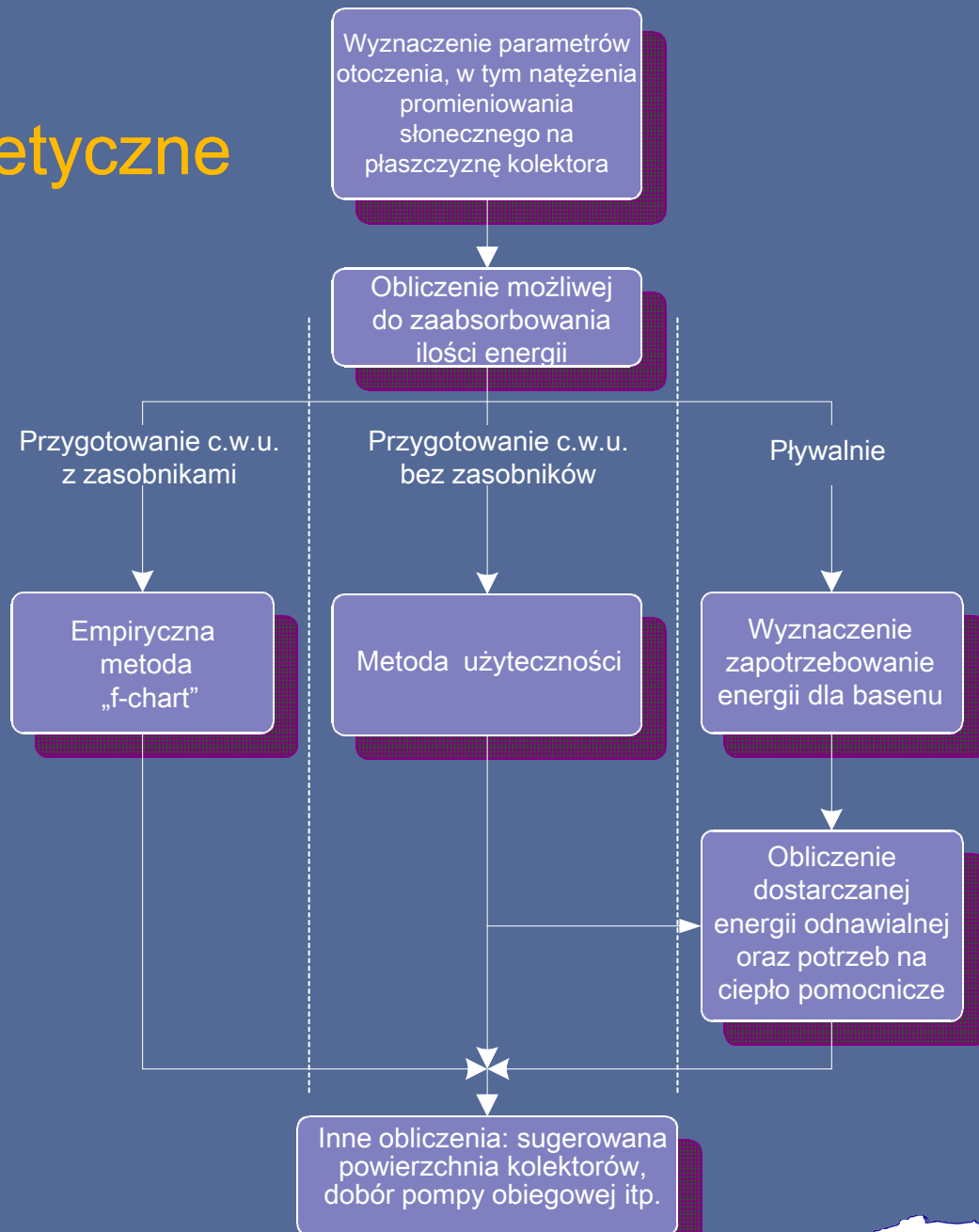
RETSCREEN® INTERNATIONAL



[Sprawdź e-Podręcznik](#)

Ocena Projektów w zakresie Czystej Energii:  
RETScreen® Projektowanie i Przykłady

Rozdział: Solarne podgrzewanie wody



# Przykład weryfikacji modelu RETScreen® SPW



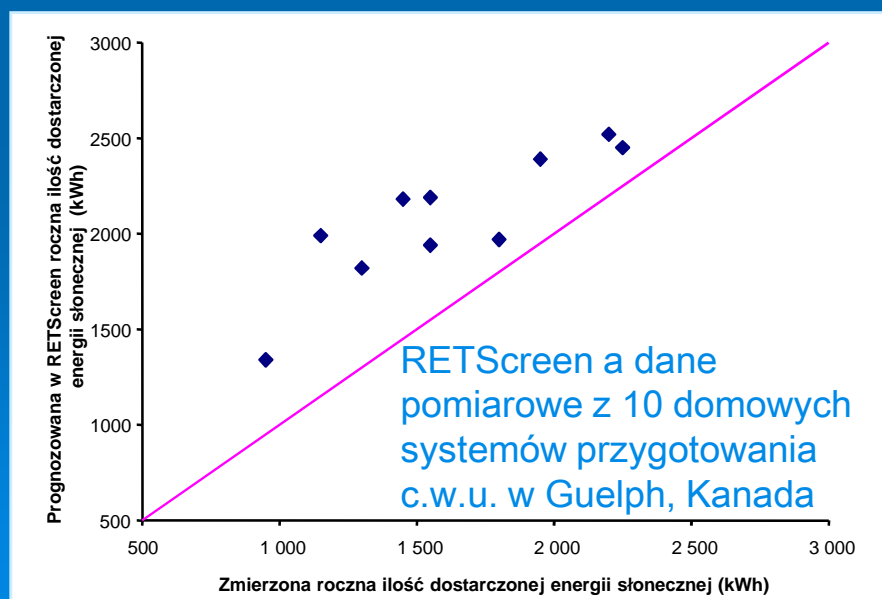
RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

## RETScreen® porównano z:

- WATSUN - domowy system przygotowania c.w.u. w Toronto, Kanada:

	RETScreen	WATSUN	Różn.
Promieniowanie padające (GJ)	24,34	24,79	-1,8%
Zapotrzebowanie (GJ)	19,64	19,73	-0,5%
Energia dostarczona (GJ)	8,02	8,01	0,1%
Czas pracy pompy (h)	1 874	1 800	4,1%



- ENERPOOL – 48 m<sup>2</sup> letni basen w Montrealu, Kanada
  - Zapotrzebowania na energię - rozbieżność wyników do 2%
- Dane pomiarowe z basenu letniego o pow. 1 200 m<sup>2</sup> w Möhringen, Niemcy
  - Rozbieżność obliczeń zapotrzebowania na energię do 3% i produkcji energii słonecznej do 14%



# Wnioski



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Kolektory słoneczne odkryte, płaskie i próżniowe dostarczają ciepłą wodę dla różnych celów w każdej strefie klimatycznej
- Znaczące zapotrzebowanie na ciepłą wodę, wysokie koszty energii oraz silne zaangażowanie po stronie właściciela/ operatora budynku to istotne czynniki wpływające na powodzenie projektu
- RETScreen® oblicza:
  - Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową oraz wodę basenową
  - Wydajność systemów solarnych na basenach i do przygotowania c.w.u. z akumulacją (zasobniki) lub bez akumulacji ciepła
- RETScreen® przeprowadza analizę roczną w oparciu o obliczenia miesięczne co pozwala uzyskać dokładność obliczeń porównywalną z godzinowymi modelami symulacyjnymi
- RETScreen® pozwala znacznie obniżyć koszty opracowania wstępnego studium wykonalności





# Pasywne ogrzewanie solarne

## Ocena projektu

RETSCREEN® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

Szkolenie w zakresie oceny projektów Czystej Energii



Pasywny system solarny w mieszkalnictwie , Francja

Zdjęcie: Pamm McFadden (NREL Pix)



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

© Ministerstwo Zasobów Naturalnych Kanady 2001–2006.

Canada

# Zagadnienia



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Podstawy pasywnego ogrzewania solarnego (POS)
- Prezentacja kluczowych kwestii w analizie projektów POS
- Wprowadzenie do modułu POS programu RETScreen®



# Co zapewniają systemy POS?



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- od 20 do 50% potrzeb grzewczych

*...ale także...*

- Zwiększenie komfortu
- Lepszy dostęp światła dziennego
- Możliwość zmniejszenia kosztów klimatyzacji
- Ograniczenie kondensacji pary na szybach okien
- Możliwość zastosowania urządzeń grzewczych/chłodniczych o mniejszej mocy

Projekt pasywnego systemu solarnego w budynku, Niemcy



Zdjęcie: Fraunhofer ISE (from Siemens Research and Innovation Website)

Budynek NREL w Golden, Kolorado



Zdjęcie: Warren Gretz (NREL Pix)



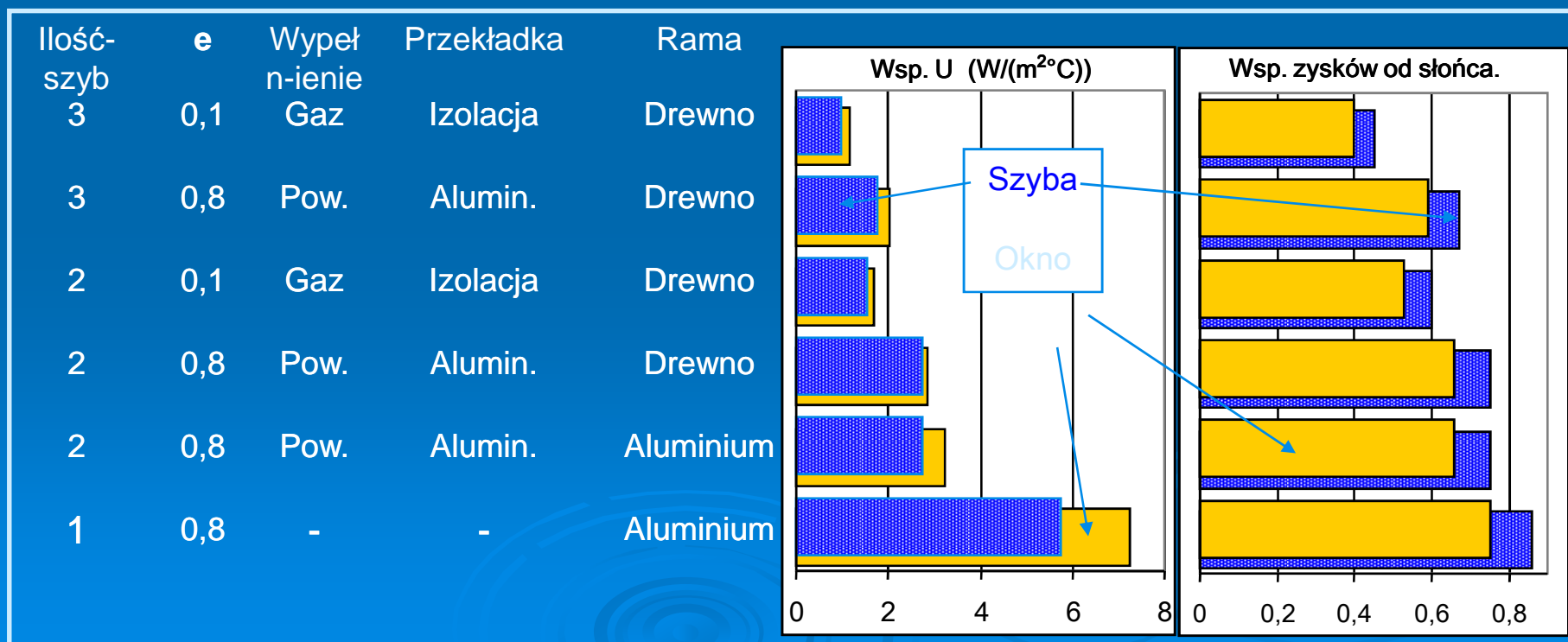
# Nowoczesne technologie okienne



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Okna podwójnie i potrójnie szklone
- Niski współczynnik emisji
- Wypełnienie gazem szlachetnym
- Izolowana przekładka
- Izolowane ramy, ochrona termiczna

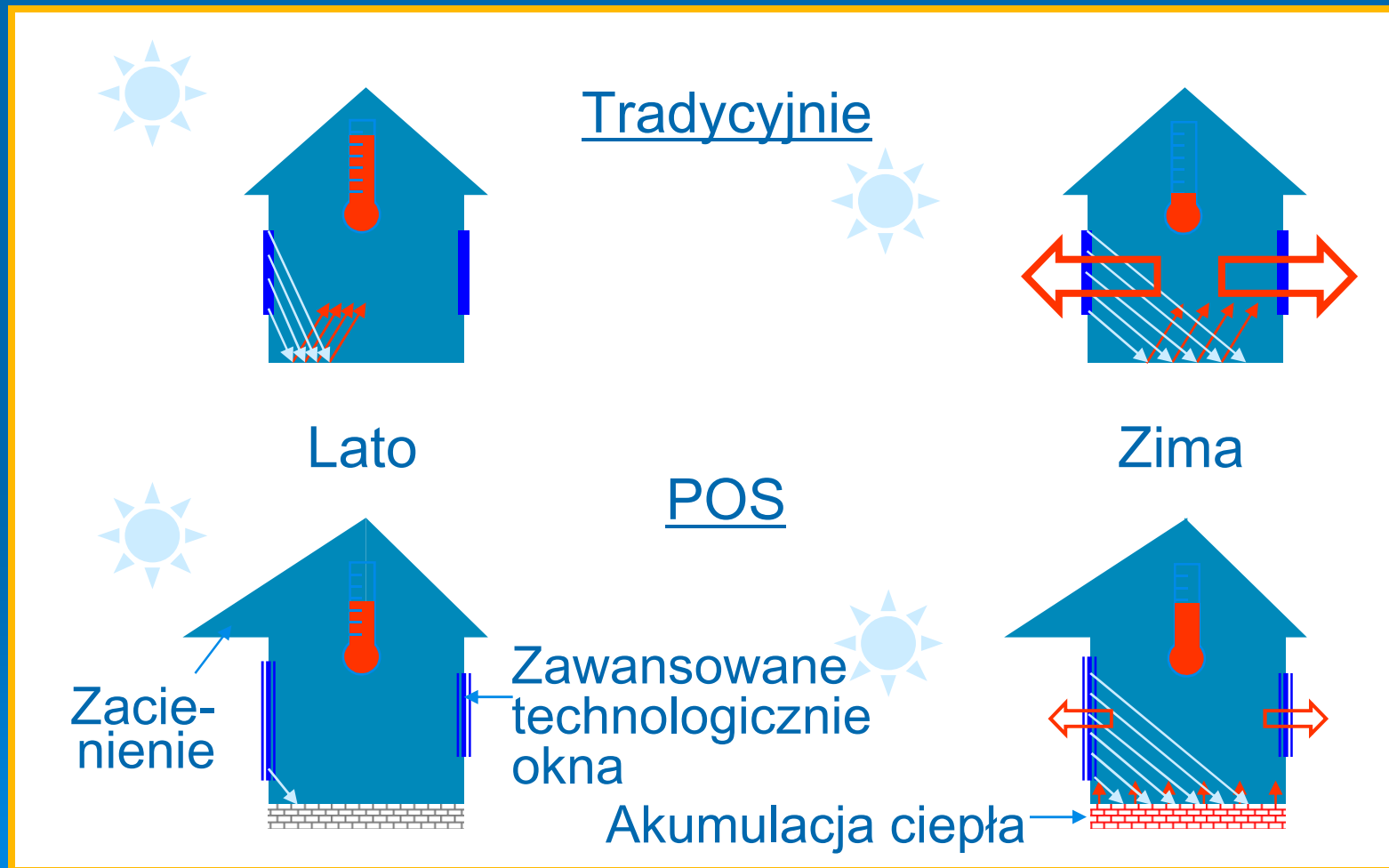


# Zasada działania POS



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net



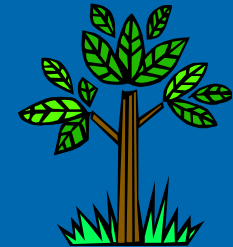
# Zacienianie i elementy konstrukcyjne



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Zacienianie zapobiega przegrzewaniu latem
  - ▶ Wystające zadaszenia na elewacji południowej przy dużym nasłonecznieniu
  - ▶ Drzewa liściaste, pobliskie budynki i konstrukcje
  - ▶ Ekran, żaluzje, markizy, okna we wnękach, rolety, itp.
- Elementy konstrukcyjne akumulujące ciepło minimalizują wahania temperatury
  - ▶ Jeśli powierzchnia okien elewacji południowej przewyższa 8 - 10% ogrzewanej powierzchni podłogi, tradycyjne lekkie konstrukcje będą przegrzane
  - ▶ Zastosowanie podwójnych ścian gipsowych, sufitów, podłóg ceramicznych, kominków z cegły, itp.
- Systemy aktywne mogą rozprowadzać ciepło po całym budynku



# Nasłonecznienie a zapotrzebowanie na ogrzewanie pomieszczeń

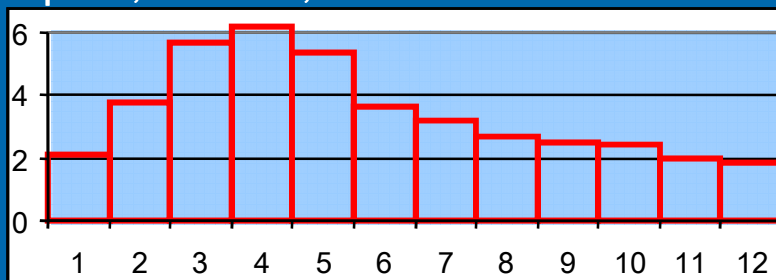


RETSCREEN® INTERNATIONAL

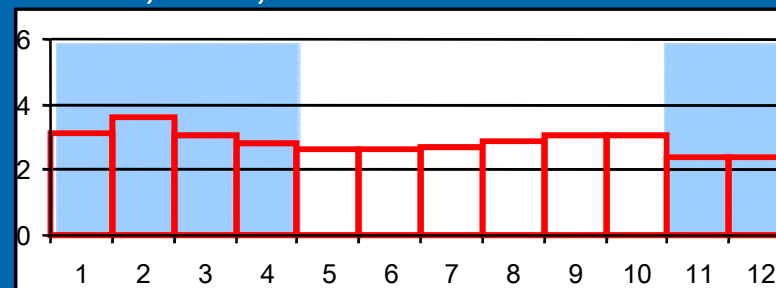
www.retscreen.net

Ilość godzin szczytowego dziennego promieniowania słonecznego

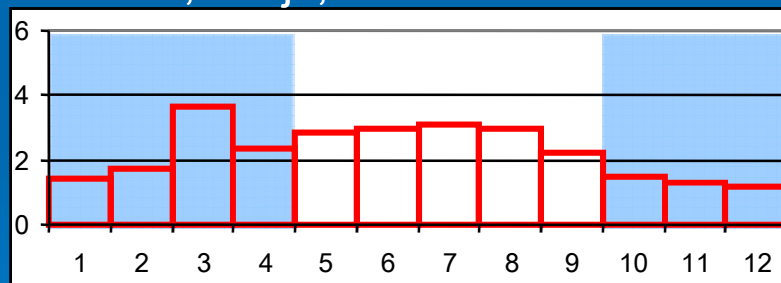
Iqaluit, Kanada, 64°N



Buffalo, USA, 43°N

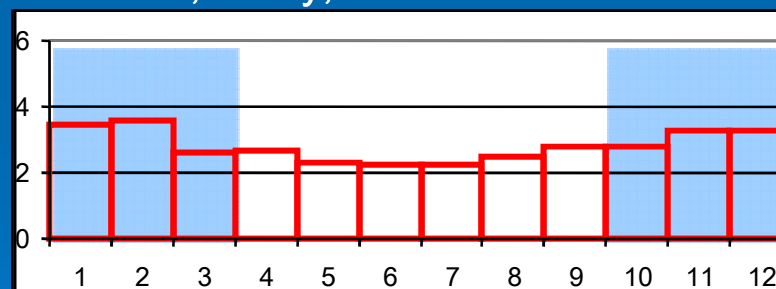


Moskwa, Rosja, 55°N



Ilość godzin szczytowego dziennego promieniowania słonecznego

Lanzhou, Chiny, 36°N



- ▶ Miesiące ze średnią temperaturą powietrza mniejszą lub równą 10°C są zacieniowane

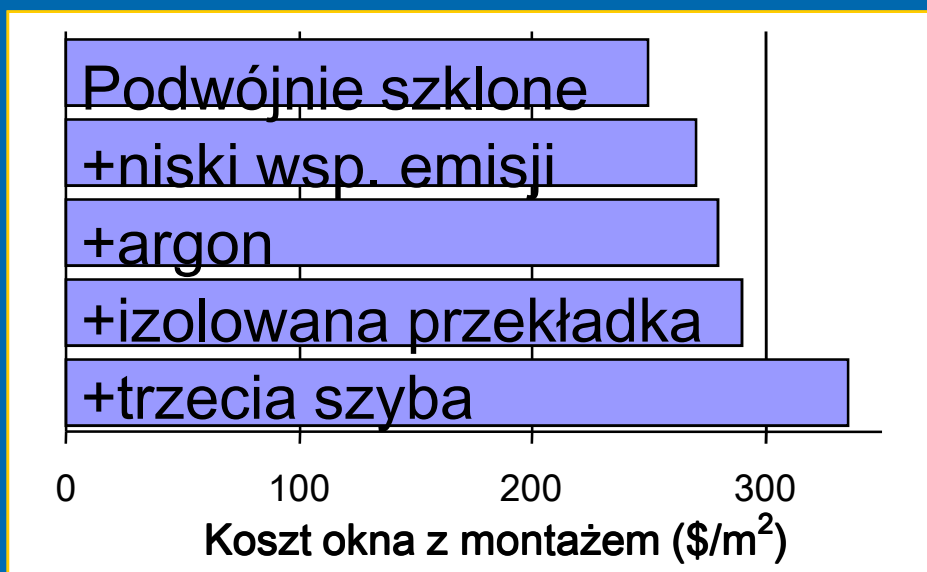
# Przykład kosztów i oszczędności dla systemów POS



RETScreen® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

## Kanadyjskie jednorodzinne mieszkanie



- **Koszty** dodatkowego okna

- ▶ 5 do 35%
- ▶ 400 \$ do 2 000 \$ na dom

- **Oszczędności** rzędu 20 do 50% kosztów ogrzewania

- ▶ Gaz 0,25\$/m<sup>3</sup> 150 \$ do 380 \$ na rok
- ▶ Olej 0,35\$/l 210 \$ do 520 \$ na rok
- ▶ En. elektryczna 0,06\$/kWh 270 \$ do 680 \$ na rok



# Uwarunkowania projektów pasywnego ogrzewania solarnego



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Najbardziej opłacalne w nowowznoszonych budynkach
  - Brak ograniczeń w lokalizacji okien od strony południowej i unikanie umieszczania okien od strony zachodniej
  - Moc systemów grzewczych i ogrzewania powietrznego może być zmniejszona
- Opłacalne przy modernizacji, w której planujemy wymianę okien
- Najbardziej opłacalne gdy zapotrzebowanie na ogrzewanie przewyższa zapotrzebowanie na chłodzenie
  - W umiarkowanym i zimnym klimacie niskie budownictwo mieszkaniowe jest najlepsze
  - Budynki komercyjne i przemysłowe posiadają duże własne zyski ciepła
- Rozpatrywanie wymiany okien z uwzględnieniem reszty skorupy budynku



# Przykłady: Kanada i USA

## Budownictwo energooszczędne



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Pasywne technologie solarne wpasowują się w tradycyjne budownictwo
- Kwestie finansowe nie zawsze są najważniejsze: komfort, dźwiękoszczelność, podniesienie jakości oraz środowisko

Odpowiednie zacienienie i nowoczesne okna, USA



Zdjęcie: Hickory Corporation (NREL Pix)

Ekologiczny dom Waterloo, Ontario, Kanada



Zdjęcie: Waterloo Green Home



# Przykłady: Niemcy i Lesoto

## Samowystarczalne budynki solarne



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

- Więcej przeszkleń, więcej elementów konstrukcyjnych akumulujących ciepło oraz regulacja dystrybucji powietrza
- Potrzeby grzewcze mogą być całkowicie pokryte z energii słonecznej
- Nowoczesne technologie okienne pozwalają na nieco większą swobodę w lokalizacji okien, zyski ciepła z promieniowania rozproszonego



Budynek solarny, Thaba-Tseka, Lesoto



Zdjęcie: Vadim Belotserkovsky

Freiburg, dom solarny



Zdjęcie: Fraunhofer ISE (ze strony internetowej Siemens Research and Innovation)

# RETScreen® Moduł pasywnego ogrzewania solarnego



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Analiza produkcji (lub oszczędności) energii w dowolnym miejscu na świecie, koszt w okresie żywotności, redukcja emisji gazów cieplarnianych



- Niskie budownictwo mieszkaniowe i niwelkie budynki komercyjne
- W strefach klimatycznych wymagających ogrzewania
- Straty i zyski ciepła przez okna
- Uśrednione efekty z zacieniania

- Tylko 12 danych dla RETScreen® w porównaniu do zestawu 8 760 danych w godzinowych modelach symulacyjnych

- Obecnie model nie ma zastosowania dla:
  - Okien usytuowanych inaczej niż pionowo
  - Chwilowego efektu zacieniania
  - Elementów konstrukcyjnych zdefiniowanych przez użytkownika

RETScreen® Energy Model - Passive Solar Heating Project				Training & Support	
Site Conditions		Estimate		Notes/Range	
Project name		Example		See Online Manual	
Project location		Waterloo, Canada			
Annual solar radiation (horizontal)	MWh/m <sup>2</sup>	130	Complete SB&HL C-sheet		
Annual average temperature	°C	7.2			
System Characteristics		Estimate		Notes/Range	
<b>Base Case HVAC System</b>					
Building has air-conditioning?	yes/no	Yes			
Heating fuel type		Natural gas			
Heating system seasonal efficiency	%	80%		50% to 350%	
Air-conditioner seasonal COP	-	3.0		2.0 to 5.0	
<b>Base Case Windows</b>					
Use values from Window Worksheet?	yes/no	Yes			
Window U-value	W/(m <sup>2</sup> ·°C)	3.01	3.20	3.22	0.00
Window solar heat gain coefficient (SHGC)	-	0.52	0.49	0.52	0.00
Window area (by orientation)	m <sup>2</sup>	13.80	3.13	7.23	0.00
Winter shading factor	%	10%	15%	0%	0%
Summer shading factor	%	30%	30%	0%	0%
<b>Proposed Case Windows</b>					
Modify window shading?	yes/no	No			
Window U-value	W/(m <sup>2</sup> ·°C)	1.10	1.13	1.11	0.00
Window solar heat gain coefficient (SHGC)	-	0.36	0.22	0.24	0.00
Window area (by orientation)	m <sup>2</sup>	13.80	3.13	7.23	0.00
Annual Energy Production		Estimate		Notes/Range	
<b>Winter Energy Production</b>					
Net increase in solar gains	MWh	-1,474	kWh/m <sup>2</sup>	-61	
Net decrease in window heat loss	MWh	5,653	kWh/m <sup>2</sup>	234	
Net decrease in heating demand	MWh	4,179	kWh/m <sup>2</sup>	173	
Peak heating load reduction	million Btu	14,269			
	kW	1,832	W/m <sup>2</sup>	76	
	million Btu/h	0,006			
<b>Summer Energy Production</b>					
Net decrease in cooling demand	MWh	1,465	kWh/m <sup>2</sup>	61	
Peak cooling load reduction	million Btu	4,398			
	kW	2,119	W/m <sup>2</sup>	88	
	ton (cooling)	0,603			
Renewable energy delivered	MWh	5,644	kWh/m <sup>2</sup>	234	
	million Btu	19,257			

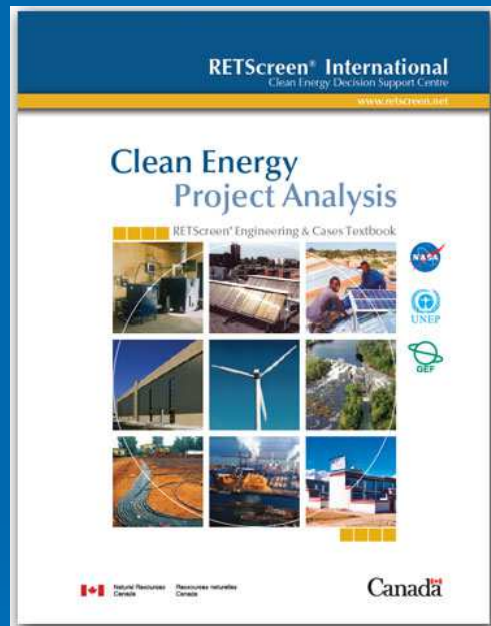
Version 3.0

© Minister of Natural Resources Canada 1997 - 2004.

NRCCan/CETC - Vancouver

# RETScreen® POS Obliczenia energetyczne

RETSCREEN® INTERNATIONAL



[Sprawdź e-Podręcznik](#)

Ocena Projektów w zakresie Czystej Energii:  
RETScreen® Projektowanie i Przykłady

Rozdział: Pasywne ogrzewanie solarne

OSZCZĘDNOŚCI ENERGII  
NA OGRZEWANIE

Zdefiniowanie  
właściwości  
termicznych okna

Obliczenie bazowego  
/sugerowanego  
zapotrzebowania  
na ciepło

Wyznaczenie  
zysków własnych

Obliczenie bazowych  
/możliwych  
zysków od słońca  
w ciągu sezonu  
grzewczego

Obliczenie  
oszczędności w  
sezonie grzewczym

OSZCZĘDNOŚCI ENERGII  
NA CHŁODZENIE

Obliczenie bazowego  
/sugerowanego  
zapotrzebowania  
na chłód

Obliczenie bazowego  
/możliwego  
wzrostu zapotrzebowania  
na chłód w związku  
z zyskami od słońca

Obliczenie  
oszczędności w  
sezonie chłodniczym

Obliczenie całkowitych  
oszczędności energii

Obliczenie redukcji  
szczytowego  
zapotrzebowania  
na ciepło i chłód



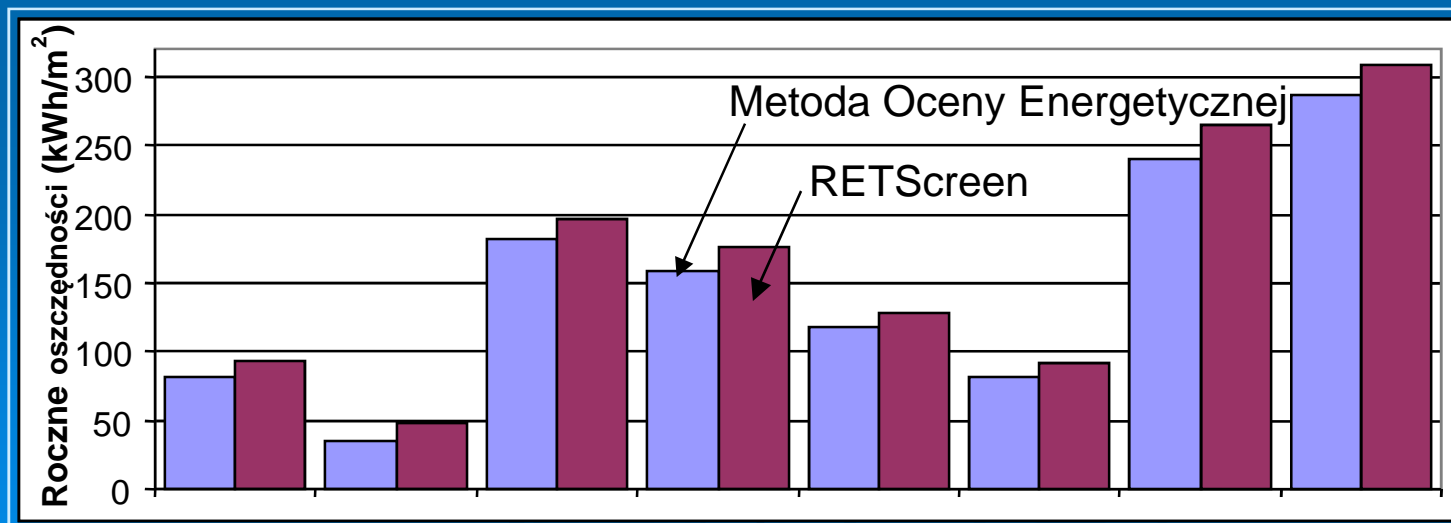
# Przykład weryfikacji modelu RETScreen® POS



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- RETScreen® porównano z HOT2-XP dla 200 m<sup>2</sup> typowego domu o konstrukcji drewnianej
  - Podwójnie szklone okna zamieniono na okna podwójnie szklone o niskim wsp. emisji i wypełnionych argonem
  - Wyniki uzyskane w RETScreen® zawierają się w granicy 18% wyników w HOT2-XP
- RETScreen porównano także z Metodą Oceny Energetycznej
  - Roczne oszczędności energii dla 8 okien w nowej technologii w porównaniu do podwójnieszklonych okien w stanie istniejącym



# Wnioski



- POS obniża koszty ogrzewania przez odpowiednią orientację przestrzenną budynku, energooszczędne okna, zacienianie oraz specjalne elementy konstrukcyjne budynku
- Minimal additional investment in windows can greatly improve performance of building envelope with long term financial benefits
- RETScreen® oblicza:
  - Zyski od słońca wynikające z orientacji, rozmiaru i technologii okien
  - Straty ciepła wynikające z zastosowanej technologii okien
  - Zapotrzebowanie na chłód przy zastosowaniu zacienienia
- RETScreen® przeprowadza analizę roczną w oparciu o obliczenia miesięczne co pozwala uzyskać dokładność obliczeń porównywalną z godzinowymi modelami symulacyjnymi
- RETScreen® znacznie obniża koszty opracowania wstępnego studium wykonalności

# Pytania?



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

RETScreen® International Ocena projektów Czystej Energii



Dla uzyskania dodatkowych informacji zapraszamy do odwiedzenia strony  
[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

