

SCENARIUSZ LEKCJI: POMPY CIEPŁA

Cel główny:

zapoznanie uczniów z zasadą działania i zastosowaniem pomp ciepła

Cele operacyjne:

Uczeń:

- potrafi wymienić źródła energii odnawialnej i nieodnawialnej, wyjaśnia, na czym polega różnica między nimi,
- rozumie pojęcia: odnawialne źródła energii, ciepło, strumień ciepła, entalpia, sprężanie gazu, rozprężanie gazu
- wskazuje korzyści wynikające ze stosowania pomp ciepła,
- opisuje potrzebę stosowania proekologicznych źródeł energii,
- potrafi krótko scharakteryzować zasadę działania pompy ciepła,
- potrafi wymienić wady i zalety stosowania pomp ciepła,
- potrafi podać przykłady wykorzystania pomp ciepła.

Czas trwania zajęć: 45 minut

Środki dydaktyczne:

Komputer, rzutnik, tablica, kreda, karta pracy, kalkulator,

Metody:

Wykład, dyskusja, praca w grupach, pogadanka

Przebieg zajęć:

1. Prowadzący prosi uczniów, aby wymienili znane im źródła energii. Następnie prosi, aby uczniowie spróbowali przyporządkować wymienione źródła do dwóch grup: „odnawialne źródła energii” i „nieodnawialne źródła energii” np. zapisując na tablicy. Jeśli uczniowie nie wymienili wszystkich istotnych źródeł energii, prowadzący je omawia i dopisuje do tabelki na tablicy.
2. Prowadzący wskazuje na potrzebę poszukiwania nowych ekologicznych źródeł energii ze względu na kurczące się zasoby paliw kopalnych. Dyskutuje z uczniami na temat różnicy pomiędzy odnawialnymi a nieodnawialnymi (tzw. tradycyjnymi) źródłami energii.
3. Prowadzący przeprowadza z uczniami pogadankę na temat ciepła, strumienia ciepła, entalpii, sprężania gazu, rozprężania gazu, wymiany ciepła w tych procesach.
4. Omawiając budowę i zasadę działania pompy ciepła nauczyciel wskazuje na zjawiska fizyczne wykorzystywane w pracy tych urządzeń. Prowadzący podaje podstawowe informacje o czynnikach chłodniczych stosowanych w obiegach pomp ciepła.

4. Prowadzący przedstawia definicję COP - współczynnika efektywności pompy ciepła, wskazuje na jego znaczenie w określaniu sprawności energetycznej tych urządzeń.
5. Na przykładzie lodówki nauczyciel omawia poziomy temperaturowe pracy urządzeń chłodniczych w tym pompy ciepła.
6. Prowadzący podkreśla konieczność zastosowania „dolnego źródła ciepła” dla efektywnej pracy tego urządzenia, omawia różne dolne źródła energii skupiając się na wykorzystywaniu: gruntu, powietrza, wody.
7. Analogicznie prowadzący wskazuje różne rozwiązania górnych źródeł ciepła. Podkreśla znaczenie parownika i skraplacza w odzyskiwaniu i przekazywaniu energii w pompie ciepła.
8. Prowadzący na prostych schematach omawia przykłady zastosowań pomp ciepła. Podaje wady i zalety stosowania tych urządzeń.

Podsumowanie

Prowadzący podsumowuje zajęcia, zwracając uwagę na możliwości wykorzystania omawianych źródeł energii w gospodarce energetycznej Polski i świata

INFORMACJE, POJĘCIA, DEFINICJE

1. CO TO JEST CIEPŁO ?

CIEPŁO jest formą wewnętrznej energii substancji.

Substancje zawierają energię cieplną, aż do temperatury zera absolutnego ($0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$).

Nawet powietrze o ujemnej temperaturze zawiera ciepło, które mogą efektywnie wykorzystywać pompy ciepła.

2. CO TO JEST PRZEPŁYW CIEPŁA ?

Gdy ciała/substancje mają różne temperatury następuje wymiana energii, powstaje STRUMIEŃ CIEPŁA (PRZEPŁYW CIEPŁA).

STRUMIEŃ CIEPŁA płynie zawsze w kierunku temperatury niższej (nigdy odwrotnie).

Przykładem przepływu ciepła może być naczynie wypełnione wrzącą wodą, w temperaturze otoczenia - stygnie tak długo aż osiągnie temperaturę otaczającego je powietrza.



3. CO TO JEST SPRĘŻANIE I ROZPRĘŻANIE ?

SPRĘŻANIE GAZU - proces, w którym wzrasta ciśnienie gazu

Podczas **SPRĘŻANIA** gazu wzrasta jego temperatura oraz ilość ciepła w nim zawartego

Do sprężania gazu wykorzystywane są **SPRĘŻARKI**

Dobłą ilustracją sprężania jest np. działanie pompki do roweru (wzrasta temperatura).



ROZPRĘŻANIE GAZU – proces odwrotny do sprężania, w którym spada ciśnienie gazu

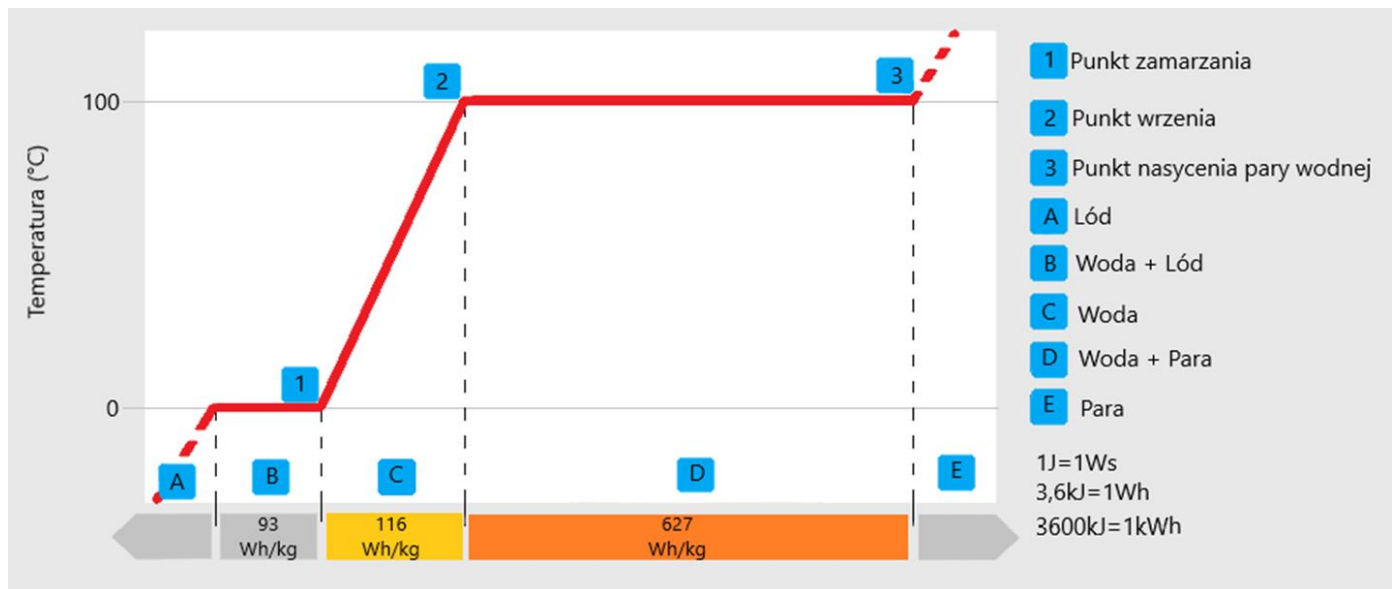
Podczas **ROZPRĘŻANIA** gazu spada jego temperatura

Do rozprężania gazu wykorzystywane są **ZAWORY ROZPRĘŻNE (DŁAWIĄCE)**

Dobłą ilustracją rozprężania jest np. działanie sprayu



4. ZMIANA STANU FIZYCZNEGO SUBSTANCJI - SKRAPLANIE I PAROWANIE



Izobaryczny proces ogrzewania i chłodzenia wody

Skraplanie i parowanie to dwa główne procesy zachodzące w pompie ciepła:

- skraplanie – stopniowe przechodzenie gazu w stan ciekły,
- parowanie – stopniowe przechodzenie cieczy w stan gazowy.

W trakcie zmiany stanu skupienia czynnika następuje oddawanie lub pobieranie ciepła.

Do odparowania cieczy niezbędna jest pewna, zależna od substancji, ilość energii – tzw. entalpia parowania. Entalpia parowania jest oddawana z powrotem do otoczenia w postaci ciepła kondensacji, jeżeli nie zostanie przekroczona temperatura skraplania. Przy niezmiennych warunkach ciśnienia przejście między fazami następuje w sposób izotermiczny, t.j. temperatura cieczy – czy to w stanie ciekłym czy gazowym – jest niezmienna.

Przykładowo w celu podgrzania 1 litra wody od temperatury 0°C do temperatury 100°C niezbędna jest energia w ilości 116 Wh (1-2). W celu podniesienia temperatury wody każdorazowo o 1°C potrzeba 1,16 Wh. Jeżeli temperatura wody ma przekroczyć, przy normalnym ciśnieniu 100°C, musi całkowicie odparować. Aby to osiągnąć, potrzeba 627 Wh (2-3), a więc ponad 500-krotnie więcej energii. Ta sama ilość energii jest uwalniana, gdy para wodna ulega ponownemu skropleniu.

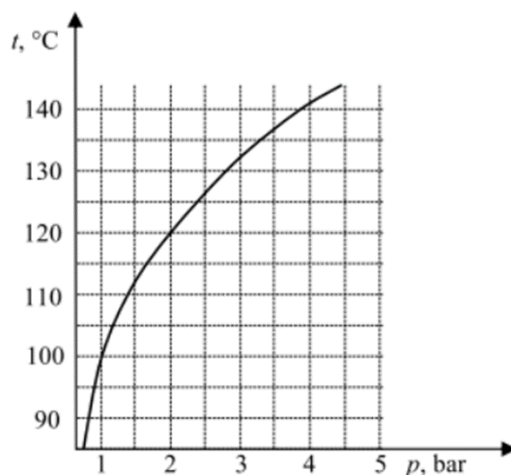
W odniesieniu do energii w układach termodynamicznych można używać jednostki kilodżul (kJ) lub jednostki watogodzina (Wh).

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$

$$3,6 \text{ kJ} = 1 \text{ Wh}$$

$$3\,600 \text{ kJ} = 1 \text{ kWh}$$

5. TEMPERATURA PAROWANIA I SKRAPLANIA zależą od ciśnienia czynnika

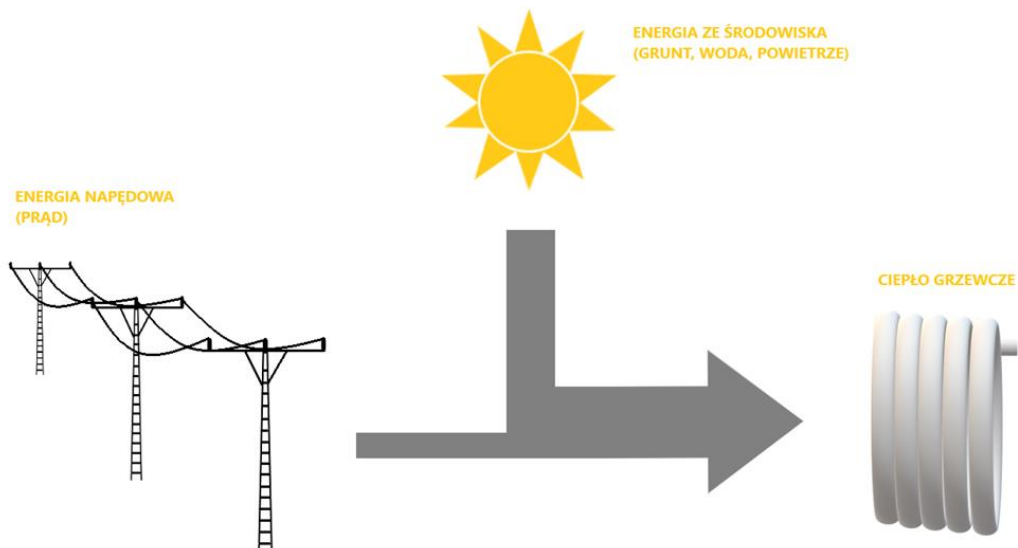


Zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia

6. JAKIE ZJAWISKA WYKORZYSTUJĄ POMPY CIEPŁA?

Pompy ciepła wykorzystują:

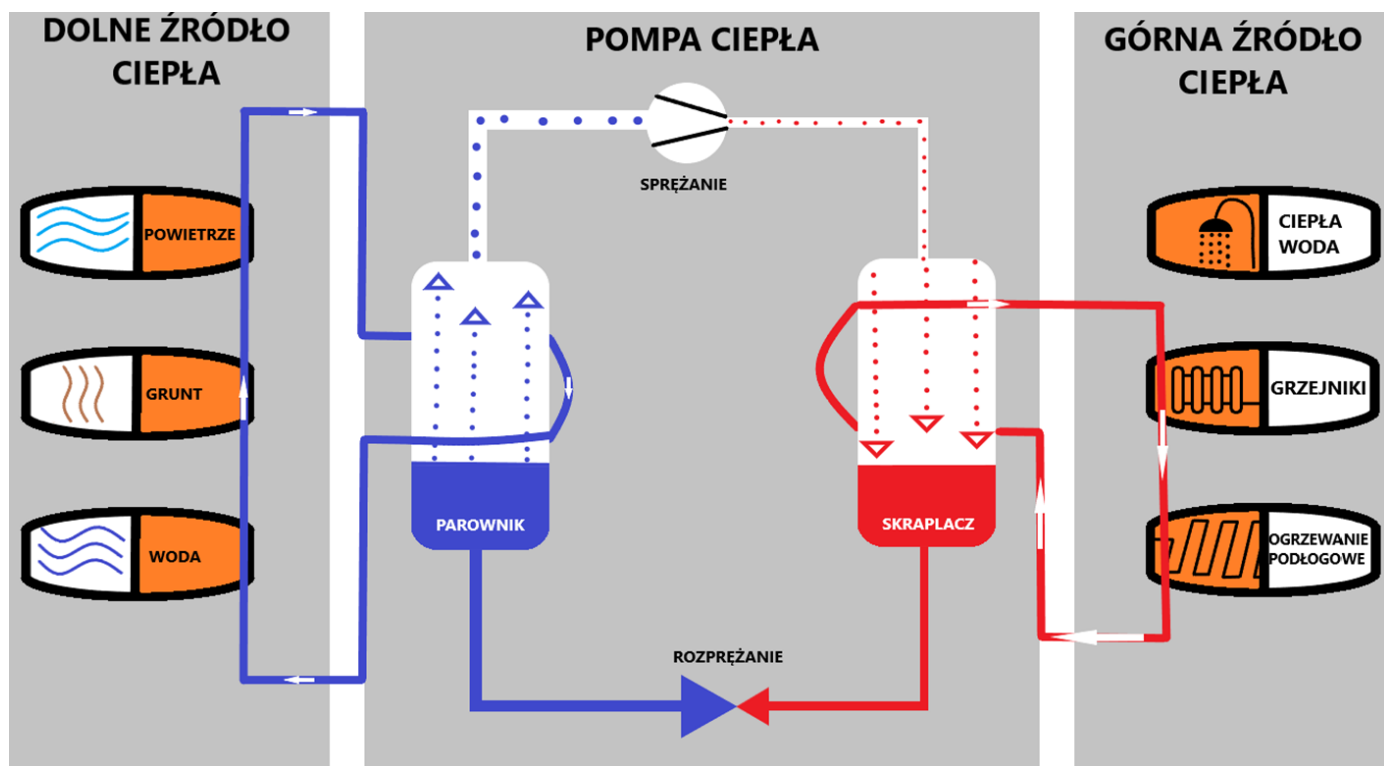
- zjawisko przepływu ciepła,
- przemiany fazowe substancji.



Zasada działania pompy ciepła polega na pozyskiwaniu ciepła ze środowiska (wody, gruntu i powietrza) i przekazywaniu go do odbiorcy jako ciepło grzewcze.

Pompa ciepła przy pomocy energii elektrycznej przekształca ciepło słoneczne zakumulowane w gruncie, wodzie gruntowej i powietrzu w użyteczne ciepło grzewcze

7. ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA



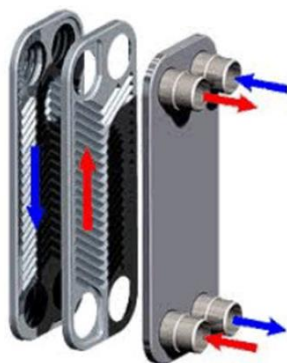
Sposób działania pompy ciepła:

- 1 – w parowniku, czynnik termodynamiczny odparowuje w niskich temperaturach - pochłania ciepło i wzrasta jego temperatura
- 2 – sprężanie (kompresja) podnosi temperaturę i ciśnienie pary czynnika termodynamicznego
- 3 – w skraplaczu, dzięki kondensacji para czynnika termodynamicznego oddaje ciepło
- 4 – zawór dławiący (rozprężny) - czynnik termodynamiczny jest rozprężany, osiąga ciśnienie i temperaturę wyjściową

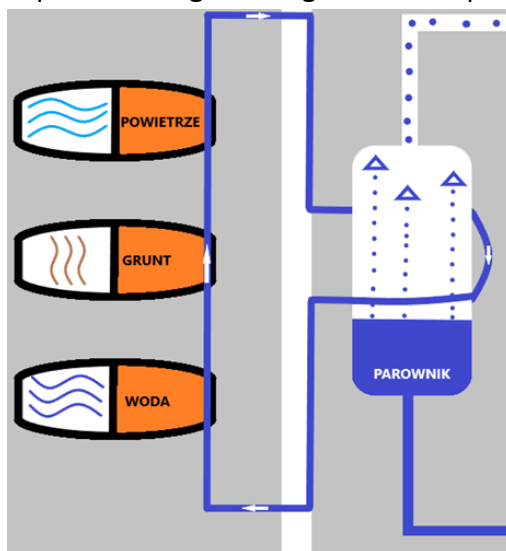
8. ELEMENTY POMPY CIEPŁA

Parownik i skraplacz to wymienniki ciepła

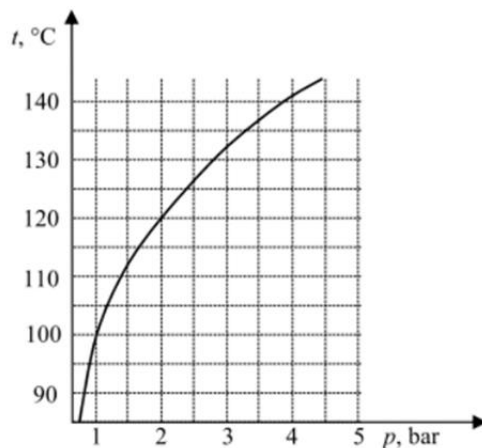
Wymiennik ciepła to urządzenie, w którym przepływające równocześnie dwa czynniki o różnej temperaturze oddzielone są przegrodą, przez którą następuje przekazywanie energii na sposób ciepła.



W parowniku zachodzi pobór energii cieplnej ze środowiska. Czynnik termodynamiczny pobiera ciepło z niskotemperaturowego dolnego źródła ciepła i odparowuje.

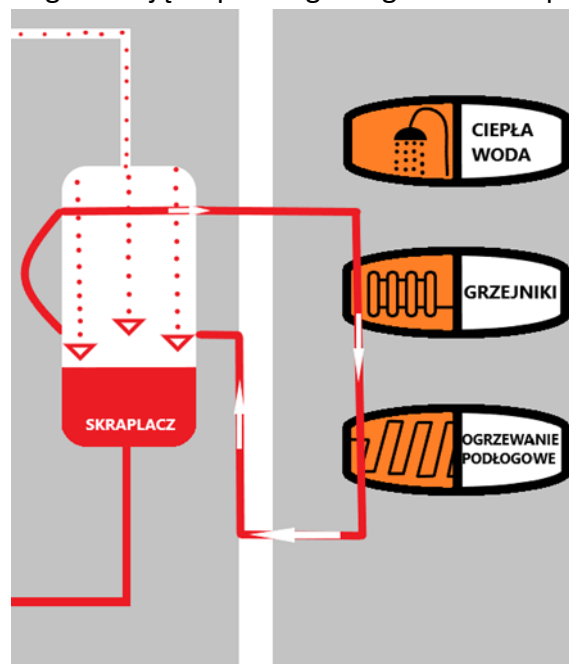


Zarówno dolne źródło ciepła, jak i czynnik roboczy mają temperaturę niższą od temperatury wymaganej np. przez system centralnego ogrzewania.

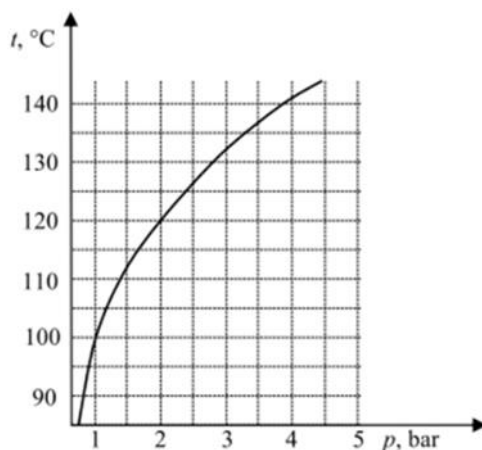


Obniżenie ciśnienia czynnika po stronie parownika obniża temperaturę parowania, co umożliwia że parownik pochłania z zewnątrz dużą ilość ciepła, w czasie gdy czynnik chłodniczy odparowuje.

W skraplaczu zachodzi przekazanie energii cieplnej do górnego źródła ciepła. Pary gorącego czynnika termodynamicznego oddają ciepło do górnego źródła ciepła i kondensują.

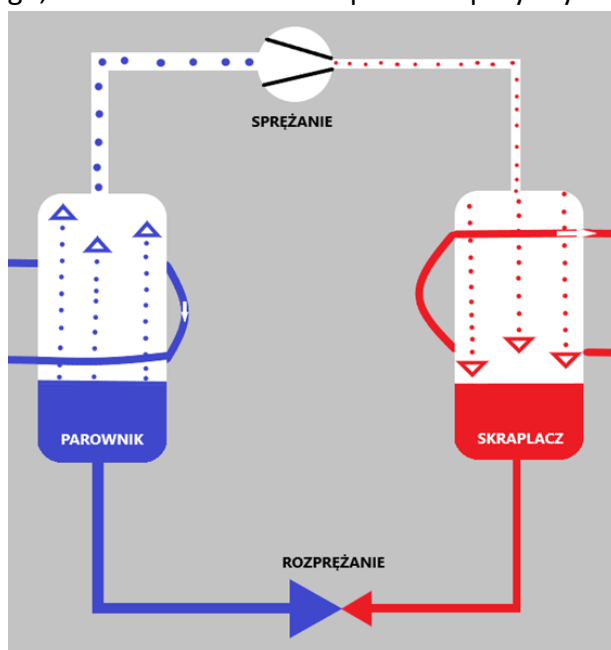


Gorąca para oddaje w skraplaczu większość swojego ciepła wodzie grzewczej, przy czym w wyniku ochładzania para ulega skropleniu.



Zwiększone ciśnienie czynnika po stronie skraplacza podnosi temperaturę skraplania, pozwalając przekazać na zewnątrz znaczną ilość ciepła podczas skraplania czynnika chłodniczego.

Sprężarka (kompresor) – zasysa czynnik chłodniczy w postaci gazowej (para), jednocześnie go sprężając. W wyniku tego, wzrasta ciśnienie i temperatura pary czynnika chłodniczego



Skroplony w skraplaczu czynnik termodynamiczny pod wysokim ciśnieniem przepływa przez **Zawór rozprężny**

Zadania zaworu rozprężnego w obiegu pompy ciepła:

- obniżenie ciśnienia i temperatury czynnika chłodniczego, który skrapla się po oddaniu ciepła do systemu grzewczego, ale nadal znajduje się pod wysokim ciśnieniem; w zaworze rozprężnym obniża się ciśnienie i temperatura czynnika chłodniczego, do wartości umożliwiających ponowne pobieranie ciepła ze środowiska naturalnego

- reguluje przepływ czynnika chłodniczego, żeby do sprężarki dostawała się tylko para przegrzana czynnika chłodniczego (bez cieczy); tak reguluje przepływ, żeby do parownika dostało się tylko tyle czynnika chłodniczego, ile może tam całkowicie odparować.

ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA – pokaz animacji działania pompy ciepła

9. CZYNNIKI CHŁODNICZE W POMPACH CIEPŁA

Teoretycznie, każda substancja może być czynnikiem chłodniczym.

Czynnik termodynamiczny / chłodniczy / roboczy powinien zapewniać:

- Ekonomiczną konstrukcję elementów pompy ciepła,
- Efektywną pracę sprężarki,
- Bezpieczeństwo użytkowania pompy ciepła,
- Przyjazne oddziaływanie w stosunku do środowiska naturalnego.

Czynniki chłodnicze w pompach ciepła – wymagania:

- niski punkt wrzenia
- mała objętość pary po odparowaniu
- odpowiednia w stosunku do objętości zdolność chłodzenia
- nieszkodliwy dla elementów PC
- nie powinien być wybuchowy ani łatwopalny
- mało szkodliwy dla otoczenia (niski wpływ na warstwę ozonową i efekt cieplarniany).

Najczęściej obecnie stosowane czynniki robocze to:

- F-gazy, czyli czynniki chłodnicze zawierające fluor, np.: R134a, R404A, R407C, R410A, R417A i R419A. F-gazy w razie uwolnienia do atmosfery nie niszczą jej warstwy ozonowej, mają jednak ogromny wpływ na powstawanie efektu cieplarnianego.
- naturalne czynniki chłodnicze, np. propan R290, amoniak R717, izobutan R600a, dwutlenek węgla R744. Ostatnio wzrasta znaczenie naturalnych czynników chłodniczych:
 - Propan R290 – bezbarwny, bezwonny, ma doskonałe właściwości termodynamiczne, dzięki czemu charakteryzuje się wysoką wydajnością (przy tych samych parametrach pracy urządzenia mogą osiągnąć nawet o 20% wyższą efektywność, niż gdyby zastosowano w nich inny czynnik), nie niszczy warstwy ozonowej atmosfery, ma znikomy wpływ na powstawanie efektu cieplarnianego, ale jest palny i wybuchowy,
 - amoniak R717 – toksyczny, wybuchowy i ma wysokie ciśnienie skraplania,
 - Izobutan R600a - bardzo toksyczny, wybuchowy i ma wysokie ciśnienie skraplania,
 - dwutlenek węgla R744 – wysoki poziom ciśnienia w obiegu, wymaga dużych różnic temperatur pracy po stronie skraplania. Urządzenia pracujące na tym czynniku charakteryzują się jednak bardzo dobrymi współczynnikami efektywności.

10. ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA – wykresy

Obieg pracy pompy ciepła, można przedstawić na wykresie logarytmicznym, pokazującym zależność między ciśnieniem czynnika roboczego (chłodniczego), a jego entalpią.

Entalpia – określa zawartość energii w układzie termodynamicznym, [kJ; Wh]; entalpia właściwa, [kJ/kg, Wh/kg].

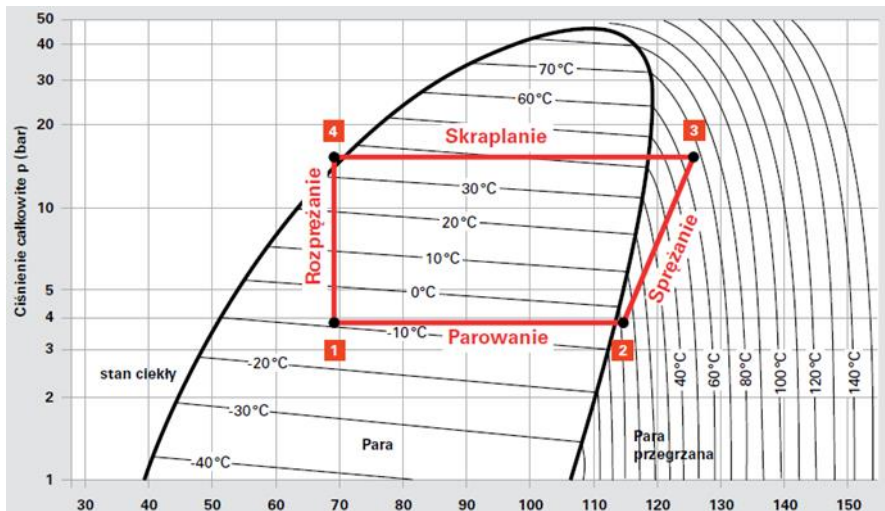
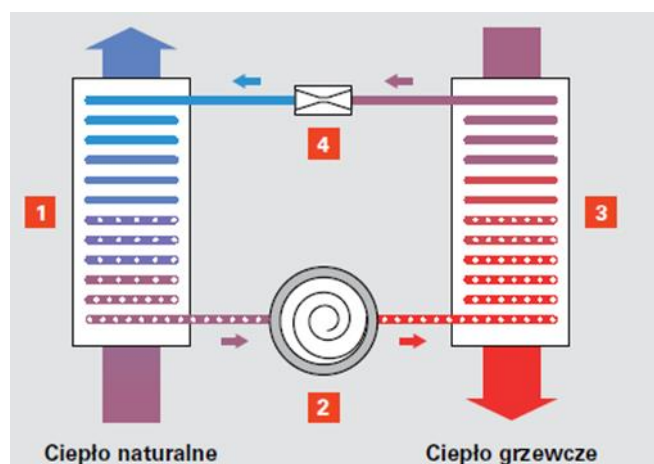


Diagram logarytmiczny ciśnienie -entalpia dla R407c



W trakcie pracy pompy ciepła czynnik chłodniczy przechodzi następujące zmiany stanu:

Odparowanie 1-2 - Czynnik chłodniczy paruje. Potrzebna do tego energia (entalpia parowania) pozyskiwana jest z otoczenia np. powietrza na zewnątrz.

Sprężanie 2-3 - Sprężarka wykorzystując własną energię napędową podnosi ciśnienie, a tym samym temperaturę pary pochodzącej z odparowania czynnika chłodniczego. Entalpia (zawartość energii) wzrasta.

Skraplanie 3-4 - Czynnik chłodniczy ulega skropleniu w procesie kondensacji oddając energię pobraną ze środowiska zwiększoną o energię pochodzącą ze sprężarki.

Rozprężanie 4-1 - Czynnik chłodniczy ulega rozprężeniu, co oznacza, że temperatura i ciśnienie są sprowadzane za pomocą zaworu rozprężnego do poziomu wyjściowego.

Medium ponownie może zostać odparowane i cały proces zaczyna się od nowa.

11. EFEKTYWNOŚĆ POMPY CIEPŁA COP

COP – (coefficient of performance) Współczynnik efektywności pompy ciepła (współczynnik wydajności) – jest to stosunek ilości uzyskanej energii użytecznej (np. ciepła do ogrzewania), do energii włożonej – napędowej (np. energia elektryczna do zasilania sprężarki).

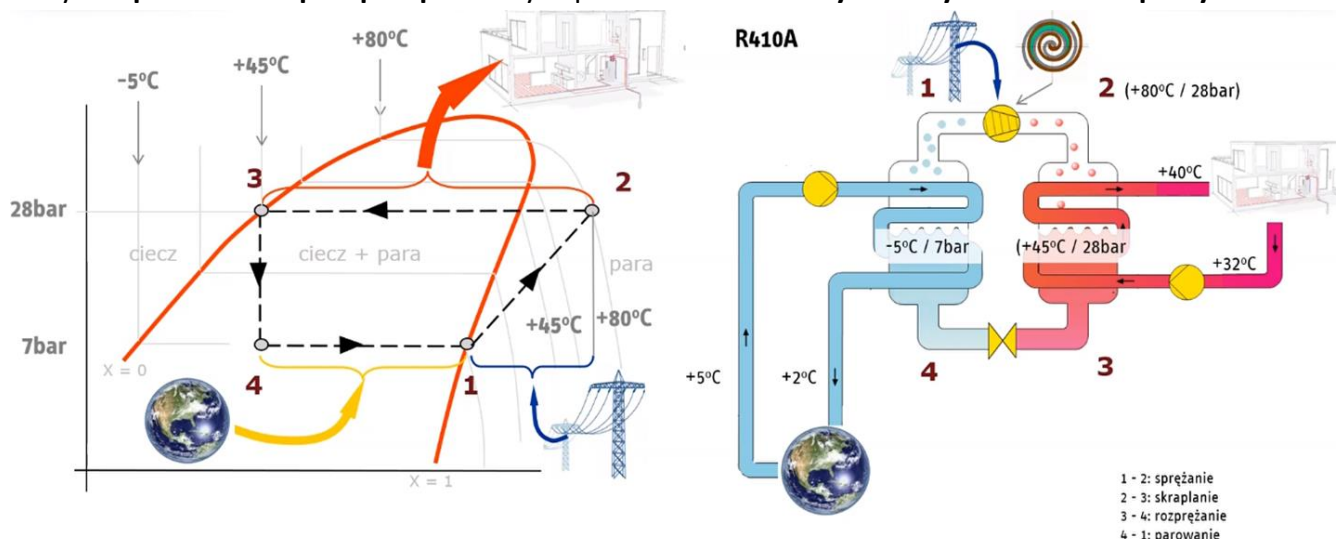
$$COP = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_2}$$

h_2 – entalpia na początku procesu sprężania, [Wh/kg]

h_3 – entalpia na końcu procesu sprężania (początku oddawania ciepła), [Wh/kg]

h_4 – entalpia na końcu procesu skraplania (końcu oddawania ciepła), [Wh/kg]

COP określa stosunek ciepła użytecznego dostarczonego przez pompę ciepła, do pobranej przy tym energii elektrycznej - w konkretnym punkcie pracy (temperatur), w danej chwili. Może służyć **do porównania pomp ciepła** różnych producentów – dla tych samych warunków pracy.



$$COP = \frac{\dot{Q}_s}{\dot{N}} = \frac{\dot{Q}_p + \dot{N}}{\dot{N}}$$

$\dot{Q}_s$ – wydajność cieplna skraplacza, [kW] (ilość uzyskanej energii użytecznej)

$\dot{Q}_p$ – wydajność cieplna parownika, [kW] (ilość ciepła uzyskanego z dolnego źródła ciepła)

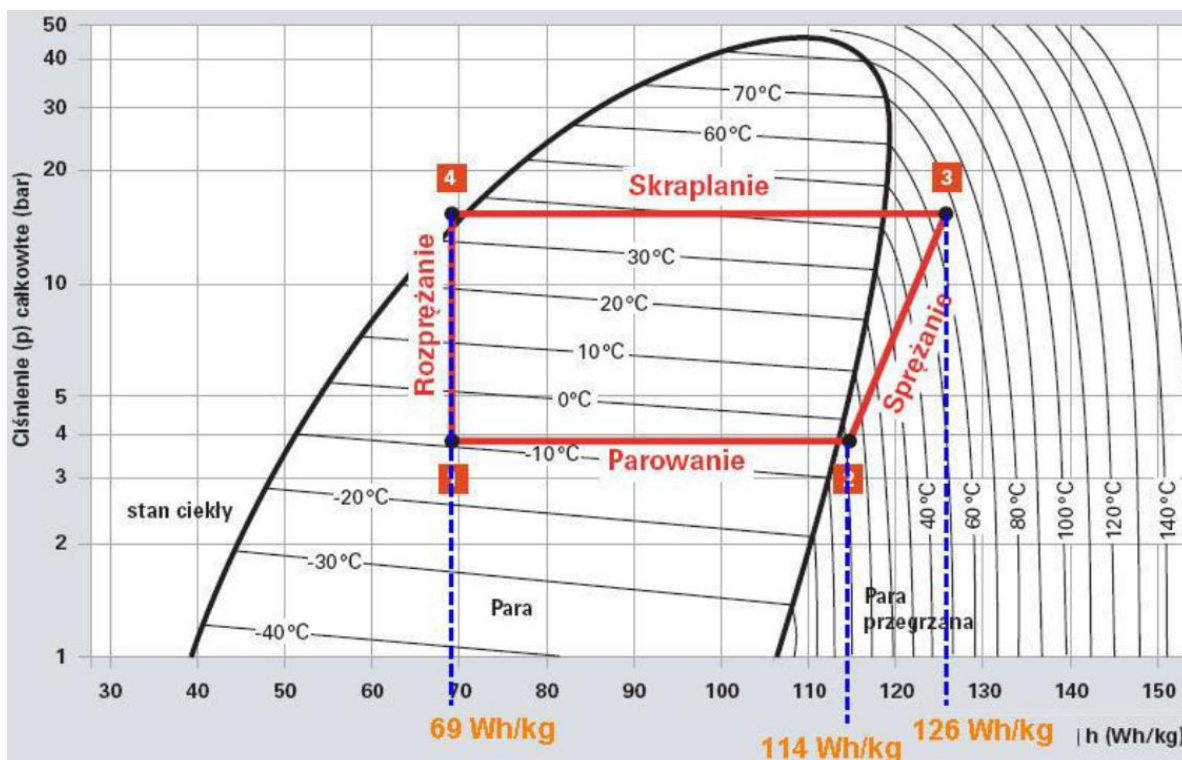
$\dot{N}$ – zapotrzebowanie na moc elektryczną niezbędną do napędu sprężarki, [kW] (ilość energii włożonej)

$COP = \text{zysk (2-3)} / \text{nakład (1-2)}$ COP - jest to stosunek ilości uzyskanej energii użytecznej (np. ciepła do ogrzewania), do energii włożonej – napędowej (np. energia elektryczna do zasilania sprężarki).

Odcinek czerwony (2-3) – otrzymana ilość ciepła jest ok. 2,5 krotnie dłuższy od odcinka niebieskiego (1-2) – $COP = \text{ok. } 2,5$

Wkładamy jedną jednostkę i otrzymujemy 2,5 jednostki

12. ILE WYNOSI COP POMPY CIEPŁA? – zadanie dla uczniów



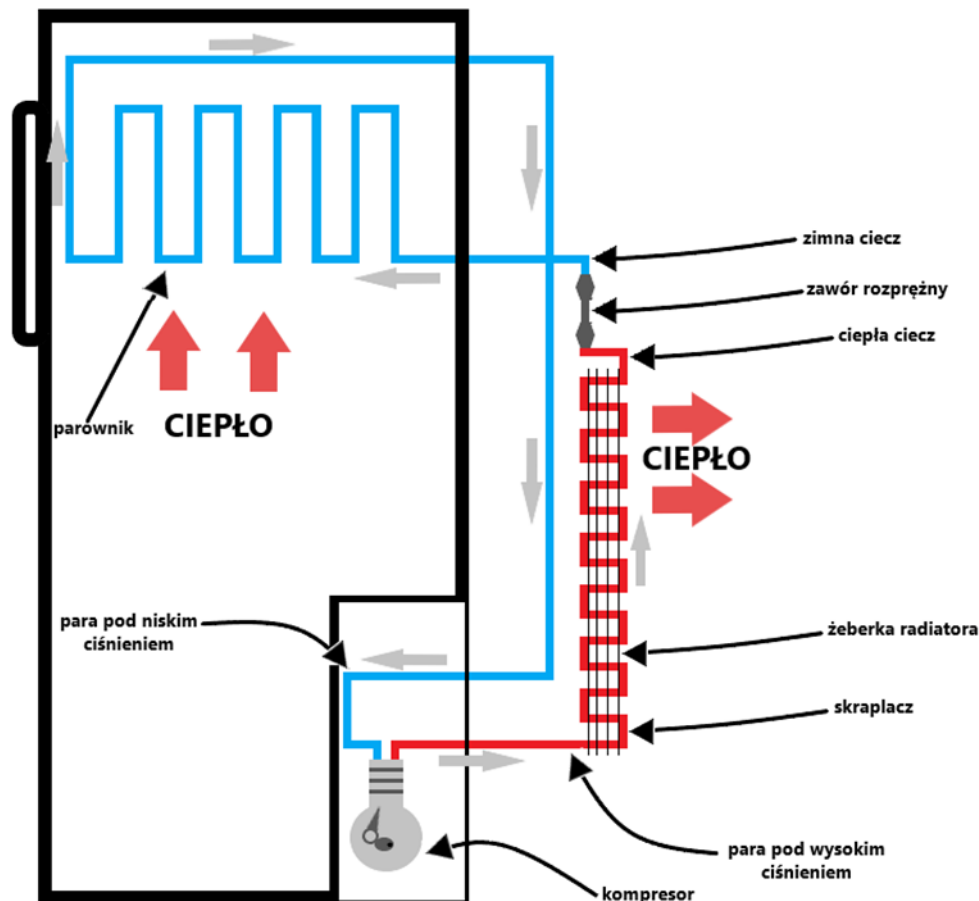
$$COP = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_2} = \frac{126 - 69}{126 - 114} = 4,75$$

13. LODÓWKA A POMPA CIEPŁA

Pracę sprężarkowej pompy ciepła można porównać do pracy lodówki

LODÓWKA pobiera ciepło z wnętrza lodówki i oddaje ciepło na zewnątrz

POMPA CIEPŁA pobiera ciepło z poza budynku (gruntu, powietrza, wody) i przekazuje je do wnętrza budynku



Chłodziwo o temperaturze wrzenia niższej niż temperatura zamarzania wody przepływa cyklicznie przez kolejne elementy. Ciepło pobierane jest z lodówki w parowniku, gdzie chłodziwo jest odparowywane. Następnie chłodziwo ulega sprężeniu i przepompowywane jest do skraplacza, w którym oddaje ciepło do otoczenia.

Aby lodówka działała w sposób ciągły, parowy czynnik chłodniczy musi powrócić do stanu ciekłego, dlatego para musi zostać ponownie sprężona i zwiększyć swoje ciśnienie i temperaturę. Jest to zadanie sprężarki. Sprężarka daje podobny efekt, jak pompka rowerowa. Podczas pompowania i sprężania powietrza można odczuć wzrost temperatury w pompce. Po zakończeniu pracy sprężarki para powinna znajdować się pod wysokim ciśnieniem i być gorąca. Parę trzeba schłodzić w skraplaczu zamontowanym z tyłu chłodziarki, gdzie może oddawać ciepło do otaczającego powietrza. Podczas odbierania ciepła od pary (znajdującej się wciąż pod wysokim ciśnieniem) w skraplaczu następuje jej przemiana do postaci ciekłej.

Następnie ciekły czynnik chłodniczy trafia z powrotem do parownika, gdzie proces się zamyka. Praca chłodziarki opiera się na przemianie krążącego w nim czynnika chłodniczego z cieczy w parę. Proces ten, zwany parowaniem, chłodzi otoczenie i daje pożądany efekt. Aby przetestować ten proces samodzielnie, rozproś niewielką ilość alkoholu, kroplę lub dwie,

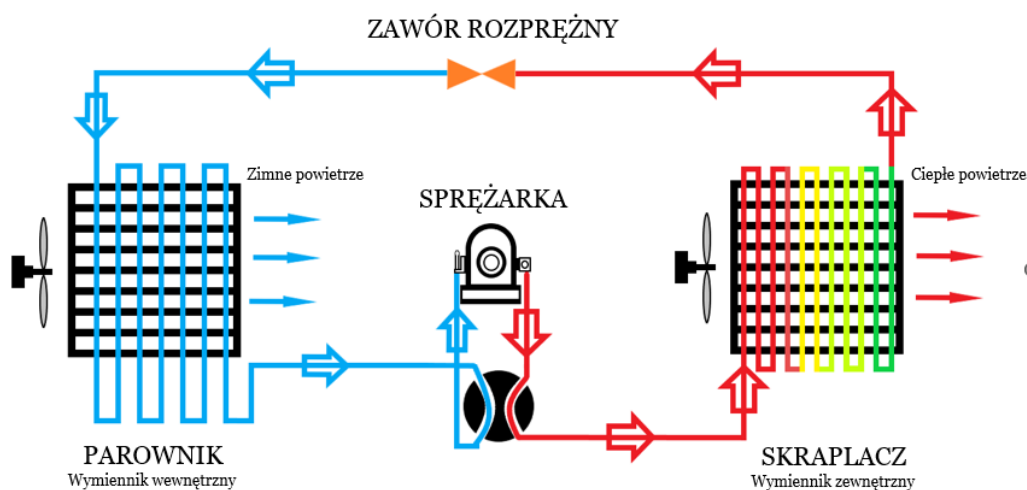
na skórze. Podczas parowania poczujesz chłód – ta sama podstawowa zasada zapewnia bezpieczne przechowywanie żywności.

Aby rozpocząć proces parowania i zmienić postać czynnika chłodniczego z ciekłej na lotną, należy obniżyć ciśnienie czynnika chłodniczego za pomocą tak zwanej kapilary. Efekt ten można porównać do używania produktu w aerozolu, na przykład lakieru do włosów. Zawartość puszki aerozolu to strona wysokiego ciśnienia/cieczy, dysza to kapilara, a otwarta przestrzeń to parownik. Gdy ciecz zawarta w puszcze jest uwalniana do otwartej przestrzeni o niższym ciśnieniu, zamienia się w gaz.

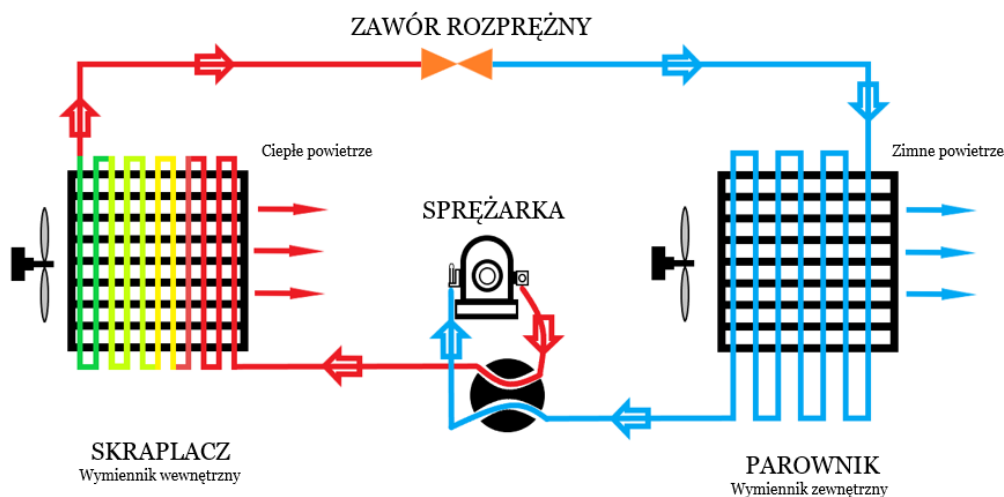
Sprężarka jest „sercem” chłodziarki. Odpowiada za obieg czynnika chłodniczego w całym układzie, zwiększenie ciśnienia w ciepłej części układu i wzrost temperatury czynnika chłodniczego.

Skrapłacz znajduje się z tyłu chłodziarki. Czynnik chłodniczy jest schładzany i skrapla się.

Parownik znajduje się we wnętrzu chłodziarki i jest elementem, który powoduje, że przedmioty w chłodziarce są zimne. Czynnik chłodniczy parując - chłodzi otaczający go obszar, tworząc odpowiednie środowisko do przechowywania żywności.



Schemat działania lodówki



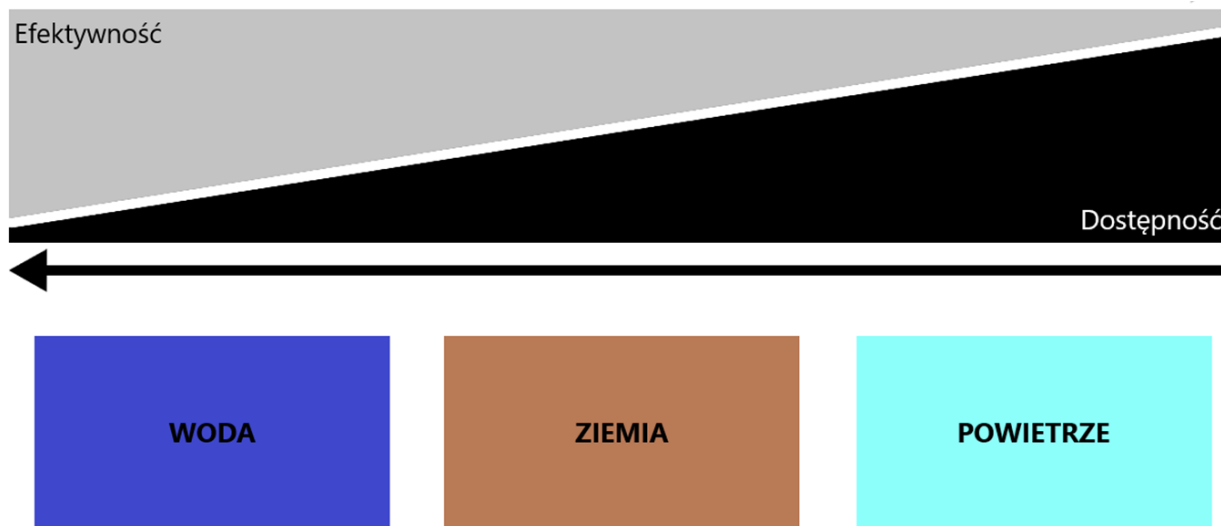
Schemat działania pompy ciepła

14. DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

W pompach ciepła ciepło pobierane jest z dolnego źródła ciepła, którym jest środowisko i oddawane jest do górnego źródła ciepła.

Cechy, którymi powinno charakteryzować się dolne źródło ciepła:

- duża pojemność cieplna,
- stała, najlepiej jak najwyższa temperatura przez cały czas,
- brak zanieczyszczeń,
- dobra dostępność.



Na rysunku przedstawiono relację między dostępnością źródeł ciepła, a efektywnością pompy ciepła. Na rysunku widać wyraźnie, że efektywność pompy ciepła jest najwyższa, gdy źródłem ciepła jest woda. Jednocześnie dostępność użytecznej wody gruntowej jest najmniejsza. W

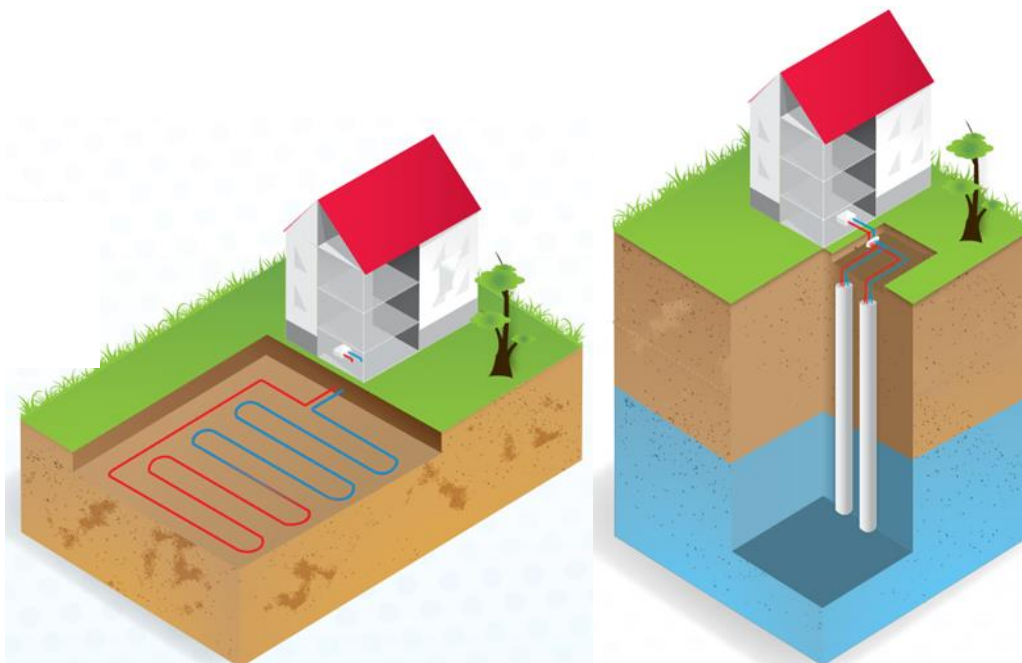
przypadku ziemi, jako źródła ciepła stosunek ten jest zrównoważony. W przypadku powietrza, mimo że jego

dostępność jest praktycznie nieograniczona, ze względu na wahania temperatury i przeciwny cykl – niskie temperatury zewnętrzne i wysokie zapotrzebowanie na ciepło – efektywność pompy spada.

Dolnym źródłem ciepła dla pomp mogą być:

- źródła odnawialne:
 - grunt (temp. 8 - 12 °C)
 - słońce (temp. 20 - 80 °C)
 - powietrze zewnętrzne (temp. 4 -15 °C)
 - woda gruntowa (temp. 8 -12 °C)
 - woda powierzchniowa (temp. 5 -15 °C)
- ciepło odpadowe:
 - ścieki
 - powietrze wentylacyjne
 - gazy wylotowe
 - woda powrotna w systemach ciepłowniczych

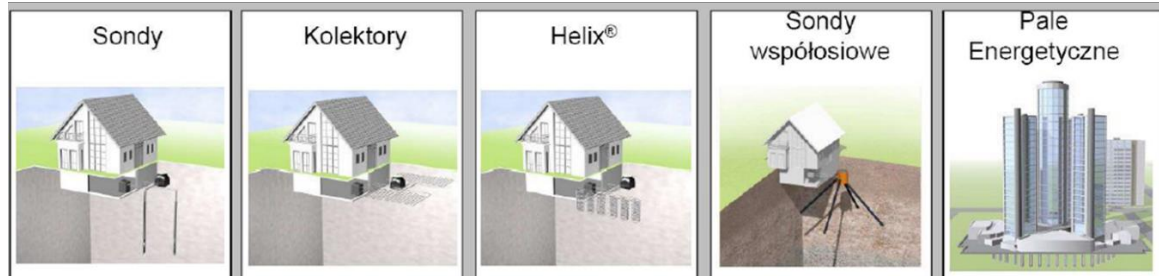
Ciepło z gruntu



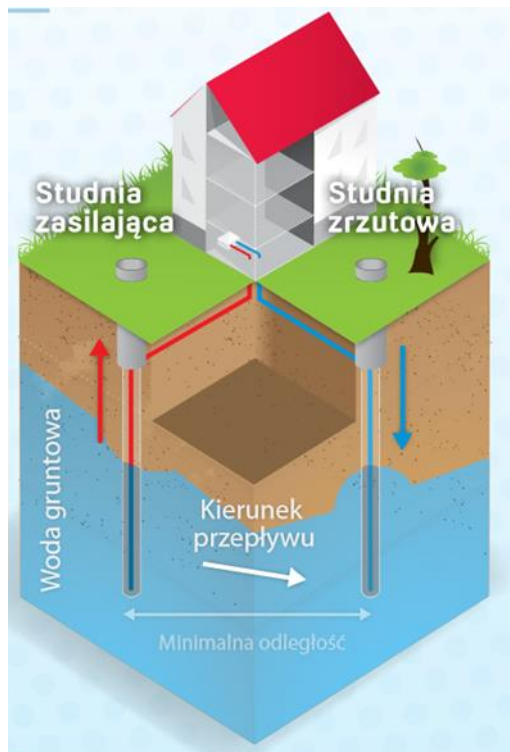
Charakterystyka:

- stała temperatura w przybliżeniu równa temp. średniorocznej powietrza
- temperatura gruntu wokół kolektorów obniża się na skutek poboru ciepła, co zmniejsza sprawność odzysku ciepła.
- grunt musi się zregenerować do temp. wyjściowej.

- ciepło pozyskiwane jest poprzez zagłębione w ziemi pionowo lub poziomo kolektory wypełnione solanką lub glikolem.

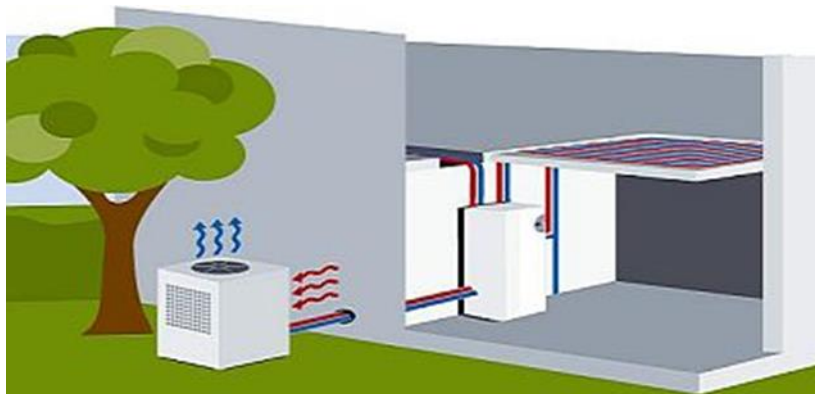


Ciepło z wody

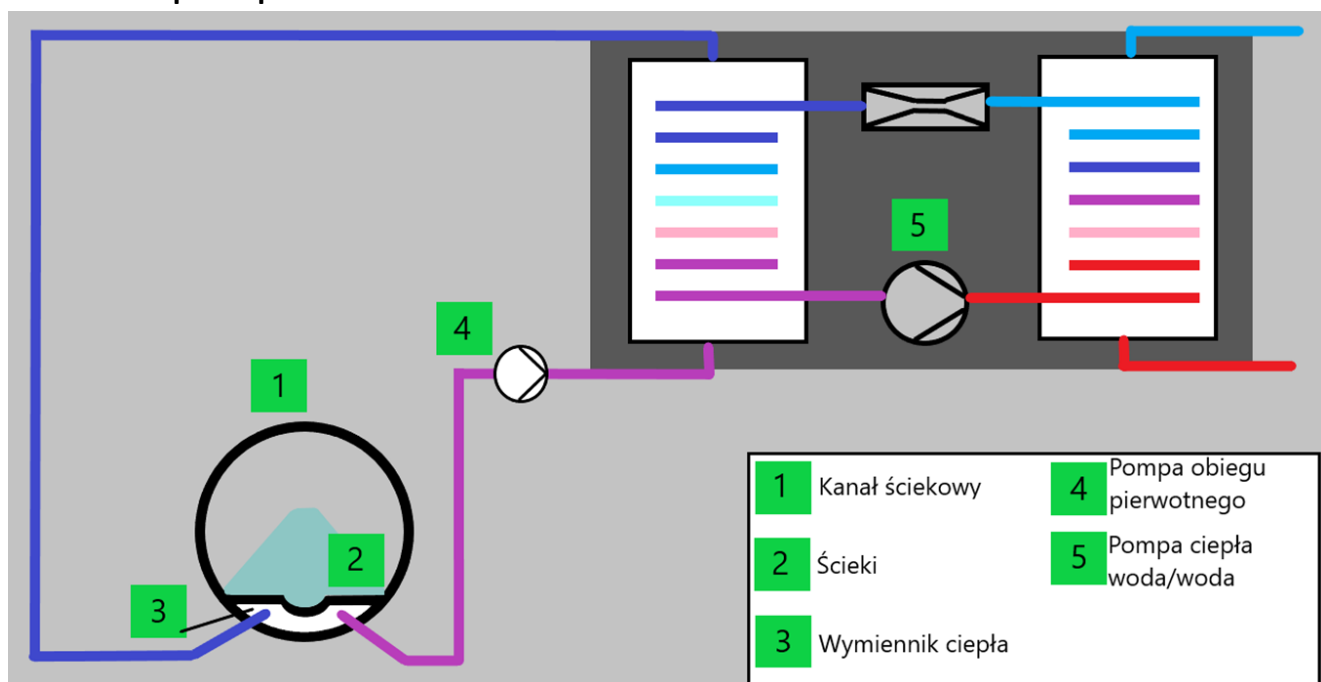


Charakterystyka

- niskie koszty eksploatacyjne
- stała wysoka temperatura
- zrzut wody ze studni może odbywać się do zbiorników otwartych
- pobór wody z jezior i rzek może odbywać się bezpośrednio lub przez zatopioną węzownicę
- wysokie koszty inwestycyjne
- przy dużej mineralizacji wody potrzebny wymiennik ciepła studnia może ulec zamuleniu

Ciepło z powietrza**Charakterystyka**

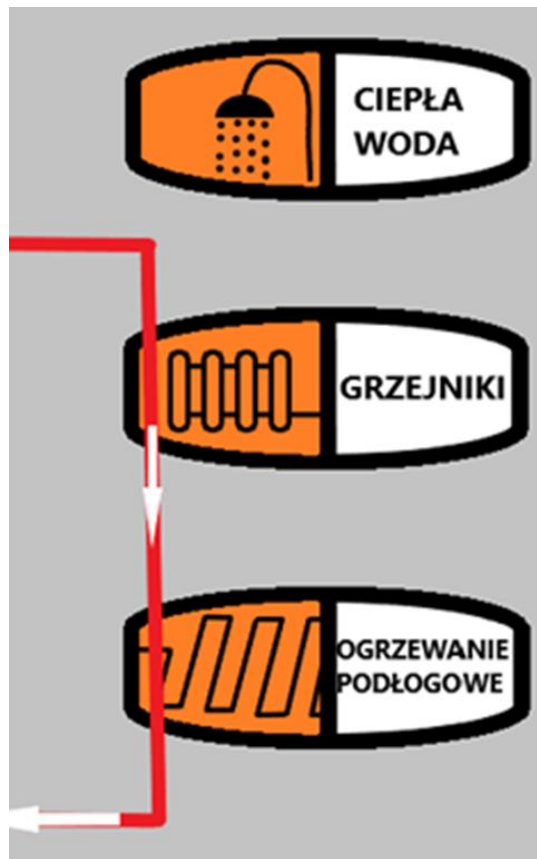
- najłatwiej dostępne
- najniższa cena
- niskie koszty instalacji
- duże wahania temperatury
- duża powierzchnia wymiennika
- duży hałas
- mniejsza sprawność
- większa energia do napędu wentylatorów

Ciepło odpadowe

Ciepło odpadowe może mieć stosunkowo wysoką temperaturę źródłową i być stale dostępne. Dobrym sposobem odzyskiwania ciepła jest wykorzystanie ścieków. Za pomocą specjalnych wymienników ciepła, ze ścieków pochodzących z gospodarstwa domowego lub procesów

przemysłowych, odzyskuje się pewną ilość energii, która została dostarczona w trakcie wcześniejszych procesów.

15. GÓRNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

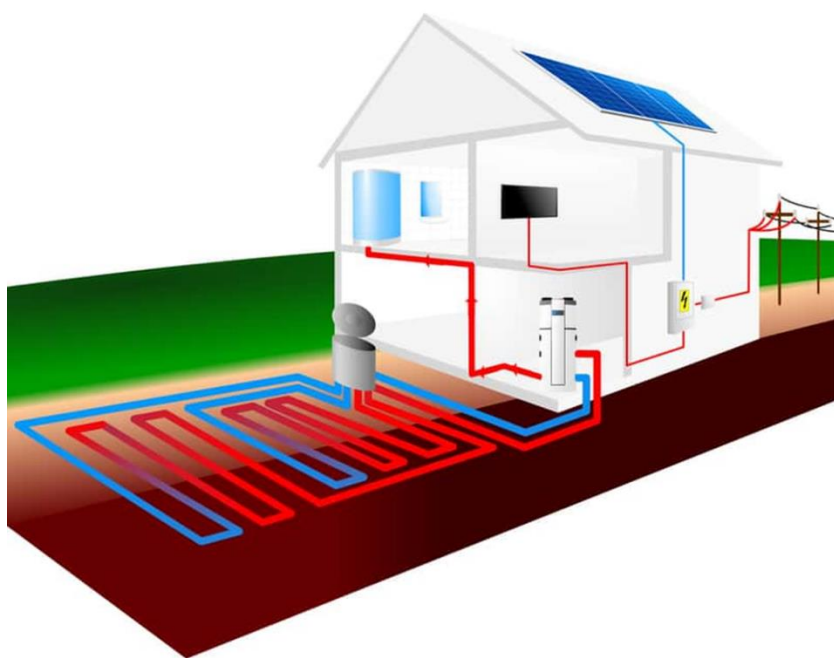


16. WADY I ZALETY POMP CIEPŁA

ZALETY	WADY
Niskie koszty eksploatacyjne	Wysokie koszty inwestycyjne
Wygoda- system bezobsługowy	Dość skomplikowana budowa urządzenia- awaryjność sprężarek przy niższej i średniej klasy pompach.
Bezpieczeństwo- nie ma ryzyka wybuchu czy zaciadzenia	Poziom hałasu- dla niektórych może być uciążliwy

Ekologia- brak emisji spalin, redukcja emisji CO2	Maksymalna temperatura podgrzanej wody w większości pomp nie przekracza 60 stopni. Konieczne jest zastosowanie odpowiednich grzejników lub ogrzewania podłogowego aby system był wydajny.
Energooszczędność- niski pobór energii elektrycznej	Praca pompy jest uzależniona od energii elektrycznej
Nie potrzebuje specjalnego pomieszczenia	Najbardziej wydajne dolne źródła ciepła potrzebują najwięcej miejsca

17. ZASTOSOWANIE POMPY CIEPŁA



18. URZĄDZENIA PRODUCENTÓW