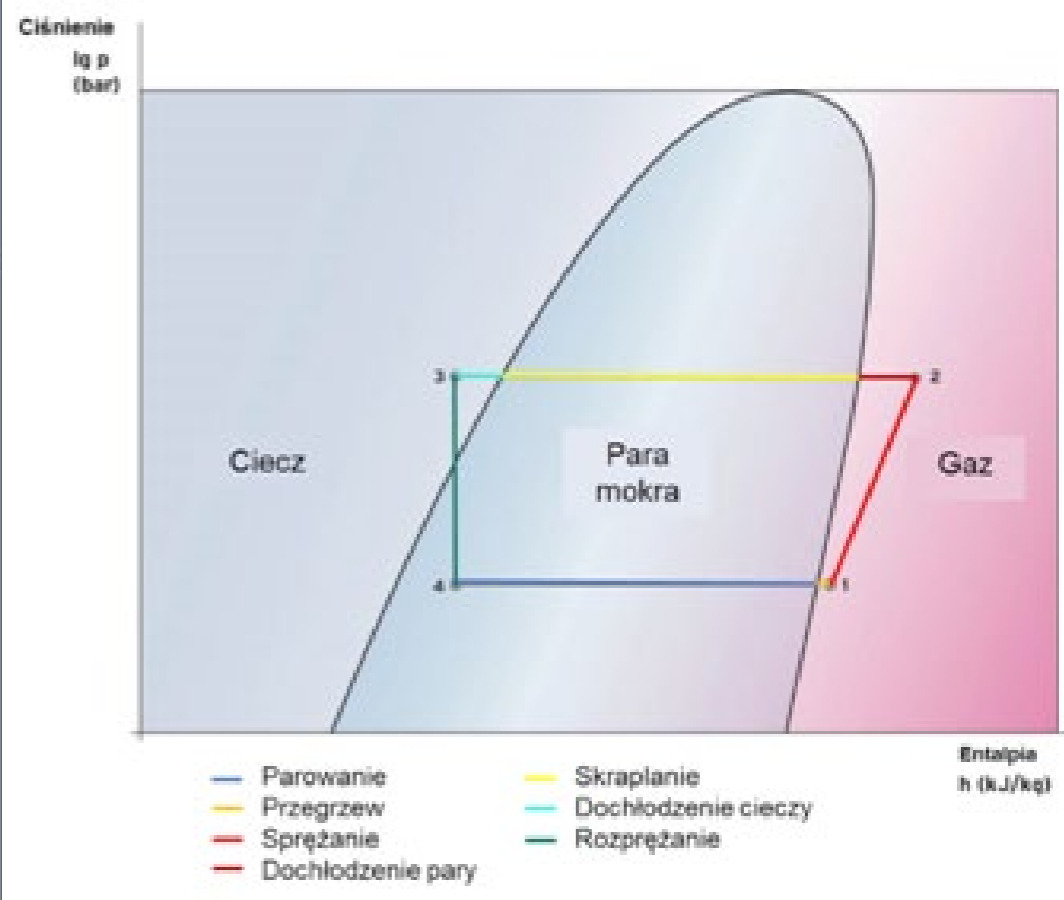
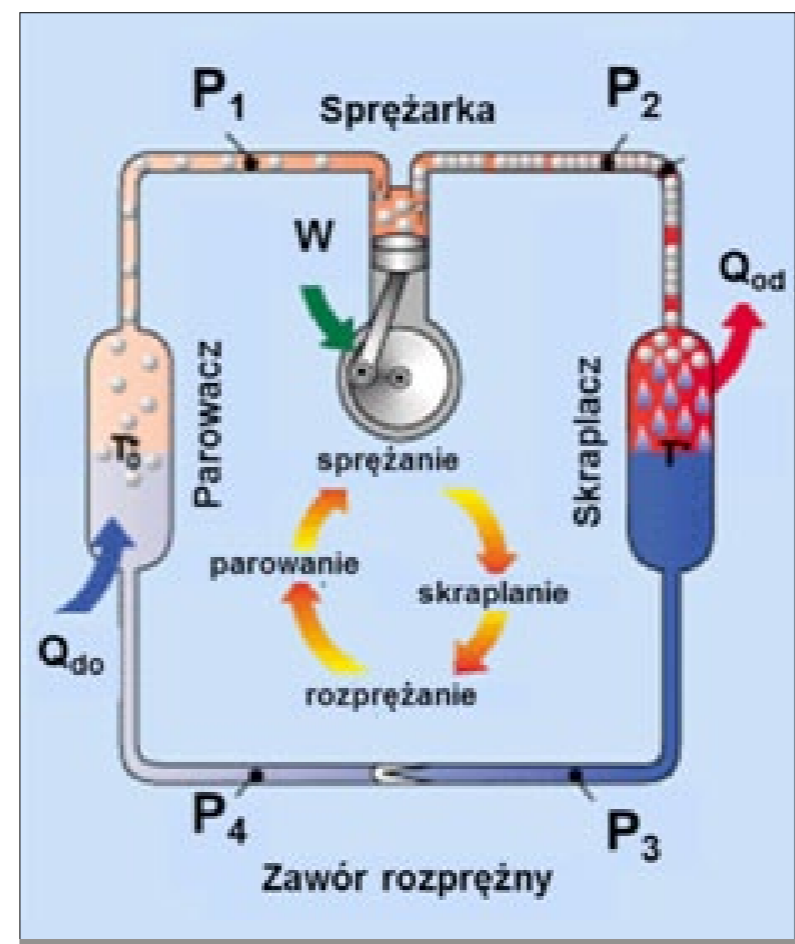


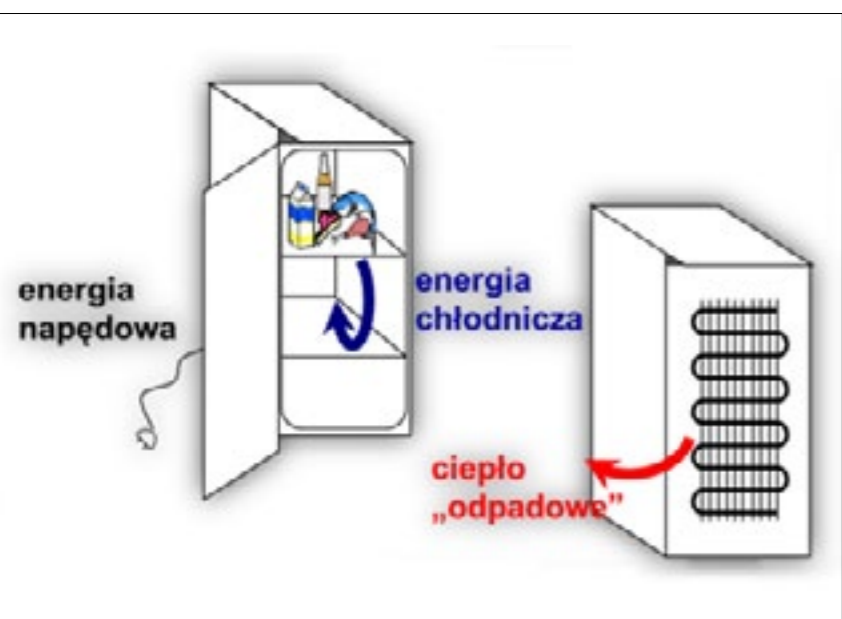
► Paweł Lachman

O pompach ciepła „fizycznie”... Zrozumieć pompe ciepła, czyli o zjawiskach fizycznych tu wykorzystywanych

O sensie zastosowania pomp ciepła praktycznie każdy instalator jest w stanie przekonać swojego klienta. Czasami jednak zapomina się podstaw, czyli właśnie tej wiedzy, która pozwala odpowiedzieć na pytania klienta dotyczące samych zjawisk fizycznych tu zachodzących. Postarajmy się więc sobie je przypomnieć.



2 Pompa ciepła transportuje ciepło z przestrzeni o niskiej temperaturze do obszaru o wysokiej temperaturze. Aby poznać dokładną zasadę pracy potrzebna jest znajomość wykresu lg p - h (Źródło: BWP)



1 Wszystkie urządzenia chłodnicze są pompami ciepła. Lodówka jednak pobiera ciepło z wnętrza lodówki i oddaje to ciepło na zewnątrz. W lodówkach odprowadzane ciepło jest pewnego rodzaju „odpadem cieplnym” (Źródło: BWP)

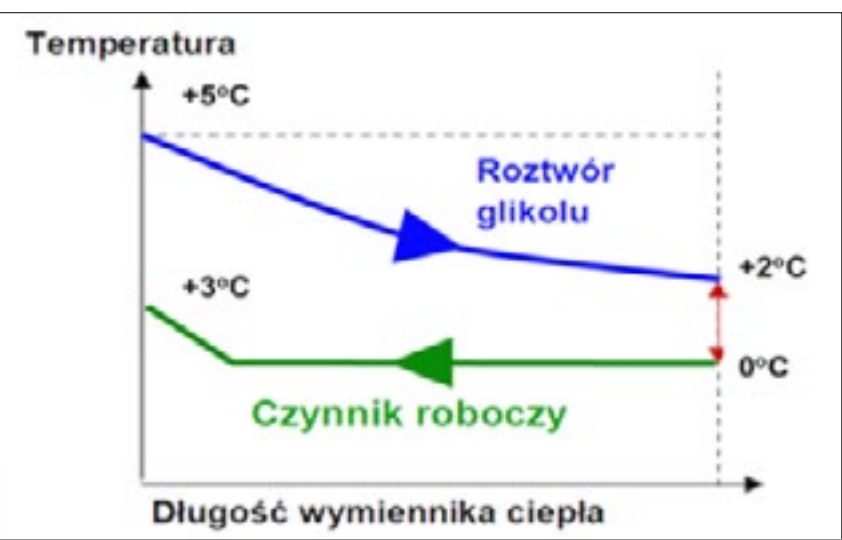
■ Pompy ciepła to wysoko efektywne urządzenia stosowane do ogrzewania i chłodzenia budynków oraz do przygotowywania ciepłej wody użytkowej. Dzięki nim można dziś czerpać z zakumulowanej, jako ciepło, energii słonecznej w gruncie, powietrzu czy wodzie. Bardzo często pracę sprężarkowej pompy ciepła porównuje się do pracy lodówki. Lodówka jednak pobiera ciepło z wnętrza lodówki i oddaje to ciepło na zewnątrz. W przypadku pompy ciepła jest odwrotnie pobiera ciepło z poza budynku z gruntu powietrza lub wody i przekazuje je do wnętrza budynku. Aby lodówka lub pompa ciepła mogła działać, konieczne jest jej zasi-

Zasady fizyki, które mogą pomóc w zrozumieniu działania sprężarkowych pomp ciepła

Ułatwienie zrozumienie klientom zasady działania daje też porównanie do zjawisk występujących w przyrodzie. Pięć podstawowych zagadnień zostanie omówionych poniżej:

- Ciepło występuje również w niskiej temperaturze, aż do zera absolutnego, którego temperatura wynosi $-273,15^{\circ}\text{C}$ (0 K).
- Ciepło przepływa jedynie z obszaru o wysokiej temperaturze do obszaru o niższej temperaturze.

- W trakcie sprężania gaz zwiększa temperaturę.
- Czynniki mogą występować w stanie stałym (np. lód), ciecz (np. woda) lub gaz (np. para wodna). W trakcie zmiany stanu skupienia czynnika wymagane jest oddawanie ciepła lub pobieranie ciepła.
- Temperatura, w której zmienia się stan czynnika np. z ciekłego w gaz lub z gazu w ciecz zależy od ciśnienia.



3 Parujący czynnik w parowniku pobiera ciepło od płynącego glikolu



4 Poddany skropleniu czynnik w skraplaczu przekazuje ciepło do wody grzewczej

lanie energią elektryczną, którą głównie wykorzystuje się do napędu sprężarki. Tak jak w przypadku wszystkich systemów chłodzenia i klimatyzacji (lodówki, zamrażarki, klimatyzatory), pompy ciepła przenoszą ciepło z jednego miejsca do innego, zmieniając stan czynnika chłodniczego w obiegu urządzenia. W zasadzie można przyjąć, że wszystkie systemy chłodnicze są pompami ciepła; przenoszą ciepło ze źródła ciepła o niskiej temperaturze do źródła (np. in-

stalacji) o wyższej temperaturze. Latem pompa ciepła usuwa ciepło z powietrza w pomieszczeniu i przemieszcza je do powietrza (lub gruntu czy wody) na zewnątrz budynku. W zimie pompa ciepła pobiera ciepło z powietrza zewnętrznego (lub gruntu czy wody) i przenosi do wnętrza budynku. Pompy ciepła są również nazywane systemami chłodniczymi o odwróconym obiegu.

Co sprawia, że pompa ciepła ma wyjątkową zdolność do odwrócenia naturalnego kierunku przepływu ciepła?

1. Ciepło zawarte w „zimnym” powietrzu czy gruncie

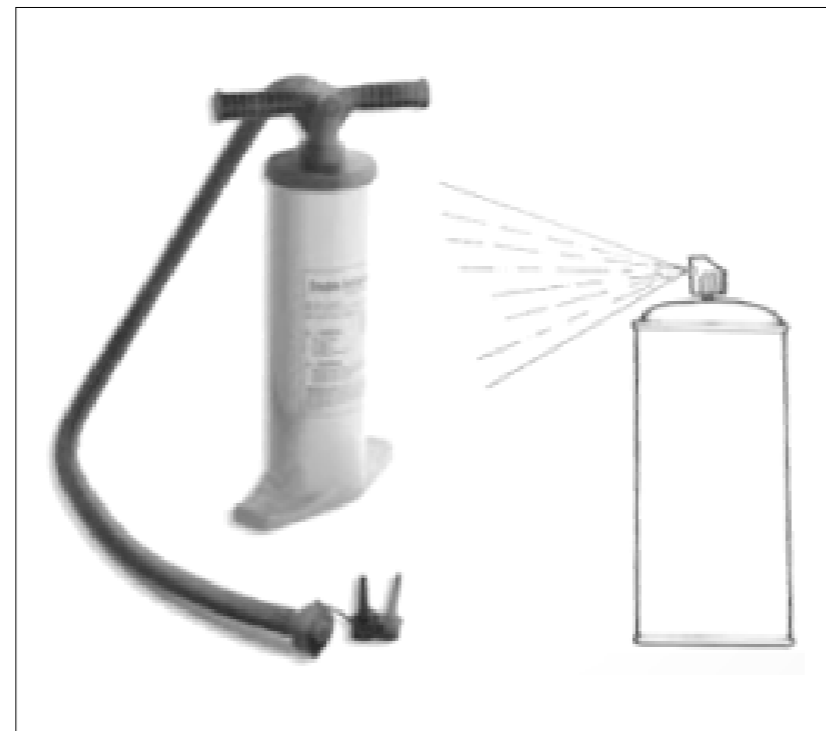
Dla wielu osób, jedną z głównych przeszkód w prawidłowym zrozumieniu zasady działania pompy ciepła jest fakt, że ciepło ist-

nieje nawet w bardzo niskiej temperaturze. Trudnym do zrozumienia jest to, że można odebrać ciepło od chłodnej wody, lodu czy od zimnego powietrza. Ciepło jest formą energii, która jest związana z ruchem (drżaniem) cząsteczek. Jest to związane z przekazywaniem energii chaotycznego ruchu cząstek (atomów, cząsteczek, jonów) w każdej temperaturze. Jedynym wyjątkiem od tej zasady jest temperatura zera absolutnego. W zerze absolutnym (-273,15°C) cząsteczki materii nie poruszają się i nie występuje ciepło.

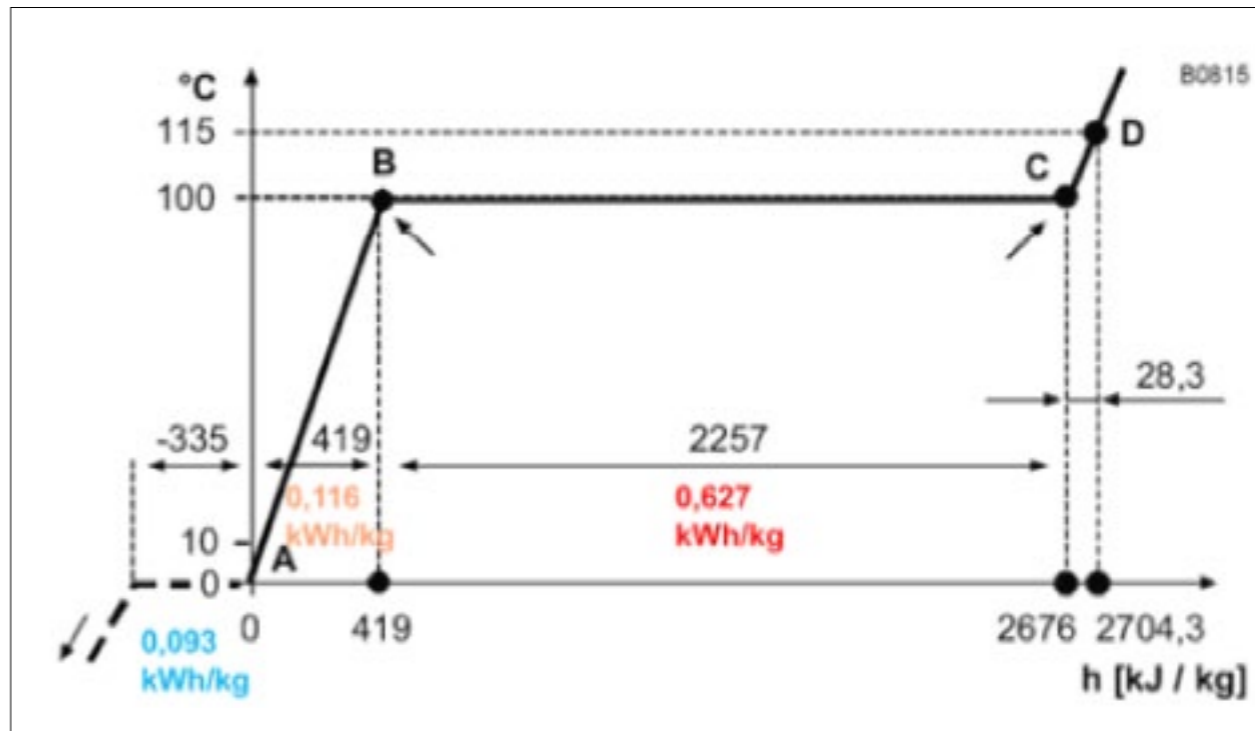
2. Ciepło płynie od obszaru o wyższej do obszaru o niższej temperaturze

Zgodnie z 2. zasadą termodynamiki, wszystkie zjawiska w przyrodzie, obejmujące dostatecznie dużą liczbę cząsteczek, przebiegają w jednym kierunku, którego nie można odwrócić: np. ciepło płynie od ciała cieplejsze-

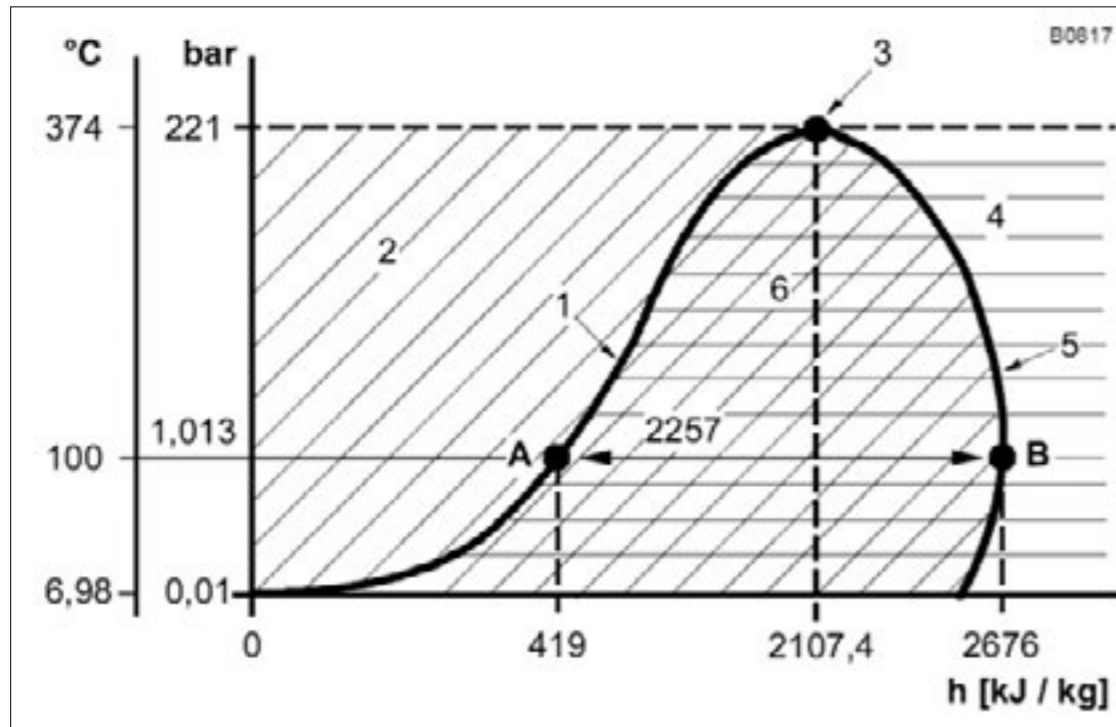
go do chłodniejszego. Nigdy odwrotnie! Zadaniem pompy ciepła jest jednak to, aby po cyklu następujących po sobie procesów termodynamicznych nastąpił przepływ ciepła z obszaru chłodniejszego do cieplejszego. Aby to osiągnąć, pompa ciepła ma wymiennik ciepła w obszarze poboru ciepła (chłodnym), w którym znajduje się czynnik z niższą temperaturą (czynnik parując, pobiera ciepło z wymiennika), a po stronie wysokiej temperatury (instalacji c.o.) wymiennik ze skraplającym się czynnikiem, który ma wyższą temperaturę niż odbiornik (np. woda w instalacji c.o.). W obydwu wymiennikach występują przekazywania ciepła od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Bez zastosowania pompy ciepła nie da się skutecznie wykorzystać zasobów ciepła o niskiej temperaturze.



5 Sprężanie zwiększa ciśnienie i temperaturę (pompka), rozprężanie zmniejsza ciśnienie i temperaturę (spray)



6 Zmiana stanu skupienia wody (zamarzanie, podgrzewanie wody i wrzenie w ciśnieniu atmosferycznym) jest związana z przekazywaniem (dostarczaniem lub oddawaniem) ciepła. Odparowanie 1 kg wody w ciśnieniu atmosferycznym wymaga dostarczenia ponad 5 krotnie więcej ciepła niż przy podgrzaniu 1 kg wody od 0°C do 100°C (Źródło: Landis & Gyr)



7 Ilość ciepła potrzebna do odparowanie wody zależy od ciśnienia wody. Przy ciśnieniu 200 bar potrzeba go 5-krotnie mniej niż przy ciśnieniu 1 bar (Źródło: Landis & Gyr)

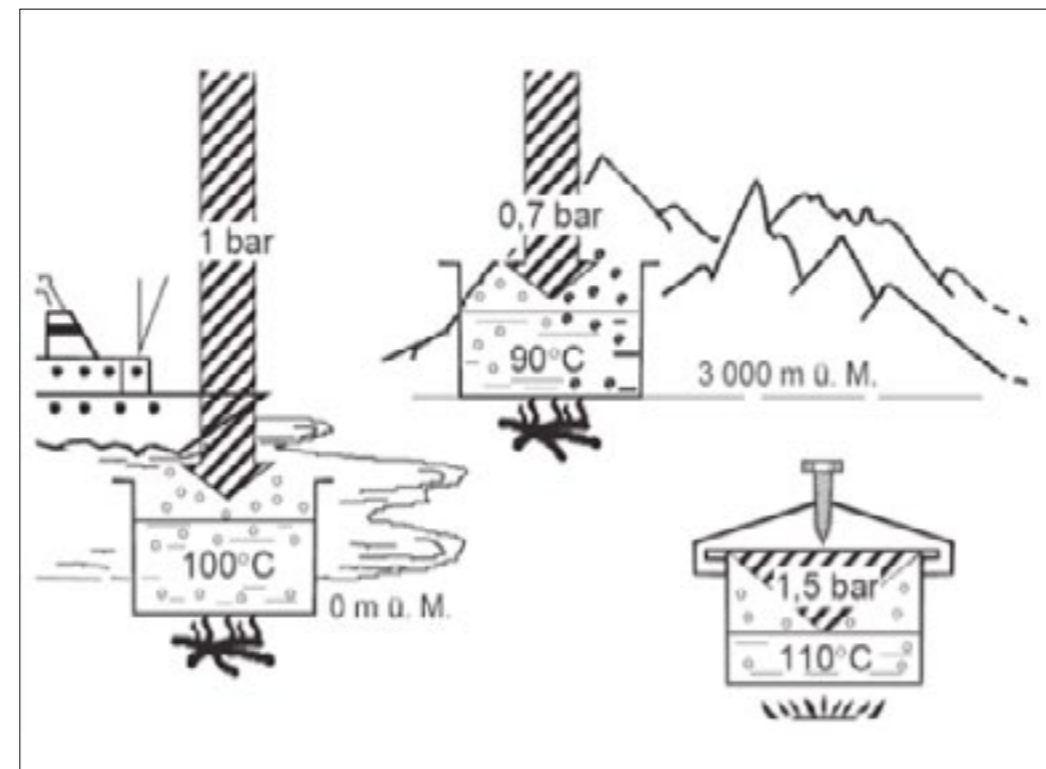
3. Sprężanie gazu podnosi jego temperaturę, rozprężanie obniża temperaturę

Wysokie ciśnienie i temperatura panujące w skraplaczu są możliwe dzięki sprężaniu gazu. Gdy gaz jest sprężany, temperatura oraz ilość ciepła zawartego w gazie wzrasta. Odbyna się to dzięki elementowi zwanemu sprężarką. Odwrotnie, rozprężanie gazu lub cieczy powoduje, że ich ciśnienie i temperatura spada. Odbyna się to za pomocą zaworu rozprężnego. Strona wysokiego i niskiego ciśnienia w pompie ciepła są tworzone odpowiednio przez sprężarkę i zawór rozprężny. Należy pamiętać, że nazwy tych elementów dobrze opisują ich funkcję. Dobrą ilustracją opisanych zjawisk jest działanie pompki do nadmuchiwania powietrza do piłki (sprężanie) i działanie sprayu (rozprężanie) (fot. **5**).

4. Zmiana stanu czynnika

Chociaż byłoby możliwe zbudowanie pompy ciepła wykorzystującej tylko sprężanie

i rozprężanie gazu (powietrzne pompy ciepła), ten typ urządzenia byłby szczególnie



8 Temperatura parowania lub skraplania wody zależy od panującego ciśnienia powietrza (Źródło: Landys & Gyr)

nieefektywny. Zmiana stanu czynnika chłodniczego pozwala znacząco zwiększyć efektywność (wydajność) pompy ciepła. Gaz czy ciecz, podczas zmiany stanu pochłaniają znacząco więcej ciepła niż kiedy się zmienia tylko ich temperatura (bez zmiany stanu – ciepło jawne).

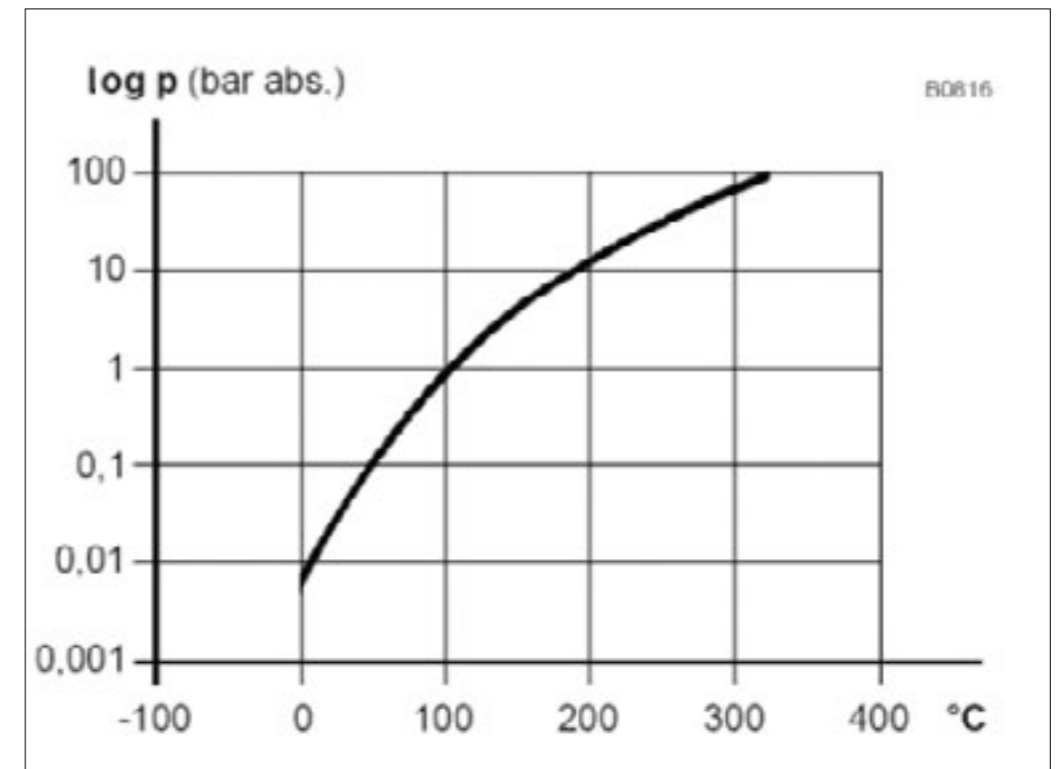
Czynnik chłodniczy odparowuje (zmienia stan skupienia z cieczy na gaz) w parowniku i kondensuje (para na ciecz) w skraplaczu. Jak w przypadku sprężarki i zaworu rozprężnego, tak w przypadku skraplacza i parownika warto pamiętać, że nazwy tych elementów dokładnie opisują funkcje.

Zjawisko skraplania się pary wodnej jest dobrze znane z życia, np. tworzenie się rosy na trawie czy krople osiadające na lustrze w łazience. Zjawisko parowania wody i pobór ciepła z otoczenia dobrze opisuje chwilowe odczucie chłodu (występujące nawet w ciepły dzień)

zaraz po wyjściu z basenu. Woda odparowując na skórze, intensywnie pobiera z niej ciepło. Inny przykład to odczucie chłodu po spryskaniu się perfumami na skórze człowieka. Parujące perfumy również odbierają ciepło od skóry.

5. Temperatury parowania i skraplania czynnika zależą od ciśnienia

Na szczęście, temperatura, w której zachodzi odparowywanie i skraplanie czynnika zależy od panującego ciśnienia. Zwiększone ciśnienie czynnika po stronie skraplacza podnosi temperaturę skraplania, pozwalając przekazać na zewnątrz znaczną ilość ciepła podczas skraplania czynnika chłodniczego. 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. ■



9 Temperatura parowania (skraplania) wody zależy od panującego ciśnienia wody. Jeżeli ciśnienie wody wynosi np. 100 bar to temperatura parowania wynosi nawet ponad 300°C (Źródło: Landis & Gyr)