



# Pompy ciepła



Przygotował:

Prof. dr hab. inż. Jacek Zimny

# Historia

W **1834 r.** Pellet opracował podstawy teoretyczne pompy ciepła opartej na przemianach fazowych czynnika. Opisał on możliwość wykorzystania ciepła pary powstałej podczas parowania soli. Sprężona do wyższych ciśnień para skraplała się w miejscu odbioru ciepła.

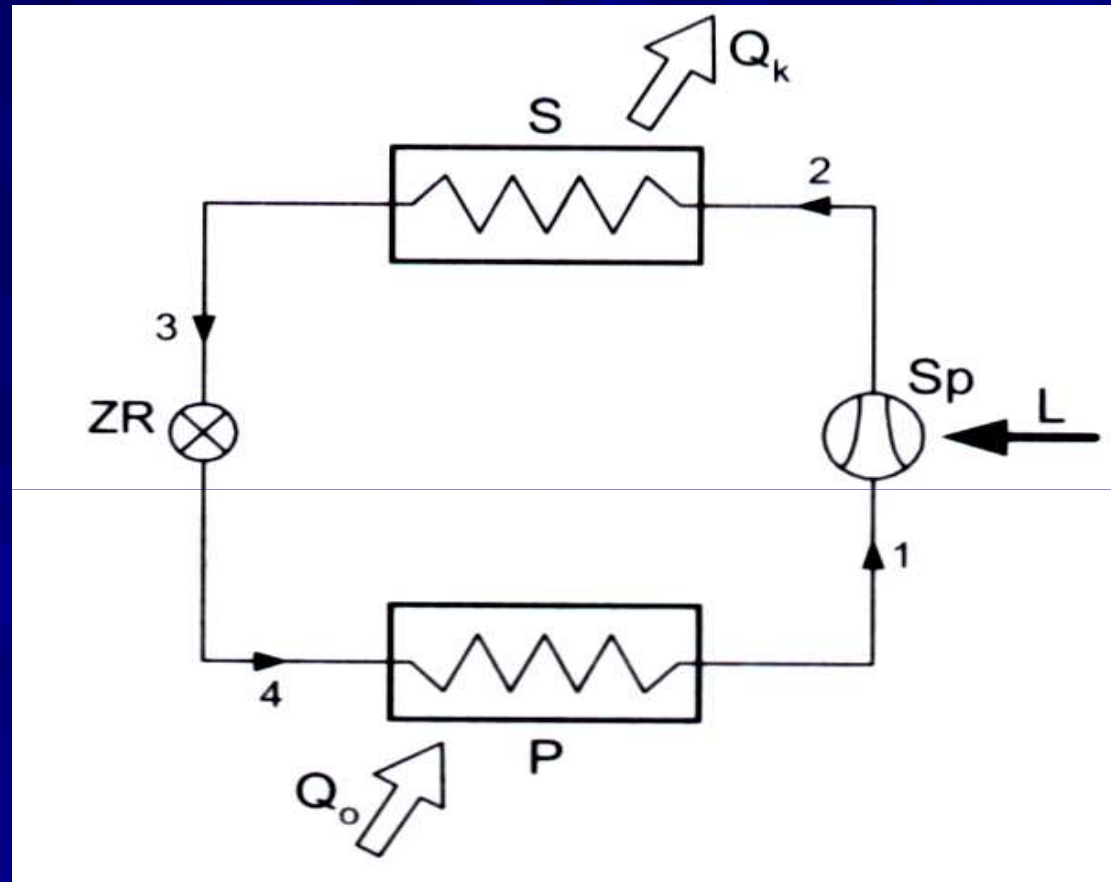
Z **1852 r.** pochodzą pierwsze informacje na temat możliwości zastosowania pomp ciepła do ogrzewania. Ich autorem jest W. Thomson (Lord Kelvin), który opisał otwarty obieg powietrzny ze sprężarką i dwoma zbiornikami wody, spełniającymi rolę dolnego i górnego źródła ciepła.

W **1928 r.** T.G.Haldane zbudował pierwszą w Anglii instalację do ogrzewania domu opartą na amoniakalnym urządzeniu sprężarkowym.

W pełni poprawne i eksploatowane w sposób ciągły pompy ciepła zaczęły powstawać w **latach trzydziestych** ubiegłego stulecia.

# Schemat ideowy sprężarkowej pompy ciepła:

P -parowacz,  
 S -skraplacz,  
 Sp -sprężarka,  
 ZR -zawór rozprężny

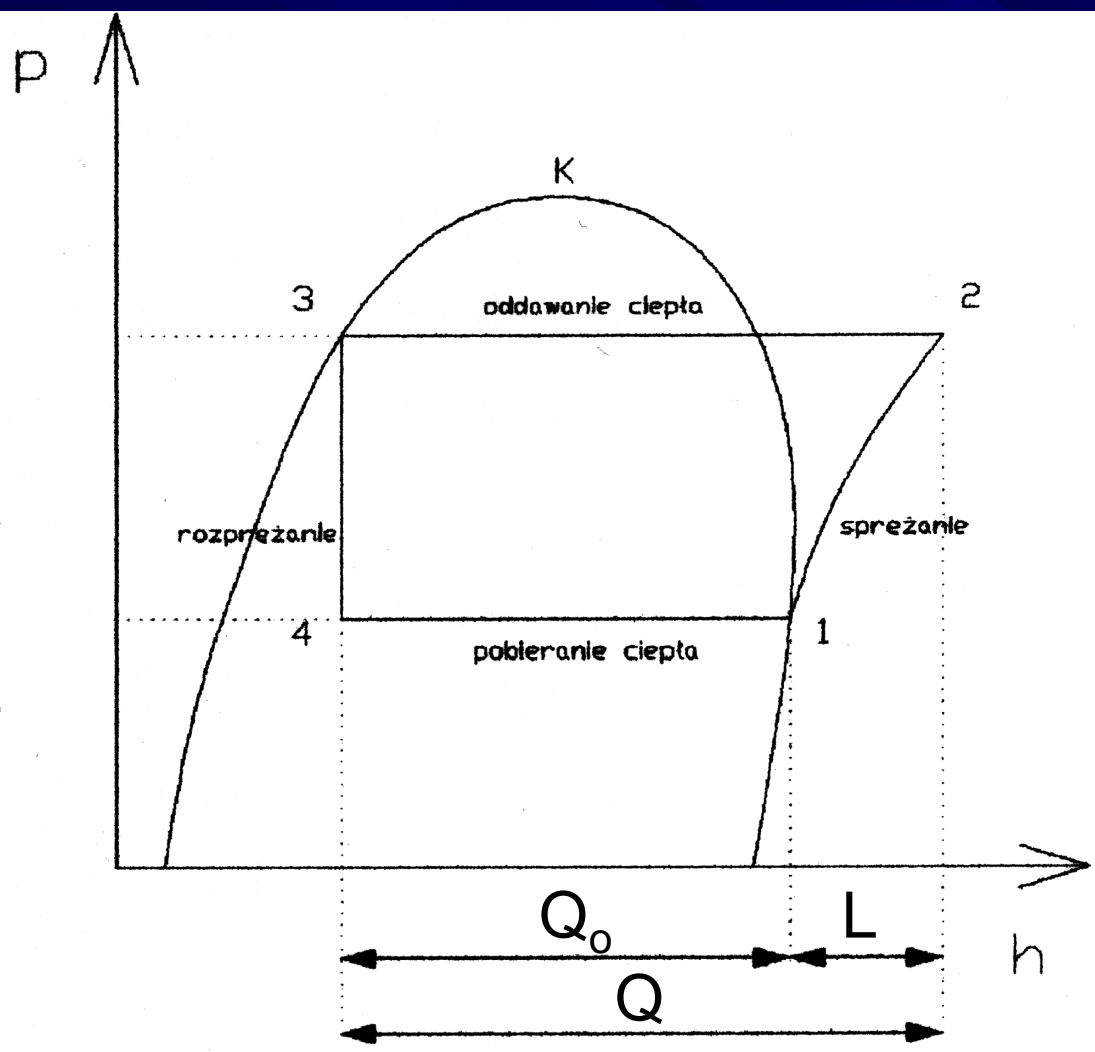


L- praca

$Q_o$ -ciepło ze źródła dolnego

Q -ciepło użyteczne

# Wykres p-h

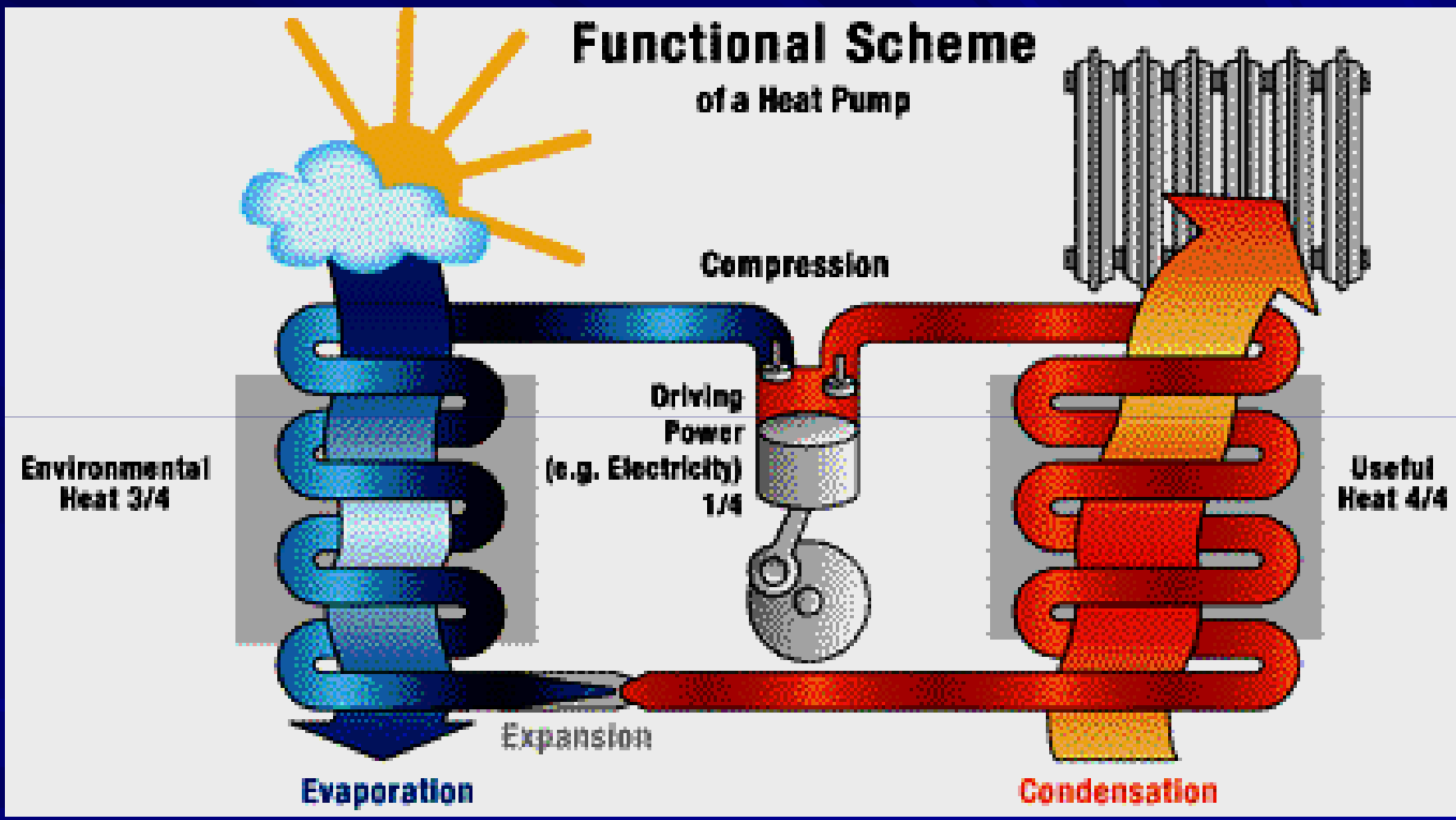


$$Q = Q_0 + L$$

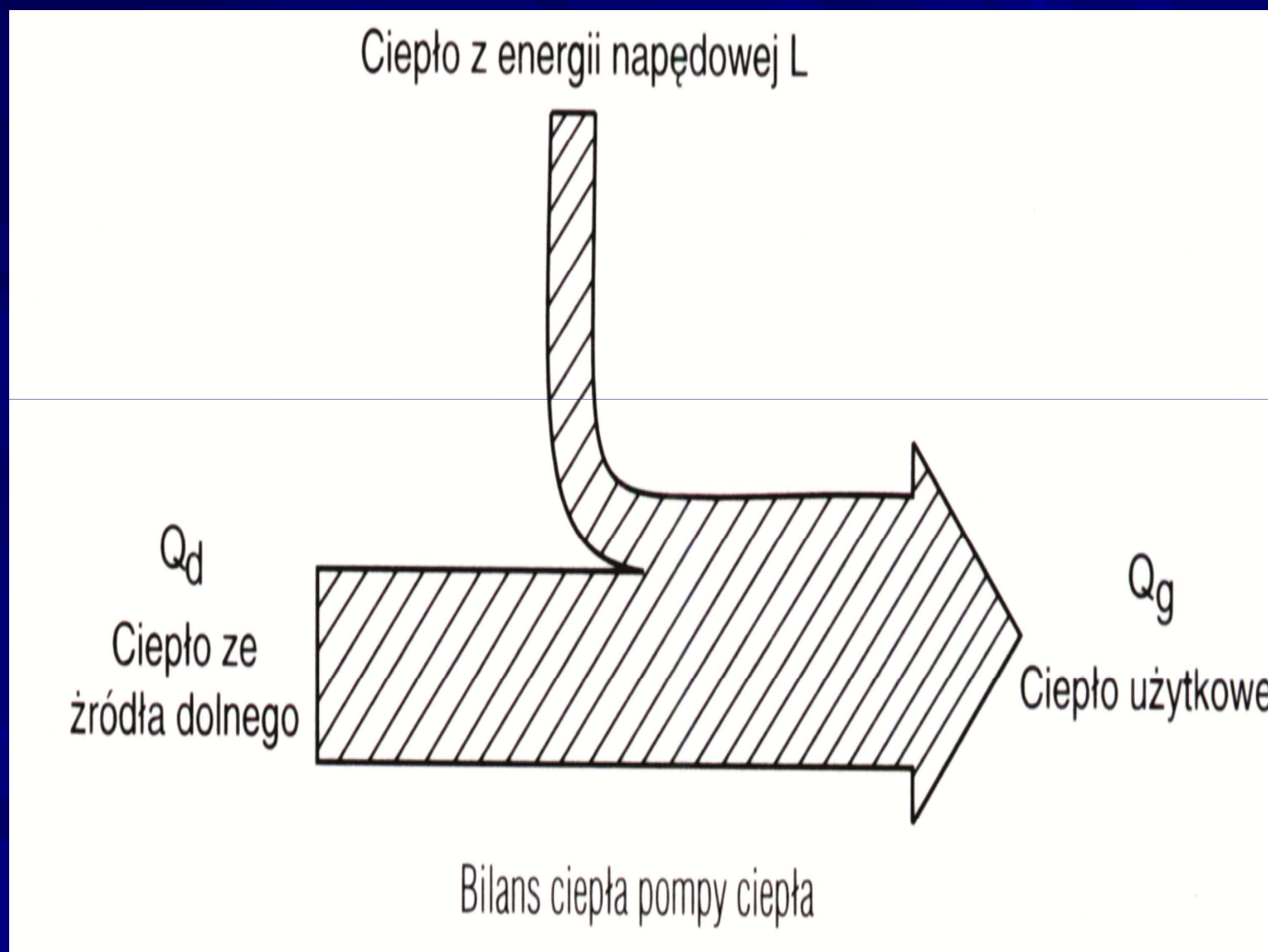
Teoretyczny współczynnik wydajności grzejnej pompy

$$\varphi_t = \frac{Q}{L} = \frac{Q_0 + L}{L} = 1 + \frac{Q_0}{L}$$

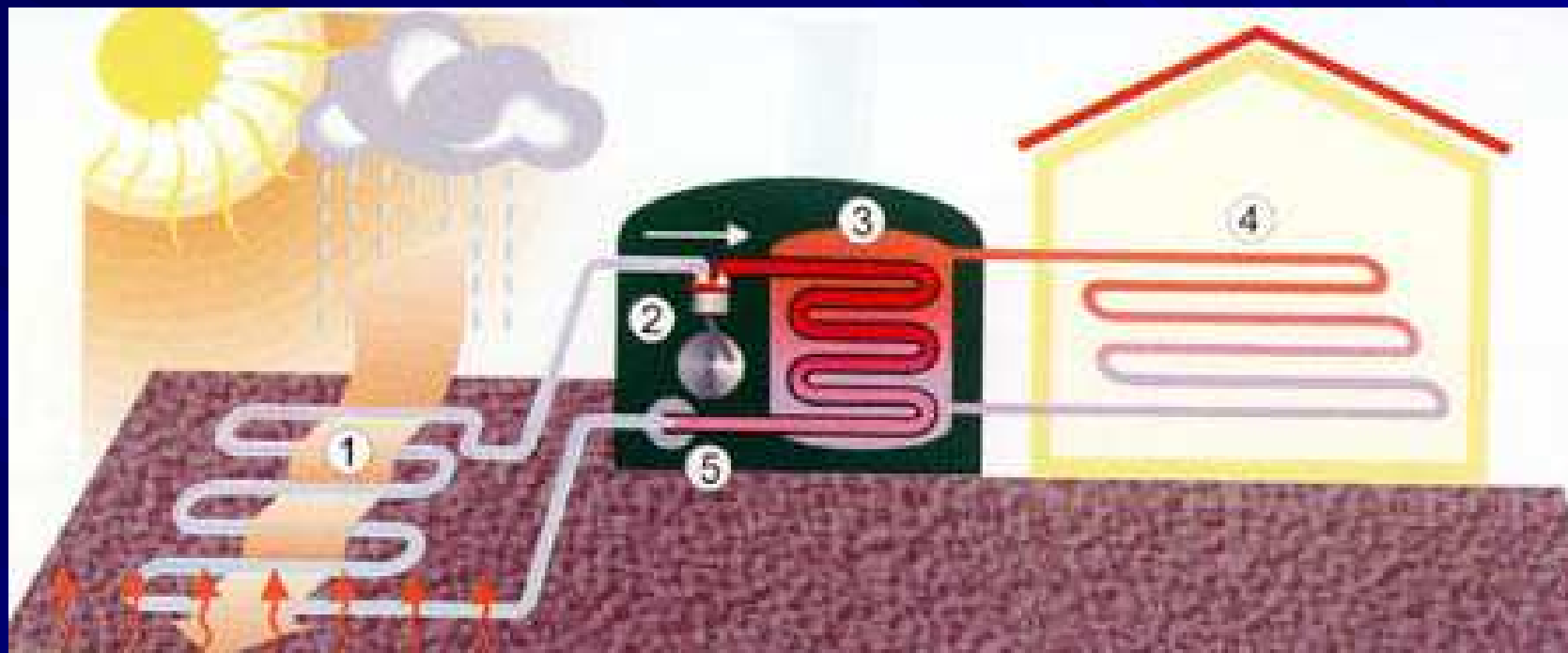
# Functional Scheme of a Heat Pump



Pompa ciepła jest urządzeniem, które umożliwia wykorzystanie energii cieplnej źródeł o niskich temperaturach.



## Zasada działania pomp ciepła na przykładzie pomp **NEURATHERM**



W kolektorze poziomym (1) propan wskutek pobierania energii cieplnej zawartej w ziemi zamieniany jest w stan gazowy. Następnie przemieszczany jest do kompresora (2) gdzie w wyniku sprężenia następuje wzrost jego temperatury. Uzyskane w ten sposób ciepło poprzez wymiennik (3) oddawane jest do odbiornika (4) np. kaloryfer. Gaz po oddaniu ciepła przemieszczany jest do zaworu rozprężnego (5), w którym dokonywana jest jego zamiana ze stanu gazowego w ciekły. W tej postaci przemieszczany jest ponownie do kolektora poziomego (1).

# Podział pomp ciepła

- Ze względu na zastosowanie
- Ze względu na rodzaj dolnego i górnego źródła ciepła
- Ze względu na wydajność cieplną
- Ze względu na mechanizm działania
- Ze względu na rodzaj nośnika

# Zastosowanie



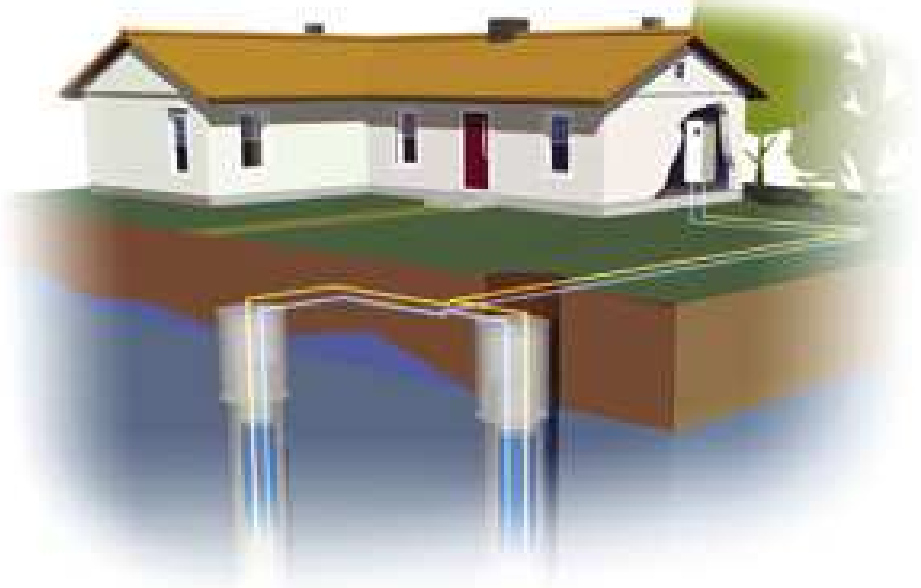
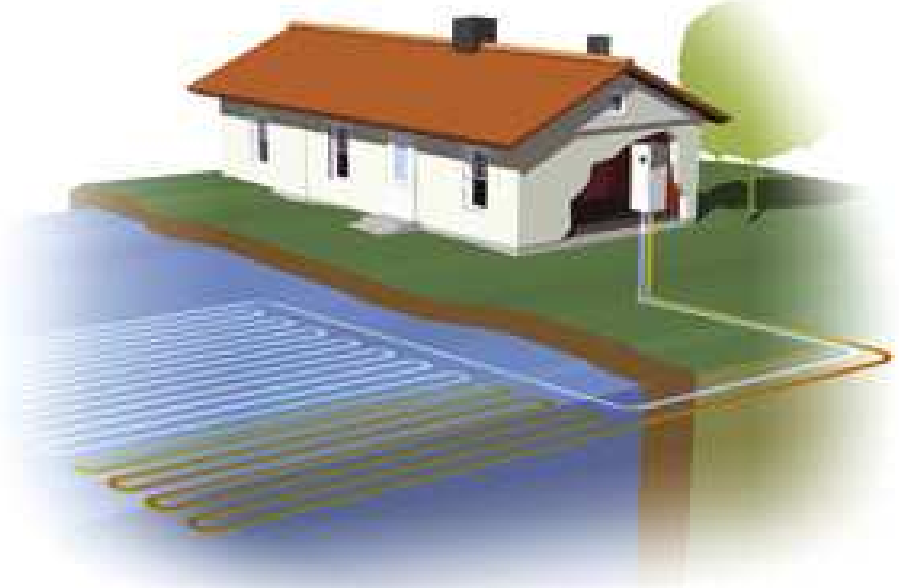
W ogrzewnictwie i klimatyzacji domów jednorodzinnych i niewielkich pomieszczeń

W przygotowaniu ciepłej wody użytkowej

**Pompy ciepła**

W osuszaniu i podgrzewaniu powietrza basenowego oraz wody basenowej

W procesach odparowania roztworów i zagęszczenia soków, mleka, farmaceutyków





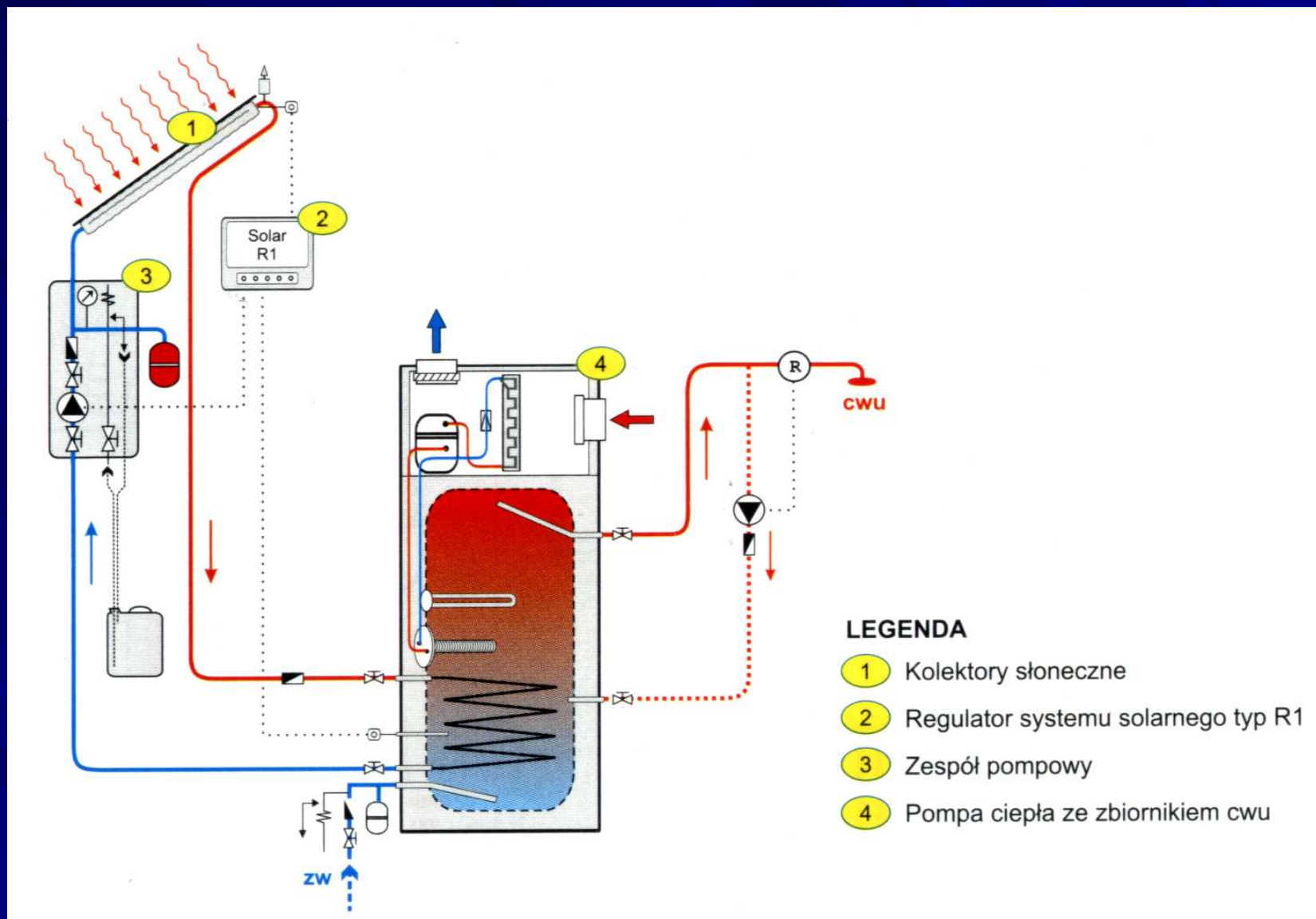
# Współczynnik wydajności

Jest to stosunek ilości ciepła użytkowego  
do ilości ciepła z energii napędowej

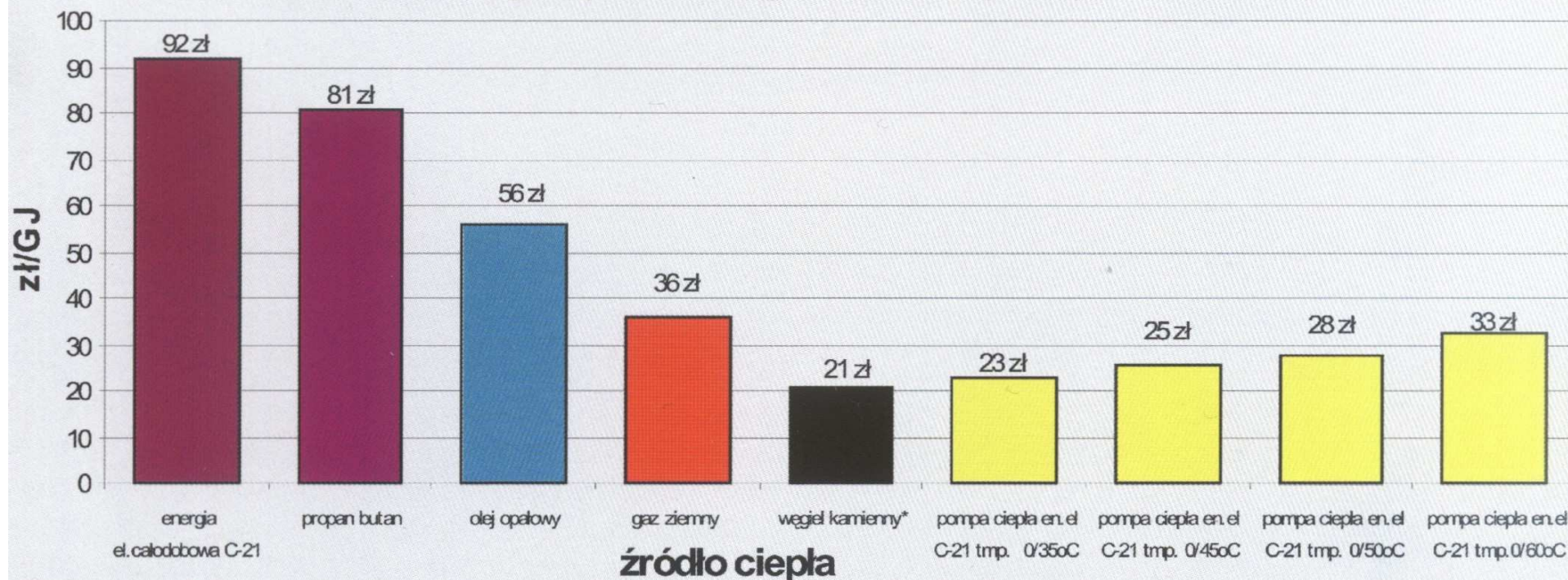
Nowoczesne pompy ciepła osiągają współczynnik  
wydajności grzewczej 4-5 nawet do 7.

Urządzenie o współczynniku 4 zapewni 20 kWh  
ciepła zużywając tylko 5 kWh prądu.

# Przykładowa instalacja pompa ciepła + kolektor słoneczny



## Koszt GJ energii wytworzonego za pomocą różnych źródeł ciepła



Źródło ciepła	Jedn [a]	Wartość opałowa kWh/[a]	Cena jedn. zł/[a]	Stopień wykorzystania [%]	Koszt ciepła zł/kWh	Koszt ciepła zł/GJ
energia el. całodobowa C-21	kWh	1,00	0,330	100%	0,330	91,67
propan butan	dm <sup>3</sup>	6,95	1,820	90%	0,291	80,82
olej opałowy	dm <sup>3</sup>	10,44	1,890	90%	0,201	55,87
gaz ziemny	dm <sup>3</sup>	9,95	1,151	90%	0,129	35,70
węgiel kamienny*	kg	7,50	0,350	75%	0,076	21,03
pompa ciepła en.el C-21 tmp. 0/35°C	kWh	1,00	0,330	406%	0,081	22,58
pompa ciepła en.el C-21 tmp. 0/45°C	kWh	1,00	0,330	360%	0,092	25,46
pompa ciepła en.el C-21 tmp. 0/50°C	kWh	1,00	0,330	330%	0,100	27,78
pompa ciepła en.el C-21 tmp. 0/60°C	kWh	1,00	0,330	280%	0,118	32,74

\* Koszt ciepła dla węgla kamiennego uwzględnia koszty obsługi - 0,0135zł/kWh

# Zalety pomp ciepła

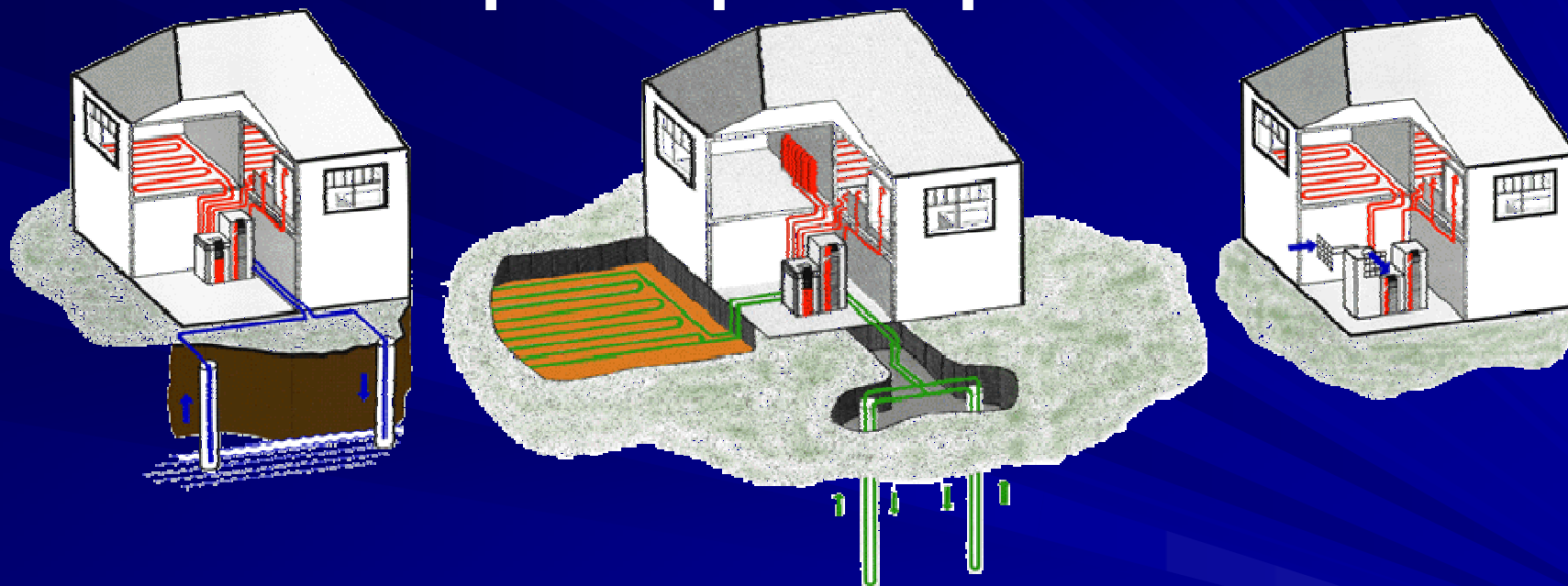
- Niskie koszty eksploatacji,
- Znaczne oszczędności energii,
- Wykorzystanie odnawialnych lub odpadowych źródeł energii,
- Chronimy środowisko naturalne, ekologiczność,
- Praca urządzenia jest bezszmerowa,
- Budynek z pompą ciepła nie potrzebuje komina, co obniża koszty budowy,
- Z pompą ciepła nie tracimy czasu na dogłębne i codzienne prace przy systemie grzewczym -automatyka,
- Możliwość współpracy z innymi urządzeniami.

# Wady pomp ciepła

- Duże koszty inwestycyjne,
- Znaczne wymiary źródła dolnego,
- Dodatkowe zasilanie.



# Efektywność energetyczna pomp ciepła



ang. Heat pump  
niem. Wärmepumpe  
ros. Тепловый насос

# Troszkę historii



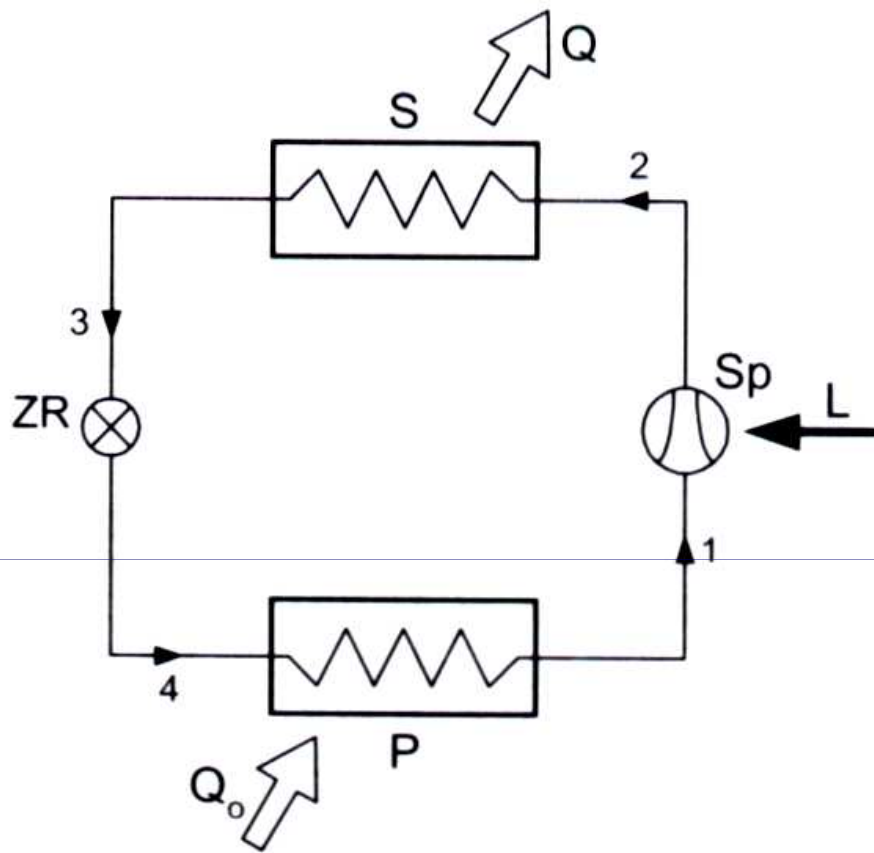
W 1834 r. Pellet opracował podstawy teoretyczne pompy ciepła opartej na przemianach fazowych czynnika. Opisał on możliwość wykorzystania ciepła pary powstałej podczas parowania soli. Sprężona do wyższych ciśnień para skraplała się w miejscu odbioru ciepła.

Z 1852 r. pochodzą pierwsze informacje na temat możliwości zastosowania pomp ciepła do ogrzewania. Ich autorem jest W. Thomson (Lord Kelvin), który opisał otwarty obieg powietrzny ze sprężarką i dwoma zbiornikami wody, spełniającymi rolę dolnego i górnego źródła ciepła.

W 1928 r. T.G.Haldane zbudował pierwszą w Anglii instalację do ogrzewania domu opartą na amoniakalnym urządzeniu sprężarkowym.

W pełni poprawne i eksploatowane w sposób ciągły pompy ciepła zaczęły powstawać w latach trzydziestych ubiegłego stulecia.

# Budowa i działanie



L- praca

$Q_0$ -ciepło ze źródła dolnego

Q -ciepło użyteczne

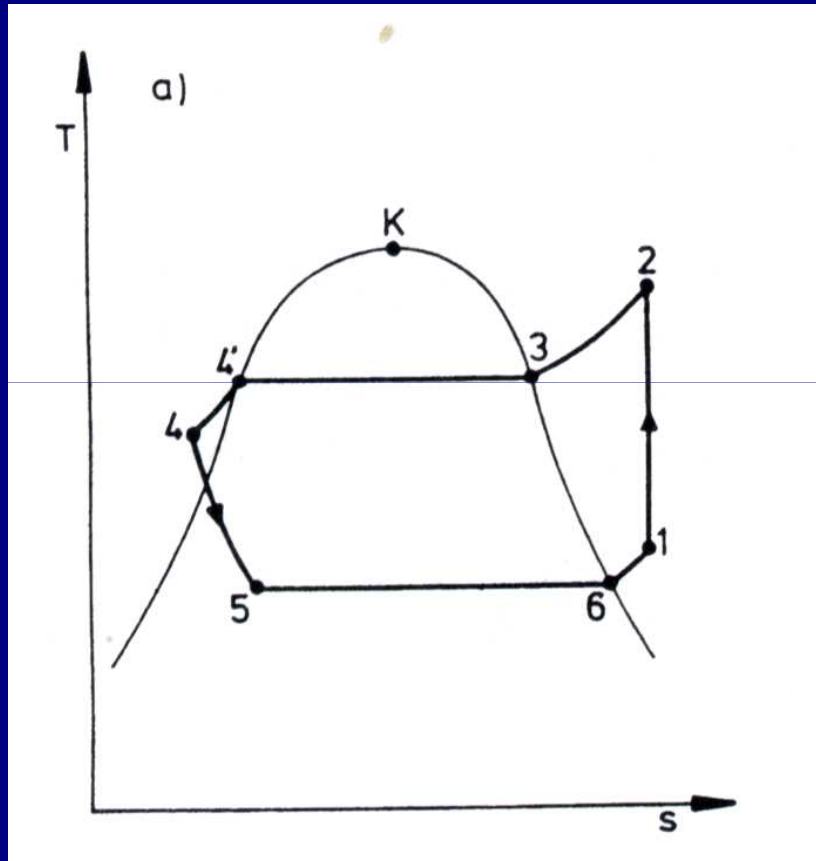
Schemat ideowy sprężarkowej pompy ciepła:

P-parowacz, S-skraplacz, Sp-sprężarka, ZR-zawór rozprężny

# Budowa i działanie



*przebieg przemian termodynamicznych  
obiegu sprężarkowego z czynnikiem jednoskładnikowym*

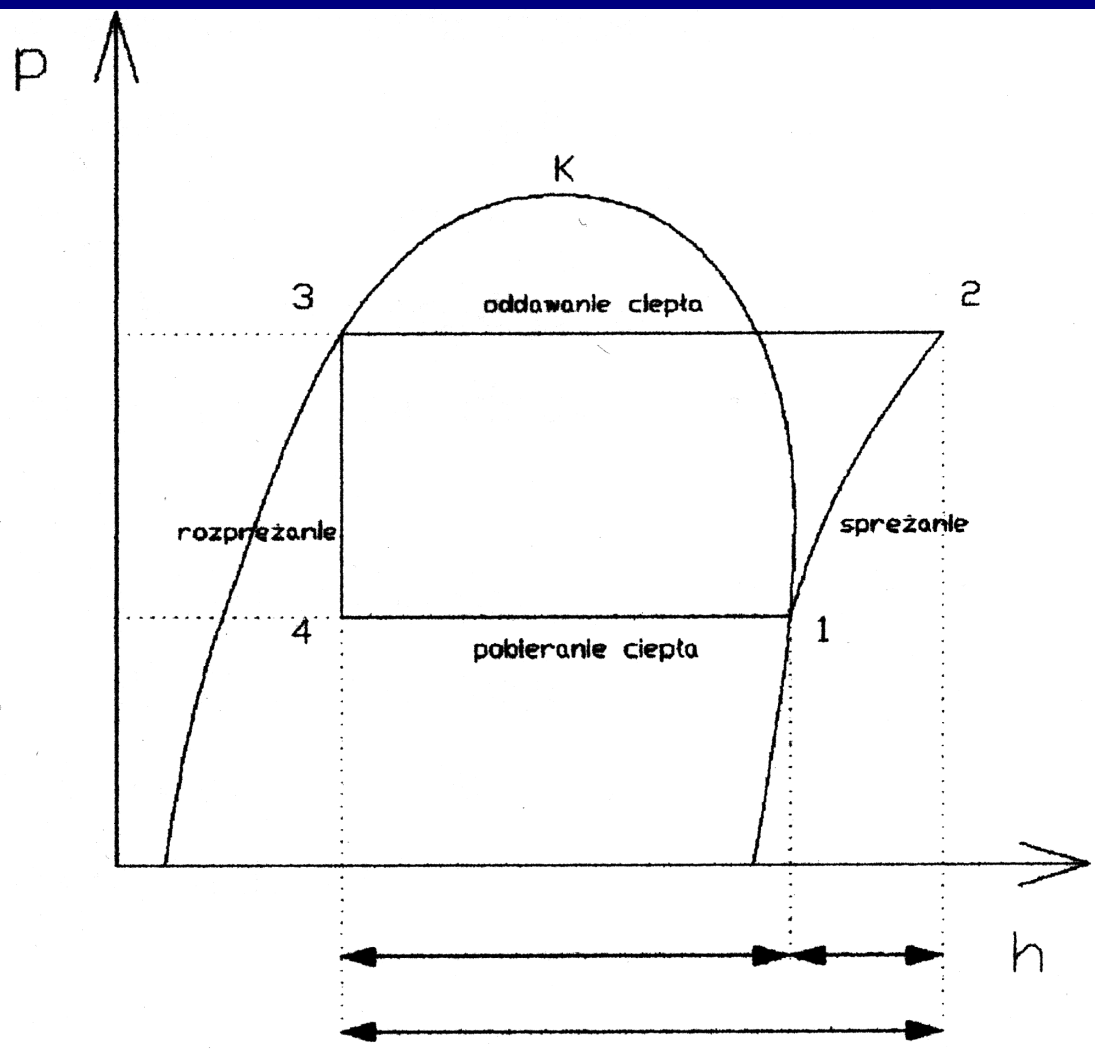


- sprężanie izentropowe (1-2)
- skraplanie izobaryczne (2-4') z dochłodzeniem cieczy (4'-4)
- dławienie izentalpowe (4-5)
- odparowanie izobaryczne (5-6) z przegrzaniem pary (6-1)

# Energetyczny bilans pompy ciepła



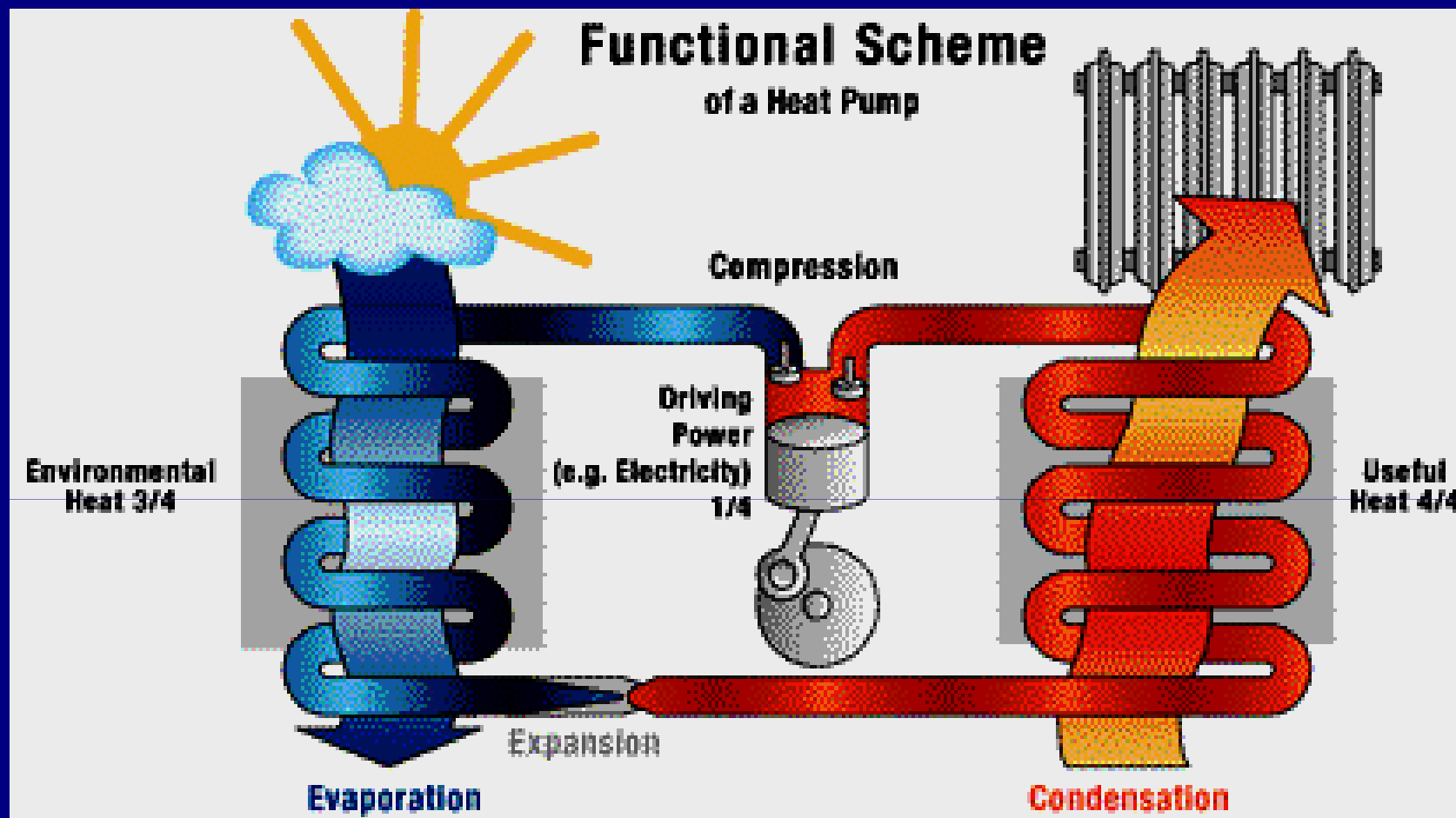
$$Q = Q_0 + L$$



Teoretyczny współczynnik wydajności grzejnej pompy

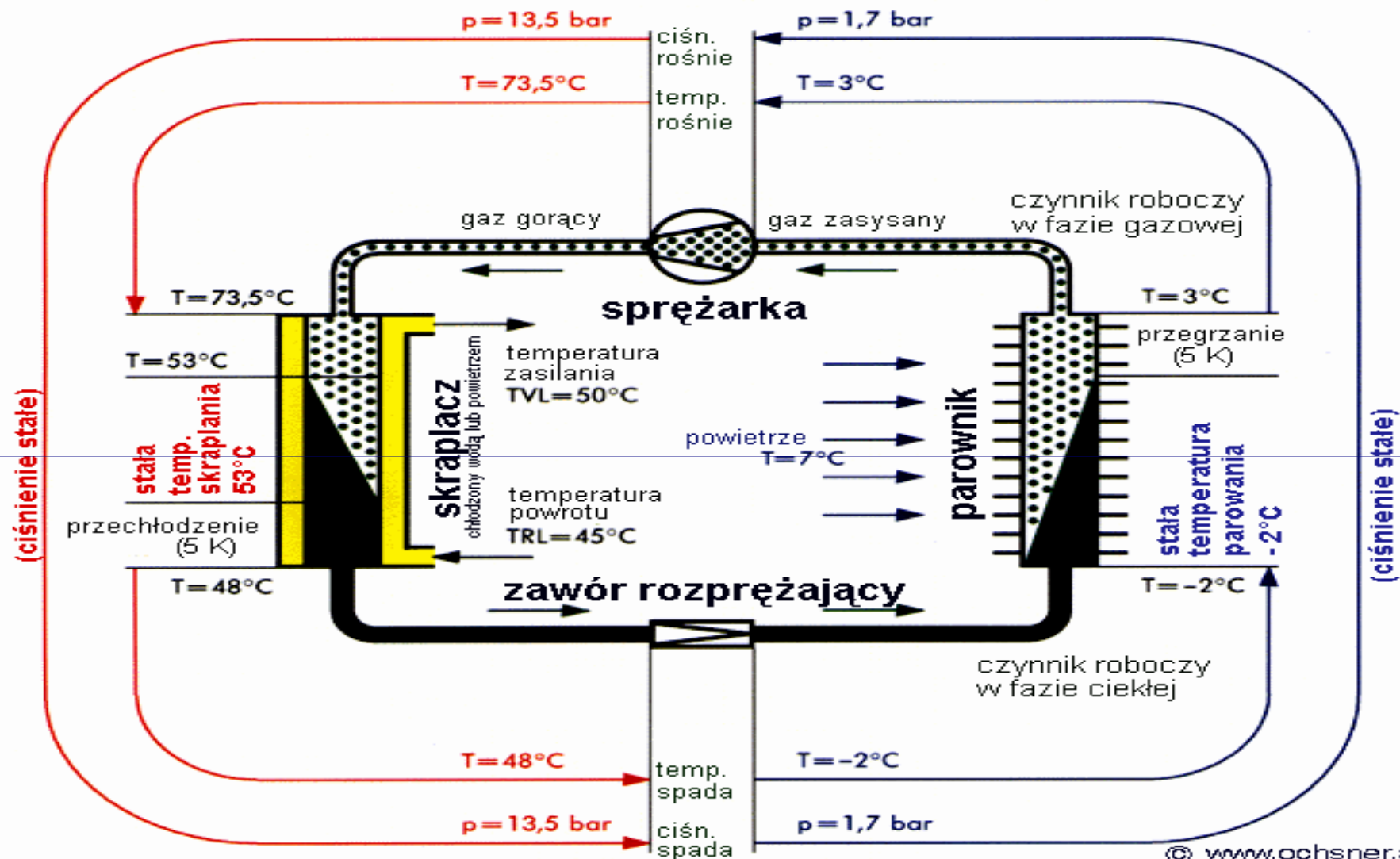
$$\varphi_t = \frac{Q}{L} = \frac{Q_0 + L}{L} = 1 + \frac{Q_0}{L}$$

# Budowa i działanie - Pokaz



Pokaz działania sprężarkowej pompy ciepła

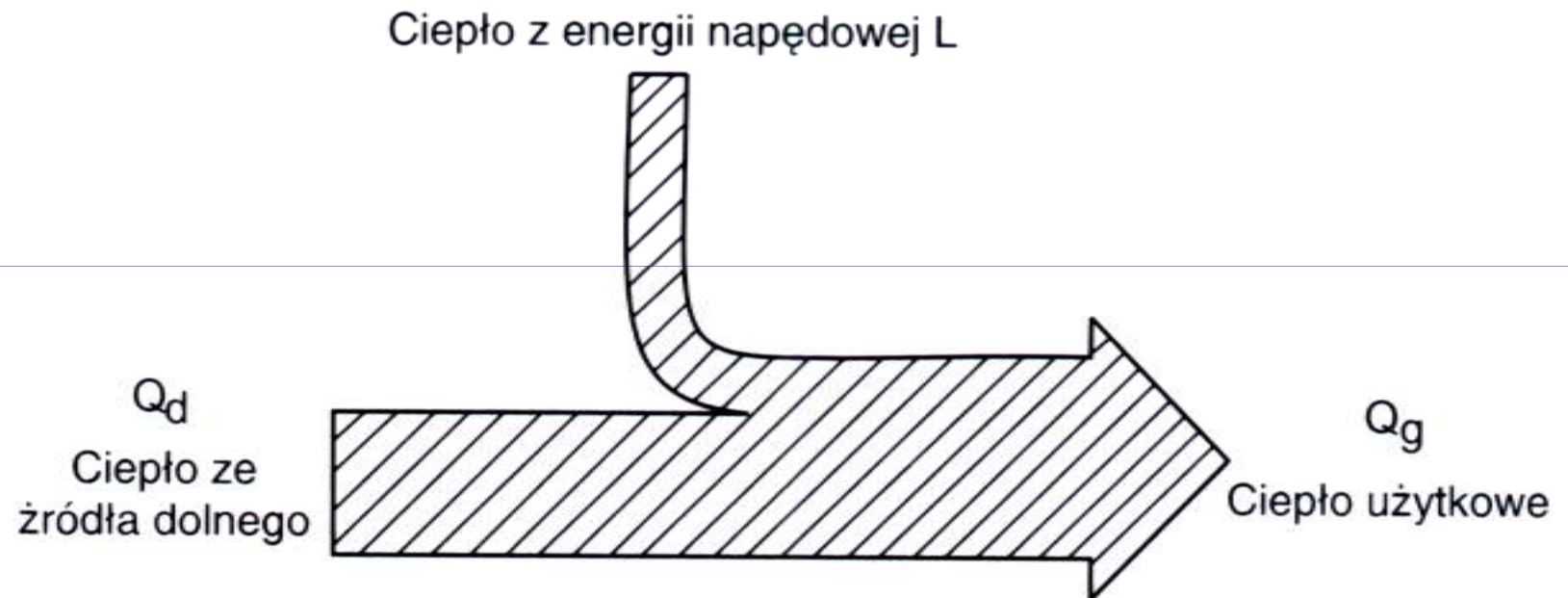
# Opis szczegółowy



# Bilans ciepła pompy ciepła



Pompa ciepła jest urządzeniem, które umożliwia wykorzystanie energii cieplnej źródeł o niskich temperaturach.

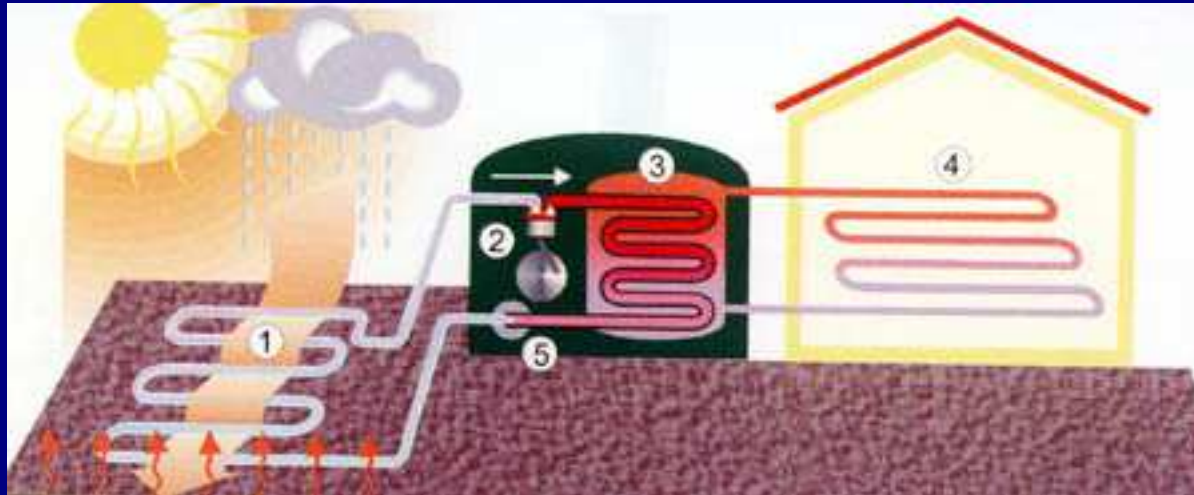


Rys.1.1. Bilans ciepła pompy ciepła

# Budowa i działanie

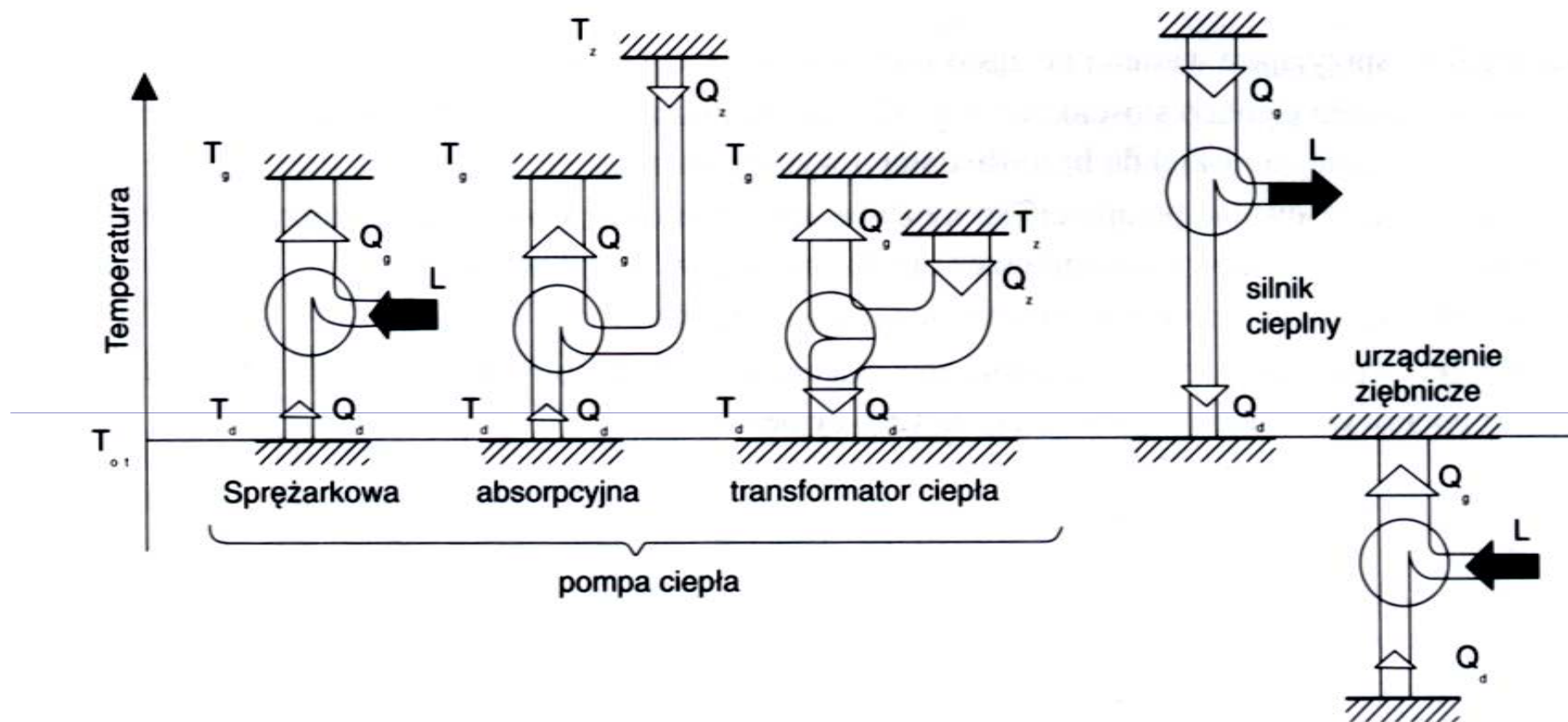


Zasada działania pomp ciepła na przykładzie pomp **NEURATHERM**



W kolektorze poziomym (1) propan wskutek pobierania energii cieplnej zawartej w ziemi zamieniany jest w stan gazowy. Następnie przemieszczany jest do kompresora (2) gdzie w wyniku sprężenia następuje wzrost jego temperatury. Uzyskane w ten sposób ciepło poprzez wymiennik (3) oddawane jest do odbiornika (4) np. kaloryfer. Gaz po oddaniu ciepła przemieszczany jest do zaworu rozprężnego (5), w którym dokonywana jest jego zamiana ze stanu gazowego w ciekły. W tej postaci przemieszczany jest ponownie do kolektora poziomego (1).

# Porównanie z silnikiem i lodówką



Rys.2.1. Idea działania ważniejszych pomp ciepła [5]

# Podział pomp ciepła

- Ze względu na zastosowanie
- Ze względu na rodzaj dolnego i górnego źródła ciepła
- Ze względu na wydajność cieplną
- Ze względu na mechanizm działania
- Ze względu na rodzaj nośnika

# Podział pomp ciepła



W ogrzewnictwie i klimatyzacji domów jednorodzinnych i niewielkich pomieszczeń

W osuszaniu i podgrzewaniu powietrza basenowego oraz wody basenowej

*Praktyczne zastosowanie*

W przygotowaniu ciepłej wody użytkowej

W odsalaniu wody morskiej (np. podczas II wojny światowej)

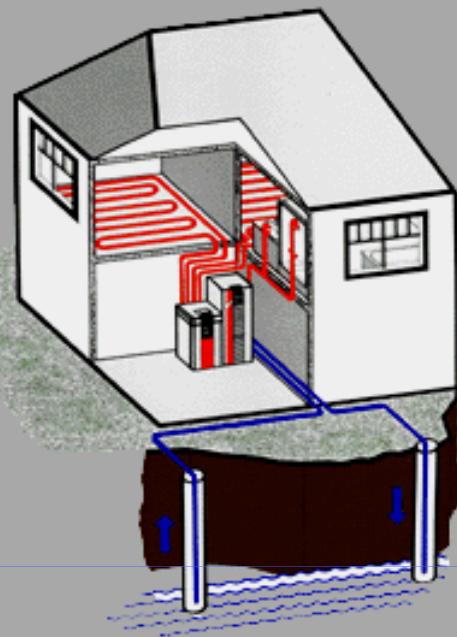
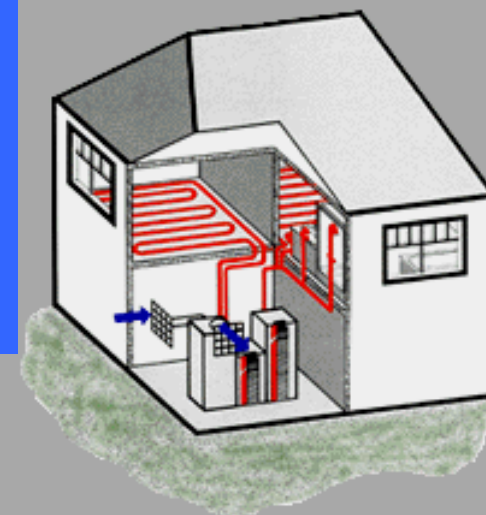
W procesach odparowania roztworów i zagęszczenia soków, mleka, farmaceutyków

# Podział pomp ciepła

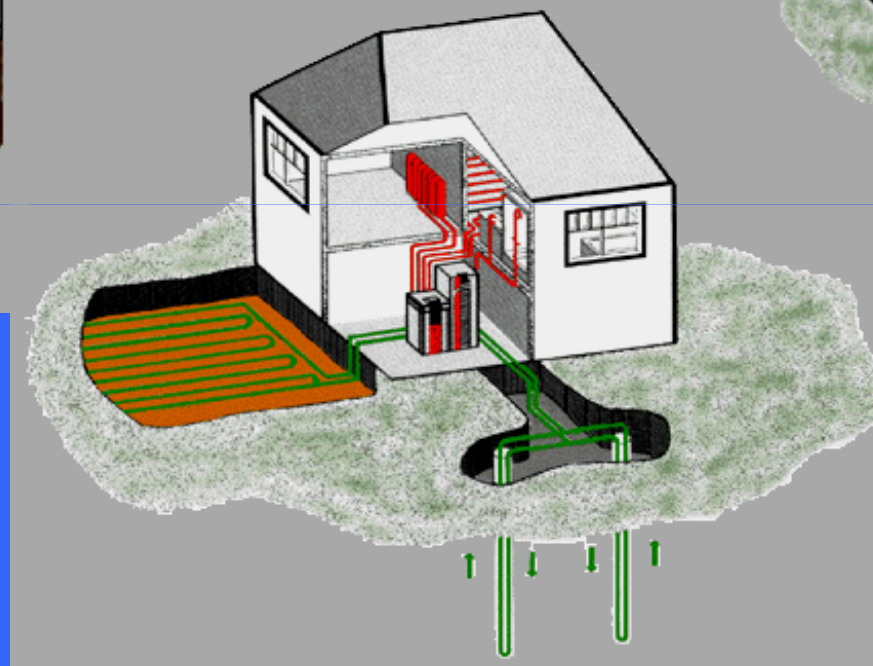


*Dolne źródło ciepła*

*grunt*



*woda*



*powietrze*

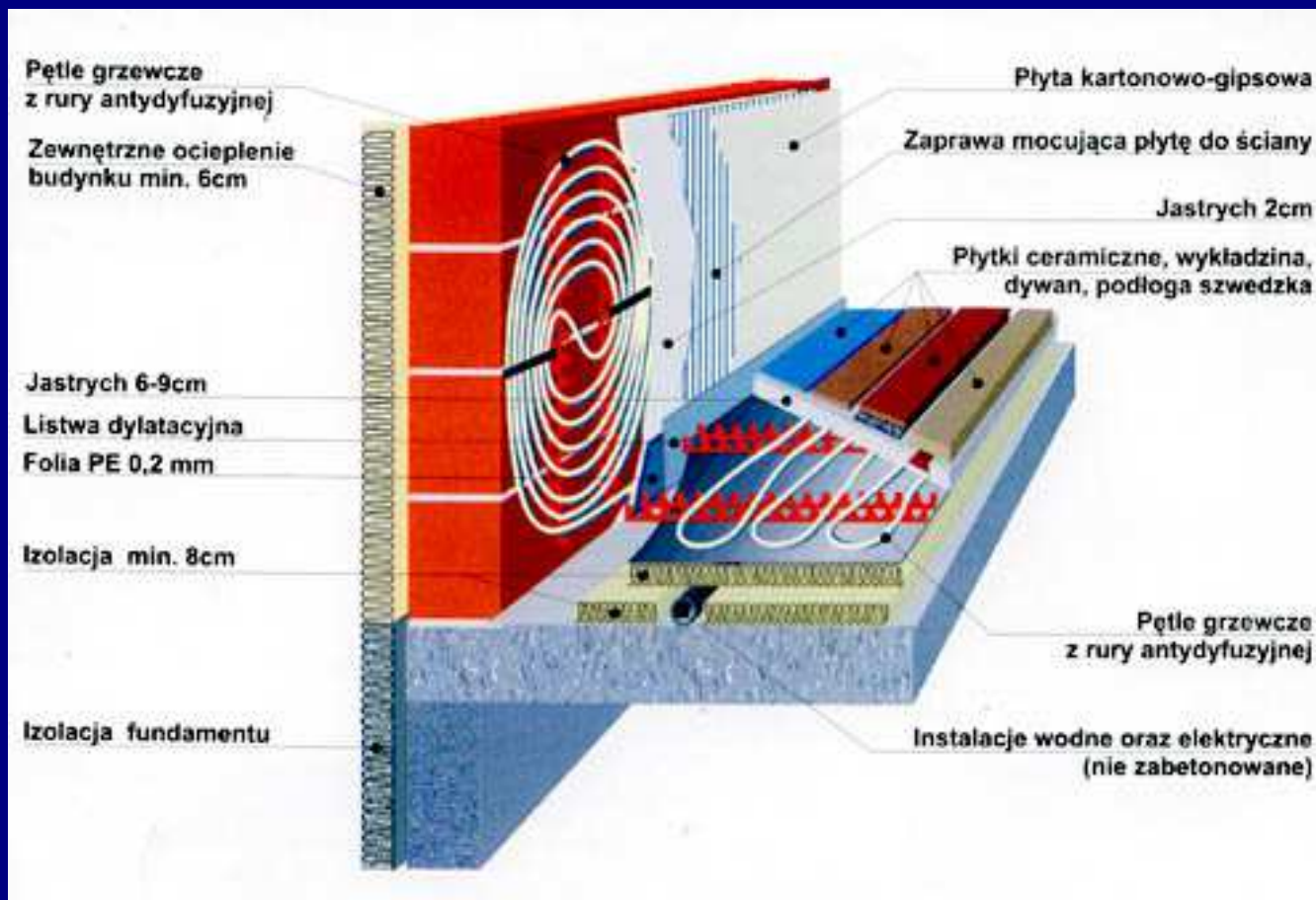
# Podział pomp ciepła



## Górne źródło ciepła



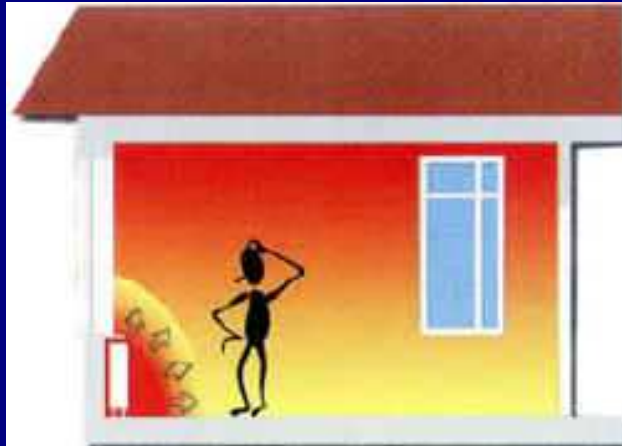
# Przekrój



# Ogrzewanie podłogowe



*Bez ogrzewania podłogowego*



*Z ogrzewaniem podłogowym*

# Podział pomp ciepła



## Współczynnik wydajności cieplnej

Jest to stosunek ilości ciepła użytkowego do ilości ciepła z energii napędowej

Producenci oferują pompy ciepła osiągające współczynnik wydajności grzejnej 4-5 nawet do 6. Oznacza to, że urządzenie o współczynniku 4 może przekształcić 25 kWh prądu (energia potrzebna do napędu pompy) na 100 kWh ciepła (zyskujemy więc ok. 3/4 energii, za którą nie płacimy).

# Podział pomp ciepła



## mechanizm działania

Sprężarkowe

Sorpcyjne

Termoelektryczne

Z efektem wirowym

Chemiczne

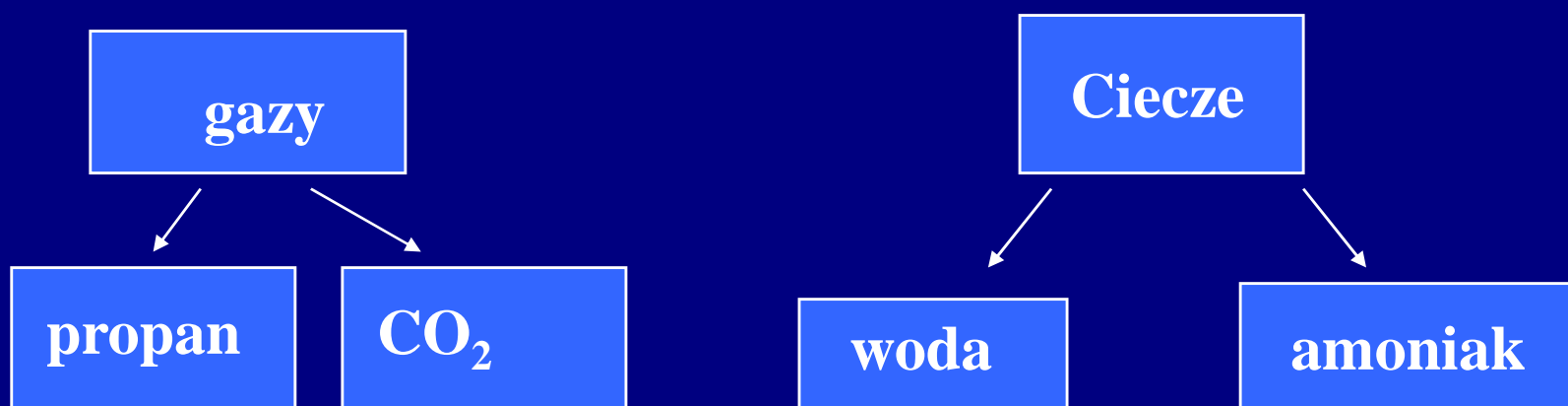
Strumieniowe

Z efektem termodyfuzji

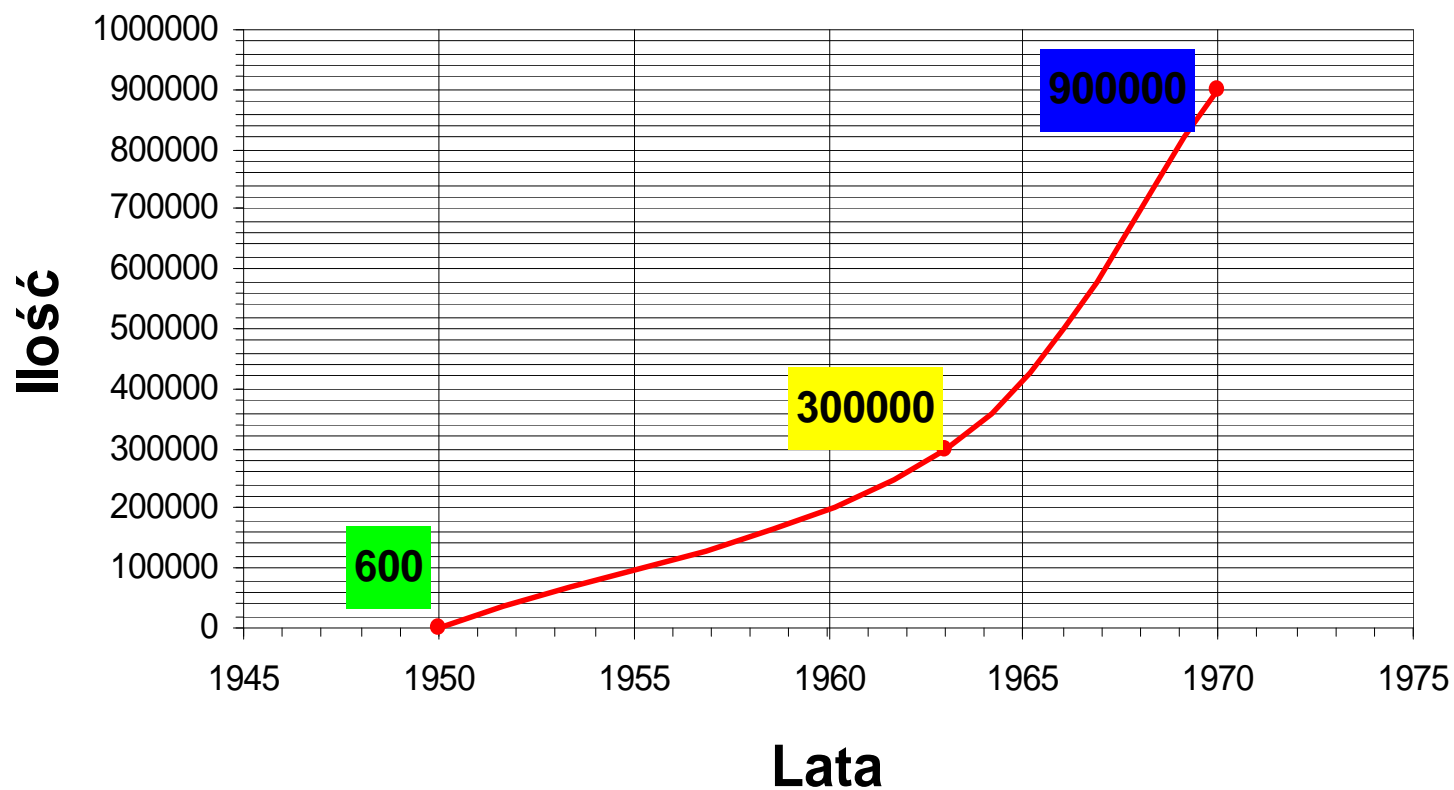
# Podział pomp ciepła



## rodzaj czynnika



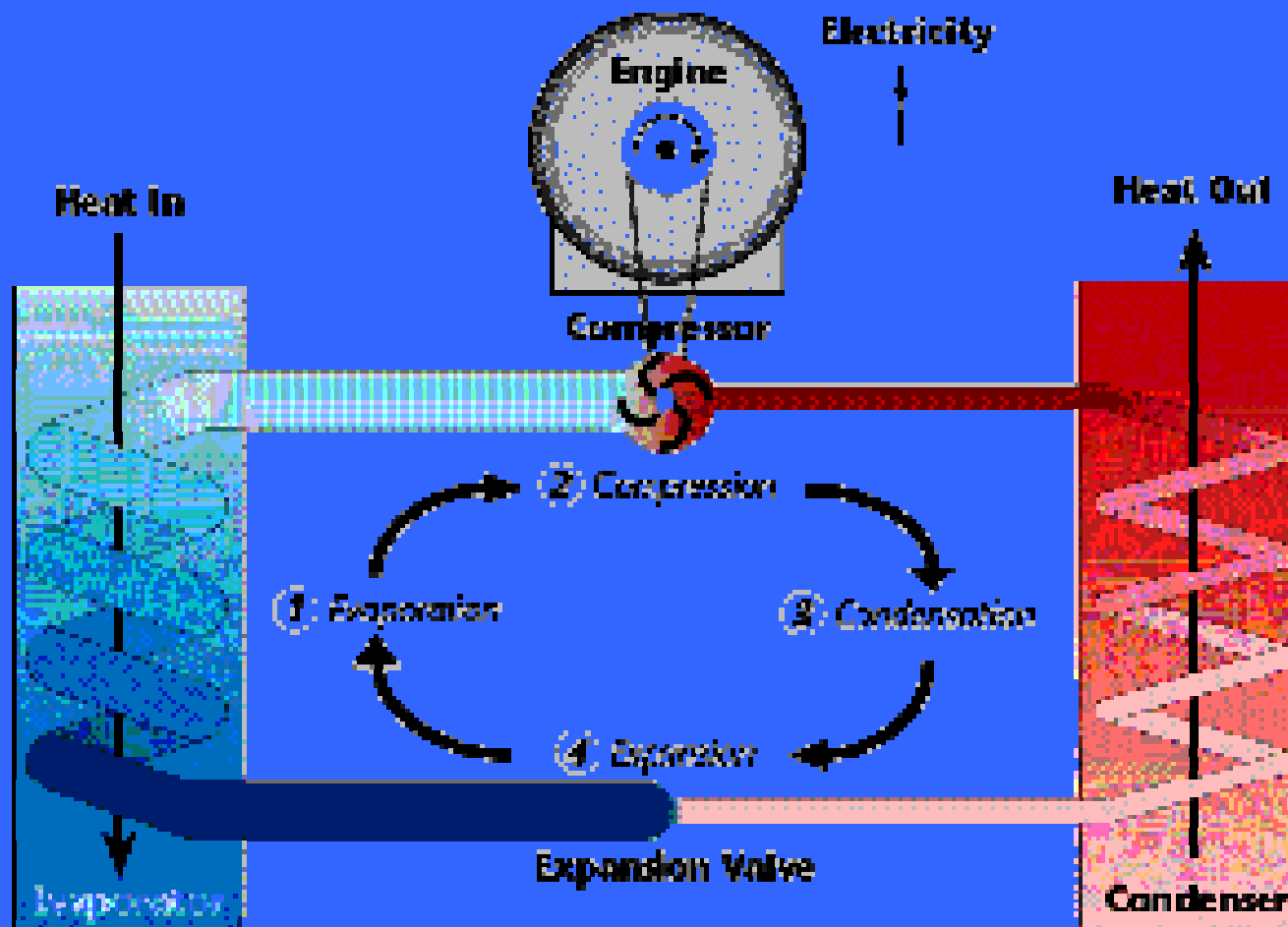
## Produkcja pomp ciepła w USA



# Podział pomp ciepła



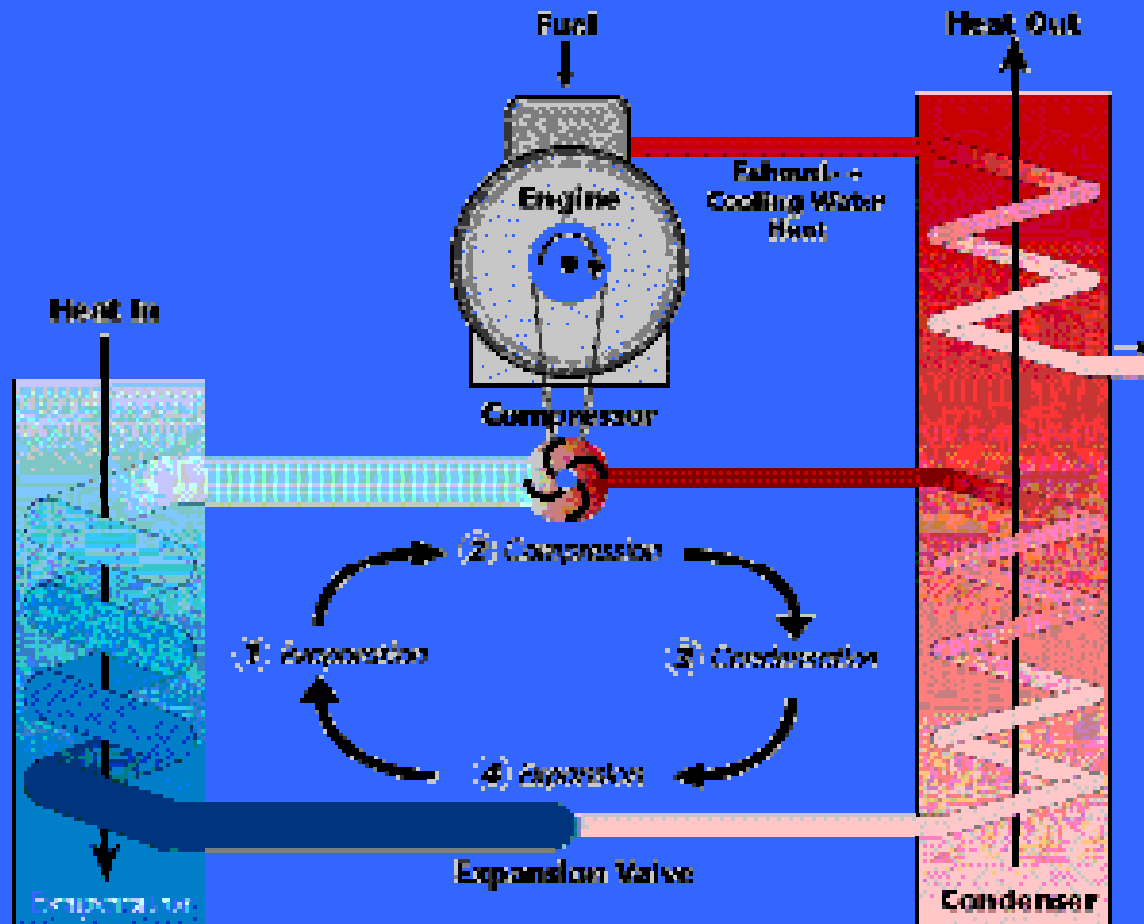
## Sprężarkowa pompa ciepła



# Podział pomp ciepła



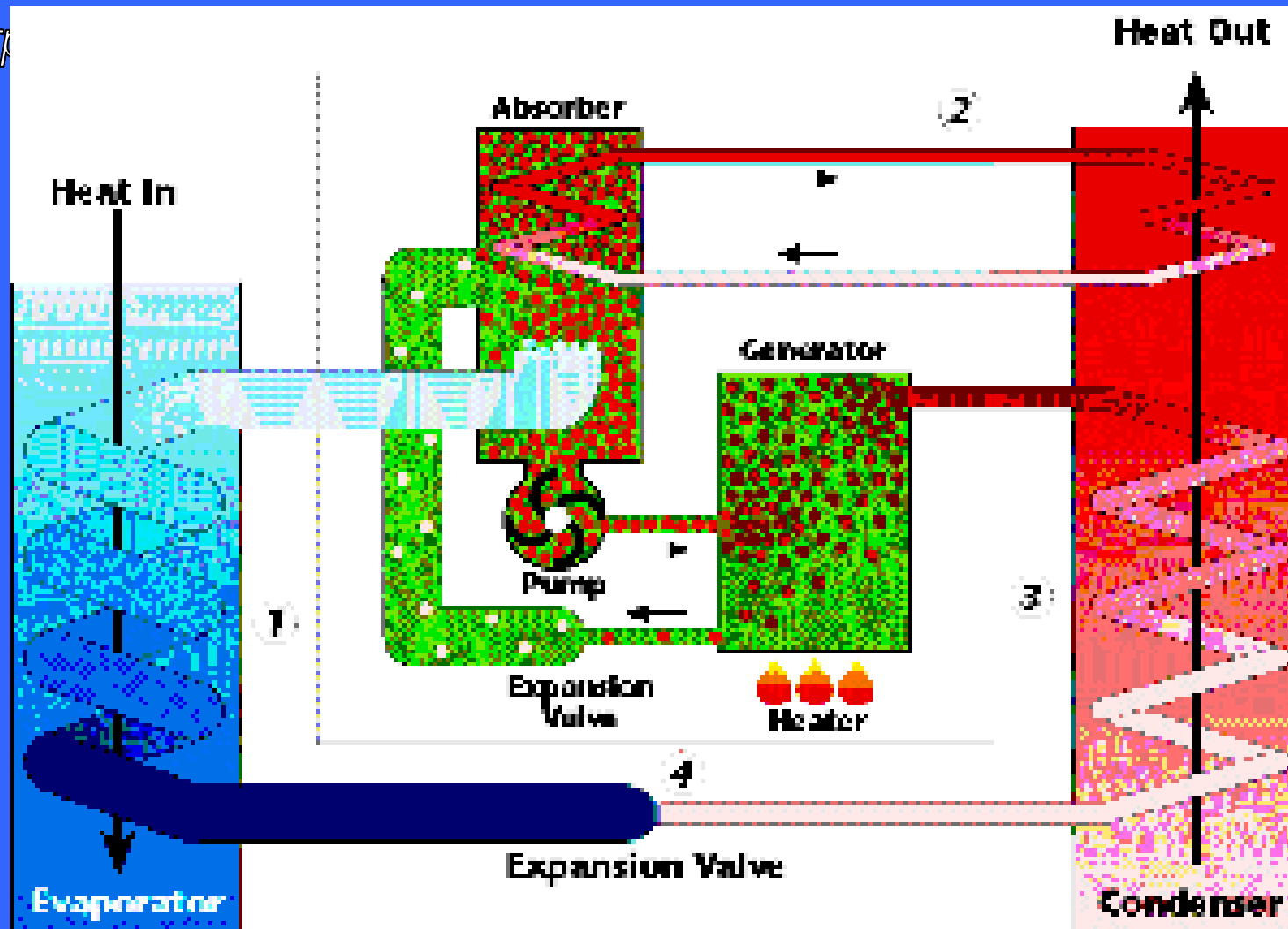
## Sprężarkowa pompa ciepła z odbiorem ciepła z silnika



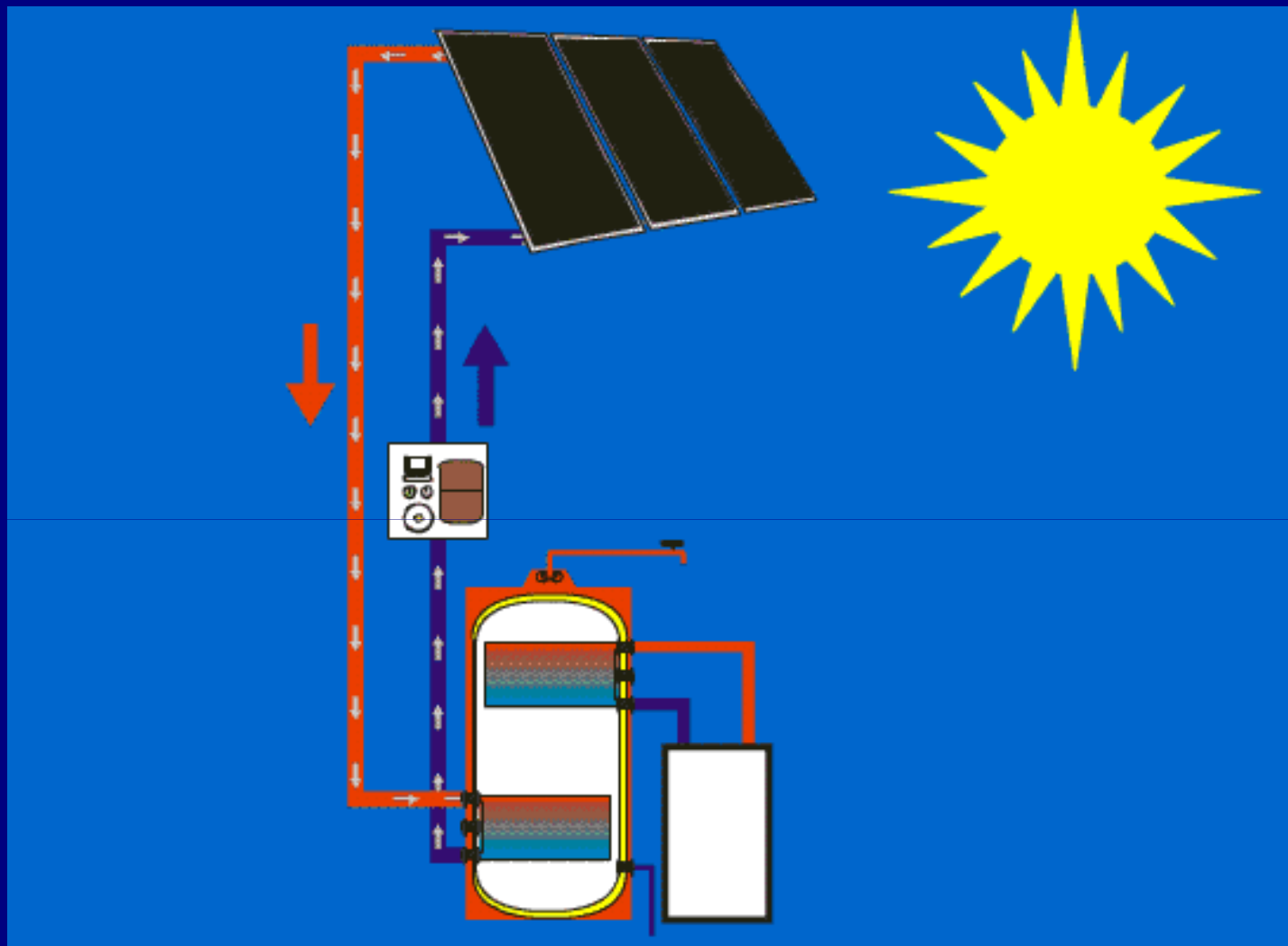
# Podział pomp ciepła



Absorpcyjna



# Kompatybilność z kolektorem słonecznym



# Projekt: zapotrzebowanie ciepła



Należy, zgodnie z doświadczeniem, przyjąć następujące wartości (zapotrzebowania ciepła  $W/m^2$ ):

- Stare budownictwo z nowoczesną izolacją cieplną:  $75 W/m^2$ ;
- Nowe budownictwo z dobrą izolacją cieplną (por. WSVO 95):  $50 W/m^2$ ;
- Domy energooszczędne:  $30 W/m^2$ .

Zapotrzebowanie ciepła w przypadku istniejących już budynków można obliczyć z rocznego zużycia oleju opałowego lub z rocznego zużycia gazu, według następujących równań:

- $Q \text{ (kW)} = \text{zużycie oleju (l/a)} / 250$
- $Q \text{ (kW)} = \text{zużycie gazu (m}^3\text{/a)} / 250$

## Tryby pracy

Możliwe są następujące tryby pracy:

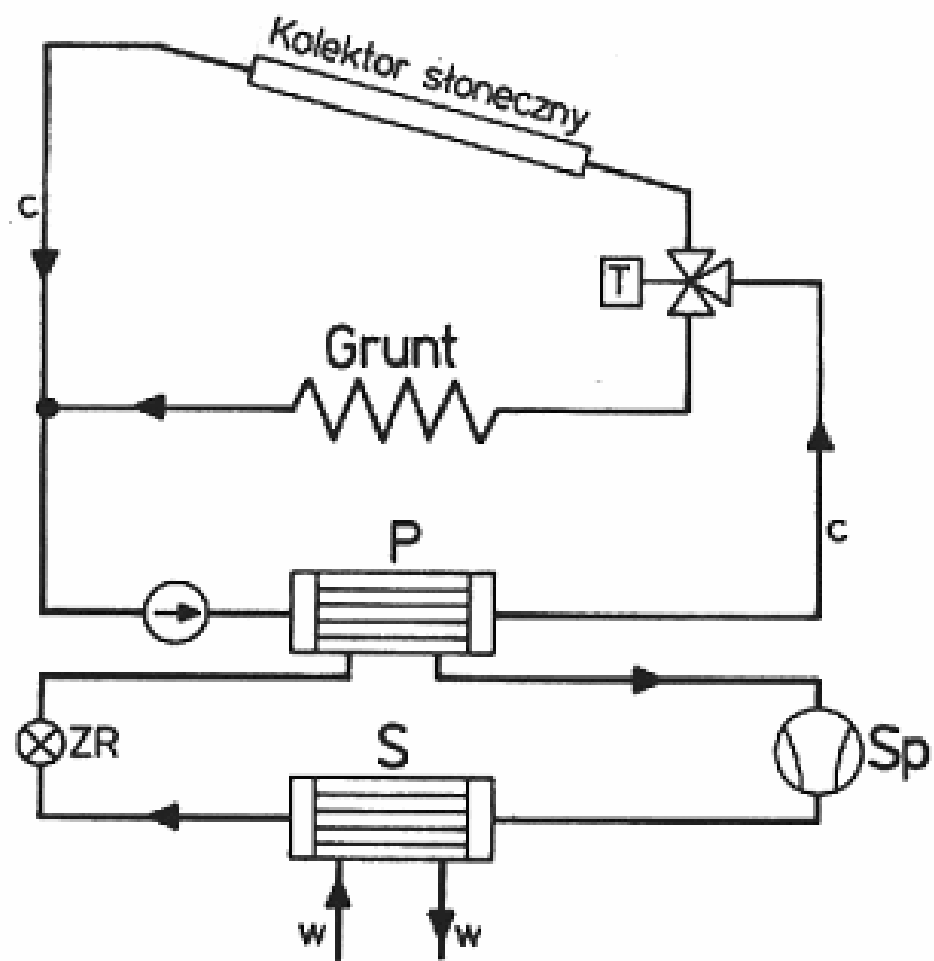
- **monowalentny** (tylko pompa ciepła)

Pompa ciepła jest jedynym źródłem ciepła. Pompa ciepła pokrywa 100% zapotrzebowania na ciepło. Tryb pracy odpowiedni dla temperatur zasilania maks. 55°C.

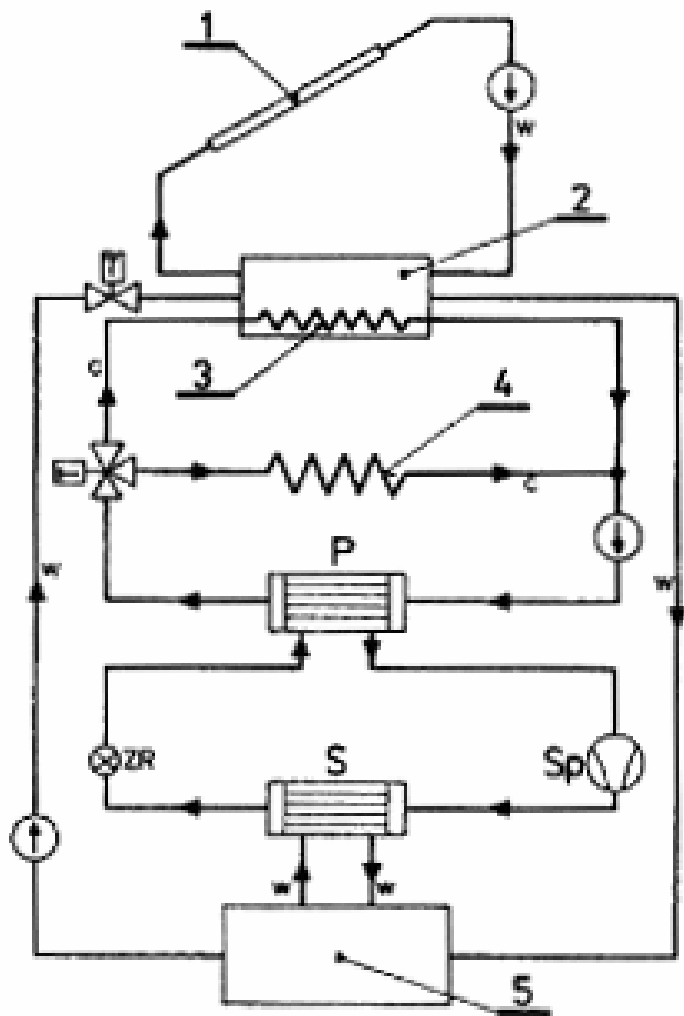
- **biwalentny** (pompa ciepła i kocioł) albo **monoenergetyczny** (pompa ciepła i elektryczne ogrzewanie dodatkowe)

Praca grzewcza zostaje podzielona pomiędzy pompę ciepła i drugi układ grzewczy.

# Schemat ideowy pompy ciepła w układzie biwalentnym bez akumulacji ciepła

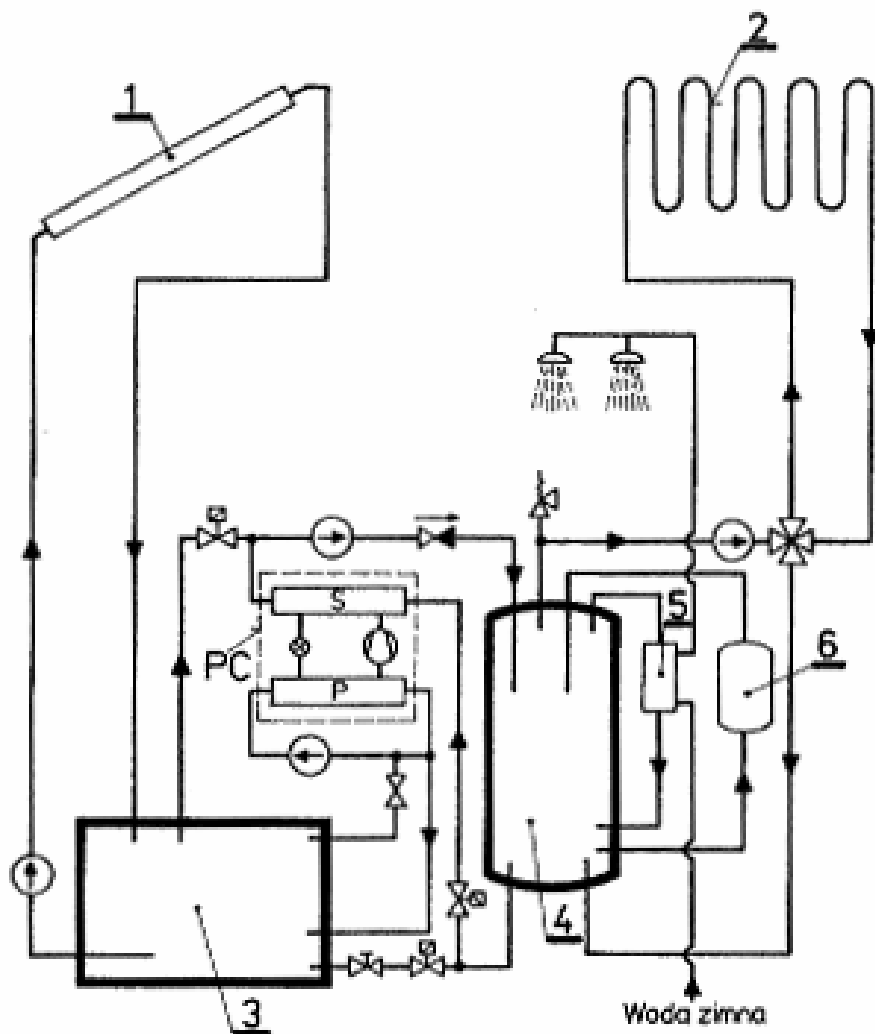


# Schemat ideowy pompy ciepła w układzie biwalentnym z akumulacją ciepła



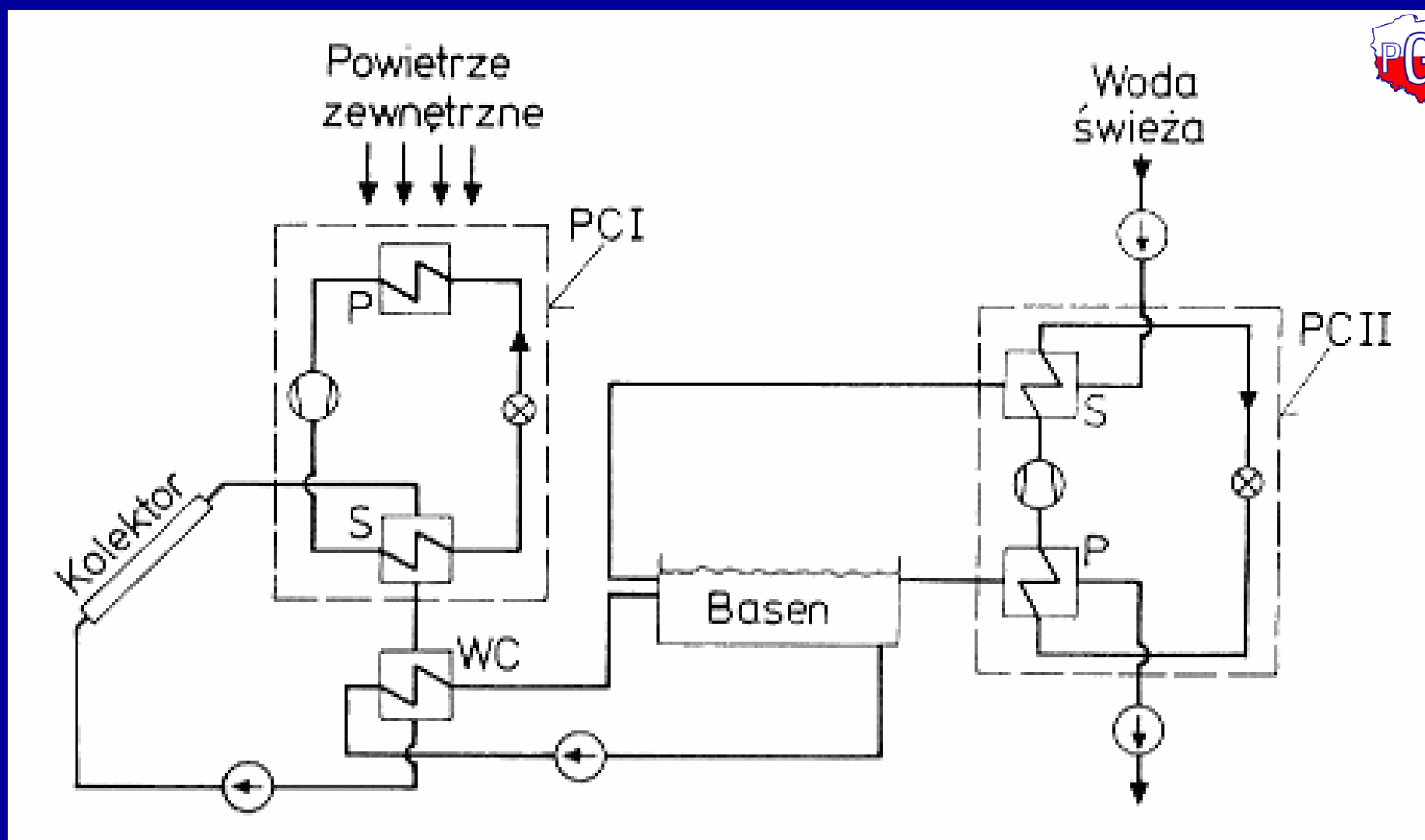
- 1 – kolektor słoneczny,
- 2 – akumulacyjny zbiornik ciepła,
- 3 – wymiennik wykorzystujący energię słoneczną,
- 4 – wymiennik wykorzystujący energię gruntu,
- 5 – ogrzewane pomieszczenie

# Schemat ideowy instalacji pompy ciepła z kolektorem słonecznym służącej do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej

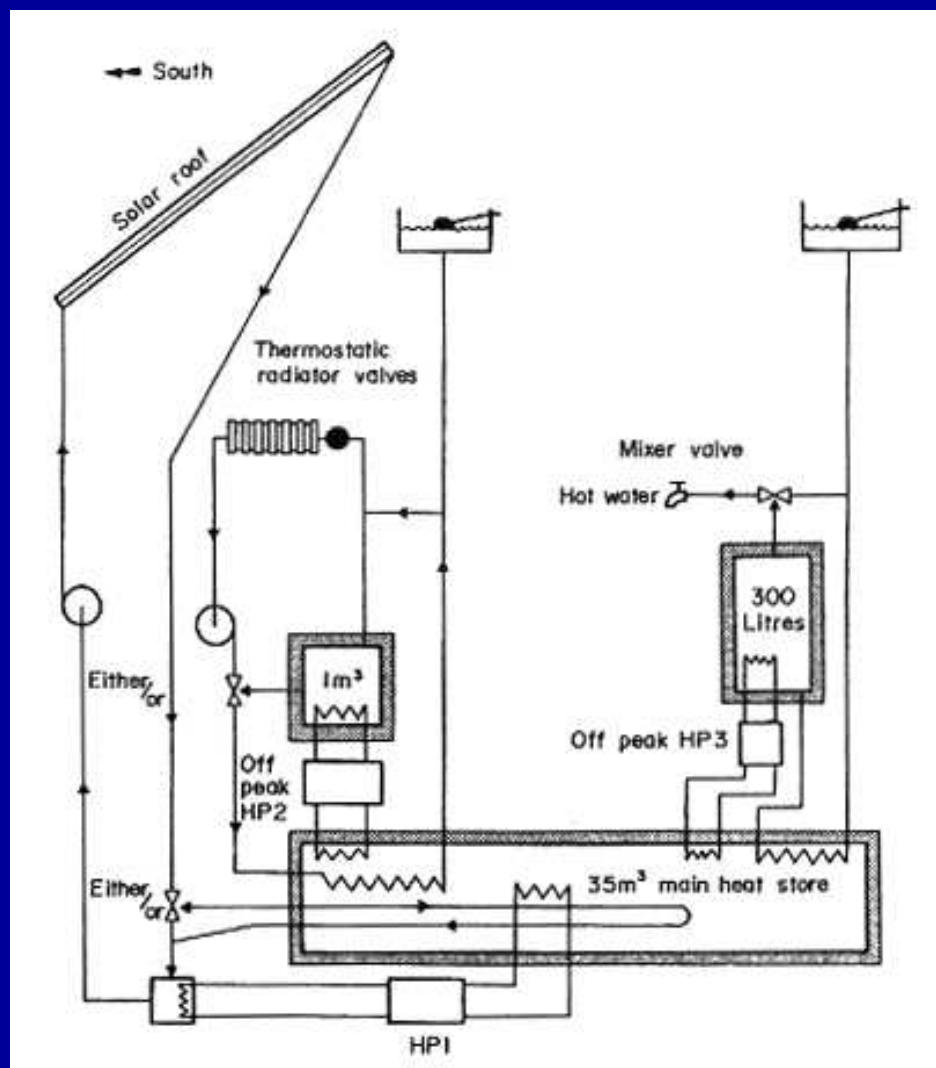


- 1 – kolektor słoneczny
- 2 – ogrzewanie podłogowe
- 3 – akumulator ciepła
- 4 – akumulator ciepła buforowy
- 5 – wymiennik ciepła
- 6 – ogrzewanie gazowe

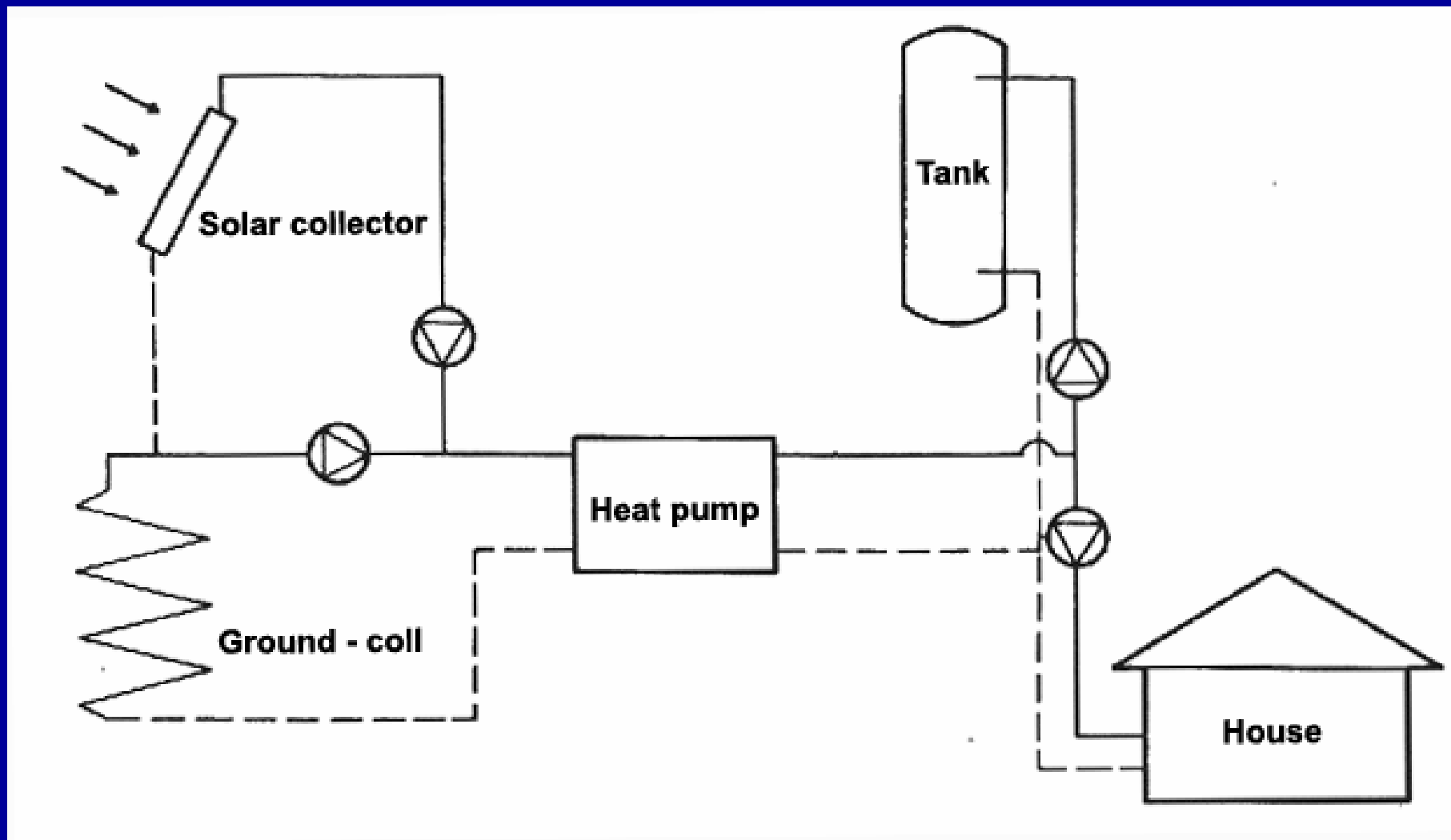
# Schemat ideowy instalacji do ogrzewania wody basenowej



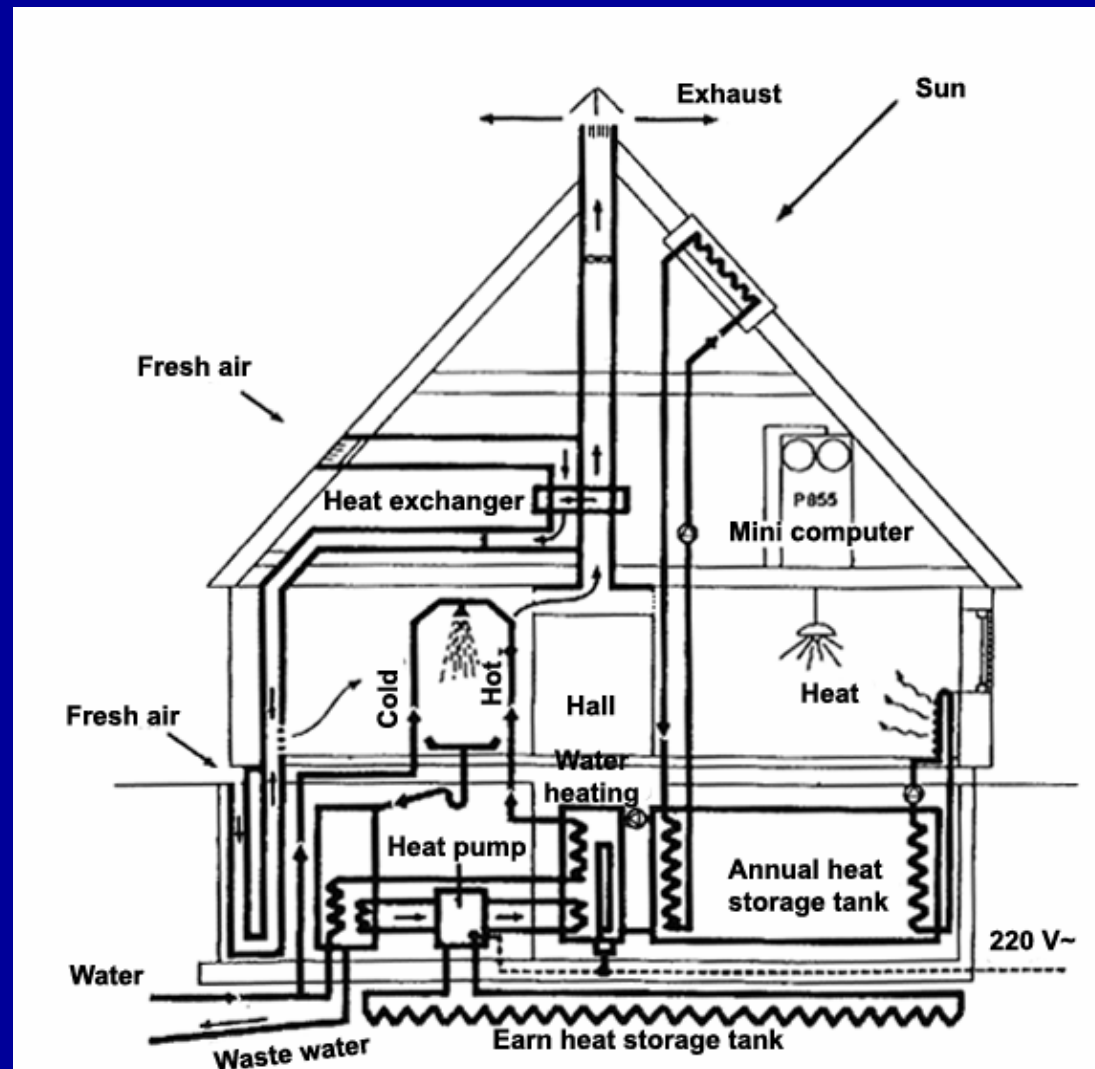
# Schemat ideowy eksperymentalnego nisko-energetycznego domu używającego pompy ciepła w raz z kolektorem słonecznym



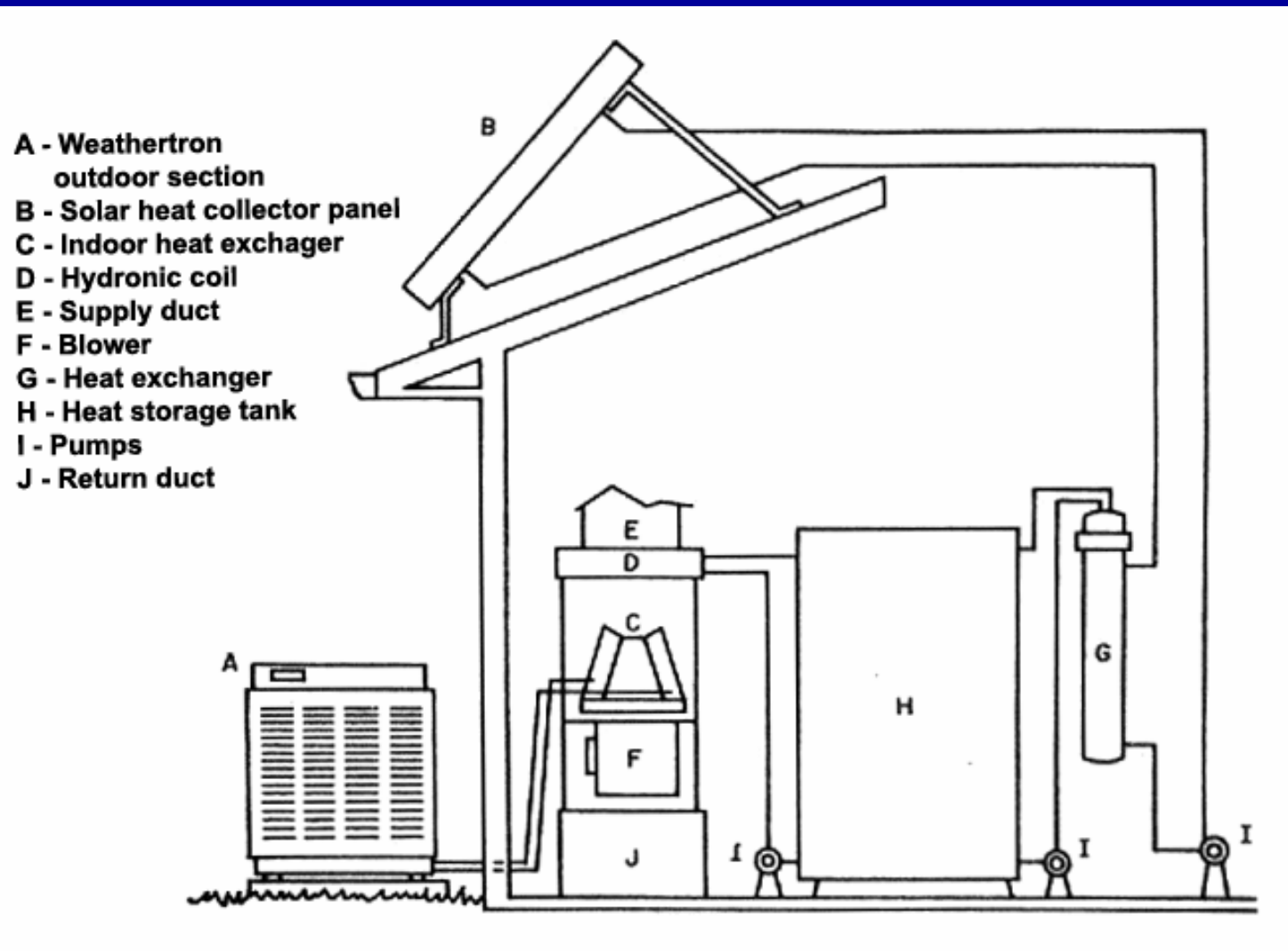
# Schemat ideowy powiązania pompy ciepła wykorzystującej ciepło zmagazynowane w ziemi z kolektorem słonecznym



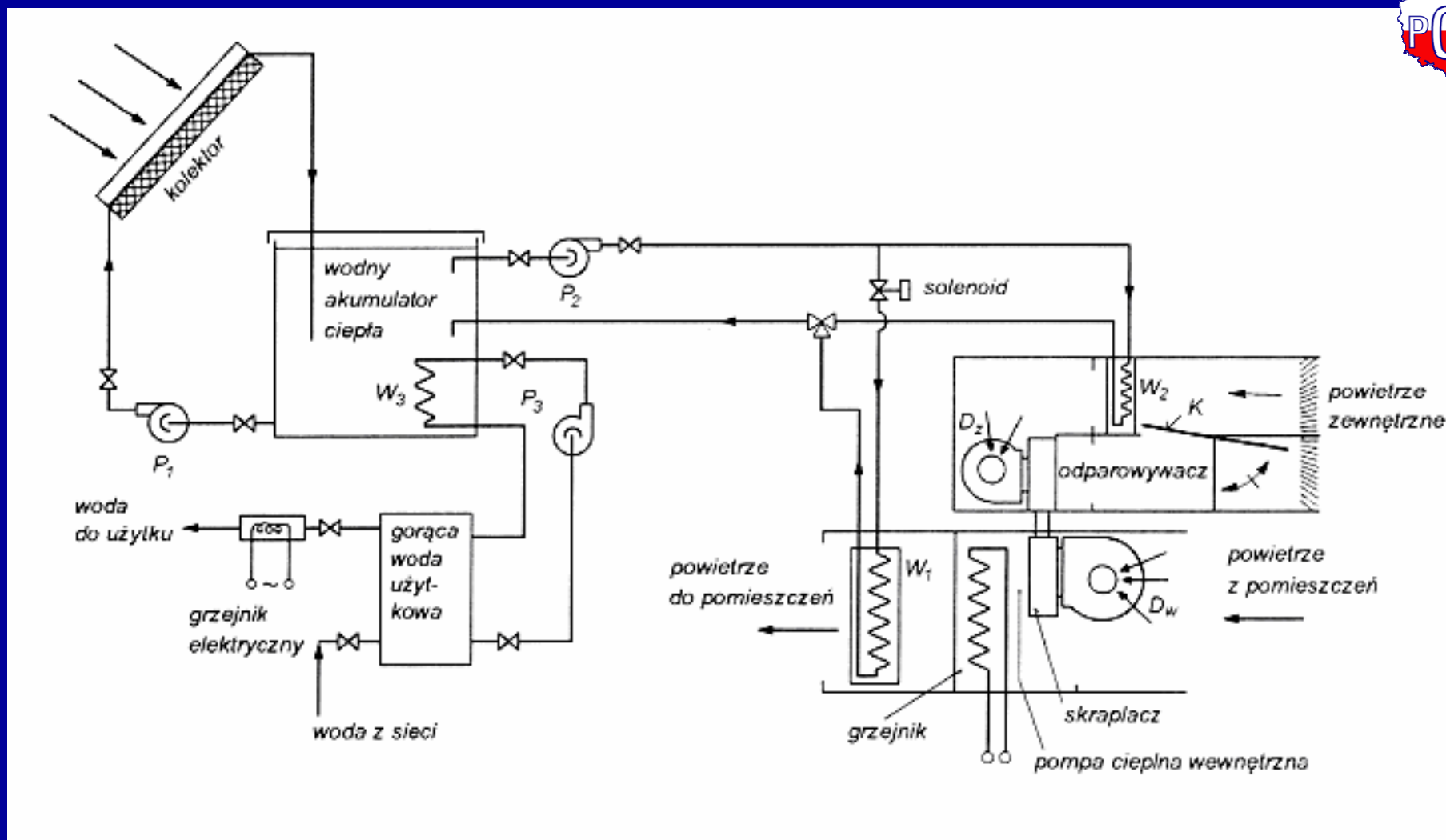
# Schemat dystrybucji powietrza i wody w niskoenergetycznym domu w Aachen



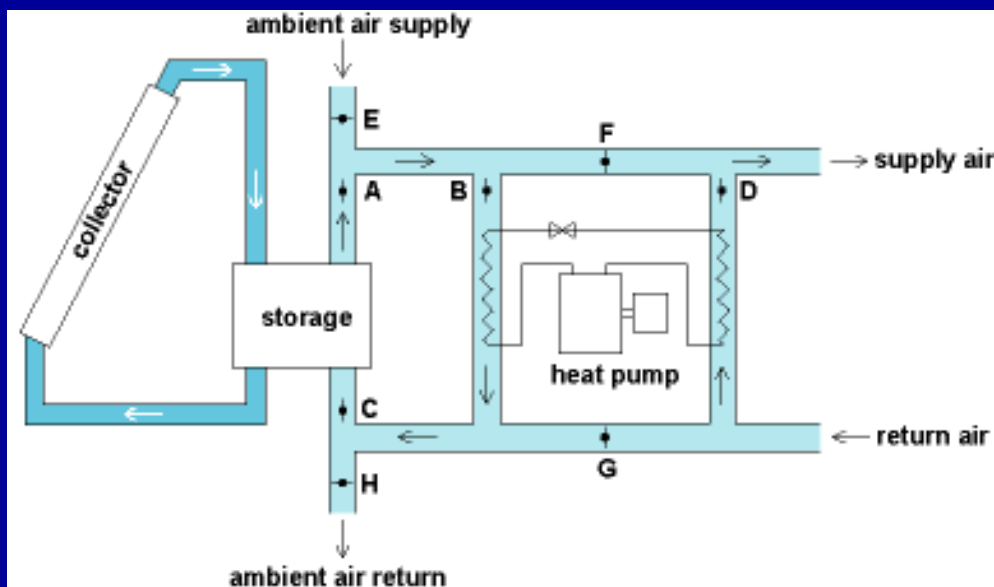
# Dostępny w sprzedaży zestaw kolektorów słonecznych w raz z pompą ciepła firmy General Electric Weathertron



# Schemat działania układu wspomaganego pompą ciepła

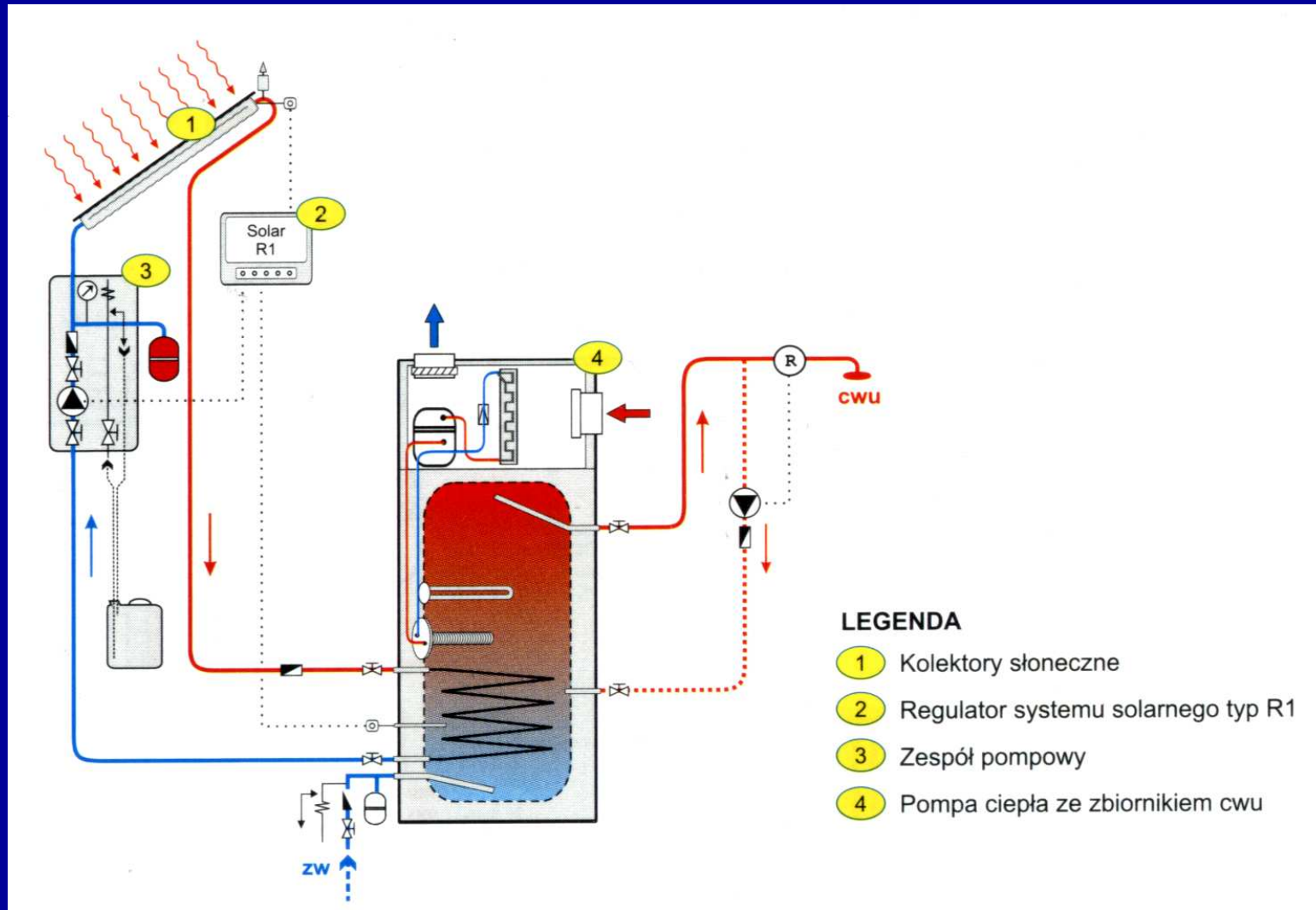


# Schemat działania systemu solarnego w połączeniu z pompą ciepła



	open	close	mode
1	A,B,C,D	E,F,G,H	temperature of stored energy too low for direct use but higher than ambient air
2	A,C,F,G	E,B,D,H	stored solar energy temperature sufficiently high; direct utilization of solar energy (bypass heat pump)
3	B,D,E,H	A,C,F,G	stored solar energy temperature lower than ambient air temperature; heat pump source is ambient air

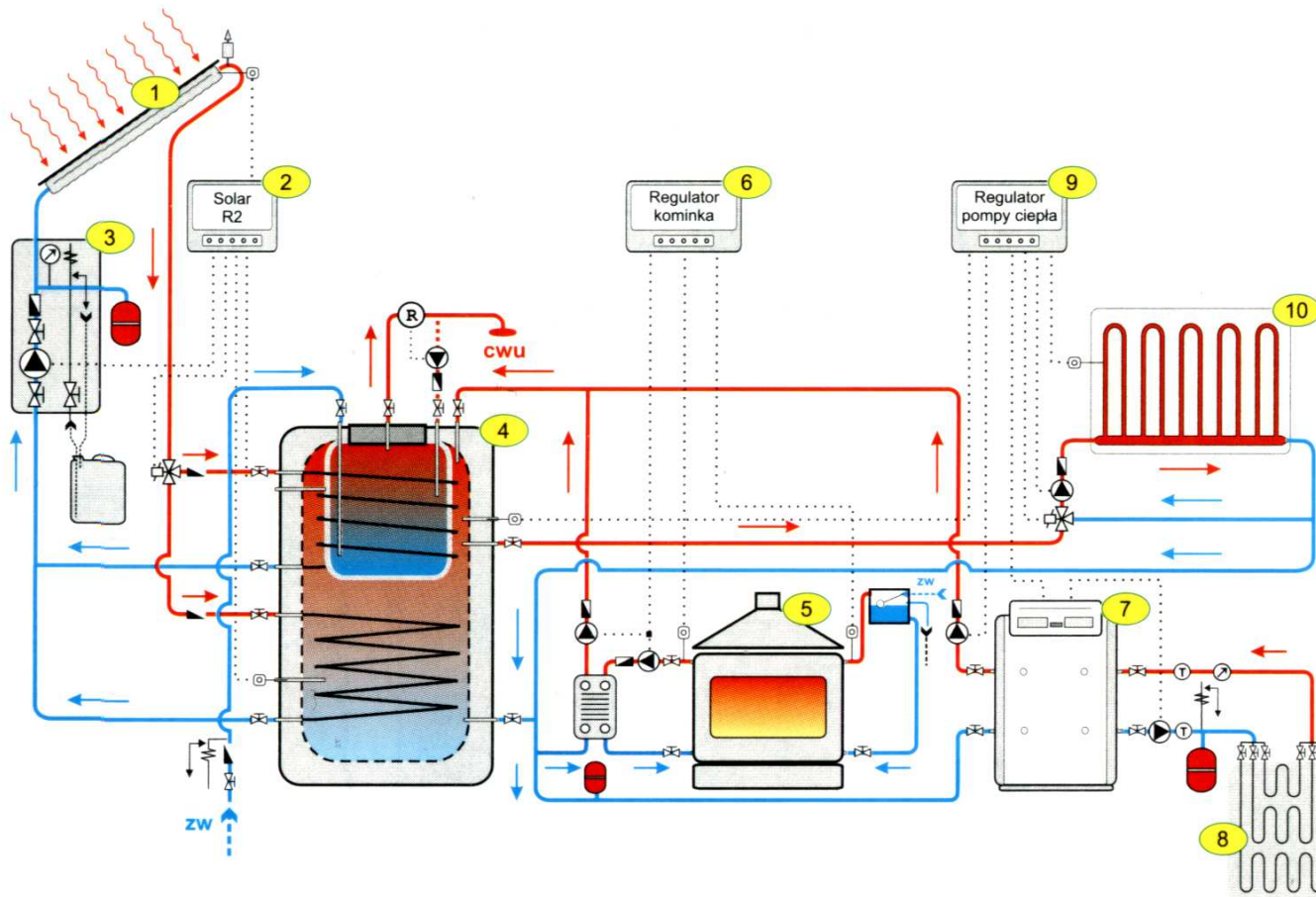
# System solarny z pompą ciepła



## LEGENDA

- 1 Kolektory słoneczne
- 2 Regulator systemu solarnego typ R1
- 3 Zespół pompowy
- 4 Pompa ciepła ze zbiornikiem cwu

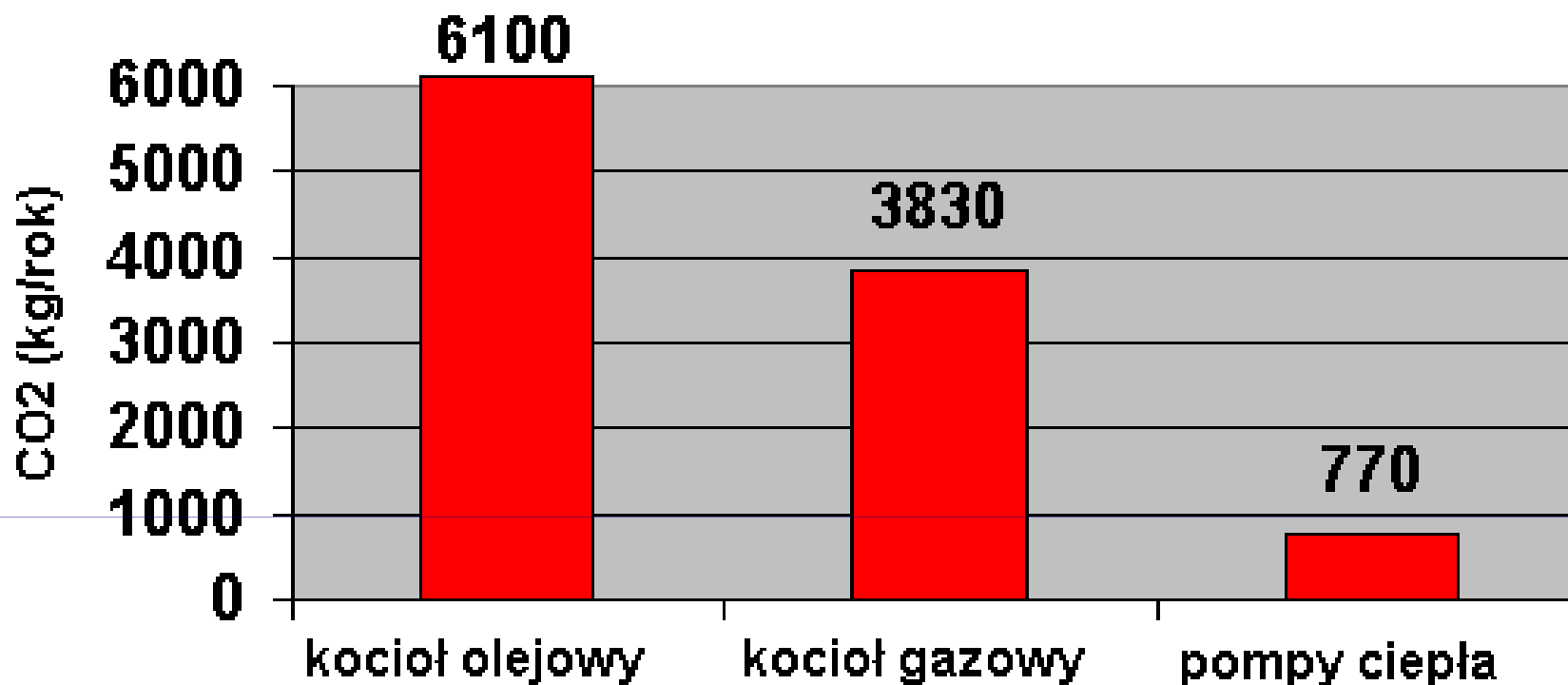
# Biwalentny, niskotemperaturowy system grzewczy dla budynku jednorodzinny, wykorzystujący kolektory słoneczne, kominek z płaszczem wodnym i pompę ciepła do ogrzewania wody użytkowej oraz zasilania centralnego ogrzewania



## LEGENDA

- 1 Kolektory słoneczne
- 2 Regulator systemu solarnego typ R2
- 3 Zespół pompowy
- 4 Zbiornik solarny kombinowany (c.o./cwu)
- 5 Kominek z płaszczem wodnym
- 6 Regulator kominka
- 7 Pompa ciepła
- 8 Dolne źródło pompy ciepła  
- powietrze, woda lub grunt
- 9 Regulator systemu grzewczego z pompą ciepła
- 10 Obieg grzewczy c.o.  
- ogrzewanie ścienne

# Globalne porównanie emisji



domek jednorodzinny o zapotrzebowaniu energii grzewczej 8,8 kW.  
(Prąd: 50% bez emisji, np. siła wody; 50% energia kaloryczna)

# Podgrzewacz wody - FIGHTER 1210

• Podgrzewacz potrzebuje na przygotowanie ciepłej wody użytkowej po pierwszym napełnieniu zbiornika 8 godzin (z temperatury 5°C do 55°C).

• Koszt przygotowania 300 l c.w.u. to zaledwie ok. 80 gr !



# Przykładowe urządzenia - Dimplex



# Przykładowe urządzenia - Viessman



# *Elektroniczny sterownik*



# Wydajność kolektorów gruntowych

## •NEURATHERM® - ISO 9002

### •Typ, moc pompy PRO D

- 5/10 Wi
- 7/14 Wi
- 9/18 Wi
- 10/20 W
- 15/30 W

### •Powierzchnia działki

- 230 m<sup>2</sup>
- 320 m<sup>2</sup>
- 410 m<sup>2</sup>
- 460 m<sup>2</sup>
- 680 m<sup>2</sup>

# Montaż źródła dolnego



# Montaż źródła dolnego



## Zalety:

- Znaczne oszczędności energii
- Wykorzystanie odnawialnych lub odpadowych źródeł energii
- Małe rozmiary
- Na montaż i uruchomienie całego systemu potrzebne są zaledwie 2 dni
- Pompa jest montowana na zewnątrz budynku, i nie zajmuje dodatkowego pomieszczenia
- Wyeliminowanie pomieszczenia przeznaczonego na kotłownię
- Praca urządzenia jest bezszmerowa
- Budynek z pompą ciepła nie potrzebuje komina, co obniża koszty budowy

## Zalety cd.:

- Chronimy środowisko naturalne, ekologiczność
- Nie emitujemy do środowiska żadnych zanieczyszczeń, tak więc koniec ze strachem o kary nakładane przez urzędy ochrony środowiska;
- Z pompą ciepła nie tracimy czasu na dogłębne i codzienne prace przy systemie grzewczym (nad całością czuwa w pełni zautomatyzowany, elektroniczny sterownik);
- Za ciepło pobrane z ziemi lub wody gruntowej nie musimy płacić ani grosza!
- Najniższe koszty eksploatacji;
- Możliwość współpracy z innymi urządzeniami

## Wady:

- Duże koszty inwestycyjne
- Znaczne wymiary źródła dolnego
- Dodatkowe zasilanie



## KOSZTY EKSPLOATACYJNE w PLN

(przykład: powierzchnia mieszkalna 130 m<sup>2</sup>, 50 W/m<sup>2</sup> - 6 kW)  
(1700 godzin roboczych w sezonie grzewczym)

### Gaz ziemny

6,5 kW x 1700 h = 11.050 kWh

średni współczynnik wykorzystania  
instalacji, gaz = 80 %

wartość opału: 8,89 kWh/m<sup>3</sup>

zużycie gazu:  $11,050 / (8,89 \times 0,8) = 1,554$   
m<sup>3</sup>

cena gazu: 0,75 PLN/m<sup>3</sup> włącznie z VAT

koszty gazu (rocznie) 1.166,00

**Roczne koszty eksploatacji (z podatkiem  
VAT) 1.166,00**

**Koszty jednej kWh**

**ilości ciepła (energii cieplnej): PLN  
0,105**

### Pompa ciepła / GDW 7

6,5 kW x 1700 h = 11.050 kWh

średni roczny współczynnik efektywności:  $\beta = 4$

zużycie prądu:  $11.050 / 4 = 2.763$  kWh

cena prądu:

- taryfa dzienna (62 %): 0,2645 PLN/kWh

- taryfa nocna (38 %): 0,119 PLN/kWh

$2763 \times 0,62 \times 0,2645 = 453,10$

$2763 \times 0,38 \times 0,119 = 124,94$

**Roczne koszty eksploatacji (z podatkiem  
VAT) 578,04**

**Koszty jednej kWh ilości ciepła (energii  
cieplnej): PLN 0,052**



## KOSZTY EKSPLOATACYJNE w PLN

(przykład: powierzchnia mieszkalna 130 m<sup>2</sup>, 50 W/m<sup>2</sup> - 6 kW)  
(1700 godzin roboczych w sezonie grzewczym)

### Olej opałowy

6,5 kW x 1700 h = 11.050 kWh

średni współczynnik wykorzystania

instalacji, olej = 70 %

wartość opału: 10,0 kWh/kg

zużycie oleju opałowego:  $11.050 / (10,0 \times 0,7) = 1579$  kg

cena oleju opałowego: 1,04 PLN/kg

koszty oleju opałowego (rocznie) 1.642,00

**Roczne koszty eksploatacji (z podatkiem VAT) 1.642,00**

**Koszty jednej kWh**

**ilości ciepła (energii cieplnej): PLN 0,149**

### Pompa ciepła / GDW 7

6,5 kW x 1700 h = 11.050 kWh

średni roczny współczynnik efektywności:  $\beta = 4$

zużycie prądu:  $11.050 / 4 = 2.763$  kWh

cena prądu:

- taryfa dzienna (62 %): 0,2645 PLN/kWh

- taryfa nocna (38 %): 0,119 PLN/kWh

$2763 \times 0,62 \times 0,2645 = 453,10$

$2763 \times 0,38 \times 0,119 = 124,94$

**Roczne koszty eksploatacji (z podatkiem VAT) 578,04**

**Koszty jednej kWh**

**ilości ciepła (energii cieplnej): PLN 0,052**

AEG

Alko-Therm

Alpha-InnoTec

BARTL

Buderus

Calmothem

CTA

CTC Wärme

Dimplex

ELCOTHERM

Elektrolux Haustechnik

Grünwald

Hoval Herzog

Heliotherm

IDM

INTEGRAL

Kälte-Wärme-Technik

Lexeta AG

Novelan

Ochsner

SATAG Thermotechnik

SIEMENS

SIXMADUN

Solar u.

Wärmepumpentechnik

Star Unity AG

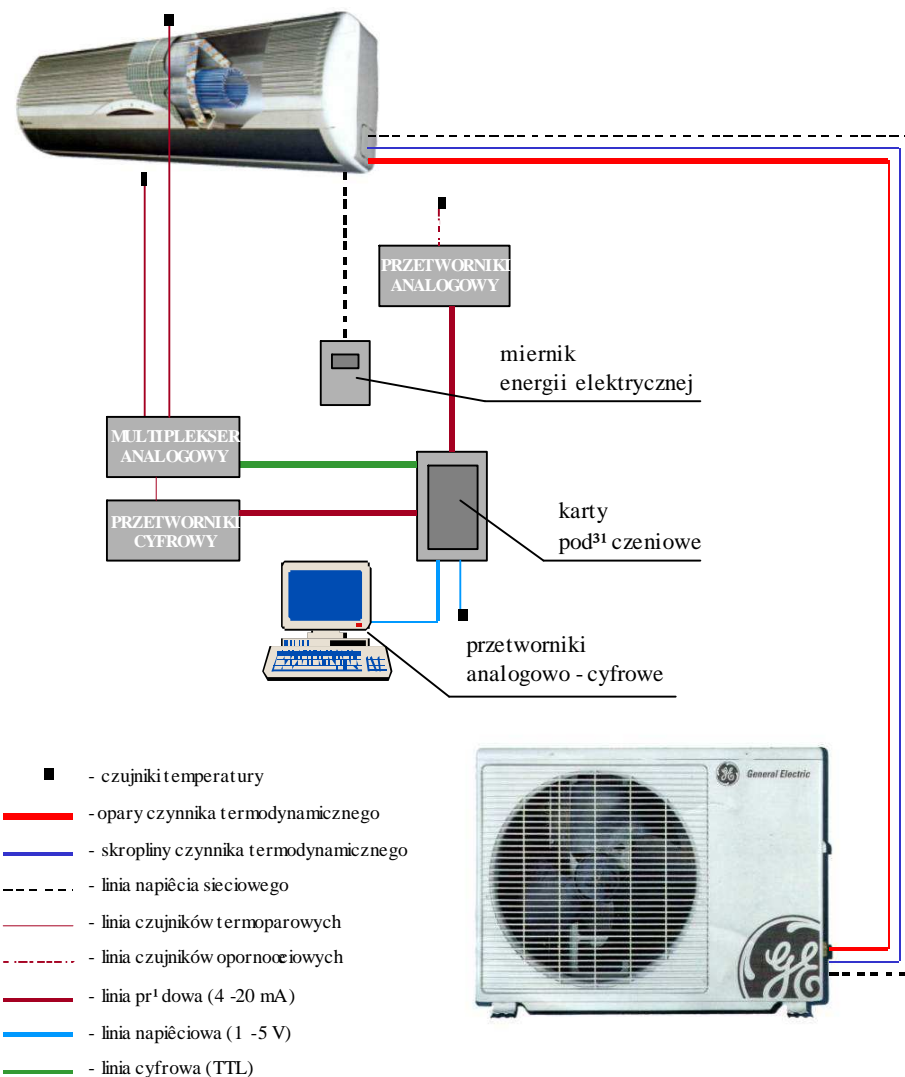
Stiebel Eltron

Störi Mantel

Viessmann

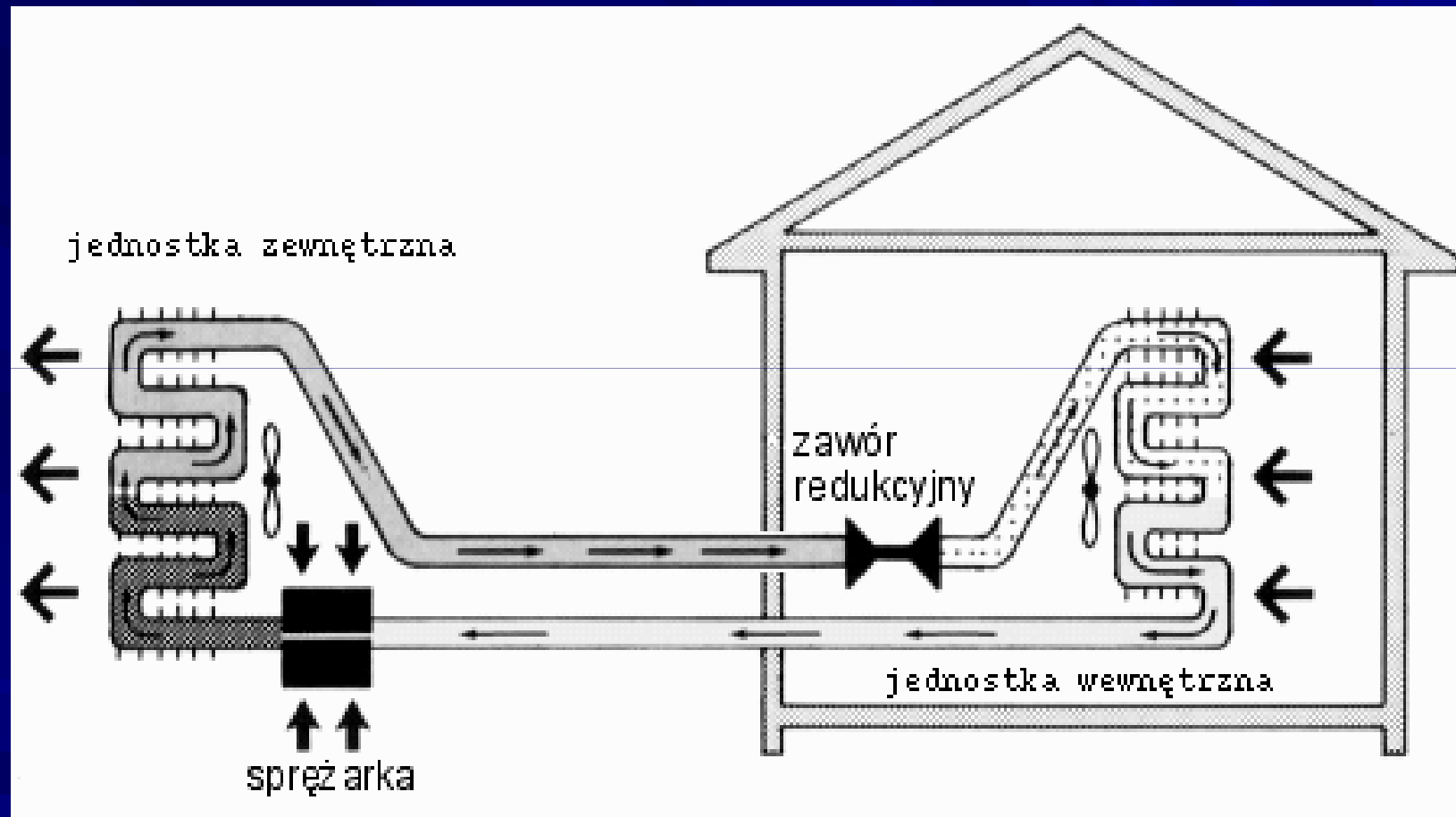
Waterkotte

# Schemat stanowiska badawczego

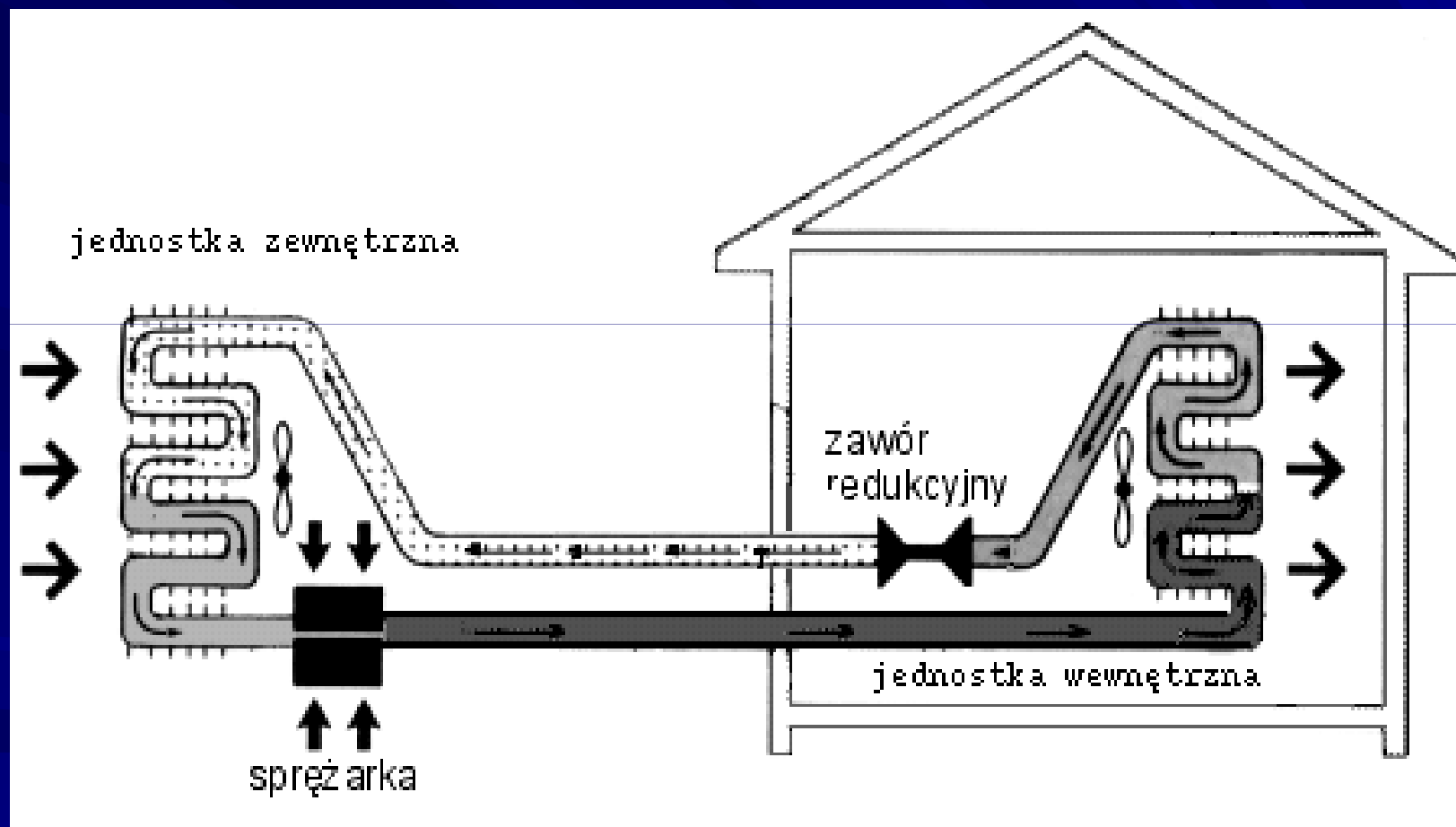


***Sprężarkowa pompa ciepła nie różni się niczym od klasycznego sprężarkowego urządzenia ziębniczego. Stanowi ona termodynamiczny układ zamknięty, w którym krąży w sposób ciągły czynnik roboczy będący nośnikiem energii cieplnej. Podlega on następującym po sobie przemianom termodynamicznym, stanowiącym zamknięty obieg lewo bieżny, a mianowicie: sprężanie, skraplanie, rozprężanie, odparowanie.***

# Schemat pracy pompa ciepła w cyklu chłodzenia



# Schemat pracy pompy ciepła w cyklu grzania



## System pomiarowy

- Czujniki: termoparowe czujniki temperatury, czujnik natężenia przepływu powietrza, aneometr firmy Omega;
  - Cyfrowy przetwornik temperatury, karta przetworników cyfrowo-analogowych - współpracujące z multiplekserem;
  - Komputer architektury PC
-

## Strona programowa

*Jako system pomiarowy, rejestrujący oraz sterujący zastosowano system operacyjny GNU/Linux.*

*Podstawowe argumenty przemawiające za wyborem tego systemu:*

- większość oprogramowania oparta jest na licencji GPL (General Public License)*
  - jest wielozadaniowy i wielodostępny*
  - obsługuje karty analogowo-cyfrowe (sterowniki i biblioteki)*
  - bardzo dynamicznie rozwija się*
  - jest bezpłatny*
  - jest stabilny o wysokim poziomie bezpieczeństwa*
-

# Wyniki

Tab. 1 Wyniki badania efektywności pracy pompy ciepła – cykl grzania

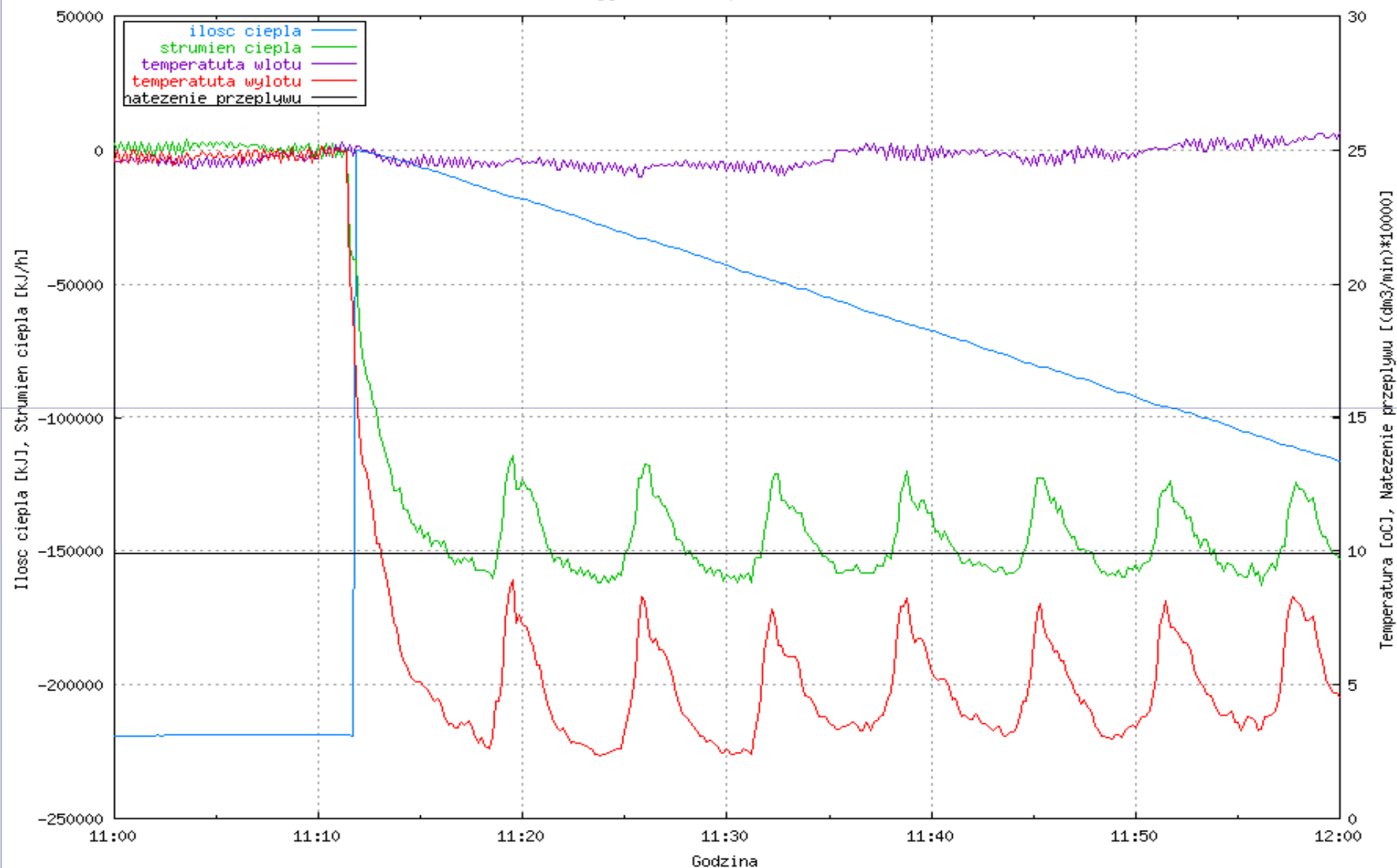
Lp.	średnia temp. powietrza [°C]	wsp. efektywności	okres trwania pomiarów
1	16	3,27	22-04-2002 ÷ 24-04-2002
2	15	3,19	24-04-2002 ÷ 25-04-2002
3	20	3,22	12-08-2002 ÷ 15-08-2002
4	25	3,26	17-08-2002 ÷ 18-08-2002

Tab. 2 Wyniki badania efektywności pracy pompy ciepła – cykl chłodzenia

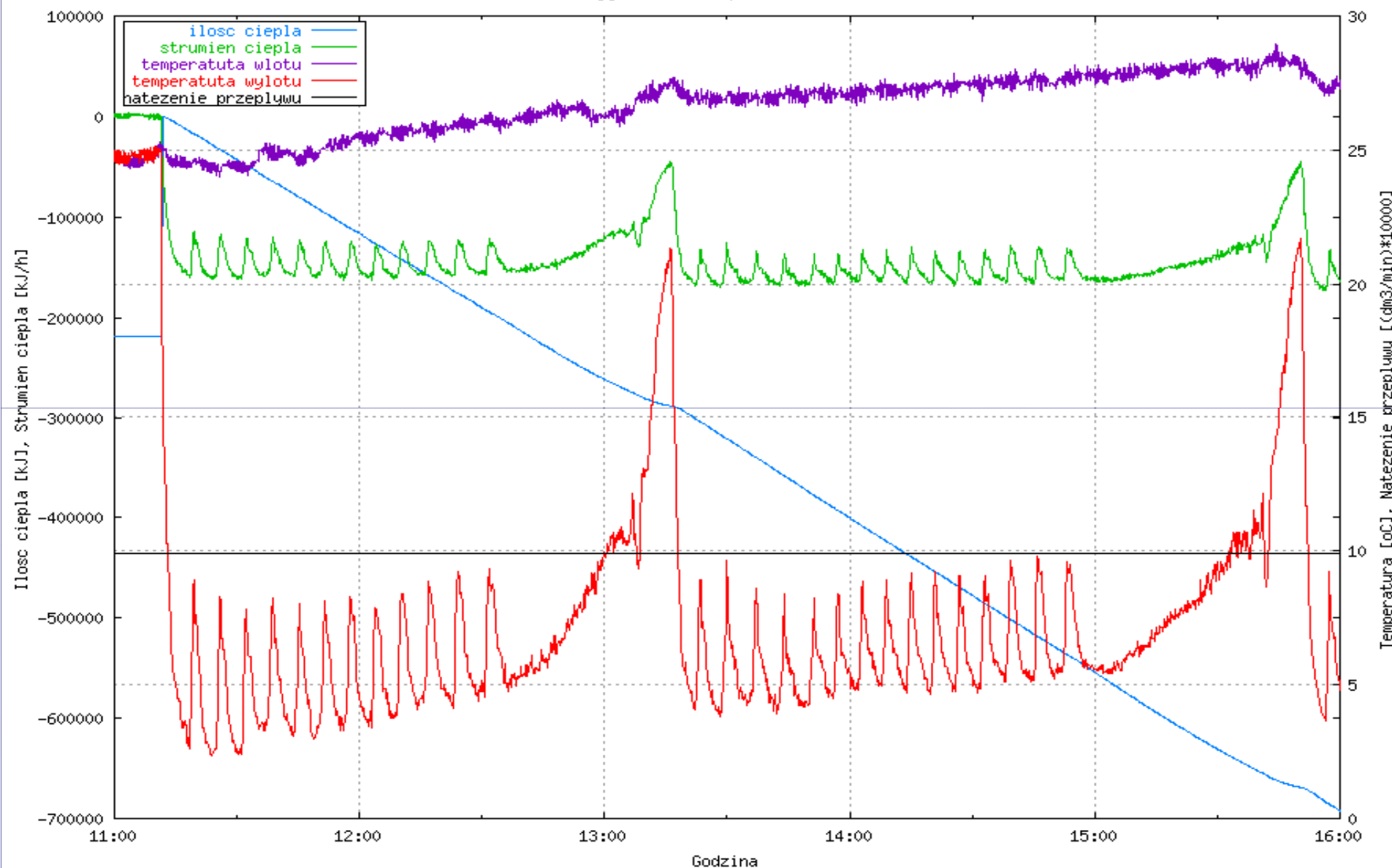
Lp.	średnia temp. powietrza [°C]	wsp. efektywności	okres trwania pomiarów
1	16	3,53	19-04-2002 ÷ 22-04-2002
2	21	3,52	09-05-2002
3	24	3,64	9-05-2002 ÷ 10-05-2002
4	20	3,5	13-05-2002 ÷ 14-05-2002
5	25	3,5	20-08-2002 ÷ 21-08-2002
6	24	3,55	23-08-2002 ÷ 25-08-2002

---

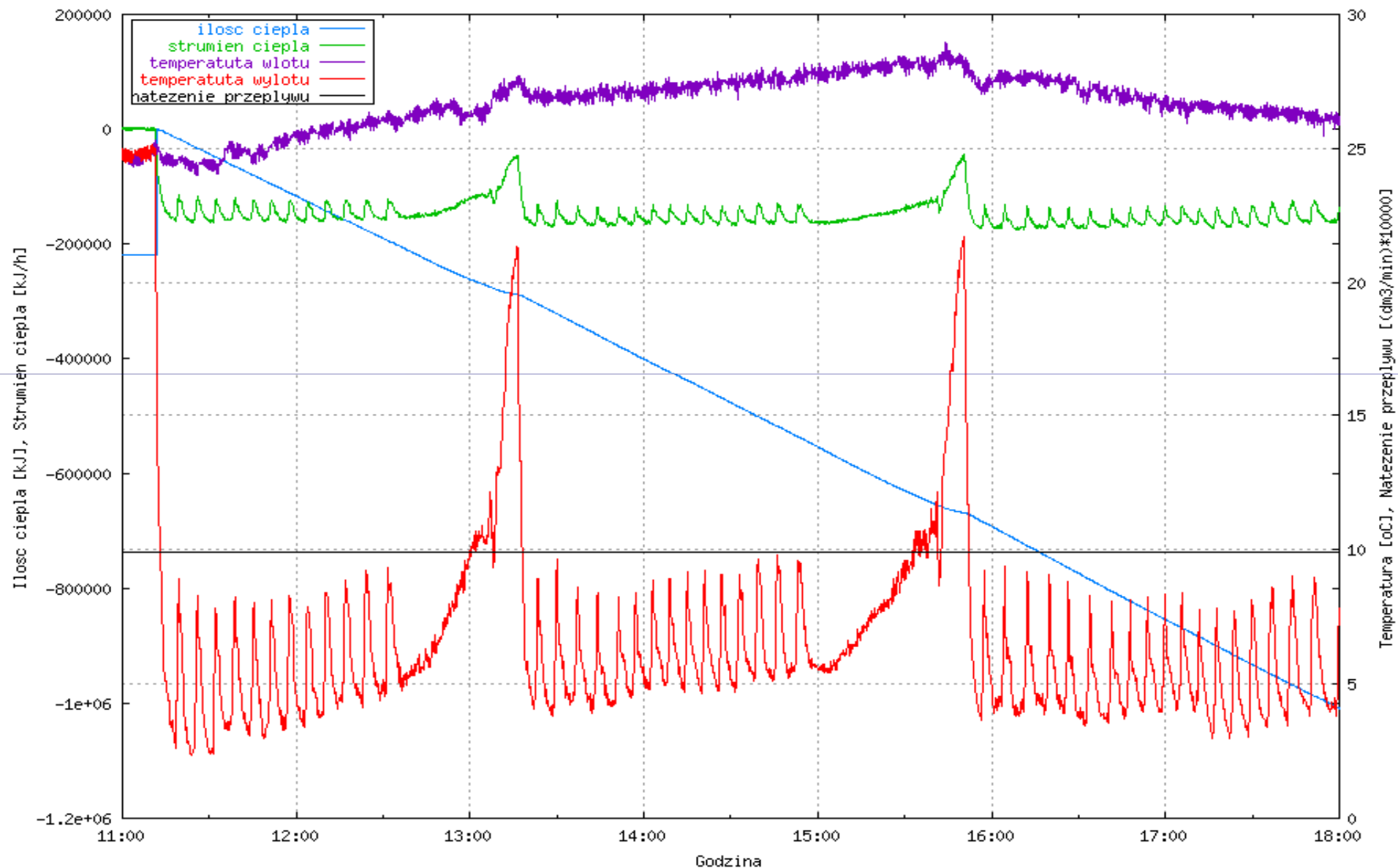
Parametry układu solarnego. Pompa ciepła. 2003-05-12.klima  
 Politechnika Krakowska  
 Wygenerował - OpenSolar 2001



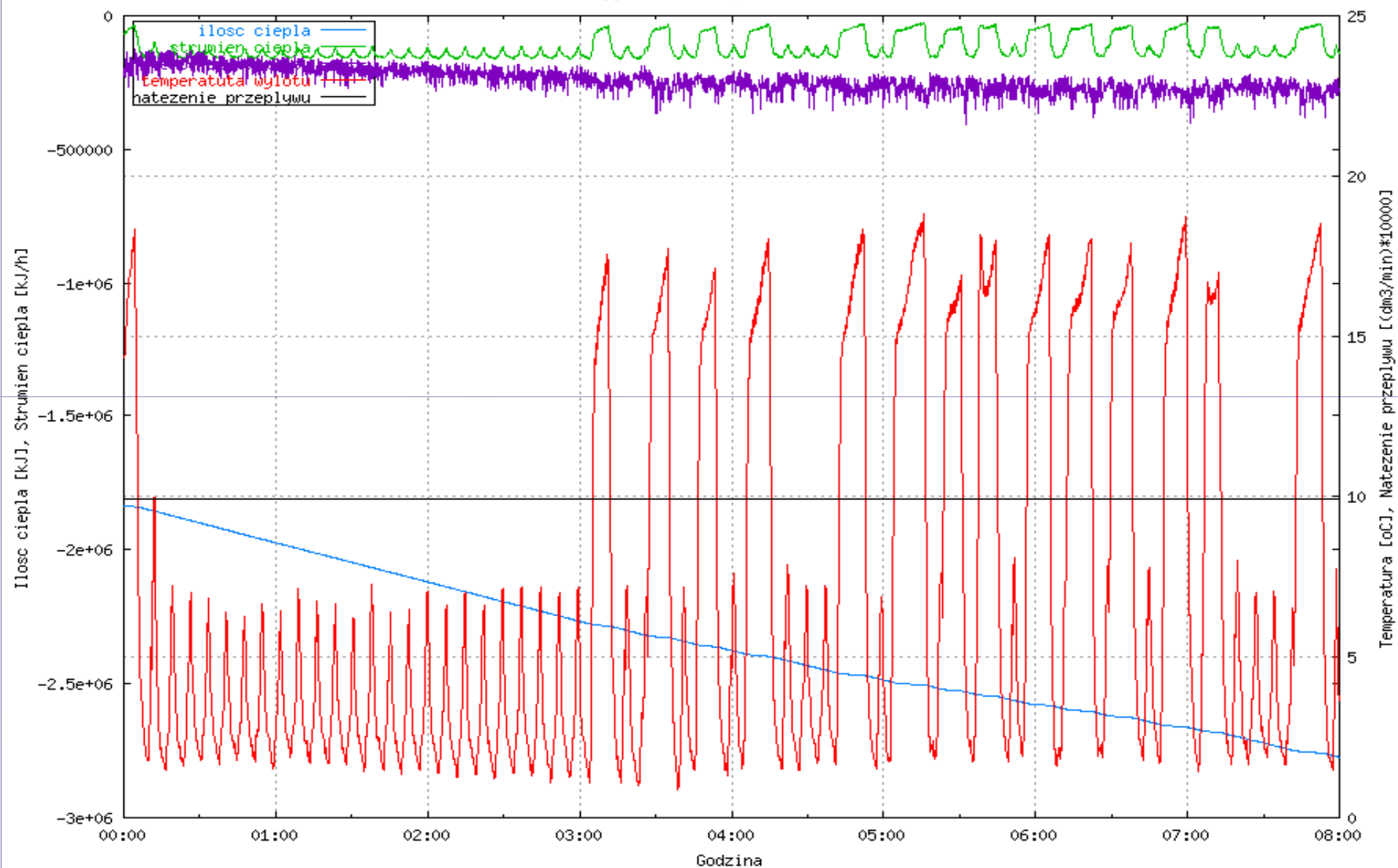
Parametry układu solarnego. Pompa ciepła. 2003-05-12.klima  
 Politechnika Krakowska  
 Wygenerował - OpenSolar 2001



Parametry układu solarnego. Pompa ciepła. 2003-05-12.klima  
 Politechnika Krakowska  
 Wygenerował - OpenSolar 2001



Parametry układu solarnego. Pompa ciepła. 2003-05-13.klima  
 Politechnika Krakowska  
 Wygenerował - OpenSolar 2001



# Wnioski

Uzyskane wyniki pracy powietrznej pompy ciepła w warunkach rzeczywistych zarówno w systemie grzania jak i chłodzenia wykazują współczynnik wydajności cieplnej w granicach 3,19-3,64. Są to wyniki nieco niższe niż podawane przez producenta urządzenia. Wyższe współczynniki efektywności uzyskiwano w cyklu chłodzenia niż w cyklu grzania. Stwierdzono, że badane urządzenie nie nadaje się do pracy całorocznej. W przypadku próby ogrzewania w okresie zimowym zewnętrzny wymiennik ciepła ulegał szybkiemu zalodzeniu i odbiór ciepła z powietrza zewnętrznego ustawał. Urządzenie może spełniać swoje zadanie w warunkach polskich do chłodzenia powietrza w pomieszczeniach latem oraz do ogrzewania go w okresie wczesnowiosennym oraz późnojesiennym.

Dziękuję za uwagę