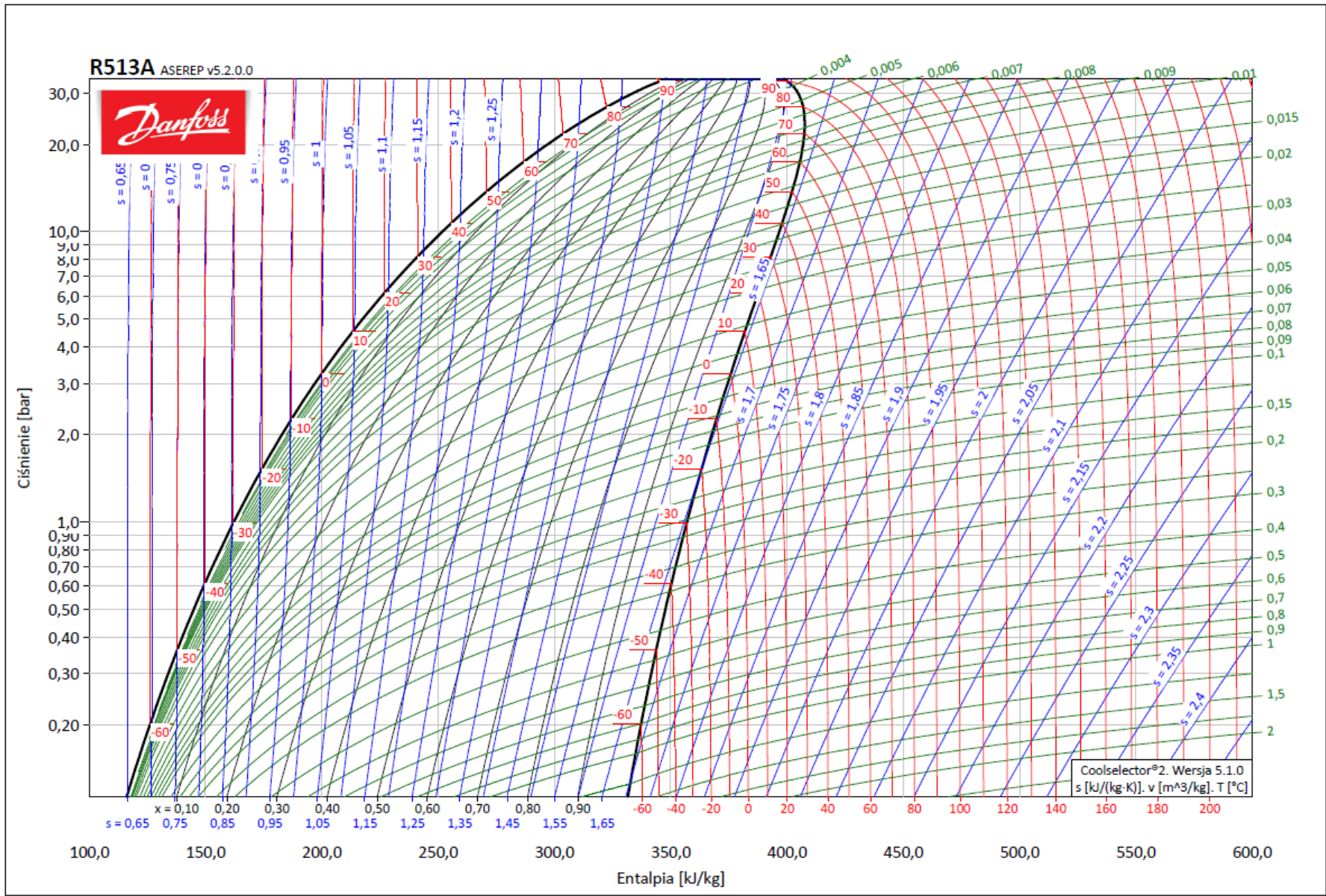
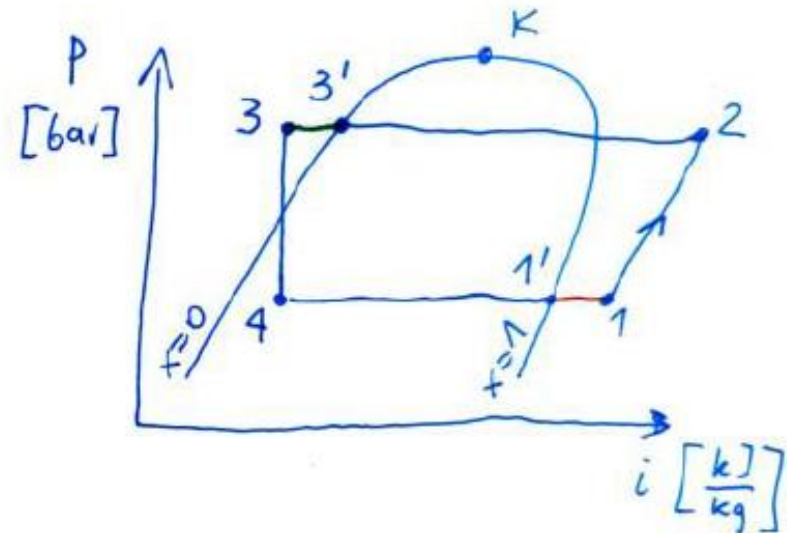
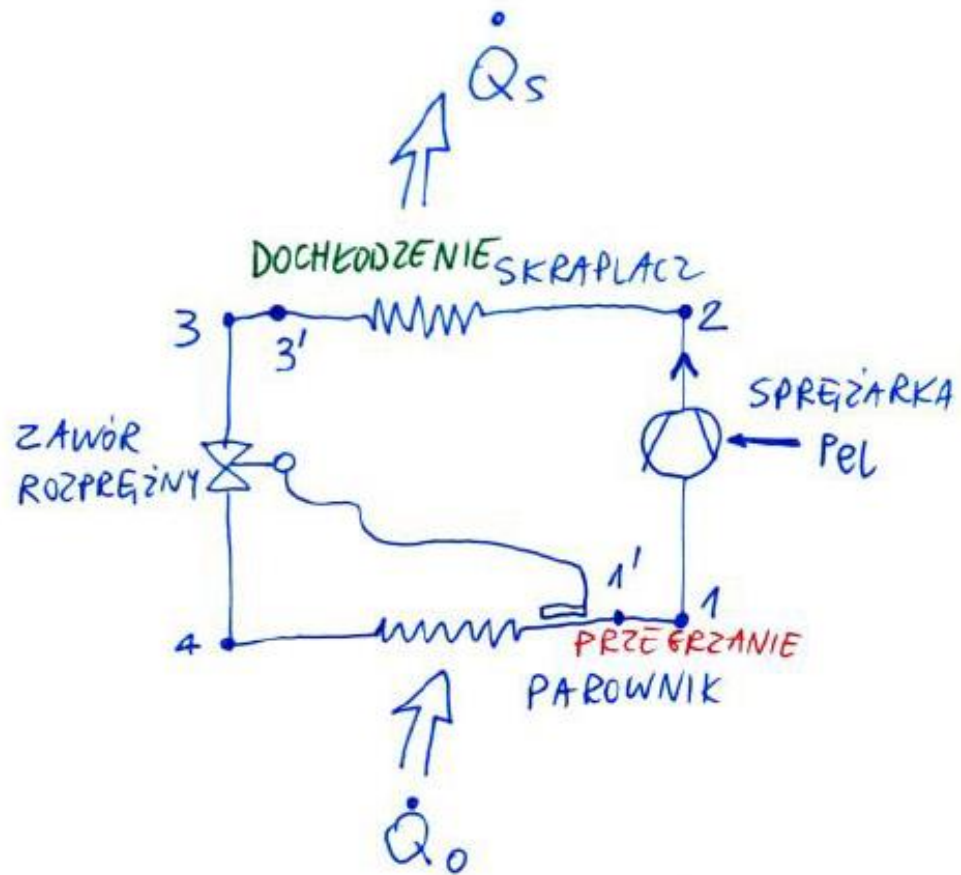


Wprowadzenie do chłodnictwa i klimatyzacji, część 2

Klimatyzacja komercyjna, chłodzenie adiabatyczne, instalacje chłodnicze na dwutlenek węgla R744

mgr inż. Grzegorz Toczek





1-2 SPRĘŻANIE
 2-3' SKRAPLANIE
 3'-3 DOCHŁODZENIE

3-4 ROZPRĘŻANIE
 4-1' ODPAROWANIE
 1'-1 PRZEGRZANIE

Klimatyzator typu split

Jest to najpopularniejszy rodzaj klimatyzatora.

Klimatyzatory dzielimy na:

- monobloki
 - okienne – montowane w otworze w ścianie zewnętrznej, kompaktowe
 - przenośne – jedna jednostka wewnętrzna i jedna jednostka zewnętrzna, kompaktowe, na kółkach, z rurą odprowadzającą ciepłe powietrze
- splity
 - pojedyncze - jedna jednostka zewnętrzna i jedna jednostka wewnętrzna
 - multisplity - jedna jednostka zewnętrzna i kilka jednostek wewnętrznych

Większe systemy klimatyzacji dzielimy na:

- instalacje VRF (lub VRV) – jedna jednostka zewnętrzna (lub kilka połączonych razem) i kilka, kilkanaście, kilkadziesiąt lub kilkaset jednostek wewnętrznych
- instalacje wody lodowej – jeden agregat wody lodowej (chiller) i kilkadziesiąt, kilkaset jednostek klimakonwektorów

Jednostki wewnętrzne klimatyzacji typu split ze względu na budowę, kształt dzielą się na:

- naścienne
- przypodłogowo-podsufitowe
- kanałowe
- konsole
- kasetonowe

Funkcje jakie posiada klimatyzator

- chłodzenie
- grzanie
- wentylowanie (mieszanie powietrza)

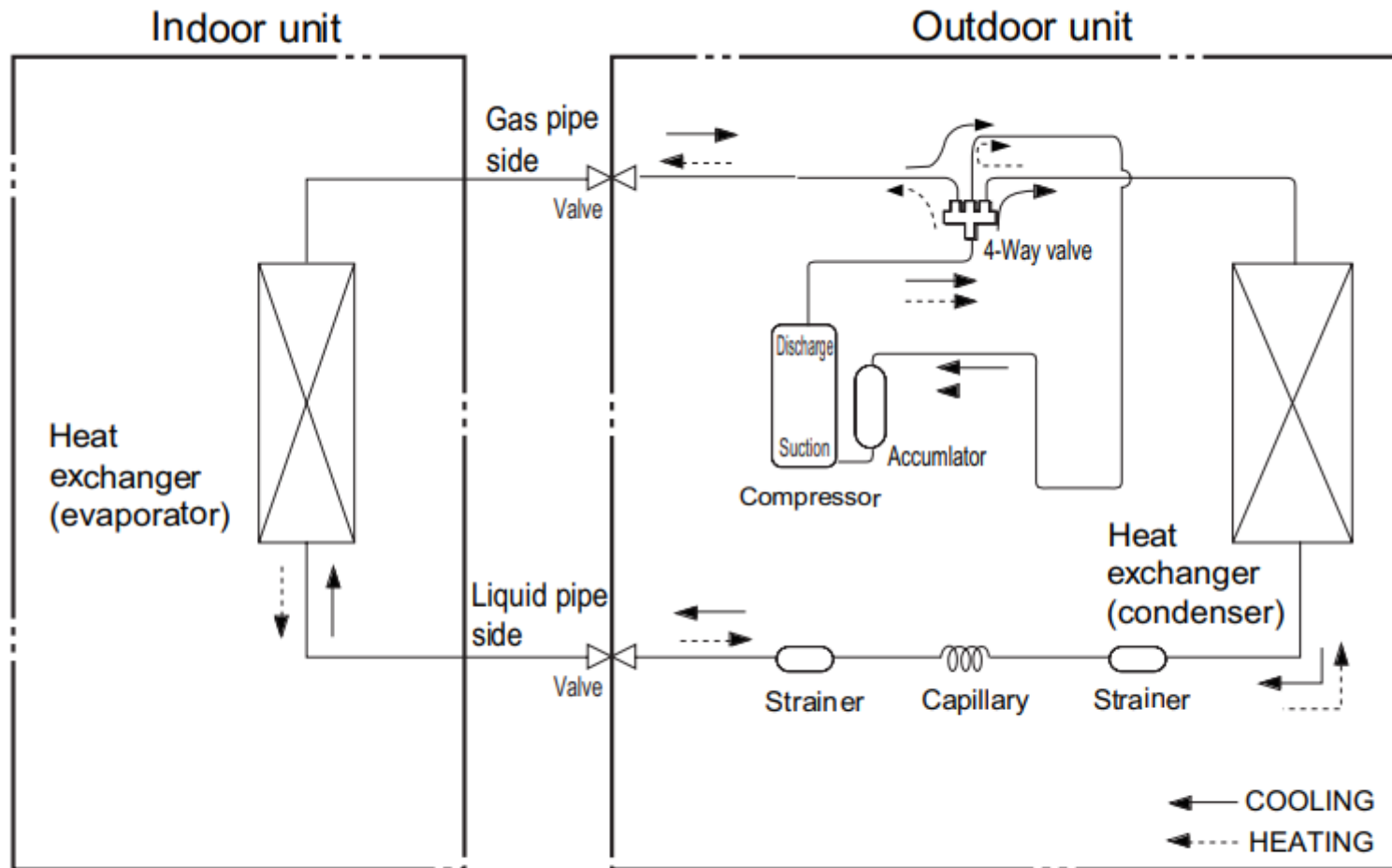
- osuszanie powietrza
 - praca automatyczna – w zależności od temperatury w pomieszczeniu chłodzi lub grzeje
- Istnieją rozwiązania, które dostarczają również świeże powietrze do pomieszczenia.

Do poprawnej pracy klimatyzatora typu split konieczne jest wykonanie:

- Instalacja chłodnicza – instalacja z rur miedzianych zaizolowanych, łącząca jednostkę zewnętrzną i wewnętrzną
- Instalacja elektryczna zasilająca i komunikacyjna
- Instalacja odprowadzenia skroplin - odprowadzająca kondensat z jednostki wewnętrznej i zewnętrznej



Schemat chłodniczy jednostki wewnętrznej i jednostki zewnętrznej



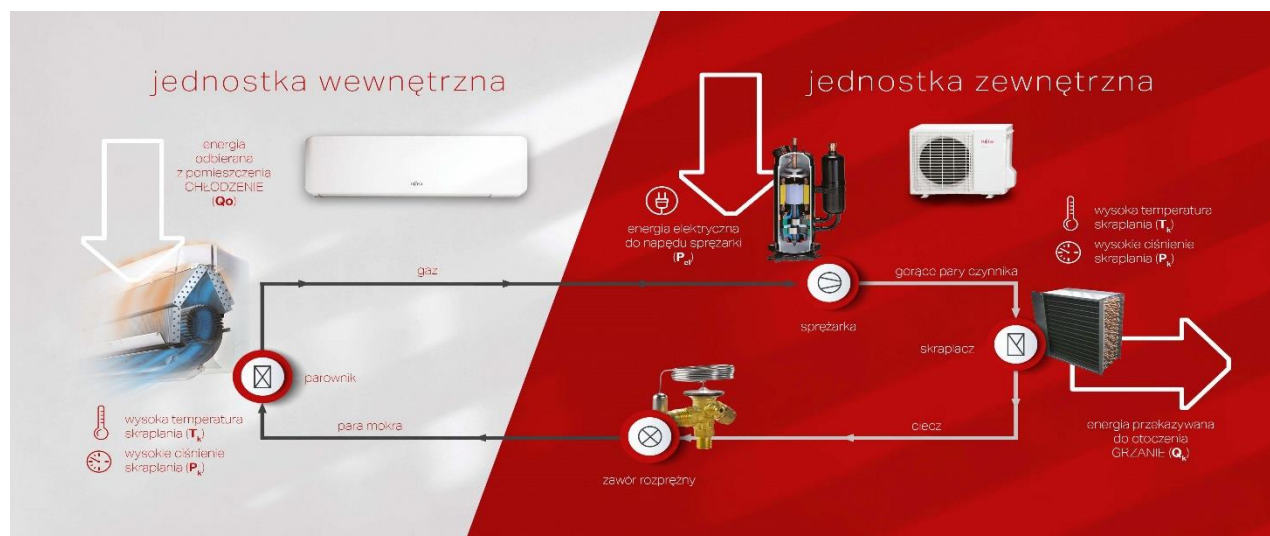
Connection pipe specification:
Liquid pipe: 1/4"
Gas pipe: 3/8"

Układ chłodniczy klimatyzatora

W każdym klimatyzatorze jest zabudowany układ chłodniczy. To on jest odpowiedzialny za odbieranie energii (ciepła) z pomieszczeń i usuwanie jej na zewnątrz. Następuje to w dwóch procesach:

- parowanie czynnika chłodniczego (proces pobierania energii z powietrza z pomieszczenia) i
- skraplanie (proces usuwania energii do powietrza na zewnątrz).

Dlatego ten sposób klimatyzacji nazywa się klimatyzacją bezpośredniego odparowania. Aby proces chłodzenia przebiegał zawsze w niskiej temperaturze, a proces skraplania w wysokiej temperaturze w układzie chłodniczym wytwarza się zmienne ciśnienie: niskie w parowniku (w niskim ciśnieniu ciecze odparowują w niższej temperaturze) i wysokie w skraplaczu (przy wysokim ciśnieniu gazy skraplają się w wyższych temperaturach). Tą różnicę ciśnień wytwarza sprężarka zabudowana pomiędzy parownikiem i skraplaczem. Ostatnim elementem układu chłodniczego jest zawór rozprężny utrzymujący wytworzoną różnicę ciśnień.



Q_o – energia odbierana z pomieszczenia (chłodzenie)

T_o – temperatura parowania (niska)

P_o – ciśnienie parowania (niskie)

Q_k – energia przekazywana do otoczenia (grzanie)

T_k – temperatura skraplania (wysoka)

P_k – ciśnienie skraplania (wysokie)

P_{el} – energia elektryczna do napędu sprężarki

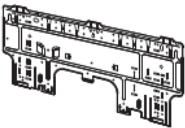





Aby proces przekazywania energii zintensyfikować zarówno jednostka wewnętrzna jak i zewnętrzna klimatyzatora jest wyposażona w wentylatory dzięki którym gabaryty urządzeń są małe, a energia powietrze w pomieszczeniach intensywnie cyrkulowane.

Montaż klimatyzatora typu split

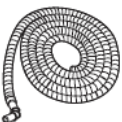

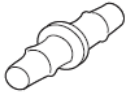

1. Zakup klimatyzatora o określonej wydajności chłodniczej (2,5kW, 3,65kW, 5kW, 7kW, 9kW, 12kW, 16kW itp.)
2. Zakup materiałów montażowych (rury chłodnicze miedziane izolowane, rury do odprowadzenia skroplin, przewody elektryczne, materiały montażowe)
3. Montaż i uruchomienie

Zakupiony klimatyzator typu split poza jednostką wewnętrzną i zewnętrzną (o określonej wydajności chłodniczej) zawiera elementy jak w tabeli poniżej.

Urządzenie wewnętrzne

<p>(A) Płyta montażowa</p> 	1	<p>(B) Fotokatalityczny filtr oczyszczający i deodoryzujący powietrze</p> 	1	<p>(C) Śruby do mocowania urządzenia wewnętrznego (M4 × 12L)</p> 	3
<p>(D) Bezprzewodowy pilot zdalnego sterowania</p> 	1	<p>(E) Uchwyt pilota zdalnego sterowania</p> 	1	<p>(F) Suche baterie AAA.LR6 (alkaliczne)</p> 	2

Urządzenie zewnętrzne

<p>(G) Osłona węża nawilżającego (8 m)</p> 	1	<p>(H) Kielich na skropliny</p> 	1	<p>(J) Złącze</p> 	1
<p>(K) Taśmy do wiązania</p> 	3	<p>(L) Instrukcja obsługi</p>	1	<p>(M) Instrukcja montażu</p>	1

Elementy jednostki **wewnętrznej** klimatyzatora typu split

- parownik (wymiennik lamelowy)
- filtr siatkowy
- silniczek wentylatora promieniowego
- turbina wentylatora promieniowego (łopatki)
- płytki elektroniczne PCB
- czytnik promieni IR
- taca ociekowa z dwoma odpływami
- czujniki temperatury
- obudowa
- wąż elastyczny odprowadzający skropliny
- rura ssąca, powrotna
- rura cieczowa, zasilająca
- blacha montażowa
- pilot bezprzewodowy

Elementy jednostki **zewnętrznej** klimatyzatora typu split

- sprężarka (najczęściej łopatkowa z akumulatorem cieczy)
- zawór 4 drogowy
- zawór rozprężny
- skraplacz
- wentylator osiowy skraplacza
- przyłącze elektryczne
- płyta elektroniczna PCB
- zawory odcinające i zaworek serwisowy na zaworze ssącym
- obudowa

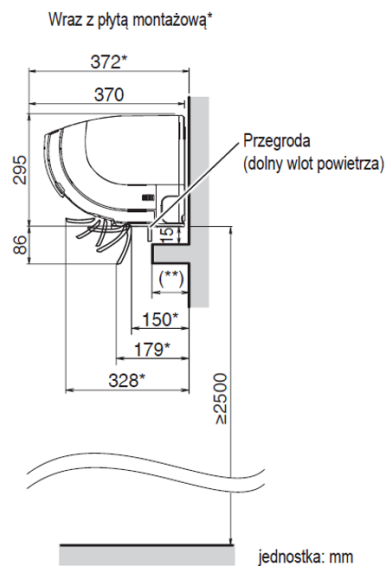
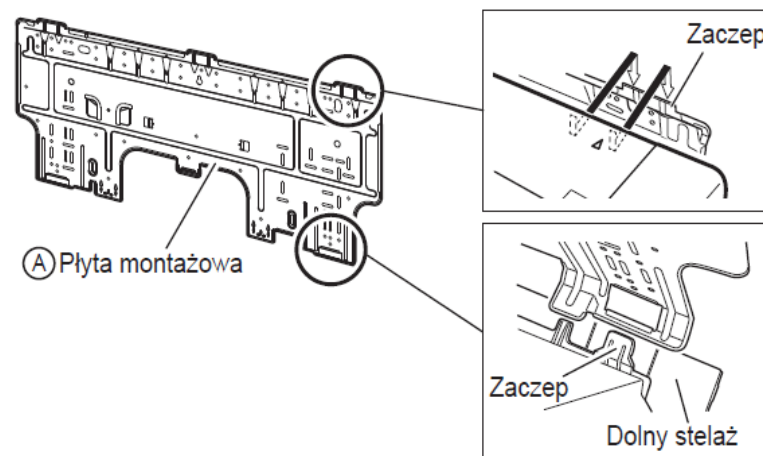
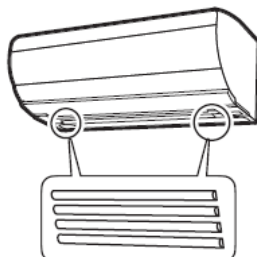
W nowym klimatyzatorze czynnik chłodniczy jest w jednostce zewnętrznej.

■ **Jak zamontować urządzenie wewnętrzne**

- 1) Korzystając z oznaczeń Δ (w 3 miejscach) w górnej części urządzenia wewnętrznego, zamocuj zaczepy płyty montażowej (A) na urządzeniu wewnętrznym.
- 2) Zamocuj zaczepy dolnego stelaża do płyty montażowej (A). Jeśli zaczepy nie wiszą na płycie, zdejmij przednią kratkę, aby je zawiesić.
(Sprawdź, czy zaczepy zostały pewnie zaczepione.)

■ **Jak zdemontować urządzenie wewnętrzne**

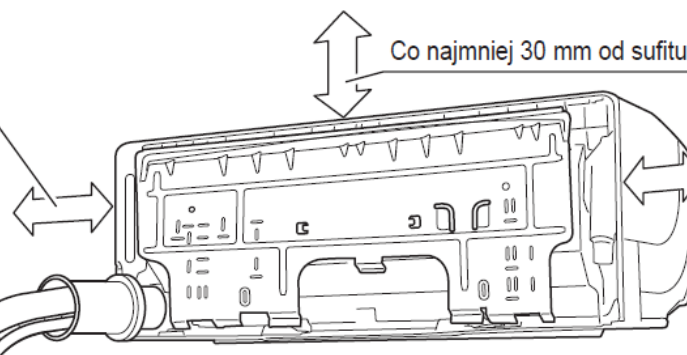
Popchnij ku górze oznaczoną część u dołu przedniej kratki (u dołu), następnie wypchnij zaczepy i zdejmij urządzenie, nieznacznie je unosząc.



Co najmniej 50 mm od ścian (po obu stronach)

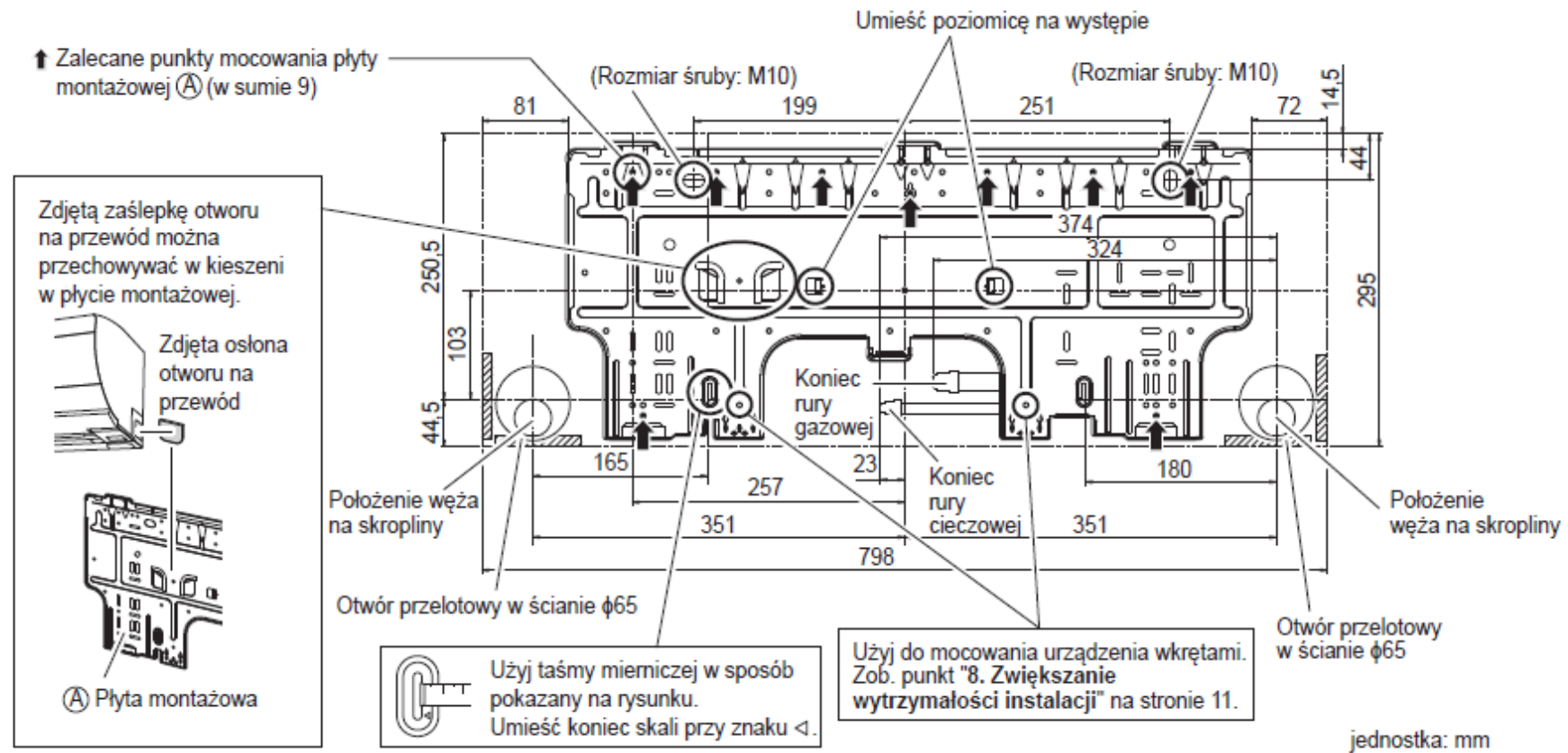
- Jeśli ściana po jednej stronie jest wystarczająco daleko, odległość od drugiej może wynosić co najmniej 20 mm.

Zainstalować wąż ze spadkiem.



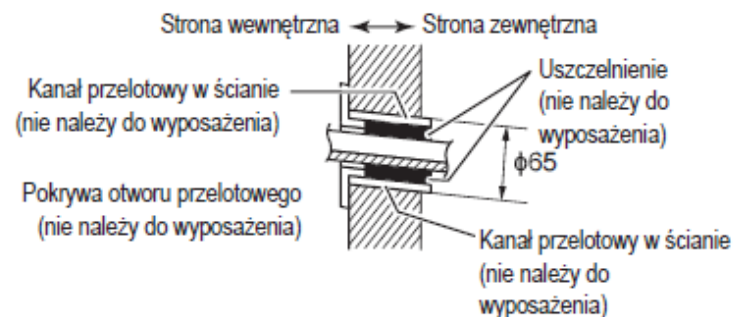
Mocowanie płyty montażowej

- Płyta montażowa (A) znajdują się w dolnej części urządzenia wewnętrznego. Wykręć śrubę.
- Płyta montażowa (A) powinna być przytwierdzona do ściany, która wytrzyma ciężar urządzenia wewnętrznego.
 - 1) Tymczasowo przymocuj (A) płytę montażową do ściany, upewnij się, że panel jest umieszczony całkowicie poziomo i oznacz na ścianie miejsce na wywiercenie otworów.
 - 2) Przymocuj (A) płytę montażową do ściany za pomocą śrub.



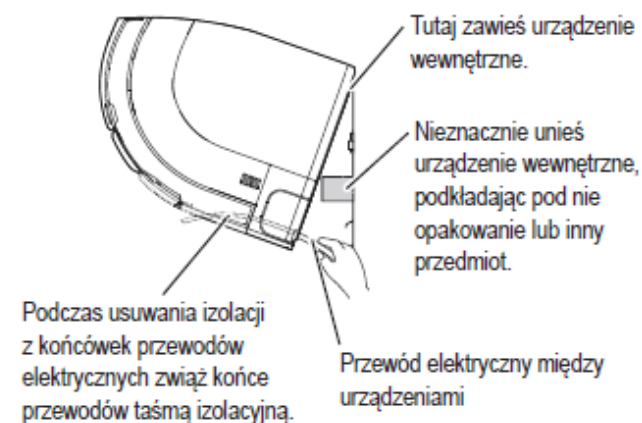
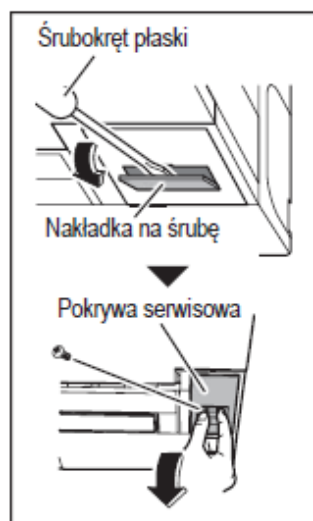
Wiercenie otworu w ścianie i montaż kanału przelotowego

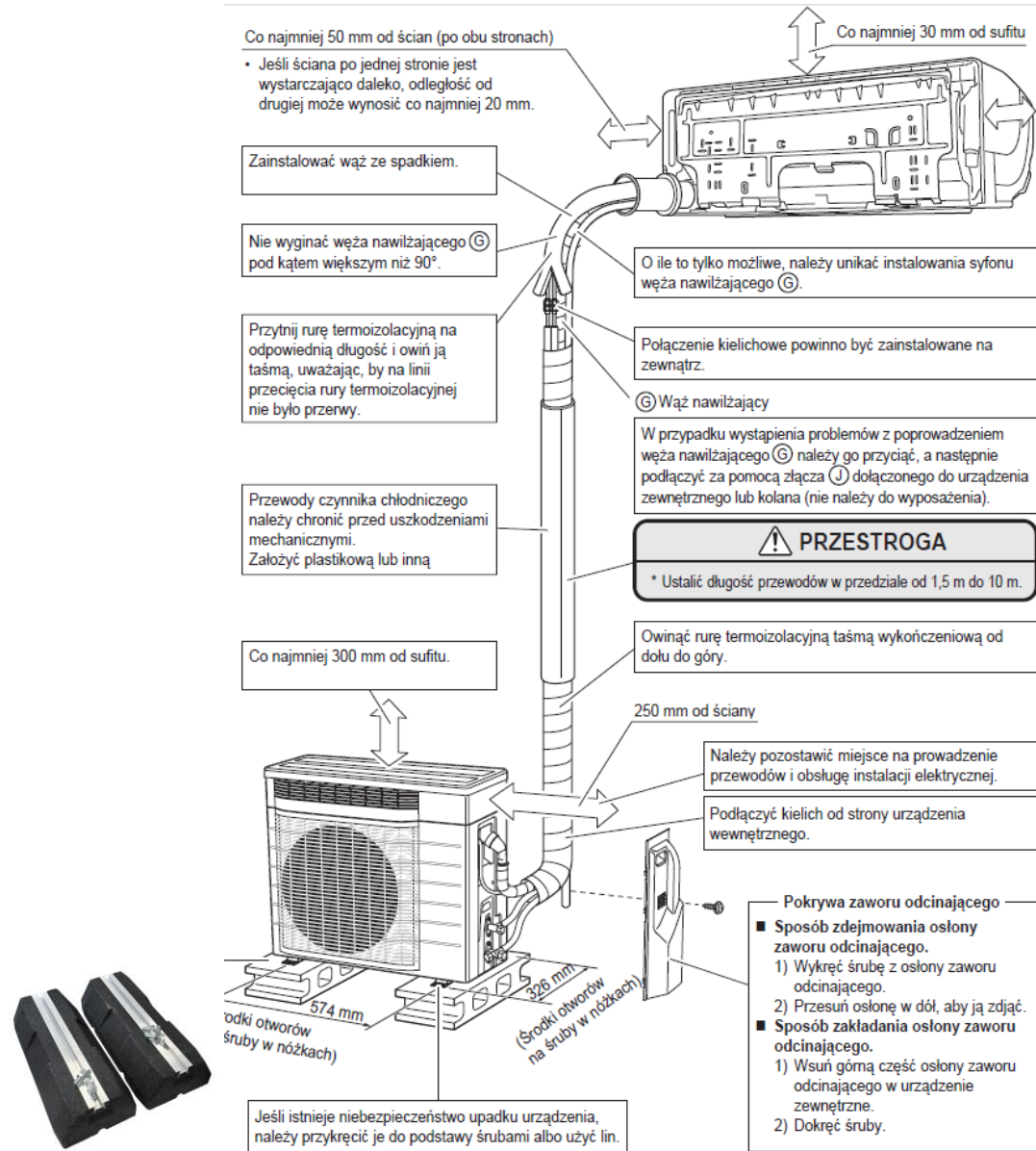
- W przypadku ścian zawierających metalowe ramy lub płyty, należy w otworach przelotowych stosować kanały przelotowe i zaślepki, aby zapobiec przegrzewaniu się, porażeniu prądem elektrycznym lub pożarowi.
- Wolne przestrzenie wokół rur i kanałów należy wypełnić uszczelniaczem, aby zapobiec wyciekom wody.
 - 1) Przewierć przez ścianę otwór o średnicy 65 mm, biegnący w dół ku stronie zewnętrznej.
 - 2) Wsuń do otworu kanał przelotowy.
 - 3) Wsuń do kanału zaślepkę.
 - 4) Po zakończeniu montażu przewodów czynnika chłodniczego, przewodów elektrycznych i odprowadzających skropliny, uszczelnij kitem otwór w ścianie.



Instalowanie przewodów elektrycznych między urządzeniami

- 1) Zdejmij osłonę śruby i otwórz pokrywę serwisową.
- 2) Przeciągnij przewód elektryczny łączący urządzenia na przód urządzenia wewnętrznego. Przeciągnięcie staje się łatwiejsze w przypadku uprzedniego zagięcia przewodu.
- 3) Aby połączyć przewód elektryczny po zawieszeniu urządzenia na (A) płycie montażowej, podłącz przewód łączący urządzenia zgodnie z rysunkiem po prawej.







Jednostka zewnętrzna zamontowana na ścianie budynku



Jednostka zewnętrzna zamontowana na dachu płaskim budynku

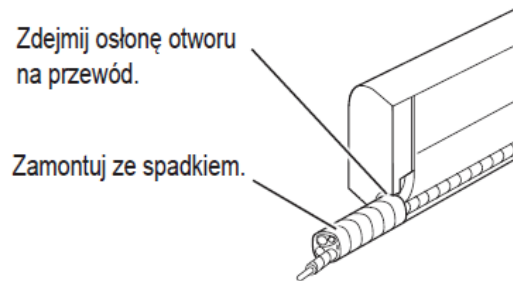


Jednostka zewnętrzna zamontowana na dachu ze spadem.

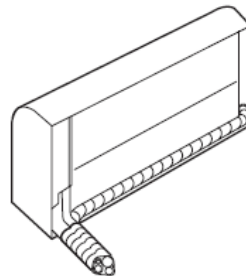
Do jednostki wewnętrznej podłączamy dwie rury chłodnicze zaizolowane (o różnej średnicy), rurę odprowadzającą skropliny oraz przewód elektryczny komunikacyjny.

Prowadzenie przewodów z prawej strony, z prawej strony od tyłu lub z prawej strony od dołu

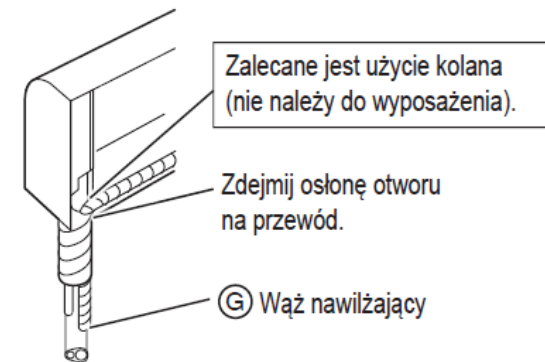
- Prowadzenie przewodów z prawej strony



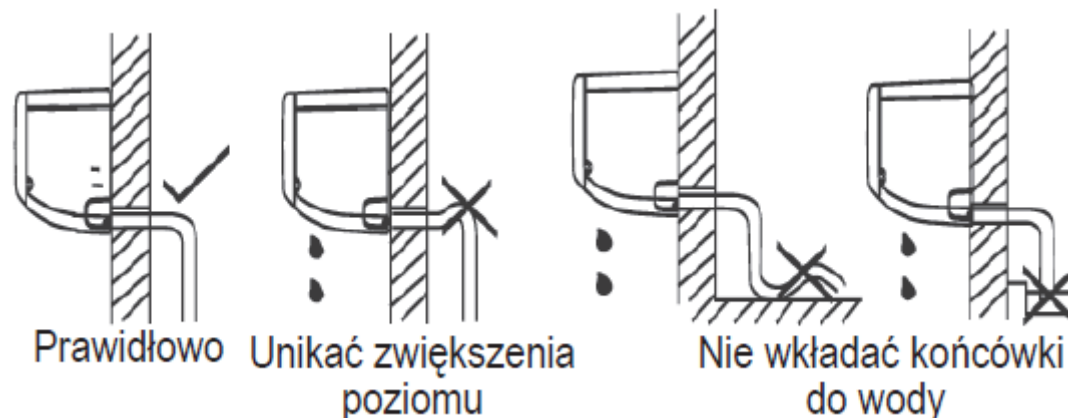
- Prowadzenie przewodów z prawej strony od tyłu



- Prowadzenie przewodów z prawej strony od dołu

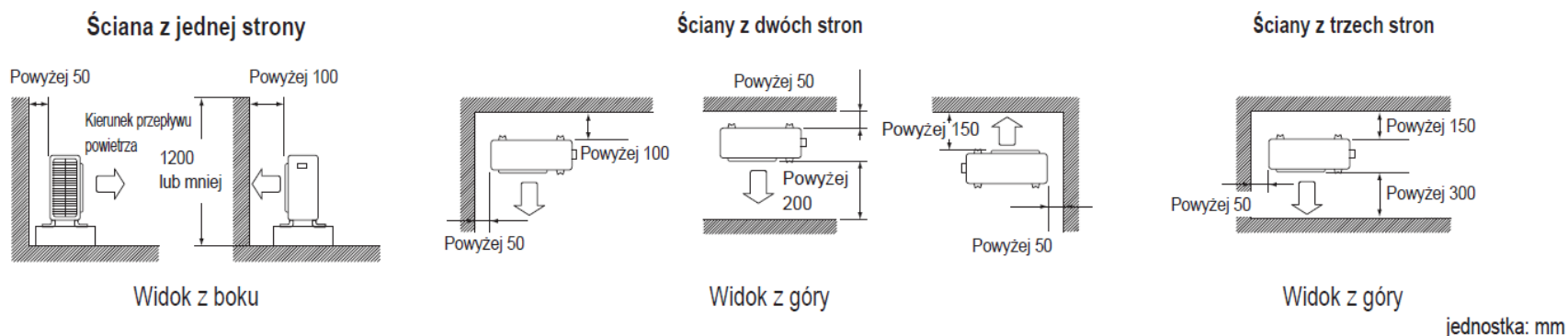


- 1) Owiń przewody rurowe, wąż i przewód elektryczny łączący urządzenia taśmą izolacyjną zgodnie z informacją podaną na schemacie wiązek przewodów rurowych.
- 2) Przeciagnij wszystkie przewody przez otwór w ścianie i zawieś urządzenie wewnętrzne na ⓐ płycie montażowej.
- 3) Podłącz przewody.



Wskazówki dotyczące montażu urządzenia zewnętrznego

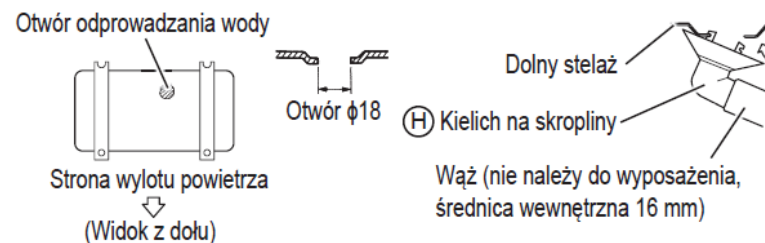
- W miejscach, gdzie ściana lub inna przeszkoda znajduje się w strumieniu powietrza na wlocie lub wylocie z urządzenia zewnętrznego, należy postępować według poniższych wskazówek.
- We wszystkich wariantach montażu przedstawionych poniżej wysokość ściany po stronie, na którą wydmuchiwane jest powietrze, nie powinna przekraczać 1200 mm.



Z jednostki zewnętrznej też będą powstawać skropliny jeśli klimatyzator będzie pracował w trybie grzania. Zatem musimy odprowadzić skropliny również z jednostki zewnętrznej.

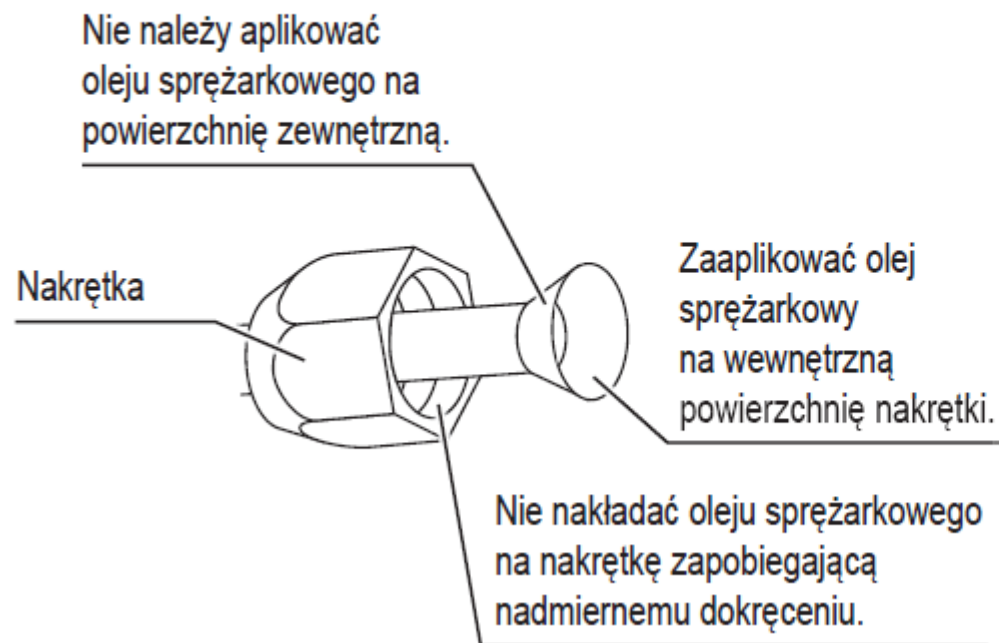
Odprowadzanie skroplin

- 1) Do odprowadzania (H) skroplin należy używać kielicha na skropliny.
- 2) Jeśli otwór odpływowy jest zasłonięty przez elementy montażowe albo wychodzi na podłogę, należy podłożyć pod nóżki urządzenia zewnętrznego dodatkowe podstawy o wysokości co najmniej 30 mm.
- 3) W zimnym klimacie nie należy do urządzenia zewnętrznego podłączać węża odpływowego.
 (Woda w wężu może zamarznąć, co spowoduje pogorszenie wydajności ogrzewania.)

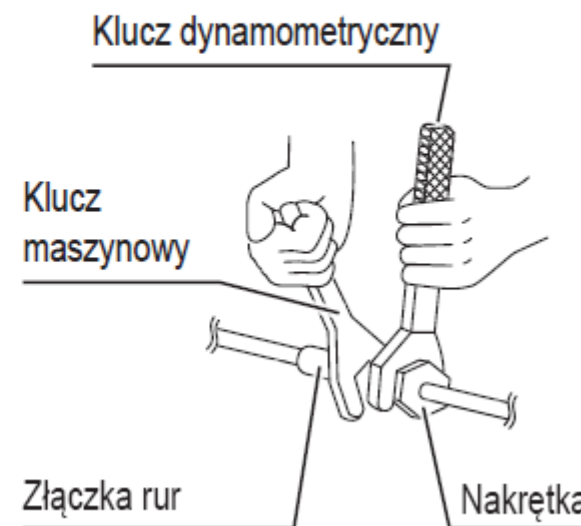


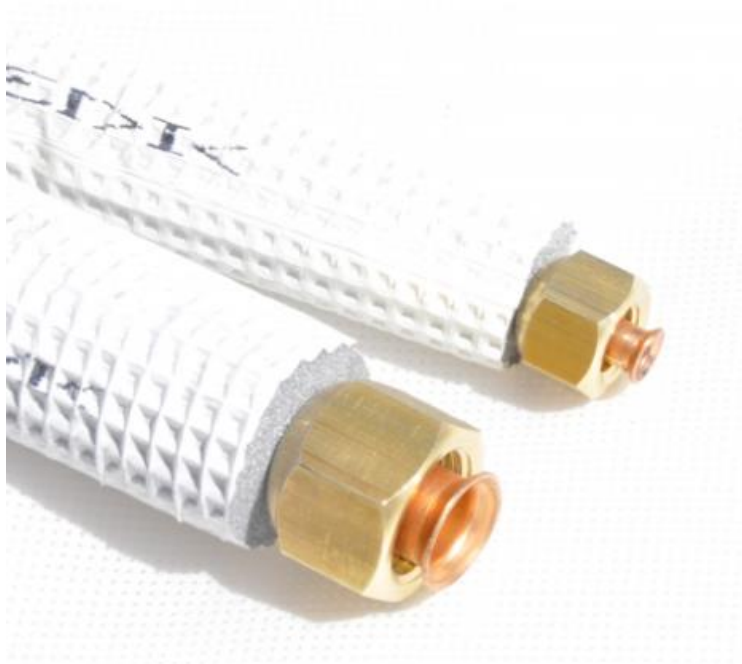
Rury chłodnicze muszą być odpowiednio przez instalatora zakończone. Sprowadza się do nałożenia nakrętek (narzutek) i wykonania kielichów na rurze miedzianej. Do wykonywania kielichów wykorzystujemy narzędzie nazwane kielicharką.

Nasmarować



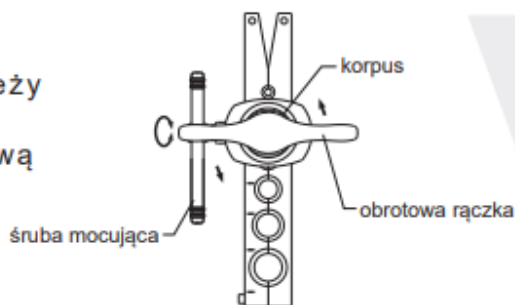
Dokręcić



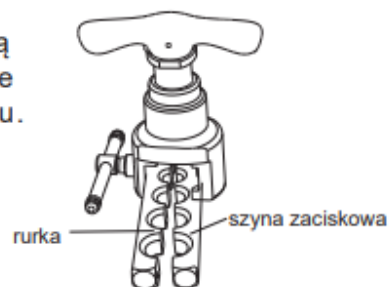


INSTRUKCJA OBSŁUGI

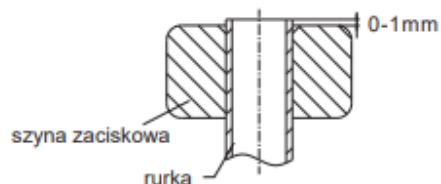
1. Przed użyciem należy poluzować śrubę mocującą i obrotową rączkę do końca.



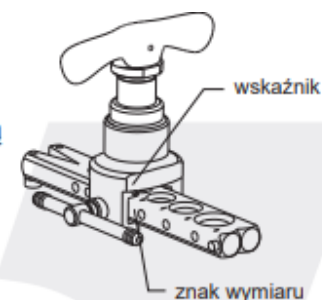
2. Otwórz szynę zaciskową i włóż rurkę we właściwe miejsce według rozmiaru.



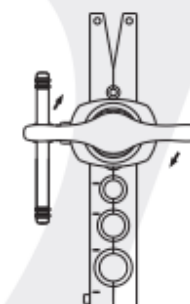
3. Po włożeniu rurki powinna ona wystawać około 1 mm ponad płaszczyznę szyny zaciskowej.



4. Skieruj szynę na odpowiedni wymiar, a następnie zablokuj ją śrubą mocującą.



5. Przekręć rączkę aż poczujesz lekki opór. Następnie powoli kręć rączką do automatycznego poluzowania przez sprzęgło.



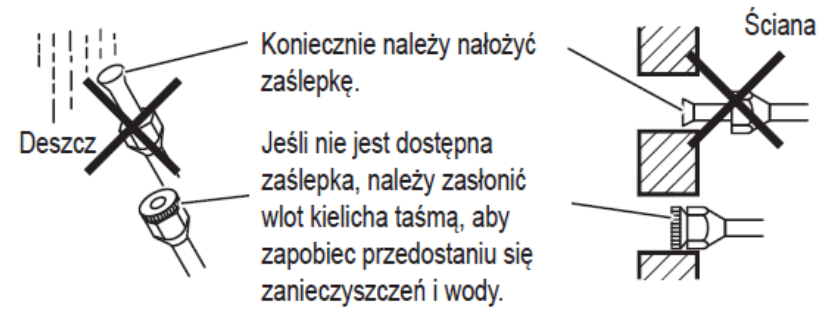
6. Po zakończeniu przekręć rączkę do końca w lewo, poluzuj śrubę mocującą, poluzuj szynę i wyciągnij rurkę.



▲ Uwaga : Wykonuj te czynności ostrożnie aby nie poranić dłoni.

Środki ostrożności w postępowaniu z rurami

- Otwarty koniec rury należy zabezpieczyć przed wniknięciem kurzu lub wilgoci.
- Wszystkie zagięcia rur powinny być możliwie łagodne. Do zginania rur należy używać gietarki.

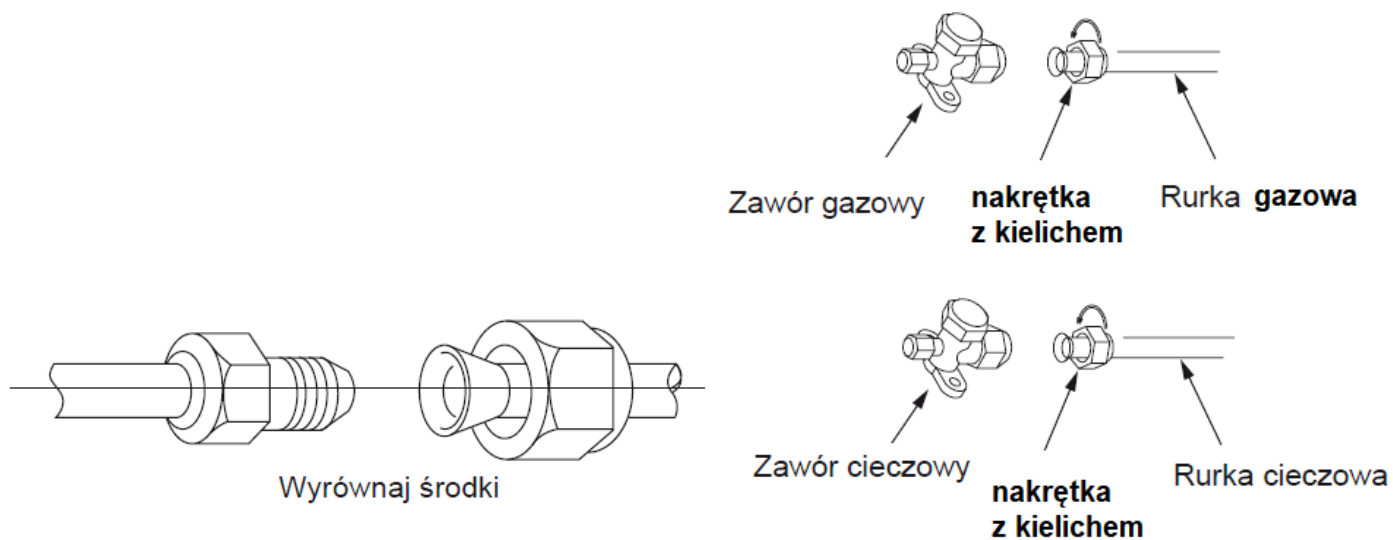


Do ułożenia rurociągu w założonej trasie wykorzystujemy gietarkę do rur w celu wygięcia rury. Wyróżniamy gietarki kuszowe, ramieniowe, sprężyny do gięcia rur i pręty poliamidowe do giecia rur.



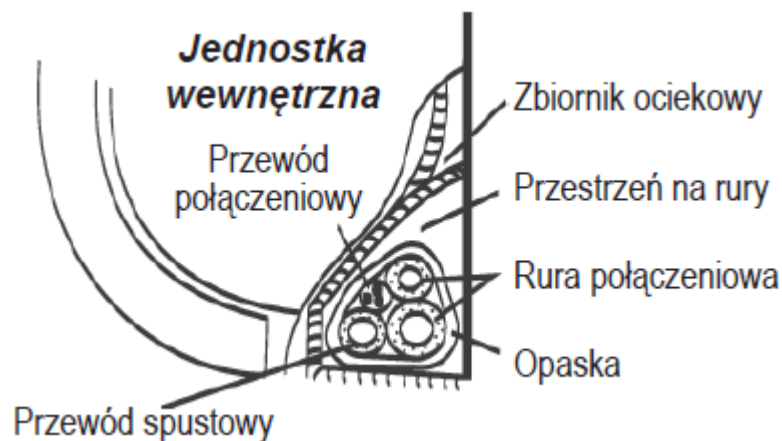
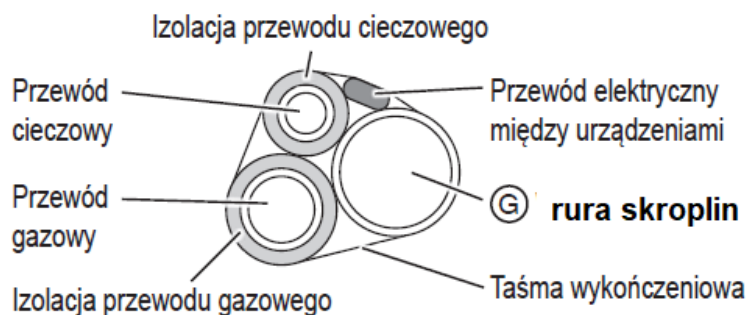


Rury przykręcamy do jednostki wewnętrznej, układamy trasę wg obranego rozwiązania, doprowadzamy rury do jednostki zewnętrznej, dopasowujemy długości rur, nadmiar rur obcinamy. Nakładamy nakrętki na rury, wykonujemy kielichy i przykręcamy rury do jednostki zewnętrznej.



Wszystkie rury (chłodnicze w izolacji i odprowadzenia skroplin) oraz przewody elektryczne zawijamy taśmą zabezpieczającą w ściśle określonym przez producenta porządku. Chodzi o to, aby wiązka zmieściła się we wnęce jednostki wewnętrznej i nie odpychała jej od ściany.

Schemat wiązki przewodów rurowych



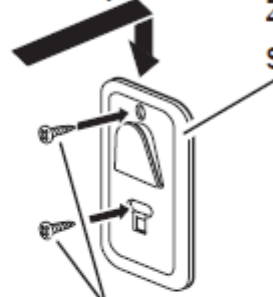
2. Bezprzewodowy pilot zdalnego sterowania (przy montażu na ścianie itp.)

- Aby odszukać miejsce, w którym sygnały z pilota są prawidłowo odbierane przez urządzenie wewnętrzne (w promieniu 7 metrów), należy włączyć wszystkie świetlówki w pomieszczeniu (jeśli występują).
- Wybrać miejsce, w którym pilot zdalnego sterowania nie będzie narażony na bezpośrednie działanie promieni słonecznych. (W miejscu bezpośrednio nasłonecznionym wystąpią trudności w odbiorze przez pilota sygnałów z urządzenia wewnętrznego).

Ⓓ Bezprzewodowy pilot zdalnego sterowania



Zaczep



Ⓔ Uchwyt pilota zdalnego sterowania

Wkręty (nie należą do wyposażenia: M3 × 20L)

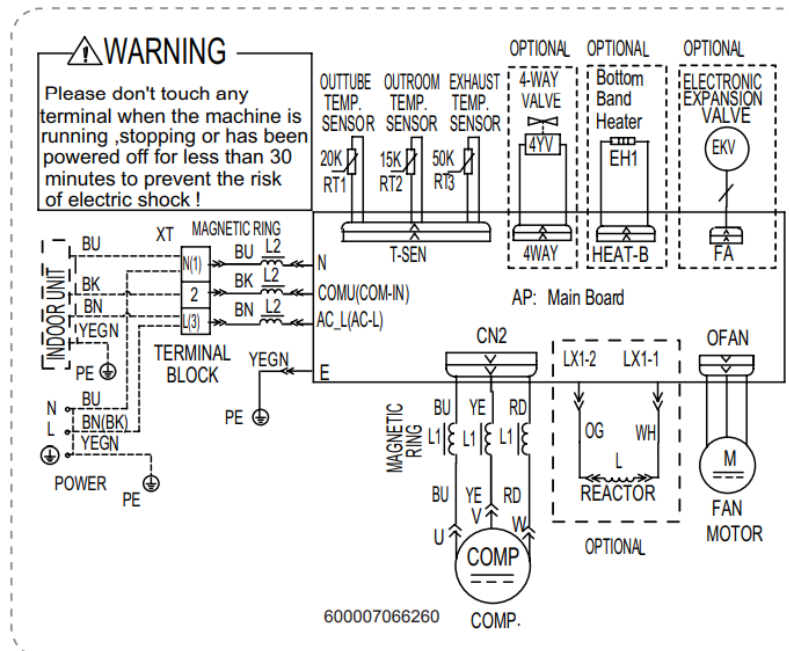
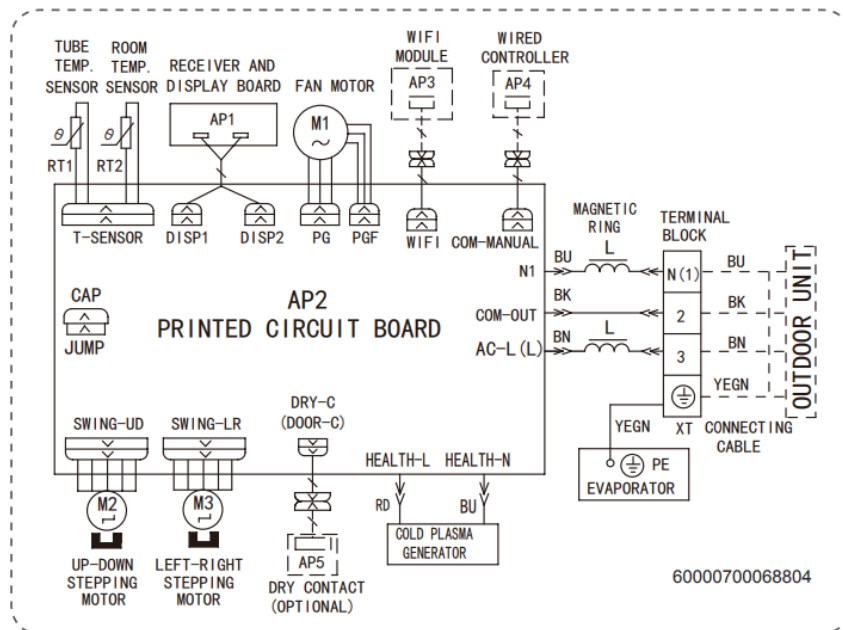
Włożyć baterie Ⓕ.

Przed przykręceniem uchwyty na pilota Ⓔ do ściany należy upewnić się, że urządzenie wewnętrzne prawidłowo odbiera sygnały sterujące.

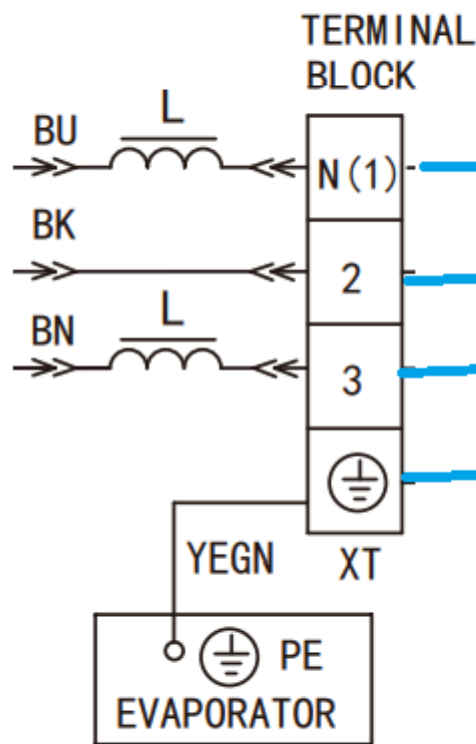


Wykonanie połączeń elektrycznych

Połączenia wykonujemy wg schematu elektrycznego jednostki wewnętrznej i jednostki zewnętrznej klimatyzatora.

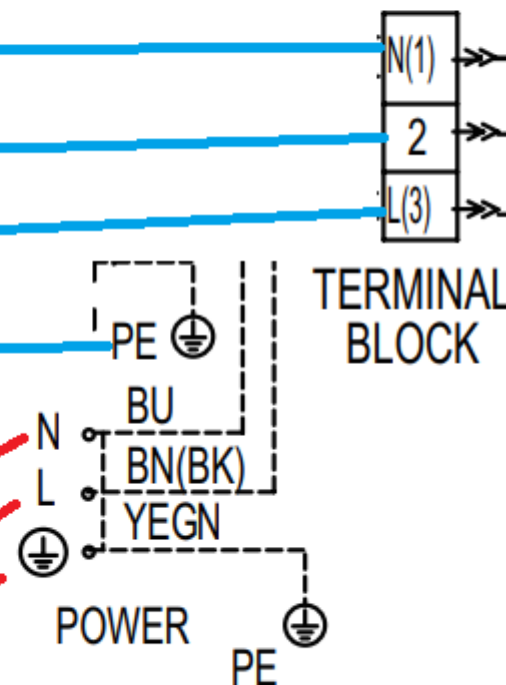


JEDNOSTKA WEWNĘTRZNA



przewód komunikacyjny
4 żyłowy

JEDNOSTKA ZEWNĘTRZNA

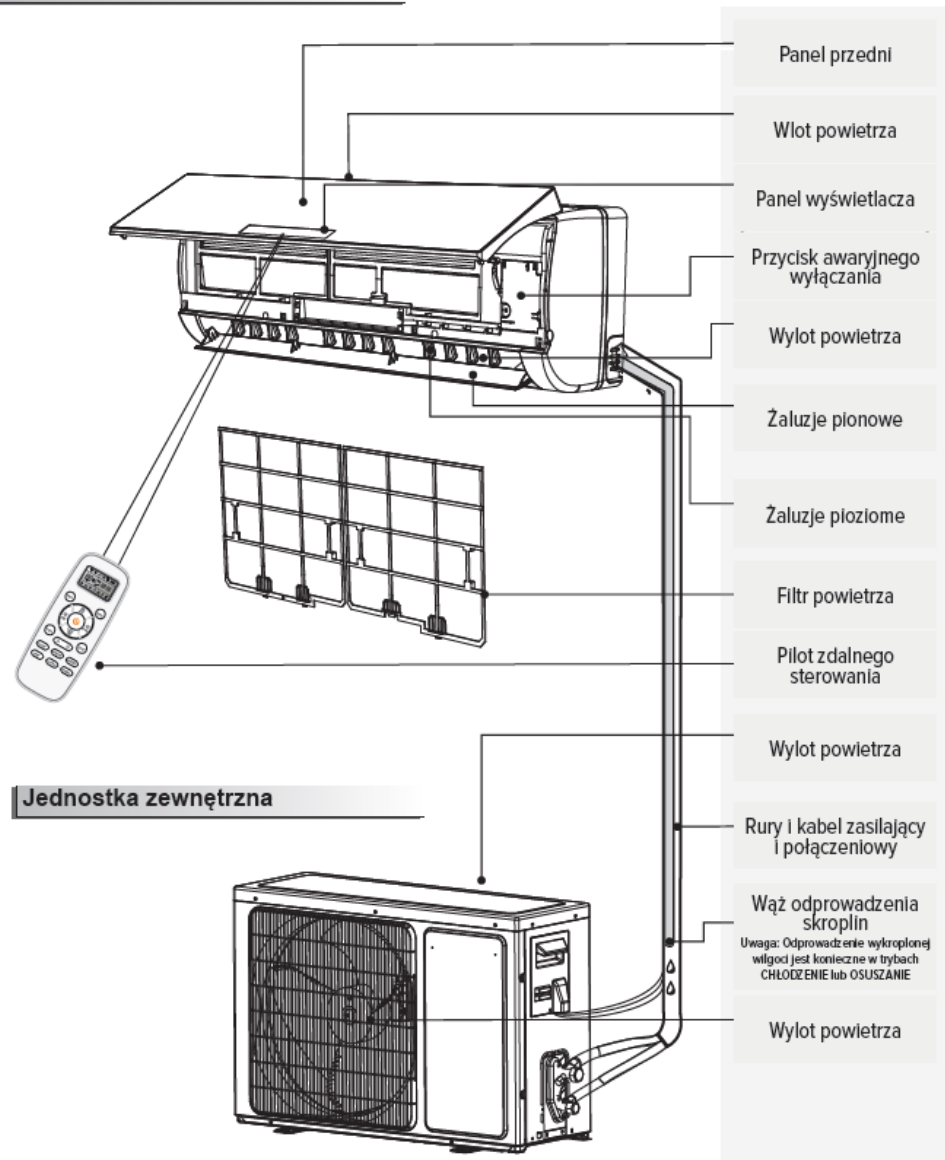


przewód zasilający
3 żyłowy

Jednostka wewnętrzna (schemat elektryczny)

Jednostka zewnętrzna (schemat elektryczny)

Jednostka wewnętrzna

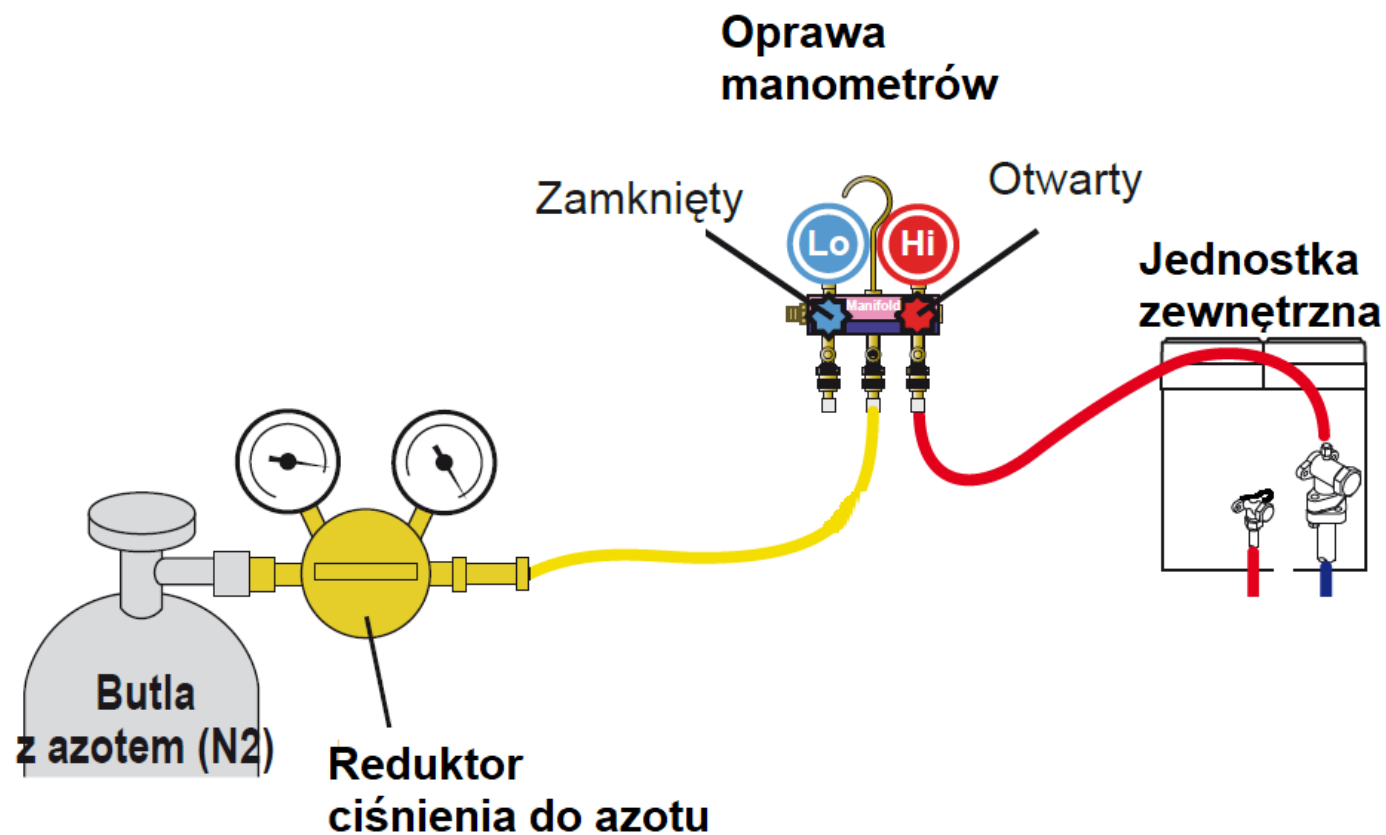


- Panel przedni
- Wlot powietrza
- Panel wyświetlacza
- Przycisk awaryjnego wyłączenia
- Wylot powietrza
- Żaluzje pionowe
- Żaluzje poziome
- Filtr powietrza
- Pilot zdalnego sterowania
- Wylot powietrza
- Rury i kabel zasilający i połączeniowy
- Wąż odprowadzenia skroplin
Uwaga: Odprowadzenie wykroplonej wilgoci jest konieczne w trybach CHŁODZENIE lub OSUSZANIE
- Wylot powietrza

Efekt końcowy montażu klimatyzatora split

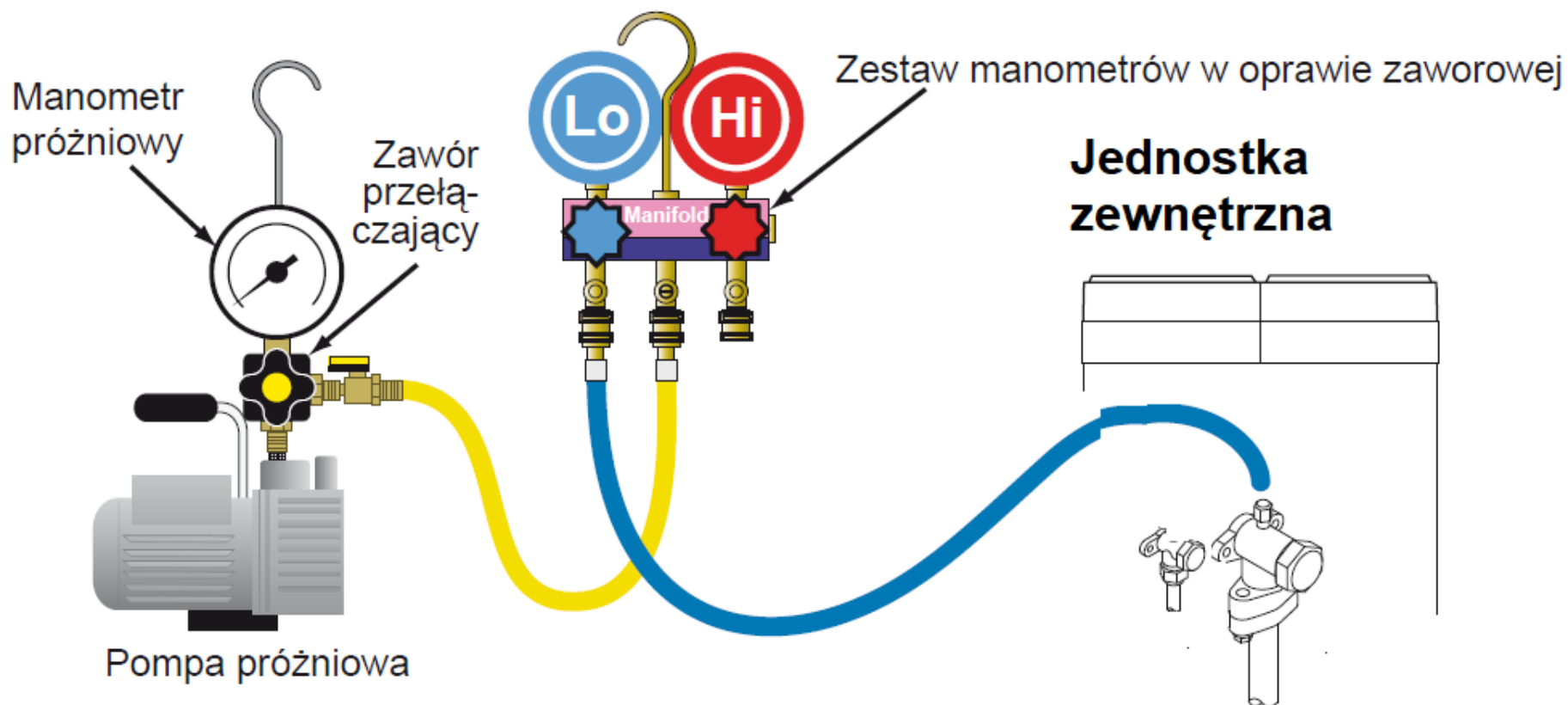
Próba ciśnieniowa przy nadciśnieniu

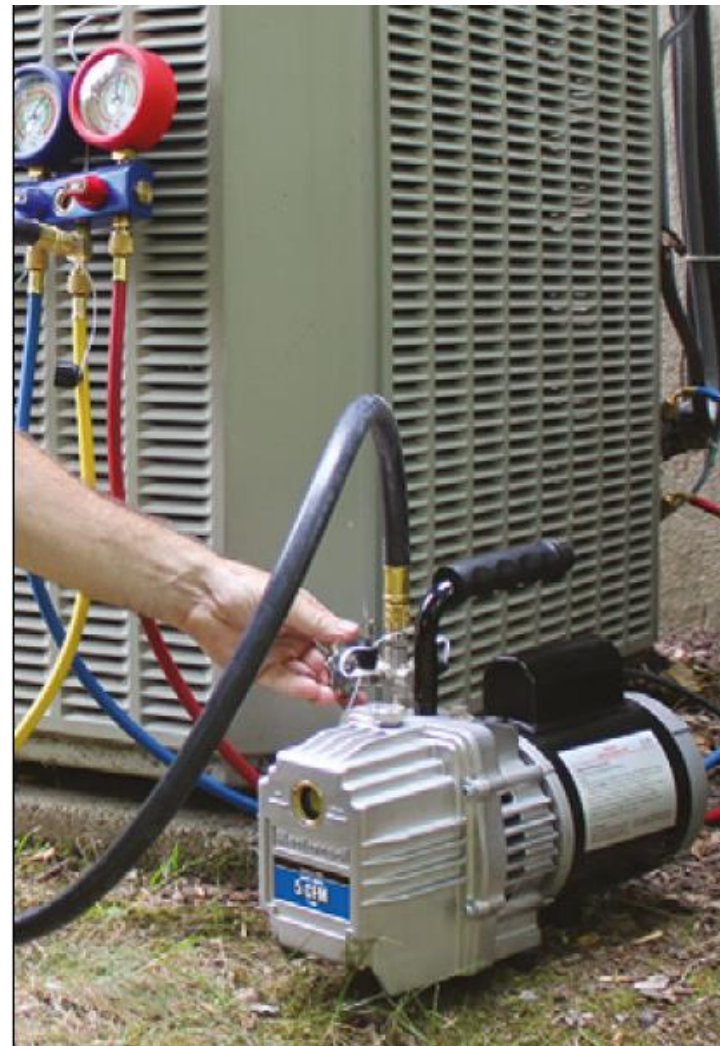
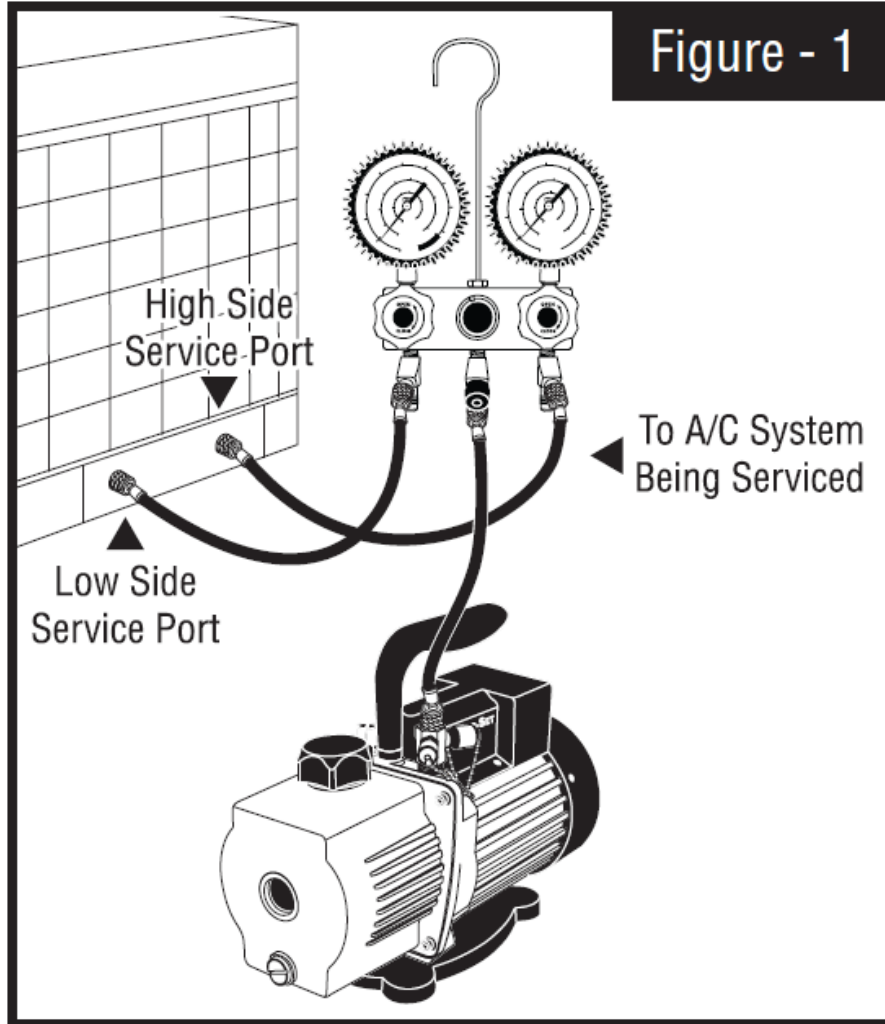
Wprowadzamy do rur suchy azot techniczny do ciśnienia wskazanego przez producenta klimatyzatora (w dokumentacji), np. 25bar. Sprawdzamy czy ciśnienie spada, czy połączenia skręcane są szczelne. Szczelność sprawdzamy pianą mydlaną lub specjalnymi środkami.



Próba ciśnieniowa przy podciśnieniu, suszenie próżniowe

Wypuszczamy azot z instalacji, podłączamy pompę próżniową przez oprawę manometrów i włączamy pompę próżniową. Uzyskujemy podciśnienie -1bar i utrzymujemy. Rozpoczyna się tzw. suszenie próżniowe, tzn. odparowywanie wody przy niskim ciśnieniu. Po uzyskaniu zadowalające próżni zamykamy zawór na manometrze i obserwujemy czy ciśnienie się podnosi. Obecnie wykorzystuje się wakuometru elektroniczne, które szybko pokazują nieszczelność na podciśnieniu.





Suszenie próżniowe

Podłączamy pompę próżniową do instalacji chłodniczej. Wakuometr elektroniczny podłączamy w innym miejscu instalacji. Pompa obniża ciśnienie instalacji jednocześnie usuwając cząsteczki gazów, tworząc w ten sposób pustkę. W miejscu pustki napływają inne cząsteczki, aby ją zająć. Cząsteczki mają zdolność do odbijania się od ścianek zamkniętej przestrzeni, w której się znajdują.

Powyżej około 300 mikronów występuje laminarny przepływ cząsteczek przemieszczających się w kierunku pustej przestrzeni pozostawionej przez pompę próżniową oraz w kierunku miejsca podłączenia pompy.

Gdy zaczniemy schodzić poniżej 300 mikronów, przepływ zacznie przechodzić od laminarnego do molekularnego. Oznacza to, że pozostałe cząsteczki mają teraz tak dużo miejsca do odbijania się, że nie chcą już iść do pustej przestrzeni utworzonej przez pompę próżniową, w tym do miejsca podłączenia pompy. Dochodzimy do momentu, w którym jest bardzo mało cząsteczek. Prawdopodobieństwo trafienia przemieszczających się cząsteczek do otworu podłączenia pompy próżniowej jest bardzo małe. Poprzez zwiększenie czasu suszenia próżniowego zwiększamy prawdopodobieństwo ewakuacji pozostałych cząstek pary mokrej.

micron	mbar	bar	Pa
1	0,00133	0,00000133	0,133
15	0,01995	0,00001995	1,995
25	0,03325	0,00003325	3,325
100	0,133	0,000133	13,3
200	0,266	0,000266	26,6
400	0,532	0,000532	53,2
600	0,798	0,000798	79,8
1000	1,33	0,00133	133
2000	2,66	0,00266	266
8000	10,64	0,01064	1064

Trzyetapowe suszenie próżniowe

W celu osiągnięcia najgłębszej próżni wykonuje się suszenie w trzech etapach. Metoda ta była dostępna przed pojawieniem się na rynku pomp próżniowych dwustopniowych. Miała zastosowanie do rozległych instalacji.

Uzyskujemy przy pierwszym suszeniu próżniowym głębokość np. 500 mikronów. Następnie wyłączamy pompę, odcinamy ją i uzupełniamy instalację suchym gazem obojętnym (np. azotem technicznym) do 1 bar. Pozostawiamy ciśnienie na około 30 minut. Jest to czas, podczas którego wilgoć z układu miesza się z suchym gazem obojętnym. Następnie usuwamy ten gaz i włączamy ponownie pompę próżniową. Uzyskujemy głębszą próżnię, np. 200 mikronów. Czynność można powtórzyć wg potrzeby.

Innym sposobem jest przedmuchiwanie instalacji suchym gazem obojętnym. Wymaga to większej ilości gazu i może nadal pozostać wilgoć w układzie.

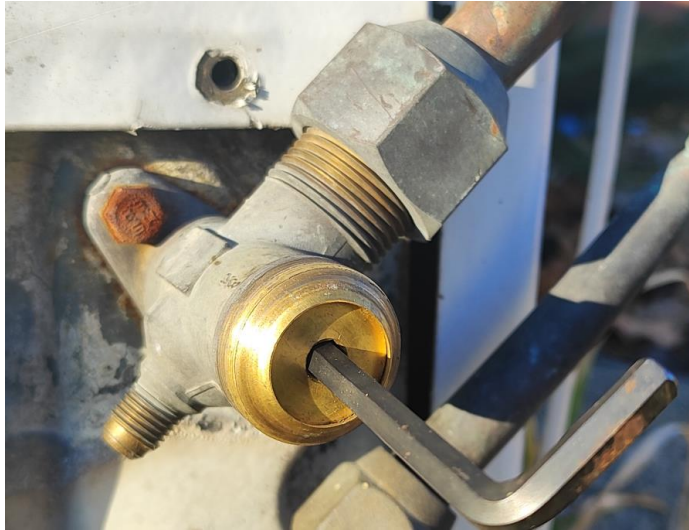
W większych systemach potrójna ewakuacja to sposób na zaoszczędzenie czasu.

Powyższe metody są opisane dla szczelnej instalacji.

Uruchomienie

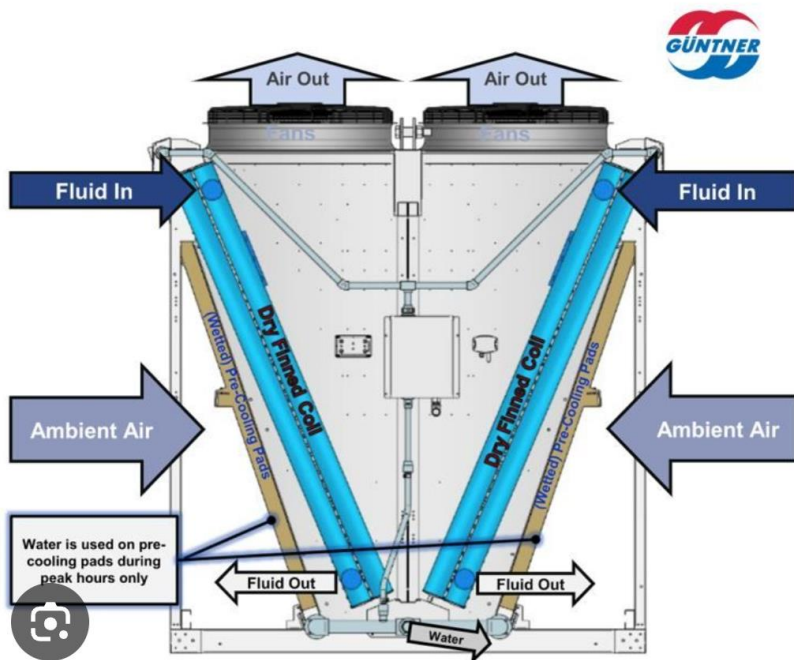
Po wysuszeniu próżniowym należy otworzyć zawory w jednostce zewnętrznej (kluczem imbusowym) i wypełnić wykonaną instalację i jednostkę wewnętrzną czynnikiem chłodniczym, który był w jednostce zewnętrznej. Załączamy zasilanie, uruchamiamy klimatyzator z pilota. Sprawdzamy temperaturę powietrza nadmuchiwanego. Jeśli wynosi około $+16^{\circ}\text{C}$ w trybie chłodzenia można uznać montaż za zakończony.

Oczywiście wszystkie prace wykończeniowe muszą być wcześniej wykonane.

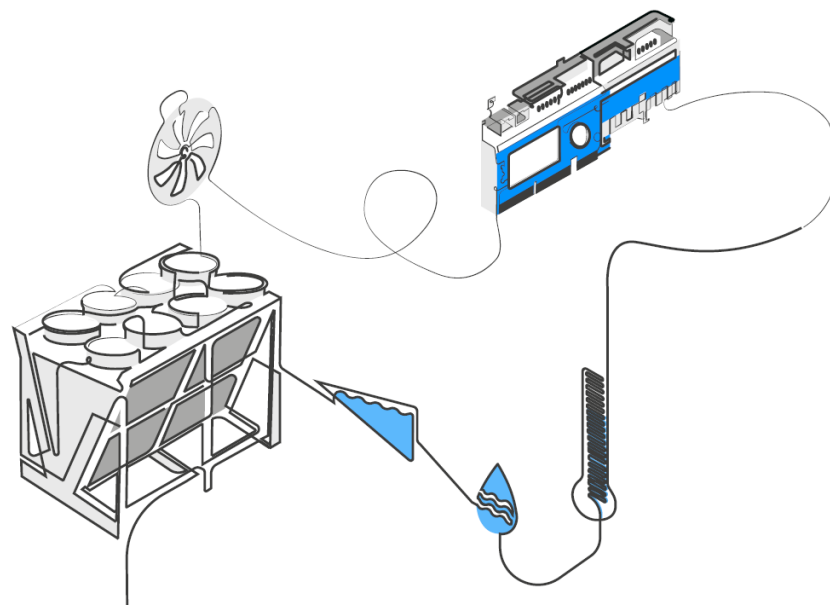


Chłodzenie adiabaticzne

Chłodzenie adiabaticzne w skrócie polega na obniżaniu temperatury w wyniku odparowania wody. Uzdadnioną wodę wykorzystuje się do natryskiwania przy pomocy dysz na materiał przez który przepływa powietrze. Mogą to być tkaniny (LU-VE) lub pady (na wzór plastrów miodu Guntner). W wyniku tego odparowania powietrze dopływające do zwilżanej maty obniża swoją temperaturę. Obecnie ten efekt jest wykorzystywany w chłodnicach gazu instalacji chłodniczych na dwutlenek węgla R744.



Widok chłodnicy gazu na dwutlenek węgla z padami, które są zwilżane wodą.



Dodatkowe sterowanie do chłodnicy gazu z chłodzeniem adiabaticznym – wentylatory gascoolera i pompa wody



Widok chłodnicy gazu z padami Güntner



Widok chłodnicy gazu z padami Thermofin



Widok dyszy spryskującej

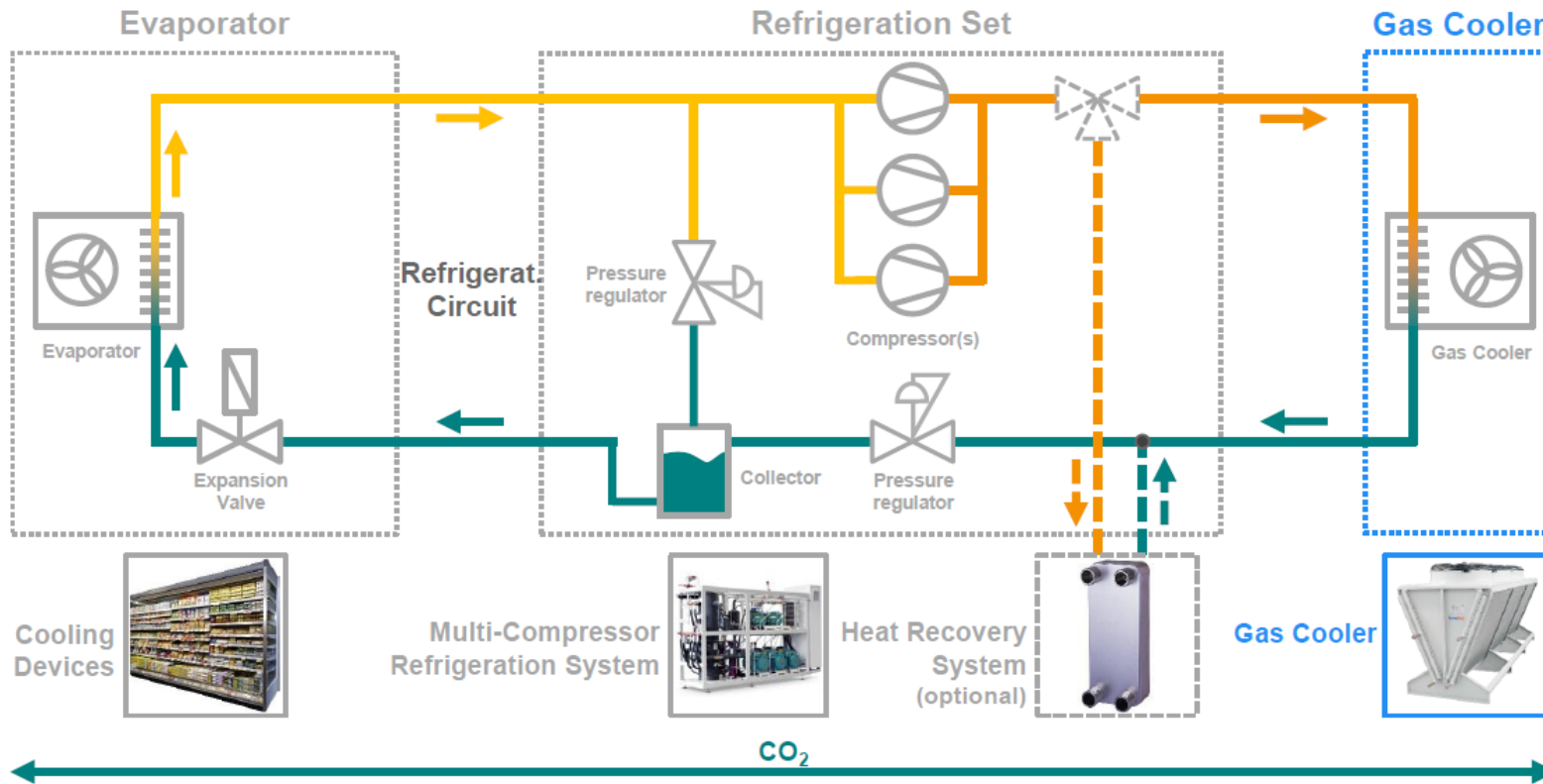


Widok dwóch gascoolerów (chłodnic gazu) LU-VE ze zwilżanymi tkaninami

CO₂ IN FOOD RETAIL

Retail Store Flow Sheet Example

Simplified system drawing for presentation



Materiały: Fujitsu, Klima-Therm, Daikin, Sinclair, Güntner, materiały własne



Czy są jakieś pytania?
Grzegorz Toczek
23.10.2025r.