



POMPY CIEPŁA

Energia+Technologia=Szkoła+Zawód - Technologie energii odnawialnej w szkołach
dla wykwalifikowanych pracowników przyszłości

Energie+Technik=Schule+Beruf - Erneuerbare Energietechnik macht Schule
für Fachkräfte der Zukunft

Partner projektu: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Al. Piastów 17, PL 70-310 Szczecin

CO TO JEST CIEPŁO ?



- CIEPŁO jest formą wewnętrznej energii substancji.
- Substancje zawierają energię cieplną, aż do temperatury zera absolutnego ($0\text{ K} = ???^{\circ}\text{C}$).
- Nawet powietrze o ujemnej temperaturze zawiera ciepło, które mogą efektywnie wykorzystywać pompy ciepła.

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).



<http://www.ekocentryczka.pl>

CO TO JEST SPREŻANIE I ROZPREŻANIE ?



- SPREŻANIE GAZU - proces, w którym wzrasta ciśnienie gazu
- Podczas SPREŻANIA gazu wzrasta jego temperatura oraz ilość ciepła w nim zawartego
- Do sprężania gazu wykorzystywane są SPREŻARKI



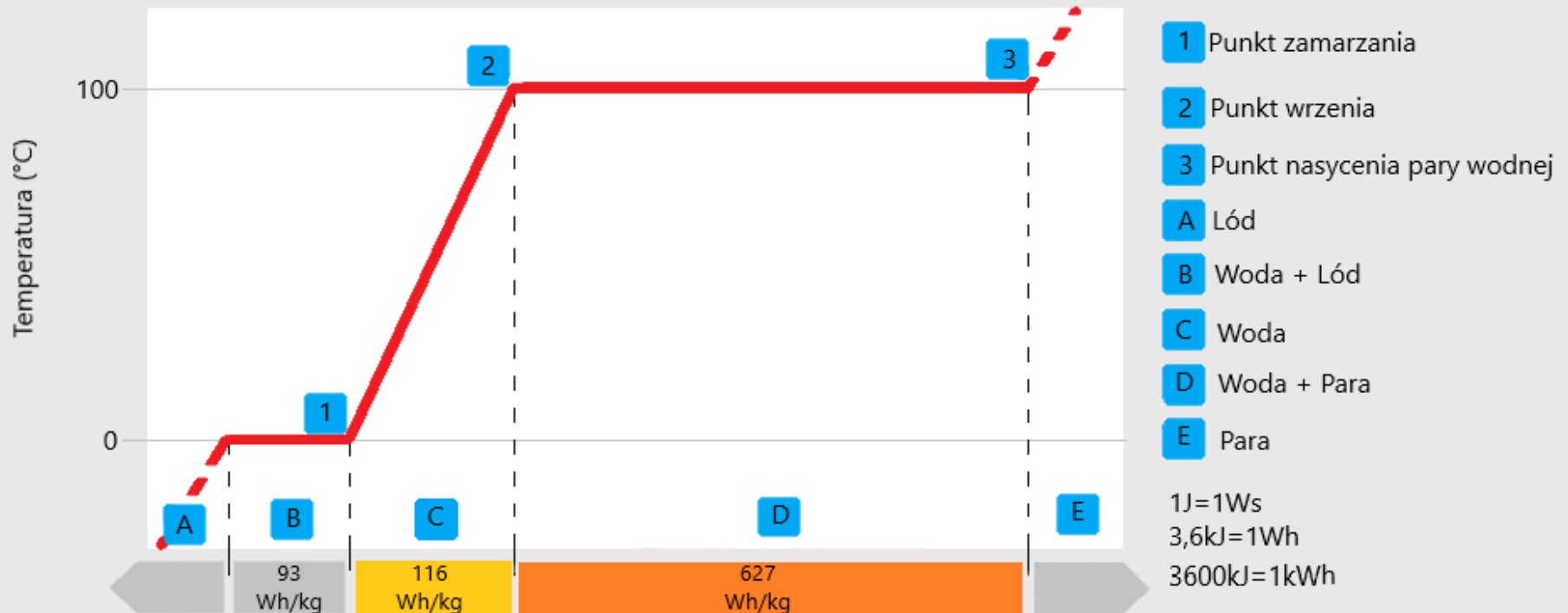
<https://przydasie.pl>

- ROZPREŻANIE GAZU – proces odwrotny do sprężania, w którym spada ciśnienie gazu
- Podczas ROZPREŻANIA gazu spada jego temperatura
- Do rozprężania gazu wykorzystywane są ZAWORY ROZPREŻNE (DŁAWIĄCE)



<https://www.rd.com>

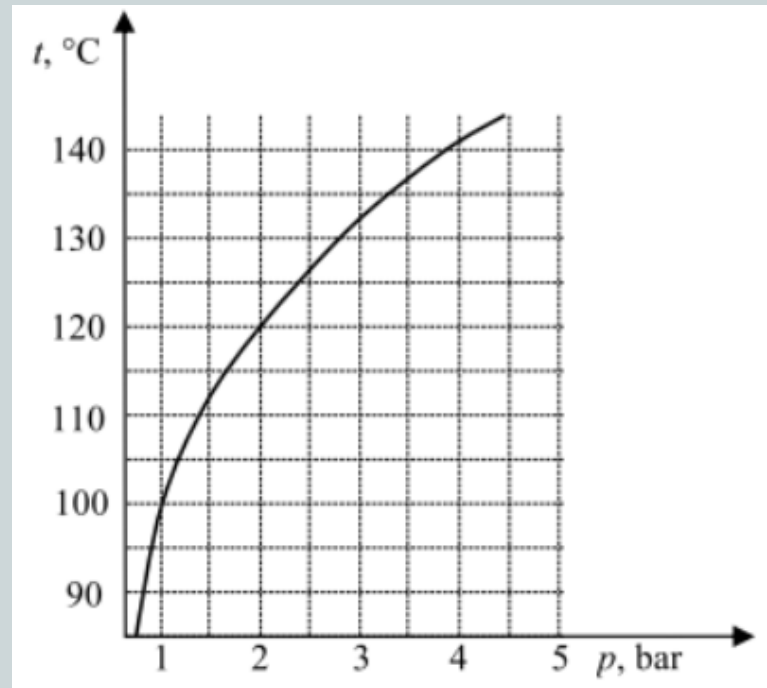
ZMIANA STANU FIZYCZNEGO SUBSTANCJI - SKRAPLANIE I PAROWANIE



TEMPERATURA PAROWANIA I SKRAPLANIA



- TEMPERATURA PAROWANIA I SKRAPLANIA zależą od ciśnienia czynnika

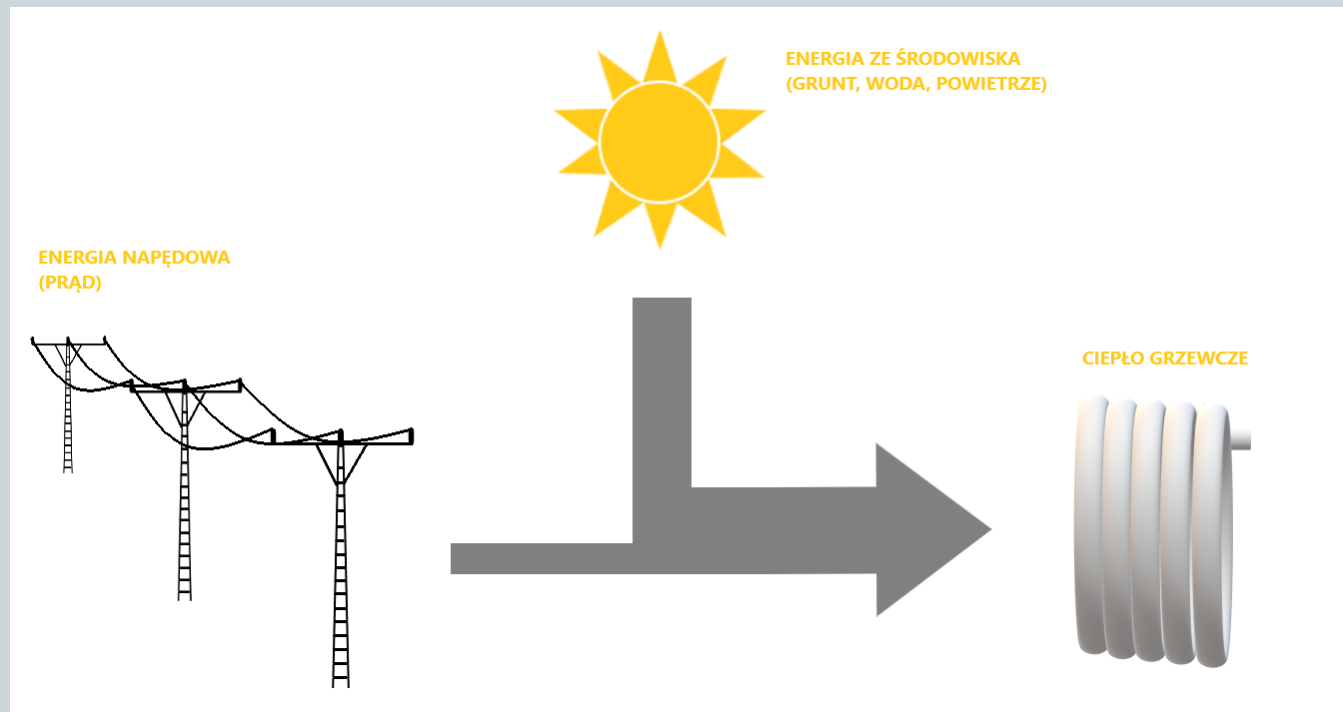


Zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia

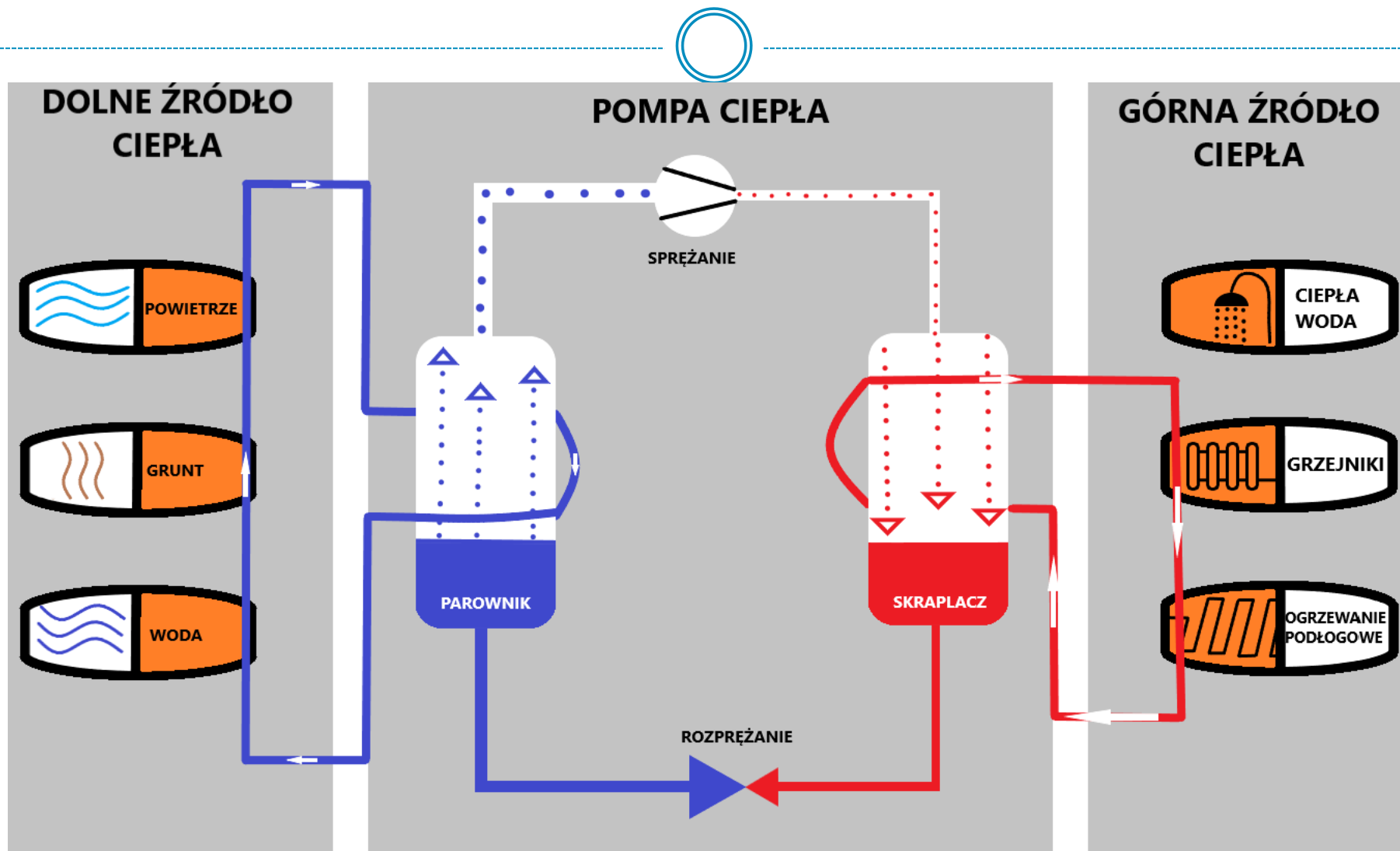
JAKIE ZJAWISKA WYKORZYSTUJĄ POMPY CIEPŁA?



- Pompy ciepła wykorzystują:
 - zjawisko przepływu ciepła,
 - przemiany fazowe substancji.



ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA



PAROWNIK I SKRAPLACZ



- 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.

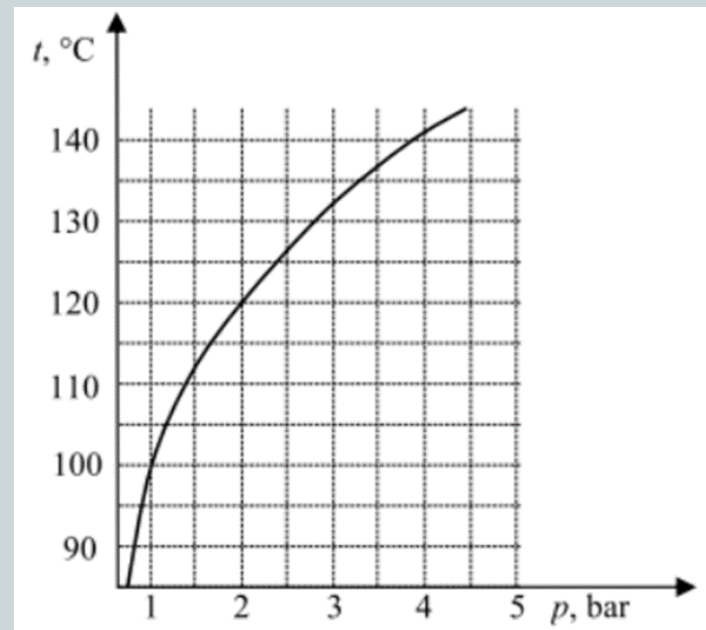
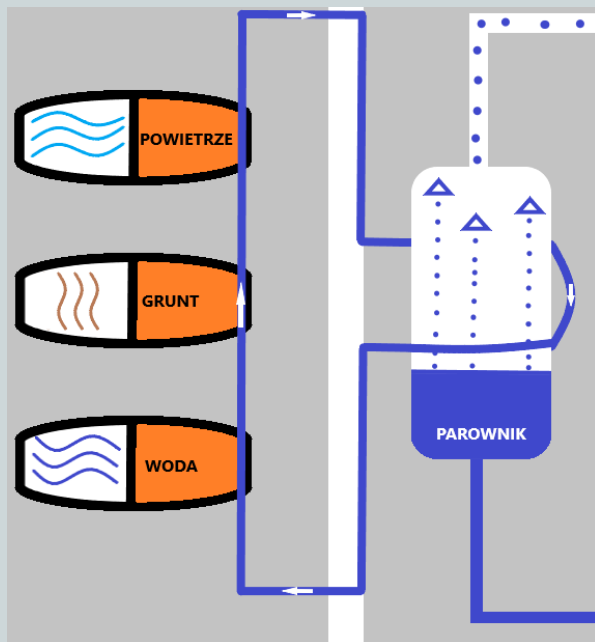


<https://www.goshe.pl/produkty/armatura-grzewcza/wymienniki-plytowe/wymiennik-ciepła>

PAROWNIK POMPY CIEPŁA



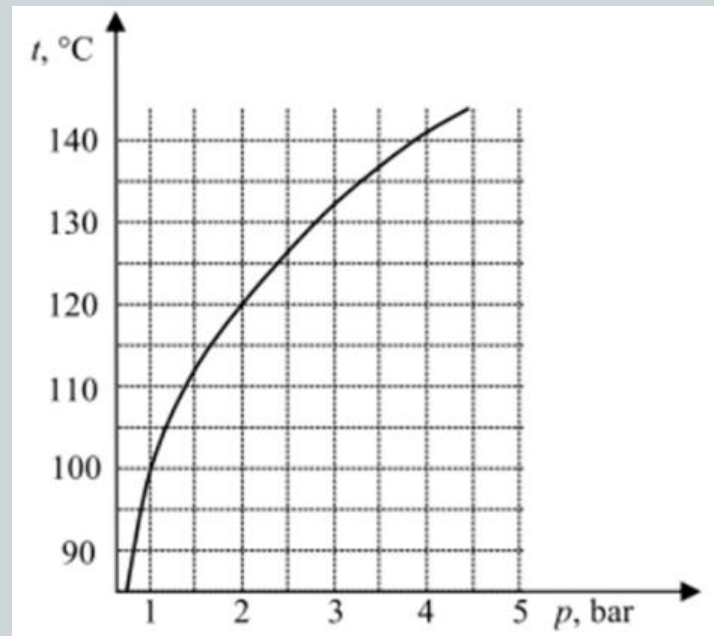
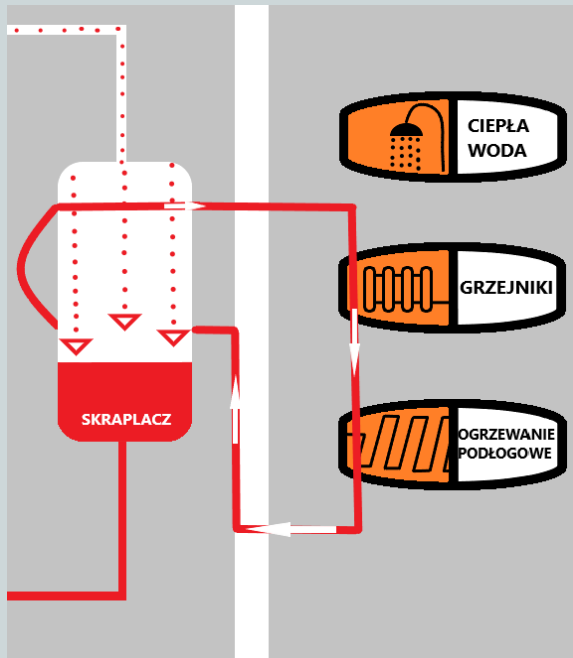
- W parowniku zachodzi pobór energii cieplnej ze środowiska.
- Czynnik termodynamiczny pobiera ciepło z niskotemperaturowego dolnego źródła ciepła i odparowuje



SKRAPLACZ POMPY CIEPŁA



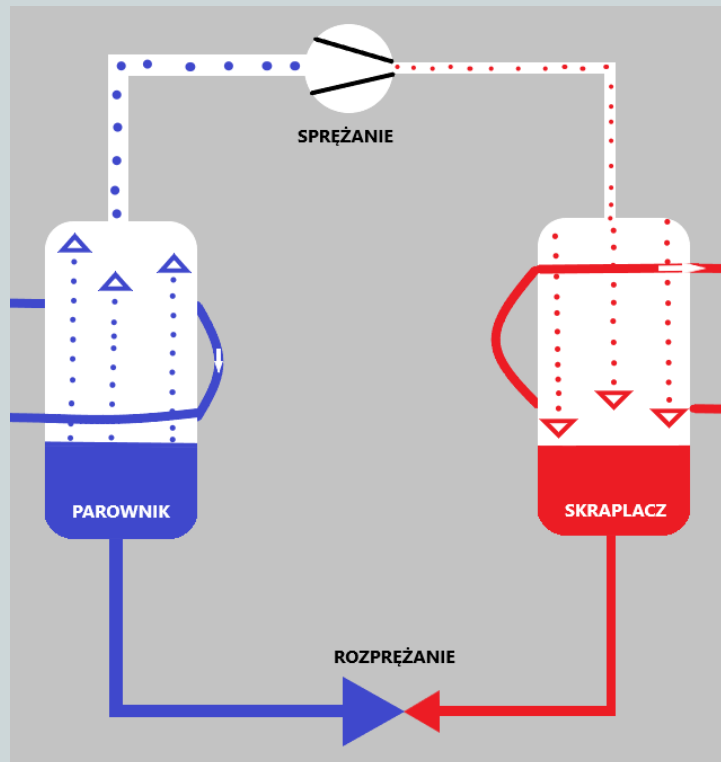
- W skraplaczu zachodzi przekazanie energii cieplnej do górnego źródła ciepła
- Pary gorącego czynnika termodynamicznego oddają ciepło do górnego źródła ciepła i kondensują



SPRĘŻARKA POMPY CIEPŁA



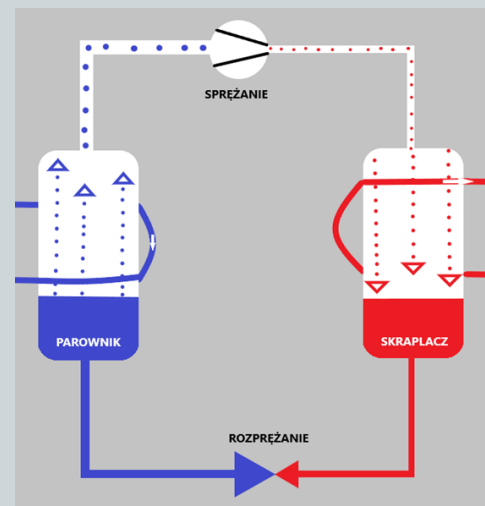
- Sprężarka spręża pary czynnika termodynamicznego.
- W wyniku sprężania następuje przyrost temperatury czynnika.



ZAWÓR ROZPRĘŻNY (DŁAWIĄCY)



- Przy przepływie czynnika termodynamicznego przez zawór dławiący następuje rozprężanie, czyli obniżenie ciśnienia czynnika.
- W wyniku rozprężania następuje gwałtowne obniżenie temperatury czynnika.
- Zawór również reguluje przepływ czynnika chłodniczego



ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA



- animacja

CZYNNIKI CHŁODNICZE W POMPACH CIEPŁA

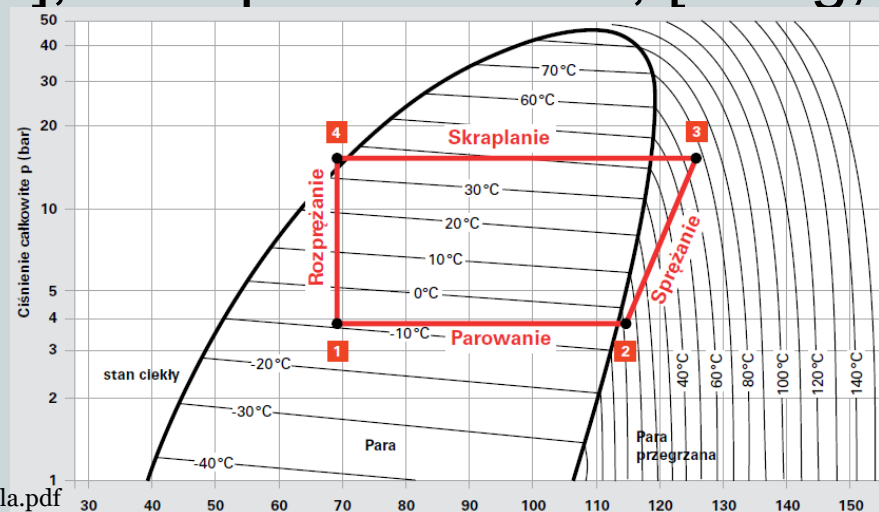


- Czynnik termodynamiczny / chłodniczy / roboczy powinien zapewniać:
 - Ekonomiczną konstrukcję elementów pompy ciepła,
 - Efektywną pracę sprężarki,
 - Bezpieczeństwo użytkowania pompy ciepła,
 - Przyjazne oddziaływanie w stosunku do środowiska naturalnego.
- Najczęściej obecnie stosowane czynniki robocze to:
 - F-gazy, czyli czynniki chłodnicze zawierające fluor, np.: R134a, R404A, R407C, R410A, R417A i R419A
 - naturalne czynniki chłodnicze, np. propan R290, amoniak R717, izobutan R600a, dwutlenek węgla R744

ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA

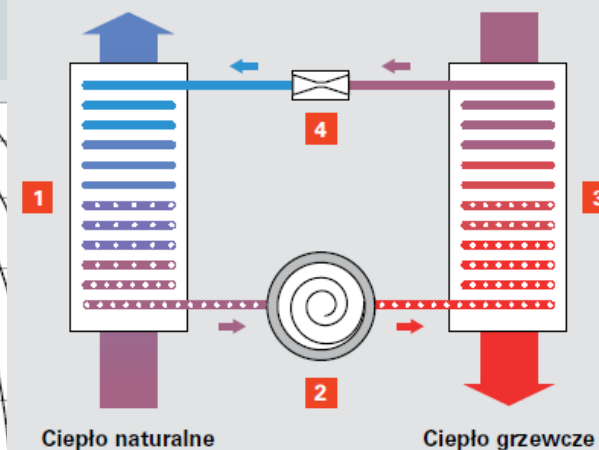
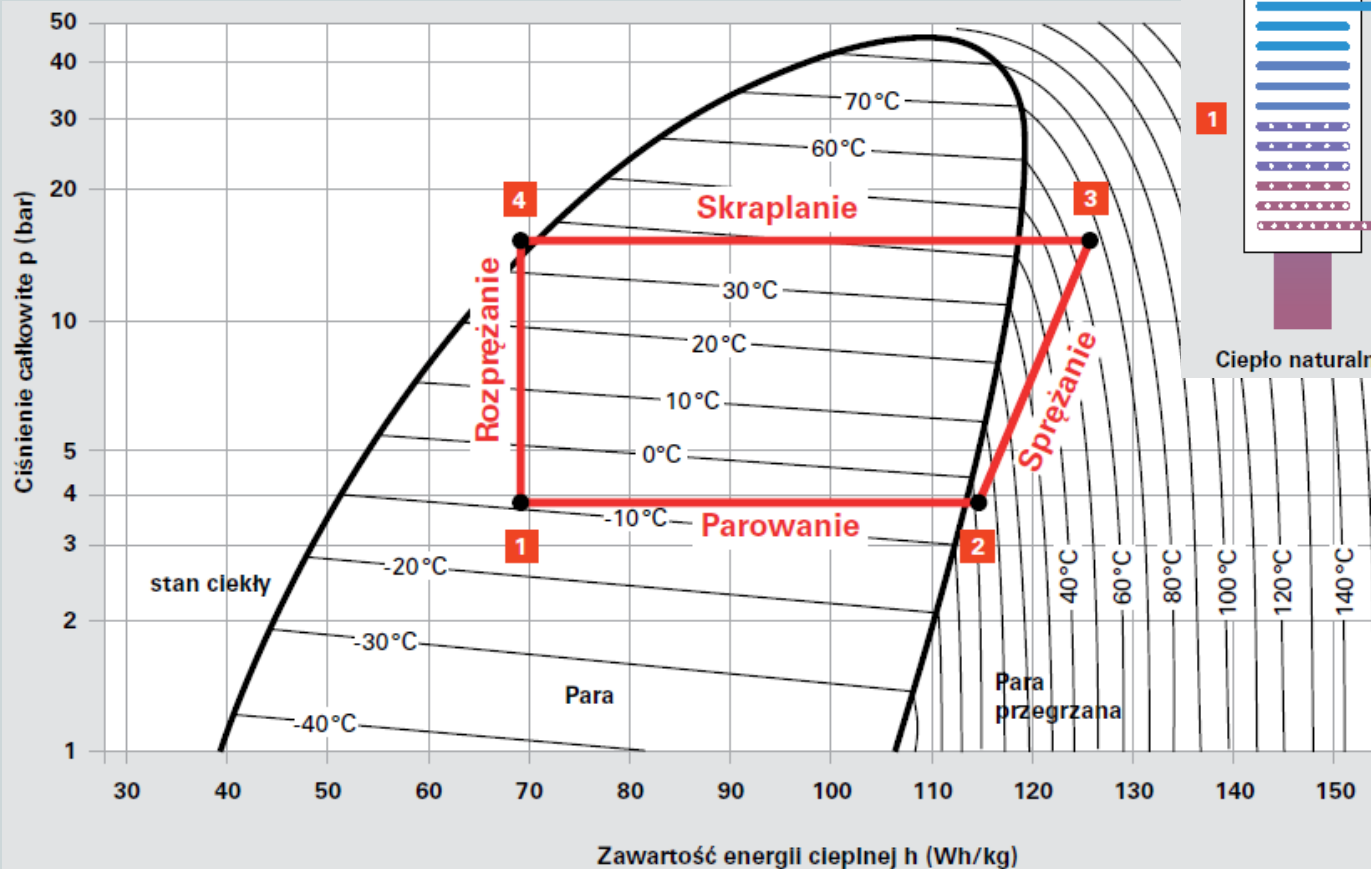


- Obieg pracy pompy ciepła, można przedstawić na wykresie logarytmicznym, pokazującym zależność między ciśnieniem czynnika roboczego (chłodniczego), a jego entalpią.
- **Entalpia** – określa zawartość energii w układzie termodynamicznym, [kJ; Wh]; entalpia właściwa, [kJ/kg, Wh/kg].



https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie_pompy_ciepla.pdf

DIAGRAM LOGARYTMICZNY CIŚNIENIE - ENTALPIA DLA R407C



https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie_pompy_ciepla.pdf

EFEKTYWNOŚĆ POMPY CIEPŁA COP



- **COP - 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).

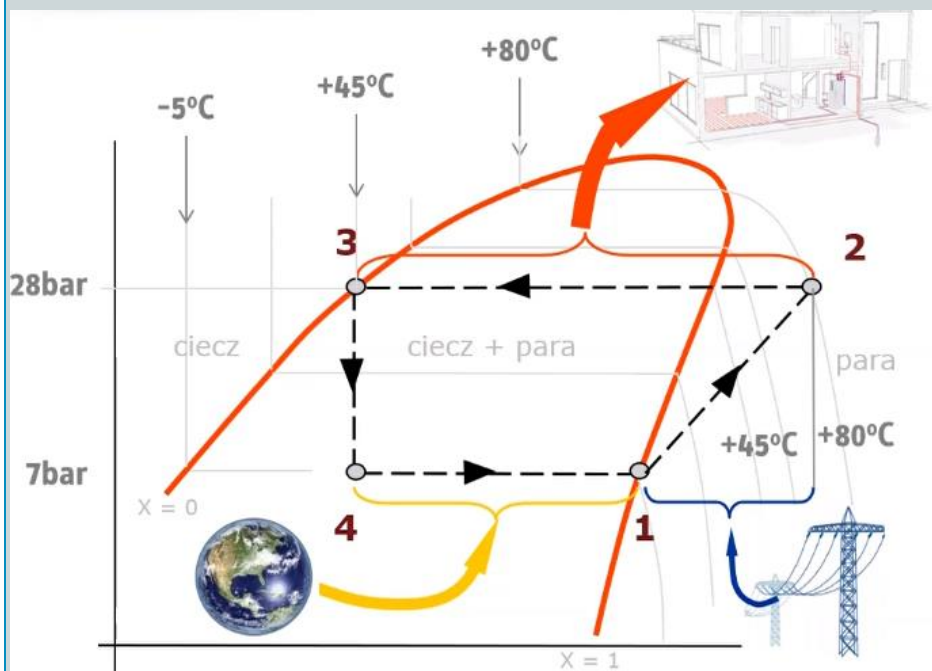
$$\text{COP} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_2}$$

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

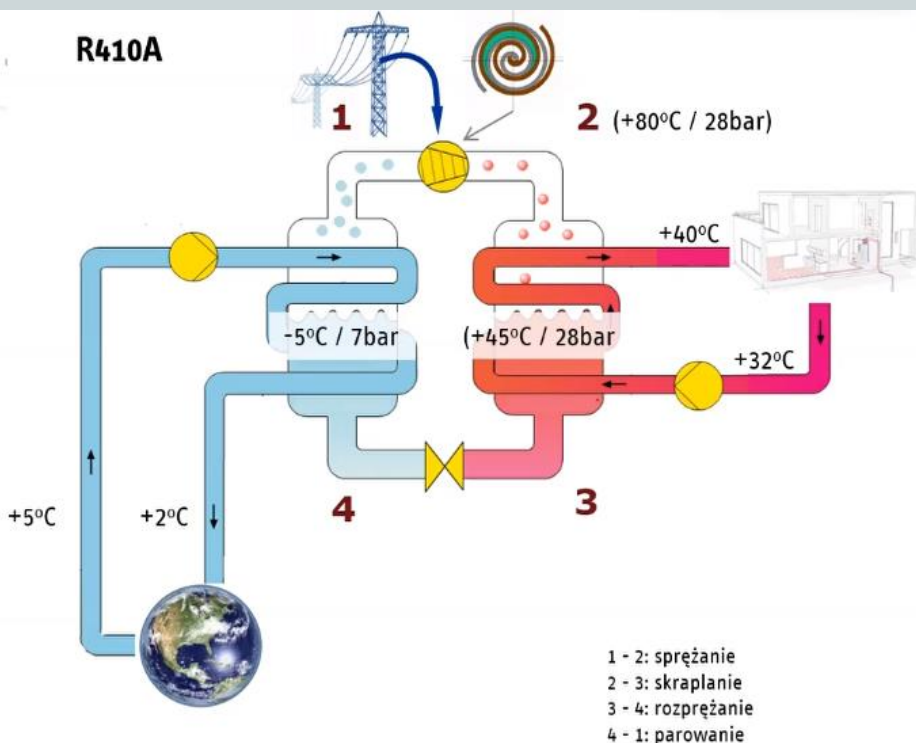
h_3 – entalpia na końcu procesu sprężania (początku oddawania ciepła), [Wh/kg]

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

EFEKTYWNOŚĆ POMPY CIEPŁA COP



<https://www.stiebel-eltron.pl>



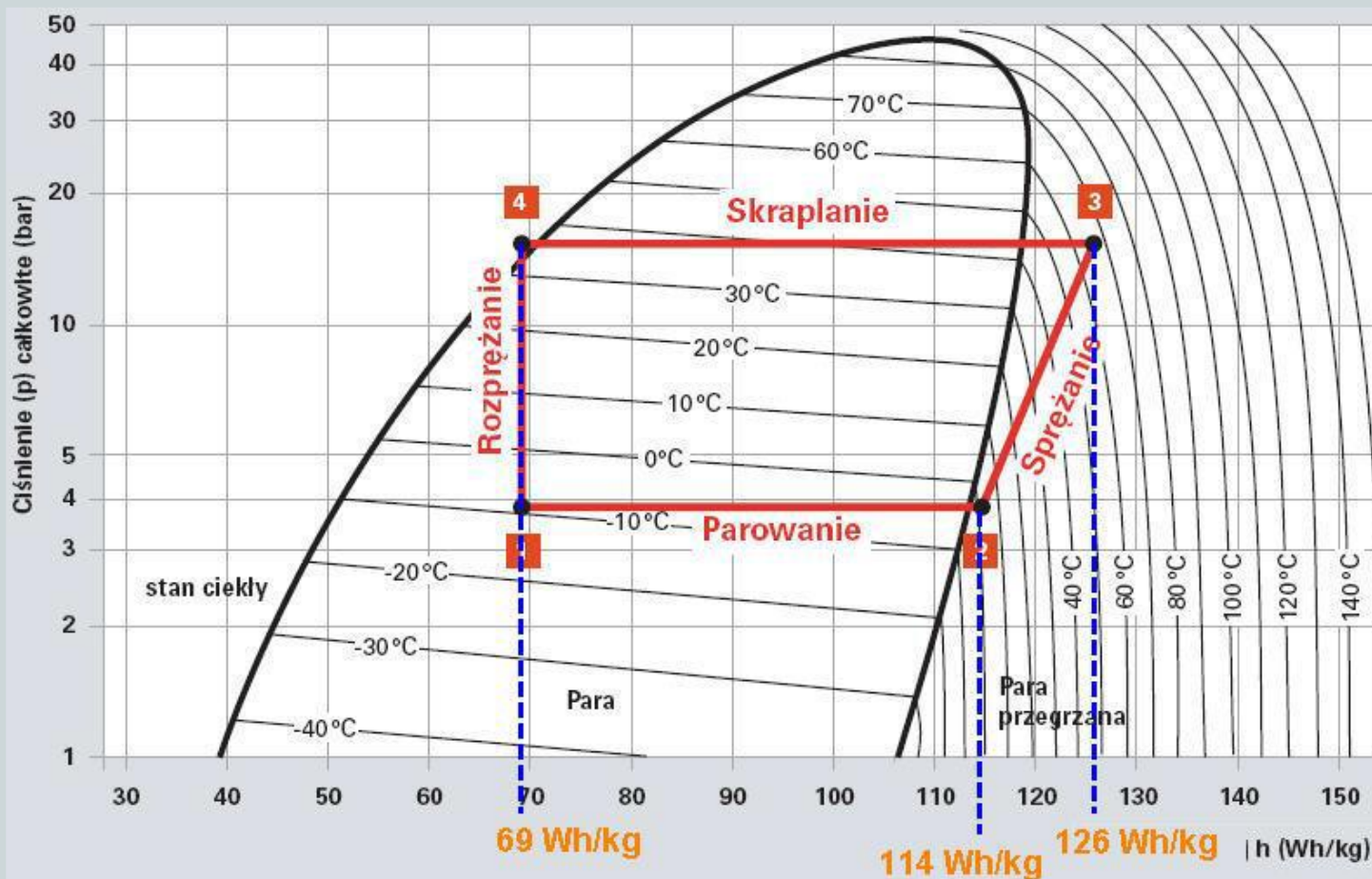
$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_s}{\dot{N}} = \frac{\dot{Q}_p + \dot{N}}{\dot{N}}$$

$\dot{Q}_s$ – wydajność cieplna skraplacza, [kW]

$\dot{Q}_p$ – wydajność cieplna parownika, [kW]

$\dot{N}$ – zapotrzebowanie na moc elektryczną niezbędną do napędu sprężarki, [kW]

ILE WYNOSI COP POMPY CIEPŁA?



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

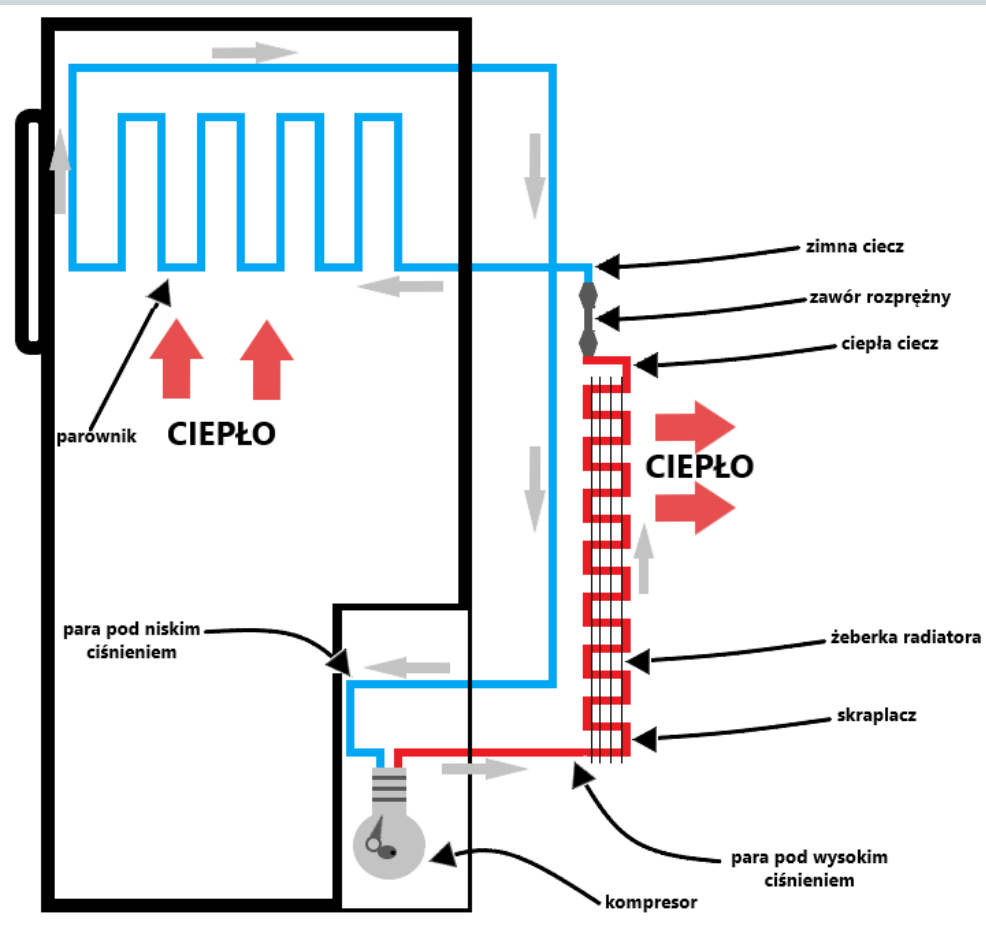
https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie_pompy_ciepla.pdf

LODÓWKA A POMPA CIEPŁA



- 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

ŁODÓWKA A POMPA CIEPŁA

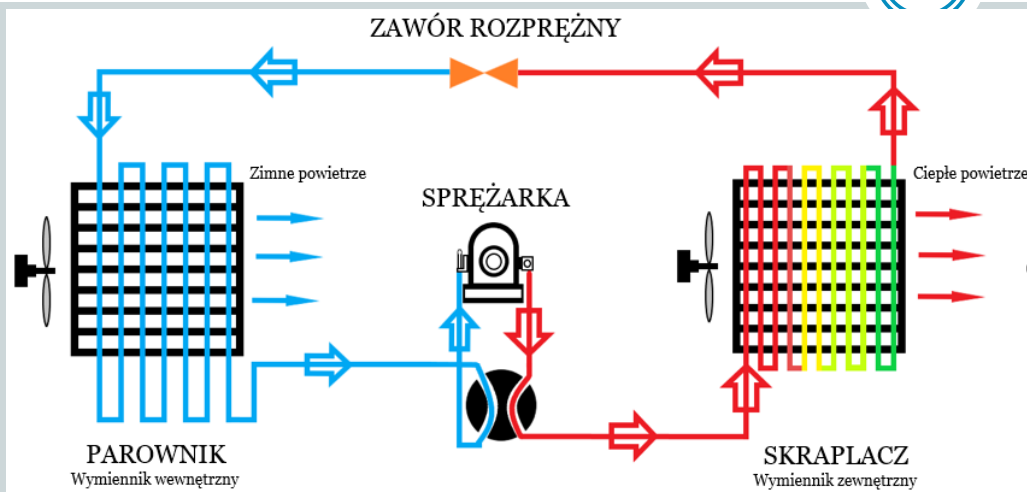


Sprężarka jest „sercem” chłodziarki. Odpowiada za obieg czynnika chłodniczego w całym układzie, zwiększenie ciśnienia w cieplej części układu i wzrost temperatury czynnika chłodniczego.

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

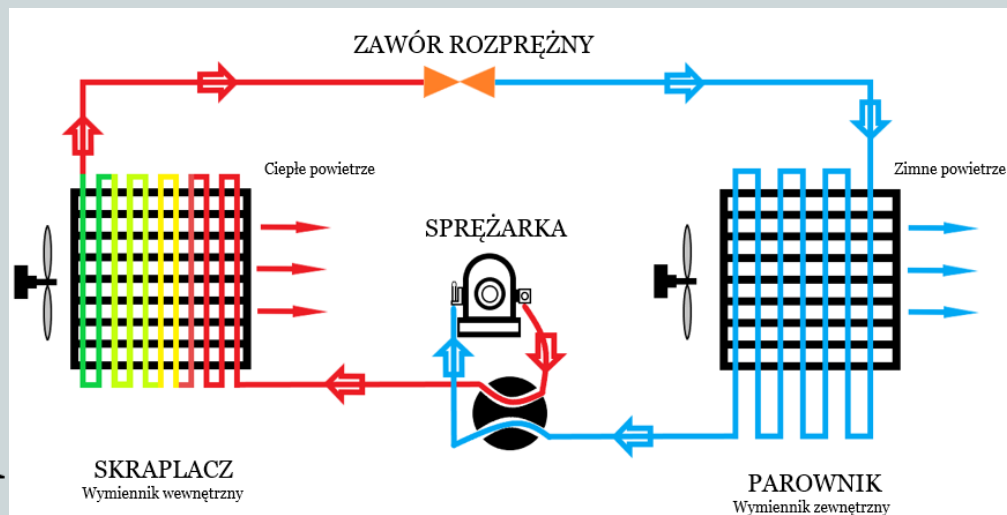
Parownik znajduje się we wnętrzu chłodziarki i jest elementem, który powoduje, że przedmioty w chłodziarce są zimne. Czynnik chłodniczy parując - chłodzi otaczający go obszar, tworząc odpowiednie środowisko do przechowywania żywności.

ŁODÓWKA A POMPA CIEPŁA

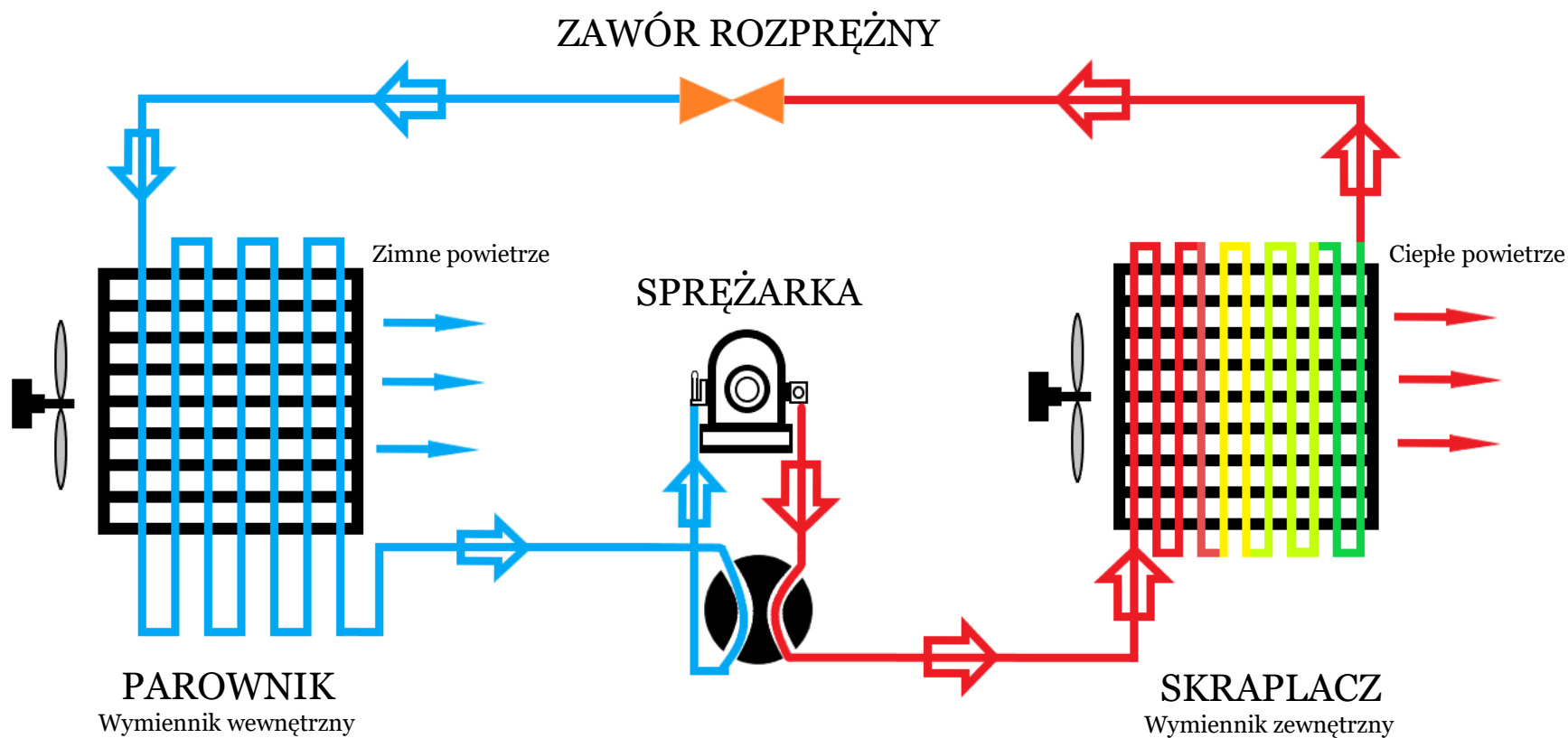


ŁODÓWKA

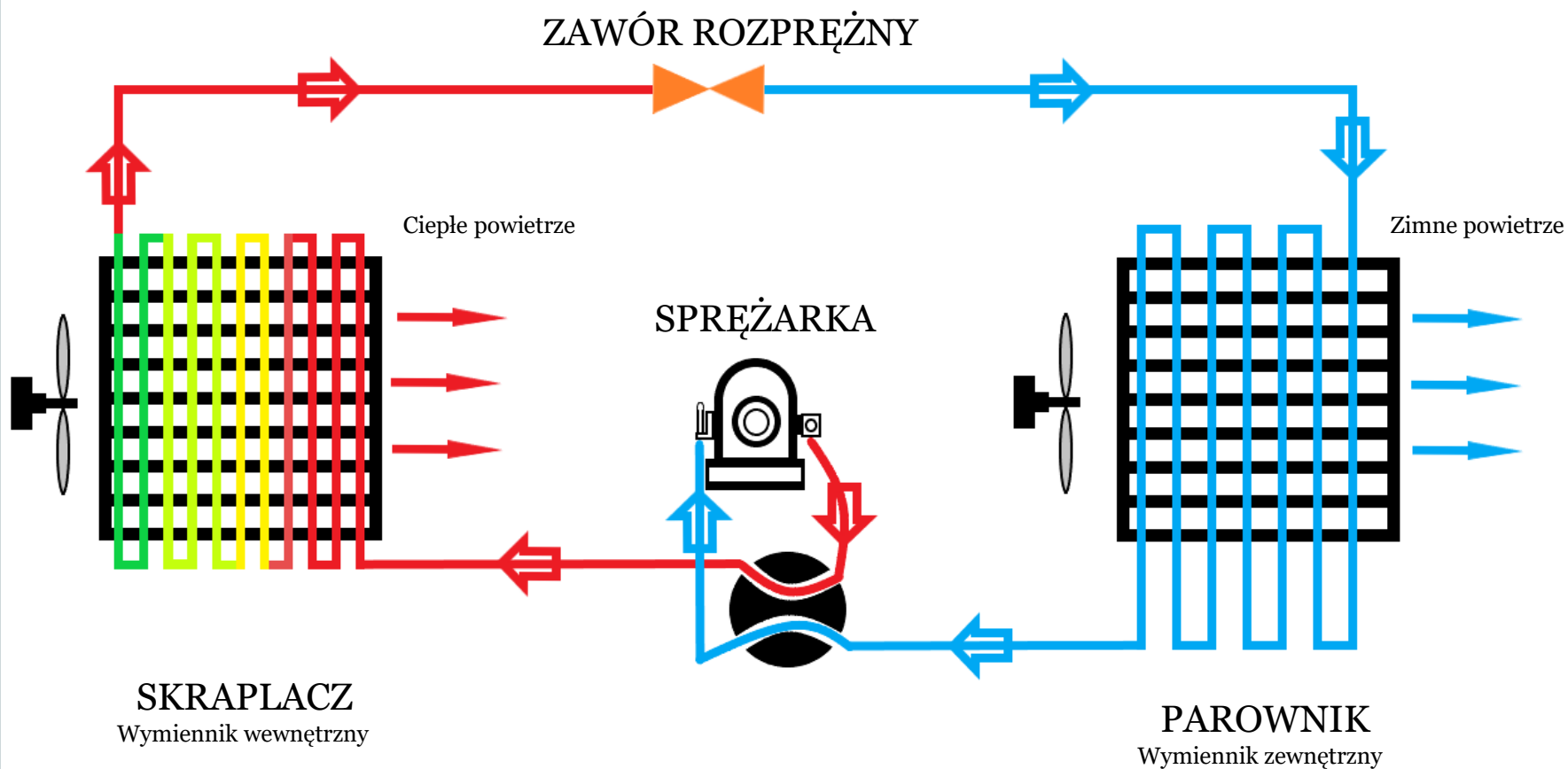
POMPA CIEPŁA



ŁODÓWKA A POMPA CIEPŁA



ŁODÓWKA A POMPA CIEPŁA

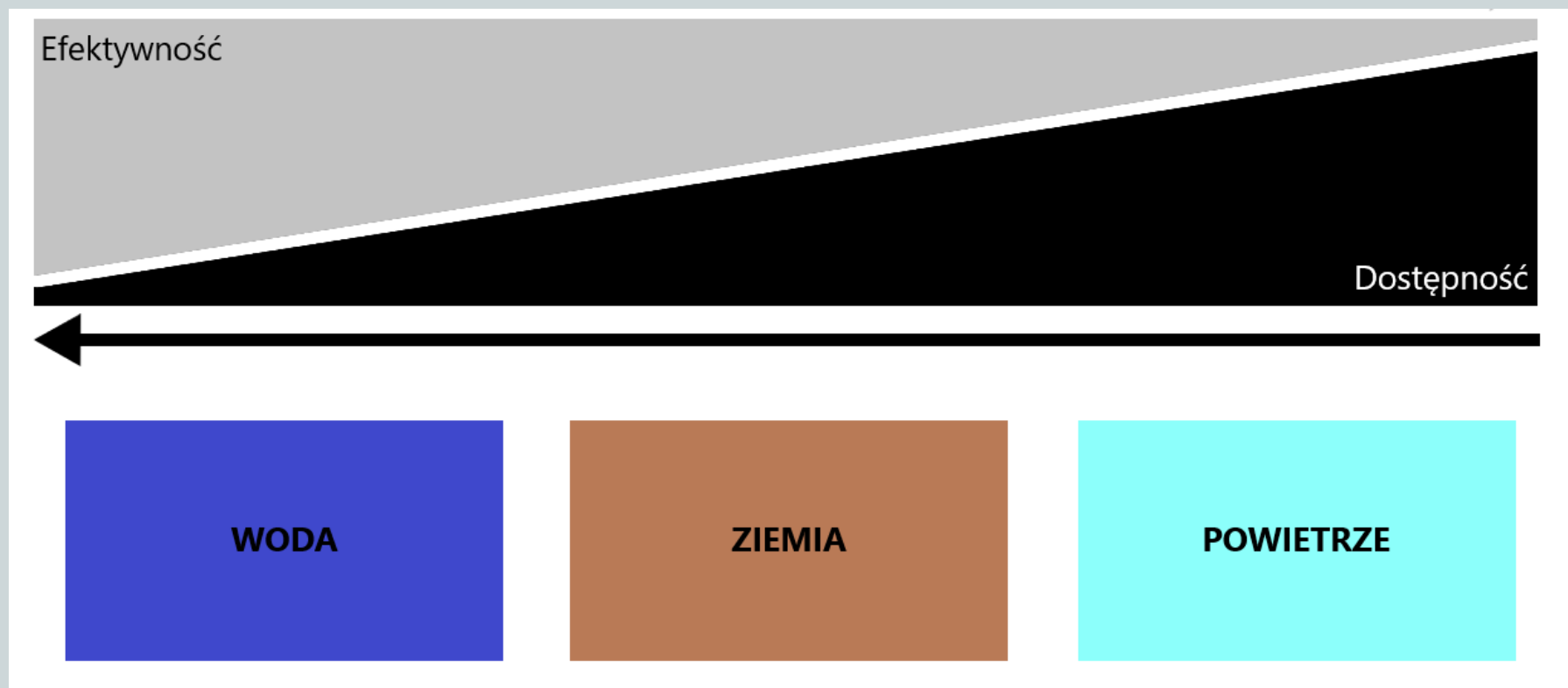


DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



- 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.

DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

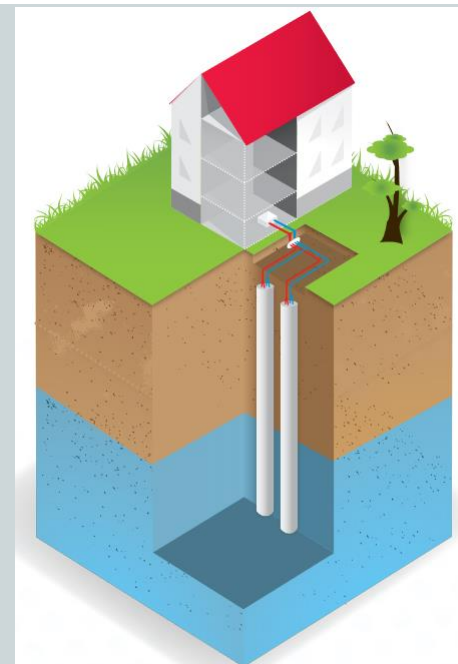
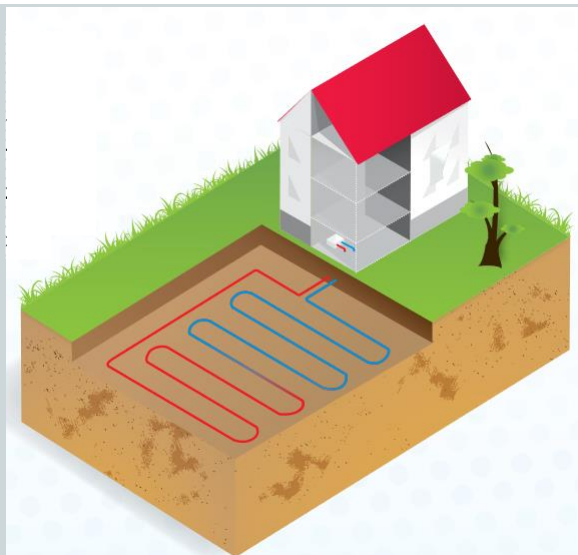


- Dolnym źródłem ciepła dla pomp mogą być:
 - źródła odnawialne:
 - ✦ grunt (temp. 8 - 12 °C)
 - ✦ słońce (temp. 20 - 80 °C)
 - ✦ powietrze zewnętrzne (temp. 4 -15 °C)
 - ✦ woda gruntowa (temp. 8 -12 °C)
 - ✦ woda powierzchniowa (temp. 5 -15 °C)
 - ciepło odpadowe:
 - ✦ ścieki
 - ✦ powietrze wentylacyjne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

DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



Ciepło z gruntu



- Charakterystyka:
 - stała temperatura,
 - temperatura gruntu wokół kolektorów obniża się na wskutek poboru ciepła, co zmniejsza sprawność odzysku ciepła,
 - grunt musi się zregenerować do temp. wyjściowej.

https://www.portpc.pl/pdf/Poradnik_inwestora_energia_geotermalna_i_pompy_ciepla_WEB_2014_09.pdf

DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



Ciepło z gruntu

Sondy



Kolektory



Helix®



Sondy
współosiowe



Pole
Energetyczne



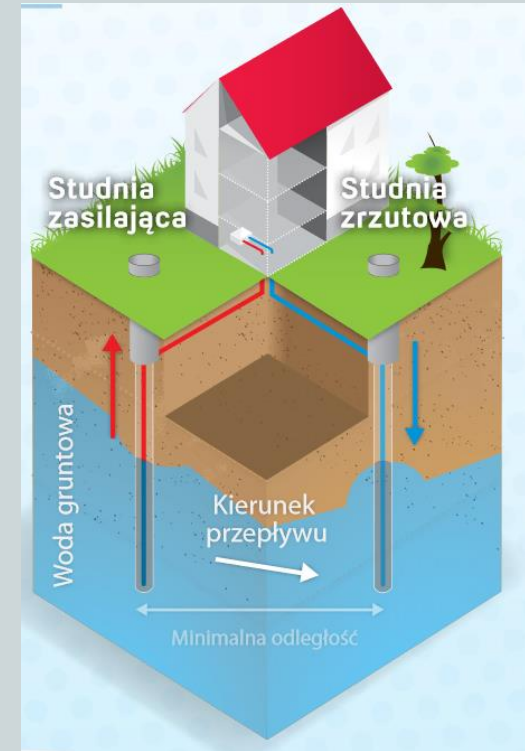
<https://www.rehau.pl>

DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

Ciepło z wody

- Charakterystyka

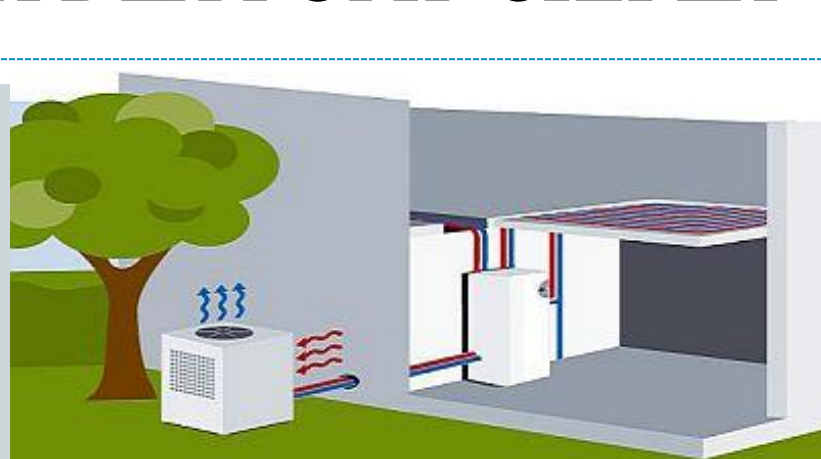
- niskie koszty eksploatacyjne
- stała wysoka temperatura
- zrzut wody ze studni może odbywać się do zbiorników otwartych
- pobór wody z jezior i rzek może odbywać się bezpośrednio lub przez zatopioną wężownicę
- wysokie koszty inwestycyjne
- przy dużej mineralizacji wody potrzebny wymiennik ciepła
-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



DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

Ciepło z powietrza

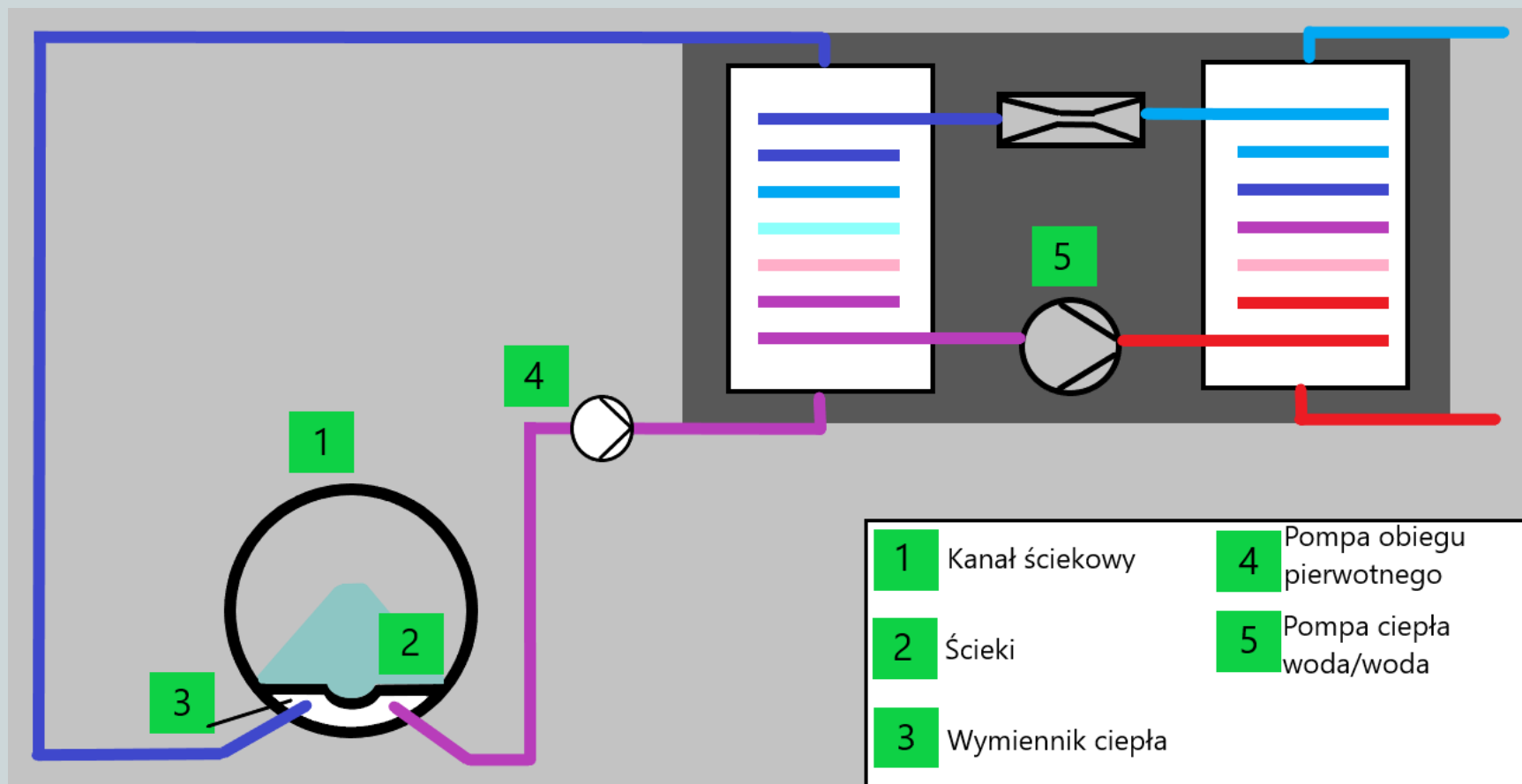
- Charakterystyka
 - najłatwiej dostępne
 - najniższa cena
 - niskie koszty instalacji
 - duże wahania temperatury
 - duża powierzchnia wymiennika
 - duży hałas
 - mniejsza sprawność
 - większa energia do napędu wentylatorów



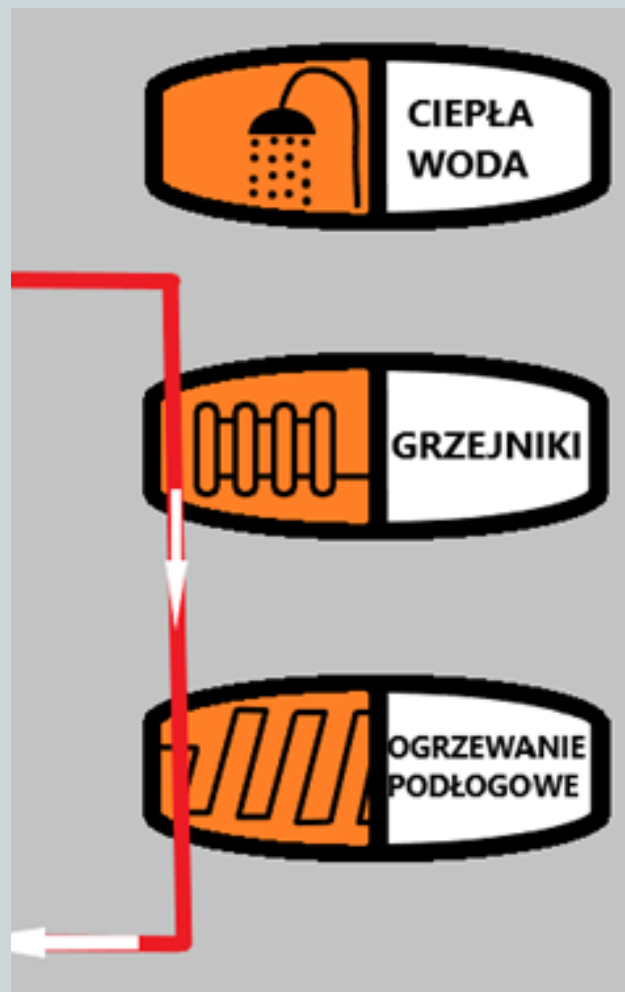
<https://www.dom.pl/jak-dziala-powietrzna-pompa-ciepla.html>

DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

Ciepło odpadowe



GÓRNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

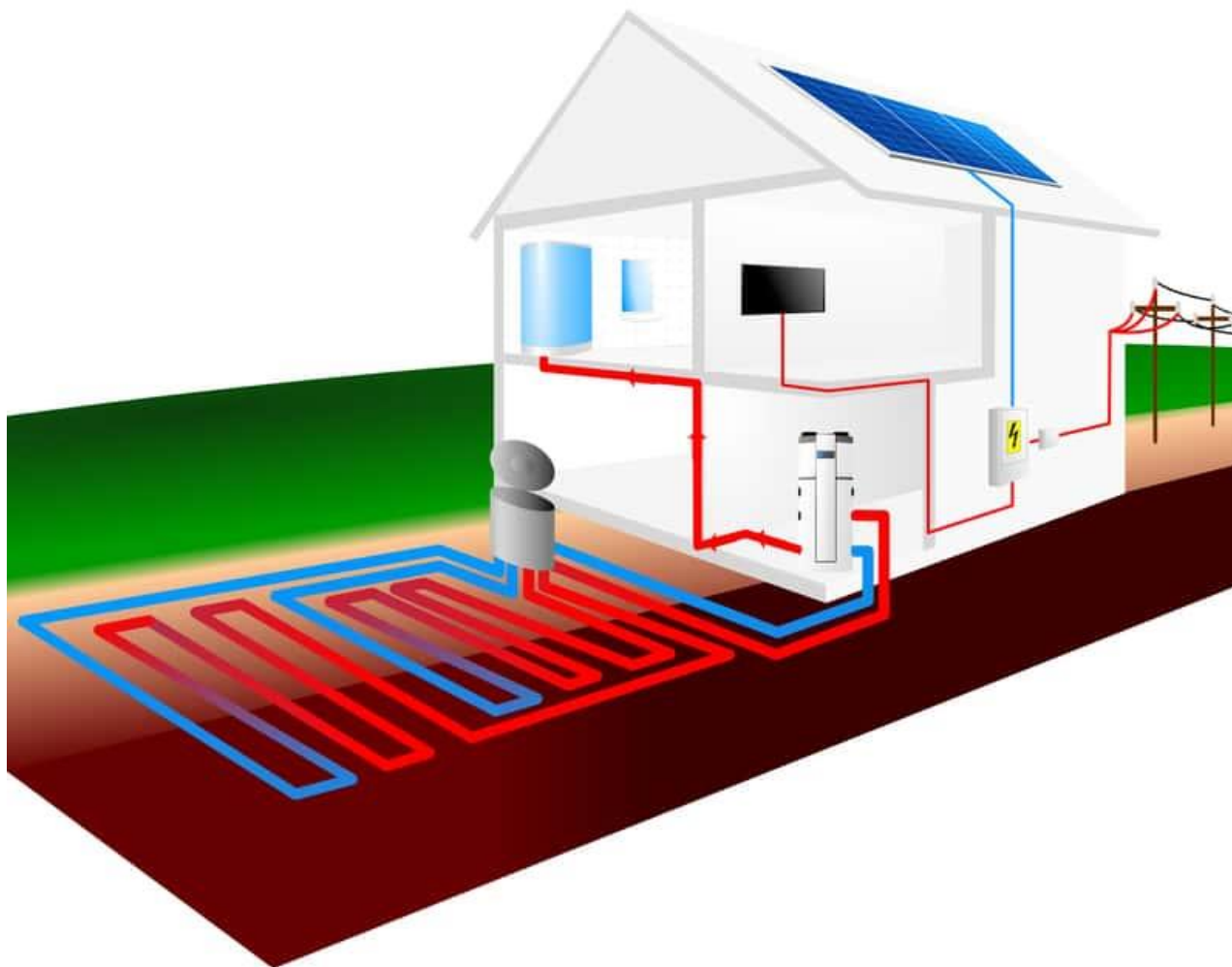


WADY I ZALETY POMP CIEPŁA

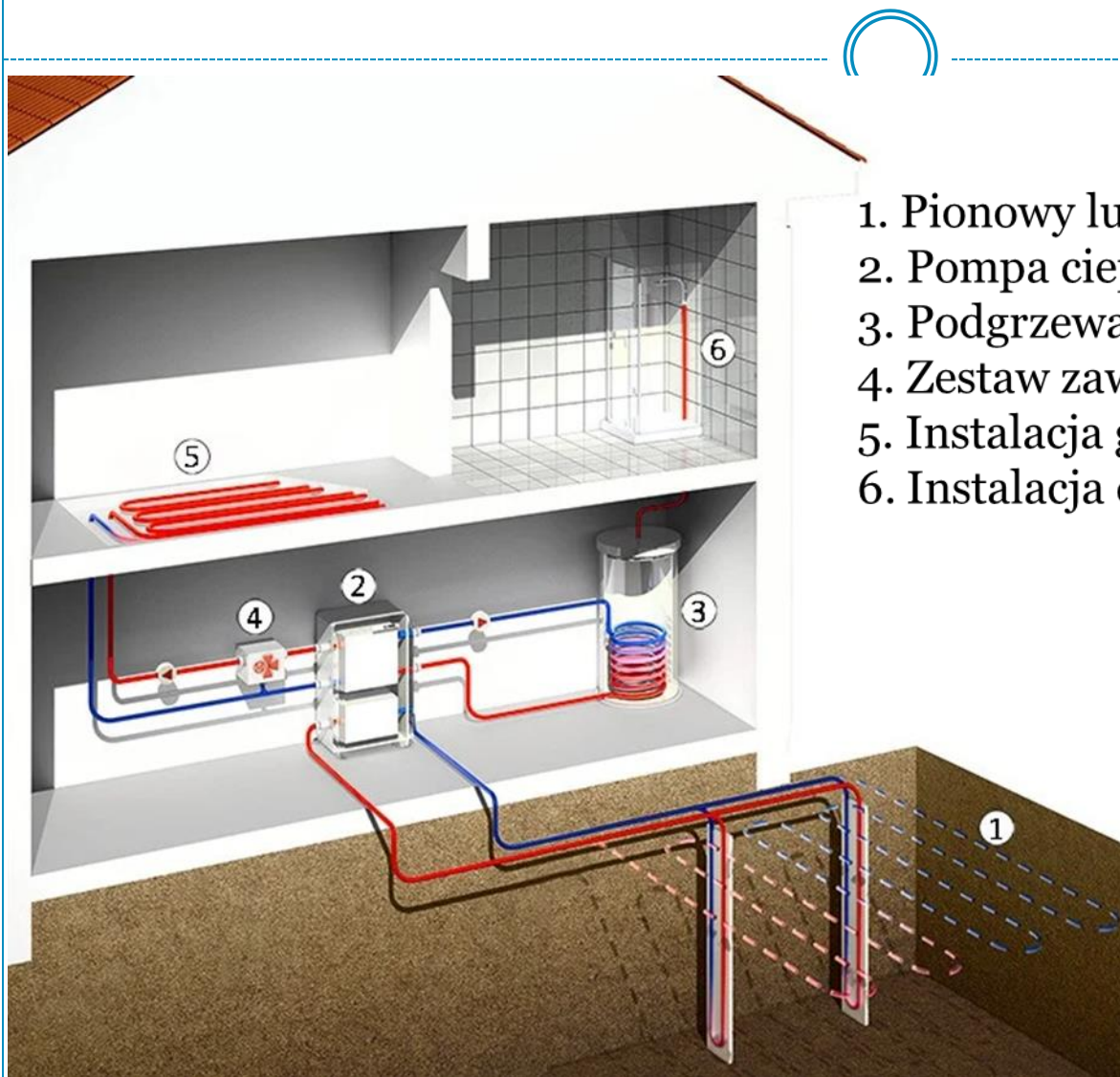


ZALETY	WADY
Niskie koszty eksploatacyjne	Wysokie koszty inwestycyjne
Wygoda- system bezobsługowy	Dość skomplikowana budowa urządzenia- awaryjność sprężarek przy niższej i średniej klasy pompach.
Bezpieczeństwo- nie ma ryzyka wybuchu czy zaciadzenia	Poziom hałasu- dla niektórych może być uciążliwy
Ekologia- brak emisji spalin, redukcja emisji CO ₂	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

ZASTOSOWANIE POMP CIEPŁA



ZASTOSOWANIE POMP CIEPŁA



1. Pionowy lub poziomy kolektor gruntowy.
2. Pompa ciepła.
3. Podgrzewacz C.W.U.
4. Zestaw zaworów mieszających.
5. Instalacja grzewcza.
6. Instalacja ciepłej wody użytkowej.

ZASTOSOWANIE POMP CIEPŁA



<http://emermag.pl/pompy-ciepla/>

URZĄDZENIA PRODUCENTÓW



Producent Vaillant, typ flexoCOMPACT exclusive

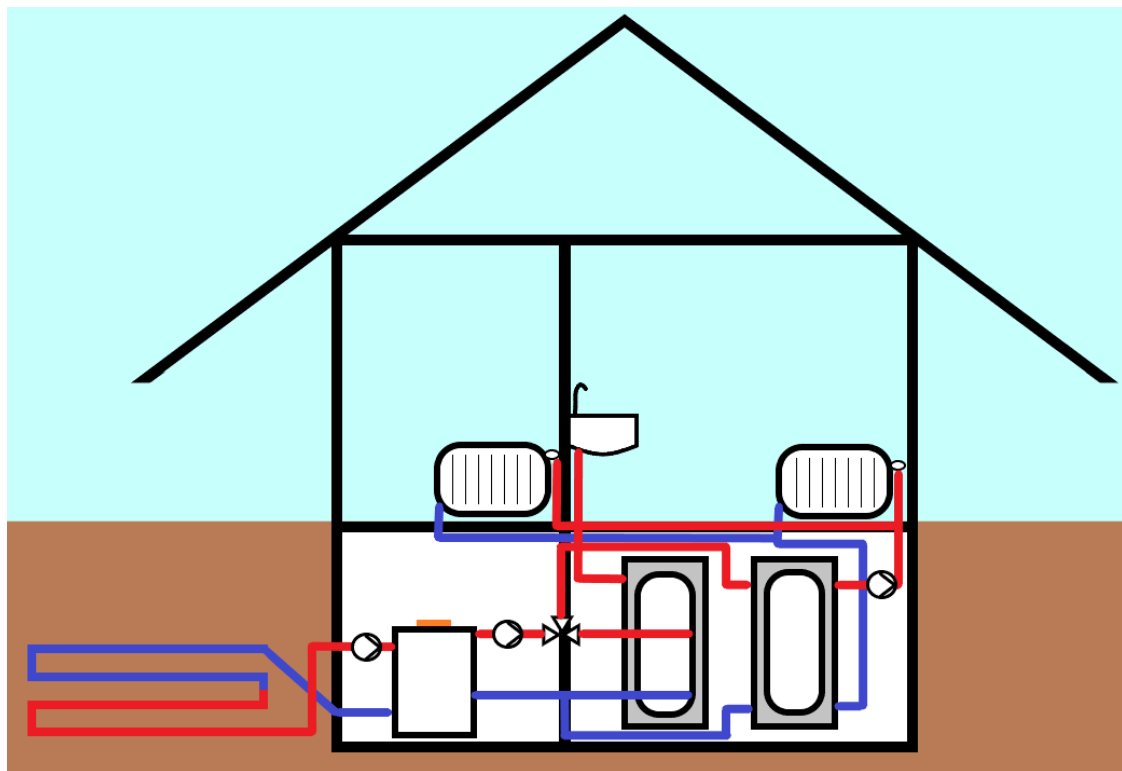


**Pompa ciepła z możliwością wyboru rodzaju dolnego źródła ciepła (solanka, woda, powietrze),
wbudowany zasobnik ciepłej wody**

URZĄDZENIA PRODUCENTÓW



Producent Vissmann, typ Vitocal 200-G



Pompa ciepła solanka/woda

URZĄDZENIA PRODUCENTÓW



Producent De Dietrich, typ Alezio-M



**Pompa ciepła powietrze/woda typu „monoblok”
składa się z hermetycznej jednostki zewn. i modułu
wewn. MIV-4S..V200 ze zintegrowanym
podgrzewaczem c.w.u.solanka/woda**

URZĄDZENIA PRODUCENTÓW



Producent Dimplex, typ SI 22TU



1-sprężarkowa gruntowa pompa ciepła



WIRTSCHAFTS
AKADEMIE
NORD

Hansestadt  Stralsund



**Energia+Technologia=Szkoła+Zawód - Technologie energii odnawialnej w szkołach
dla wykwalifikowanych pracowników przyszłości**
**Energie+Technik=Schule+Beruf - Erneuerbare Energietechnik macht Schule
für Fachkräfte der Zukunft**

Projekt dofinansowany jest przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR)
w ramach programu Współpracy Interreg V A Meklemburgia-Pomorze Przednie / Brandenburgia / Polska