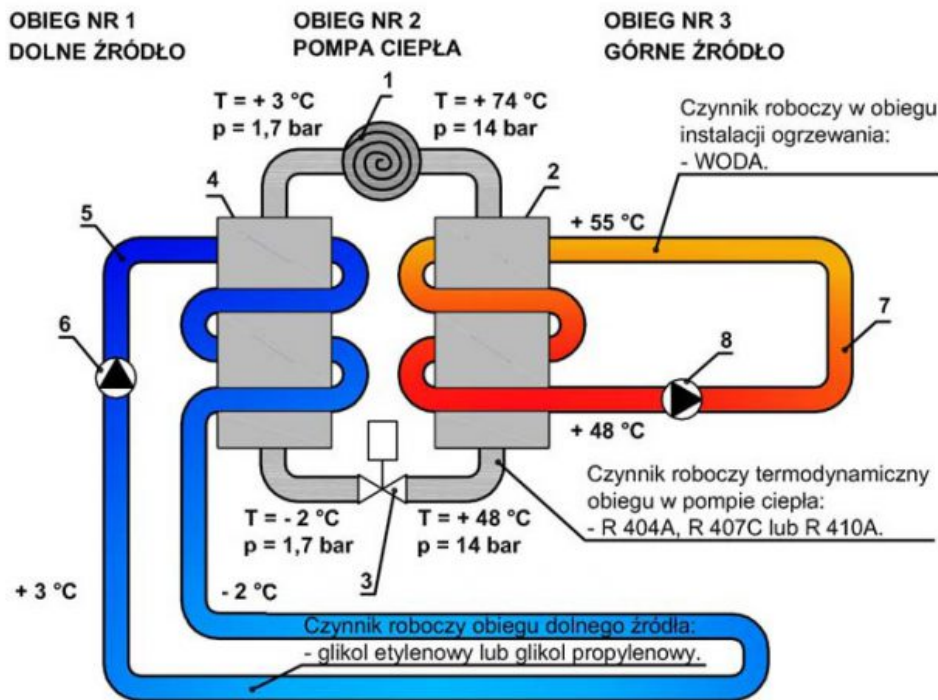


# Pompa ciepła – zasada działania od podstaw

Przez **Adam Maślowski** - 24 marca 2015



*Pompa ciepła zasada działania*

## Pompa ciepła

jest urządzeniem, które np. przy pomocy energii elektrycznej przenosi ciepło z dolnego źródła o niskiej temperaturze do źródła górnego o wyższej temperaturze. Jest to bardzo uproszczona definicja, ponieważ przesył energii cieplnej w pompie ciepła odbywa się w specjalnie zaprojektowanych wymiennikach ciepła (parowniku i skraplaczu) oraz kilku innych ważnych elementów. Cały proces przekazywania energii możliwy jest dzięki przemianom termodynamicznym (tzw. obieg Lindego) zachodzącym w obiegu zamkniętym pompy ciepła. Dokładny proces przenoszenia energii omówię w dalszej części artykułu. Niech nikt nie myśli, że pompy ciepła to nowa technologia.

Zarówno lodówki jak i klimatyzatory były pierwszymi urządzeniami, w których wykorzystano zasadę działania obecnie znanych pomp ciepła.

Lodówka, klimatyzator i pompa ciepła działają na podobnej zasadzie. Różnica polega na odwróceniu obiegu termodynamicznego, czyli odwróceniu miejsca, z którego przenosimy energię cieplną.

Każda osoba rozpoczynająca przygodę z pompami ciepła powinna wiedzieć, że pompa ciepła nie jest urządzeniem, które wytwarza energię cieplną.

Tradycyjne źródła ciepła jak np. kocioł na paliwo stałe, kocioł gazowy lub kocioł olejowy wytwarzają ciepło. W palenisku następuje spalanie paliwa. Na sprawność instalacji oraz zużycie paliwa wpływa m.in. wartość opałowa paliwa. Im wyższa wartość opałowa tym mniej spalimy paliwa do ogrzania domu. W bardzo dużym uproszczeniu można powiedzieć,

że w celu otrzymania 1kW energii cieplnej musimy dostarczyć określoną ilość paliwa.

Sprawność tradycyjnych kotłów waha się w zakresie od 70 do 110%.

Z kolei pompy ciepła to urządzenia, które nie wytwarzają energii, tylko przenoszą ją z jednego miejsca do drugiego. Sprawność gruntowych pomp ciepła może dochodzić do 500%.

Lodówka i klimatyzator są przykładami pomp ciepła, które działają w trybie chłodzenia.

Lodówka to pompa ciepła, która absorbuje energię cieplną ukrytą w produktach spożywczych, zamkniętych w szczelnym pojemniku (lodówce) i przenosi tą energię za pomocą radiatora na zewnątrz lodówki do otoczenia.

Podobnie działa klimatyzator, z tą różnicą, że przenosi energię cieplną z wnętrza pomieszczenia na zewnątrz budynku, ogrzewającym tym samym otoczenie.

Pompy ciepła mogą działać zarówno w trybie chłodzenia jak w trybie grzania. W trybie grzania pompa ciepła przenosi energii zawartą w wodzie, gruncie lub powietrzu do ogrzewanego budynku.

## Podstawowe komponenty pompy ciepła:

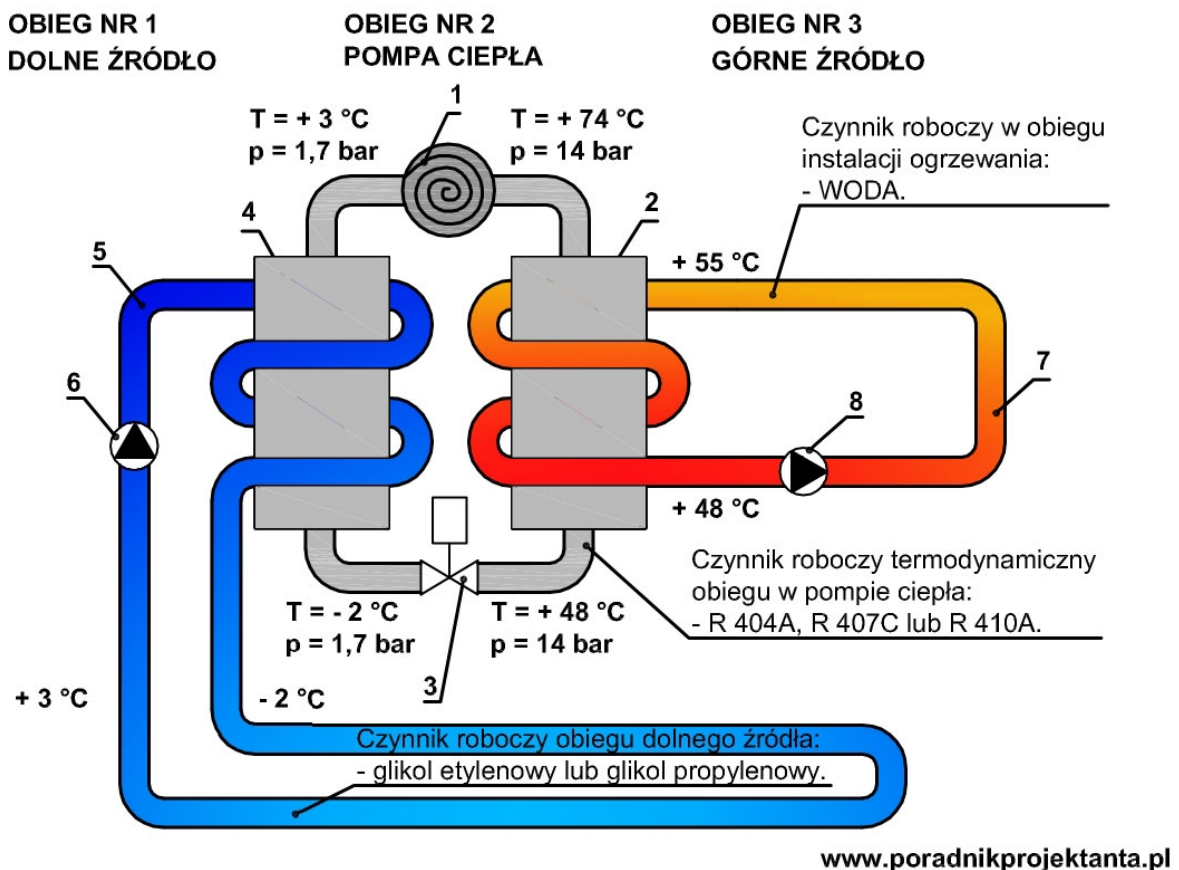
– **sprężarka** – jest to urządzenie, które spręża czynnik roboczy krążący w obiegu pompy ciepła, sprężenie czynnika roboczego w postaci pary powoduje wzrost jego ciśnienia i temperatury, sprężarka jest urządzeniem, za pośrednictwem, którego możliwe jest przenoszenie energii z dolnego do górnego źródła; sprężarka zasysa parę czynnika roboczego i spręża ją do ciśnienia skraplania.



*Sprężarka spiralna Copeland Scroll [www.copeland.pl](http://www.copeland.pl) (materiały handlowe Emerson Climate Technologies)*

- **parownik** – jest to wymiennik ciepła, w którym zachodzi proces absorpcji ciepła z najbliższego otoczenia, jeżeli przez parownik przepuścimy czynnik roboczy krążący w obiegu dolnego źródła, parownik odbierze ciepło zawarte w obiegu dolnego źródła.
- **skraplacz** – jest to wymiennik ciepła, w którym zachodzi proces skraplania czynnika roboczego krążącego w obiegu pompy ciepła; podczas zmiany stanu skupienia z pary na ciecz następuje wzrost objętości, co skutkuje wzrostem temperatury przemiany, przy wzroście ciśnienia; dzięki temu procesowi w skraplaczu otrzymujemy wysoką temperaturę, którą możemy przekazać do instalacji ogrzewania budynku, przekazanie odbywa się pośrednio na wymienniku. Jeżeli skroplony czynnik roboczy zetkniemy z wodą krążącą w obiegu instalacji grzewczej nastąpi przekazanie energii cieplnej.
- **zawór rozprężny** – jego zadaniem jest rozprężenie czynnika roboczego w obiegu pompy ciepła ze stanu ciekłego do ciśnienia parowania; zawór rozprężny ma dwie kluczowe funkcje: dławienie czynnika roboczego, aby umożliwić sprężarce uzyskanie wymaganego ciśnienia roboczego w skraplaczu (wymaganego przyrostu temperatury) oraz rozprężenie, kiedy zachodzi konieczność powtórzenia obiegu termodynamicznego,
- **czynnik roboczy** – jest to czynnik chłodniczy krążący w obiegu zamkniętym pompy ciepła, który zmienia stan skupienia w warunkach różnej temperatury i ciśnienia, czynnik

roboczy nazywany jest również czynnikiem termodynamicznym, bez odpowiedniego czynnika roboczego przekazywanie energii ze źródła dolnego do źródła górnego byłoby niemożliwe, obok sprężarki, skraplacza, parownika i zaworu rozprężnego – czynnik roboczy jest kolejnym kluczowym elementem, który pośredniczy w przekazywaniu ciepła; czynnik roboczy powinien charakteryzować się niską temperaturą wrzenia, stabilnymi właściwościami w całym zakresie przemian termodynamicznych oraz wysokim współczynnikiem przejmowania ciepła; np. czynnik roboczy R407C ma normalna temperaturę wrzenia – 43,3 st.C.



### Schemat działania pompy ciepła

1. Sprężarka spiralna.
2. Skraplacz (wymyennik ciepła z górnym źródłem).
3. Zawór rozprężny.
4. Parownik (wymyennik ciepła z dolnym źródłem).
5. Dolne źródło pompy ciepła.
6. Pompa obiegowa dolnego źródła.
7. Górne źródło pompy ciepła.
8. Pompa obiegowa górnego źródła.

## ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA:

1. **Sprężarka** spiralna typu Scroll „1” napędzana energią elektryczną zasysa czynnik roboczy w postaci pary o niskim ciśnieniu wynoszącym ok. 1,7 bar (z parownika „4”). Temperatura zasysanego czynnika roboczego wynosi od 0 do 5 st. C. Następnie czynnik roboczy zostaje sprężony do ciśnienia ok. 14 bar. Przy nagłym wzroście ciśnienia wytwarza się wysoka temperatura. Za sprężarką znajduje się presostat (wyłącznik ciśnieniowy), który steruje pracą sprężarki. Para czynnika roboczego zostaje sprężona do ciśnienia skraplania. Ciśnienie skraplania wpływa bezpośrednio na temperaturę skraplania i maksymalna temp. zasilania instalacji ogrzewania. W celu sprężenia i wytworzenia wysokiej temp. musimy doprowadzić energię elektryczną do sprężarki pompy ciepła. Jest to właśnie to miejsce w obiegu termodynamicznym pompy ciepła gdzie doprowadzając energię elektryczną przenosimy energię geotermalną (z gruntu) lub aerotermalną (z powietrza) do instalacji grzewczej budynku.

2. Następnie sprężony czynnik przenosi się do **skraplacza** „2” gdzie styka się pośrednio z czynnikiem roboczym instalacji ogrzewania (wodą w obiegu zamkniętym górnego źródła). Ponieważ obieg instalacji ogrzewania ma temp. niższą niż temp. czynnika roboczego za sprężarką, następuje skroplenie czynnika roboczego w skraplaczu i oddanie ciepła do instalacji centralnego ogrzewania (górnego źródła). Pompa obiegowa górnego źródła „8” wymusza obieg wody w instalacji ogrzewania i rozprowadza ciepło ze skraplacza (wymennika ciepła) do poszczególnych odbiorników (ogrzewania podłogowego, grzejników lub klimakonwektorów).

3. **Zawór rozprężny** w momencie sprężania jest przymknięty, dławi krążący czynnik roboczy w pompie ciepła. Dzięki takiemu zabiegowi czynnik roboczy może zostać sprężony do odpowiedniego ciśnienia i odpowiedniej temperatury, natomiast skraplający się czynnik może oddać ciepło poprzez wymiennik (skraplacz) do instalacji grzewczej. W momencie, kiedy instalacja górnego źródła (obieg nr 3) odbierze ciepła ze skraplacza, zawór rozprężny otwiera się i powoli rozpręża skroplony czynnik roboczy. Przy rozprężeniu, spadku ciśnienia następuje spadek temperatury czynnika roboczego pompy ciepła.

4. Następnie rozprężony czynnik trafia do **parownika**, w którym wykorzystuje ciepło czynnika krążącego w obiegu dolnego źródła (tzw. energię geotermalną). Czynnik roboczy chłodniczy w obiegu pompy ciepła wykorzystuje ciepło dolnego źródła, aby odparować. To właśnie w tym miejscu odbieramy energię geotermalną. Czynnik roboczy przy odparowaniu zwiększa swoją temp., aby móc odparować odbiera ciepła z dolnego źródła pompy ciepła. Na rysunku jest to miejsce, w którym czynnik roboczy zwiększa temp. z -2 st. C do + 3 st. C (obieg nr 2 pompy ciepła). Natomiast czynnik roboczy dolnego źródła (glikol etylenowy lub glikol propylenowy) zmniejsza swoją temperaturę z + 3 st. C do - 2 st. C. Glikol krążący w obiegu dolnego źródła krąży cały czas w obiegu zamkniętym „5”. Obieg cieczy wymusza pompa obiegowa dolnego źródła „6”. Glikol musi ponownie podążyć do wnętrza ziemi (od 50 do 100 m), aby jego temperatura wzrosła z - 2 st. C do + 3 st. C.



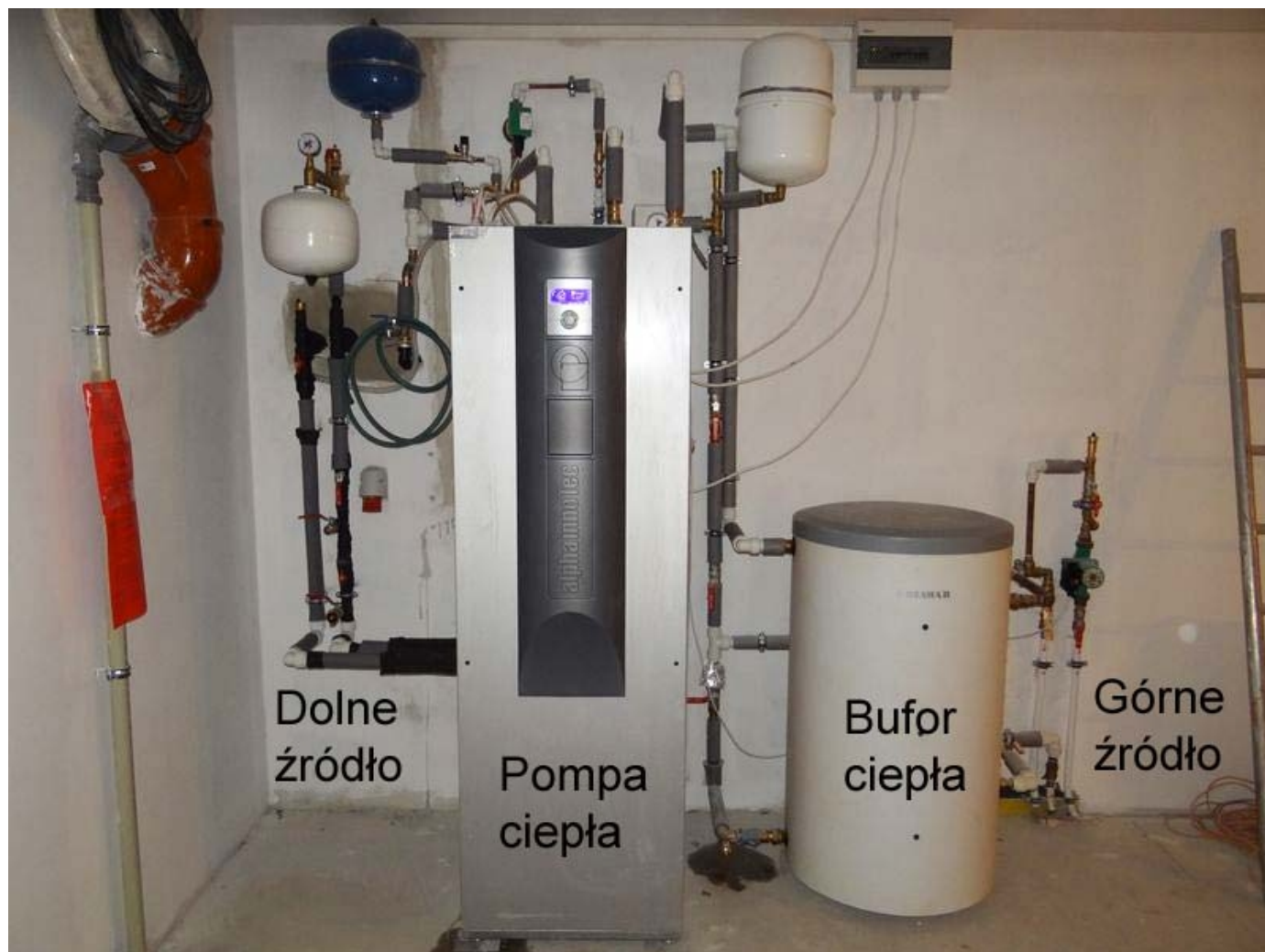
**Pamiętajmy, że w naszym systemie mamy trzy obiegi zamknięte:**

- 1. Obieg dolnego źródła** (czynniki robocze: glikol propylenowy lub glikol etylenowy).
- 2. Obieg pompy ciepła** (czynniki robocze termodynamicznego obiegu w pompie ciepła: R 404A, R 407C lub R 410A)
- 3. Obieg górnego źródła** – instalacja centralnego ogrzewania (czynniki robocze woda).

Każdy czynnik ma inne właściwości odpowiednie dla pracy w swoim obiegu.

1. Glikol propylenowy lub etylenowy – niezamarzający.
2. Czynnik termodynamiczny pompy ciepła – wrze w niskiej temperaturze.
3. Woda.

Trzy obiegi zamknięte tworzą spójną całość odpowiednio dobranych elementów, dzięki którym możliwe jest przenoszenie energii. Dzięki obiegowi termodynamicznego w pompie ciepła możemy uzyskać sprawność pompy ciepła na poziomie 400-500 %.



*Maszynownia pompy ciepła 10kW z buforem ciepła*

## Pompa ciepła składa się z trzech podstawowych urządzeń, które pobierają energię elektryczną:

- 1. Sprężarka**, która pobiera energię w celu sprężenia czynnika roboczego w pompie ciepła i wytworzenia wysokiego ciśnienia i temperatury.
- 2. Pompa obiegowa dolnego źródła** – zapewnia wymagany przepływ przez wymiennik (sondę pionową lub wymiennik poziomy).
- 3. Pompa obiegowa górnego źródła** – zapewnia wymagany przepływ w instalacji centralnego ogrzewania.

Najwięcej energii elektrycznej musimy dostarczyć do sprężarki. O efektywności pompy ciepła świadczy współczynnik COP. Jest to stosunek energii cieplnej (mocy pompy ciepłej) (wyrażonej w kW lub W) do energii elektrycznej zużywanej przez sprężarkę.

Jeżeli pompa ciepła ma moc 12kW, a producent podaje wartość współczynnika efektywności pompy ciepła  $COP = 4$  tzn., że pompa ciepła zużywa 3kW energii elektrycznej, aby wytworzyć 400% więcej energii cieplnej. Oczywiście producent podaje zawsze parametry dla określonych parametrów zasilania. Najczęściej efektywność pompy ciepła podaje się dla zagadkowych B0/W30 co oznacza, że projektowana efektywność pompy ciepła obliczona została dla temperatury 0 st. C na dolnym źródle i 30 st. C na górnym źródle. Im mniejsza różnica temperatury pomiędzy parownikiem a skraplaczem tym większa efektywność pompy ciepła. I odwrotnie im większa różnica temperatury tym mniejsza efektywność pompy ciepła (mówiąc prościej sprężarka zużyje więcej energii elektrycznej, aby uzyskać projektowane parametry na zasilaniu pompy ciepła).

$$COP = Q_{pc} / E_{pc} = 12kW / 3kW = 4$$

$$COP = 4$$

Znając COP możemy wyliczyć ile energii elektrycznej zużyje sprężarka

$$E_{pc} = Q_{pc} / COP = 12kW / 4 = 3 kW$$

Na **efektywność pompy ciepła** wpływa  $dT$ , różnica temperatury między dolnym a górnym źródłem ciepła. Im mniejsza różnica temperatury tym mniejszą pracę musi wykonać sprężarka, aby uzyskać zakładany efekt.

Jest to jeden z głównych powodów, dlaczego pompa ciepła powinna współpracować z instalacjami niskotemperaturowymi.

Zasilanie instalacji co powinno wynosić:

- maksymalnie 55 st. C,
- optymalnie 40-45 st. C,
- najlepiej 30-35 st. C.

Mam nadzieję, że po tym wpisie już nikt nie będzie się zastanawiał **jak działa pompa ciepła**.

Opracował

mgr inż. Adam Masłowski