

Projektowanie i instalacja

Pompy ciepła powietrze-woda

Pompy ciepła solanka-woda

Pompy ciepła woda-woda

Projektowanie i instalacja

Przedruk lub powielanie, także we fragmentach, tylko za naszą zgodą.

STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG, 37603 Holzminden

Nota prawna

Mimo zachowania staranności przy opracowywaniu nie można zagwarantować braku błędów w informacjach podanych w niniejszym Podręczniku projektowania. Informacje dotyczące wyposażenia i jego funkcji są niewiążące. Opisane w niniejszym Podręczniku projektowania cechy wyposażenia nie są traktowane jako umowne właściwości naszych produktów. Z uwagi na ciągłe ulepszanie naszych produktów niektóre cechy wyposażenia mogły w międzyczasie ulec zmianie, a nawet zostać wycofane. Informacji na temat dostępnych w chwili obecnej cech wyposażenia udzieli nasz doradca. Prezentacje graficzne zamieszczone w niniejszym Podręczniku projektowania są tylko przykładem zastosowań. Ilustracje zawierają również elementy instalacji, osprzęt oraz wyposażenie specjalne, które nie są częścią seryjnego zakresu dostawy.

Dane techniczne

Jeśli nie określono inaczej, informacje o wymiarach podano w milimetrach. Dane dotyczące ciśnienia mogą być podane w paskalach (MPa, hPa, kPa), jak również w barach (bar, mbar). Informacje o gwintach podano zgodnie z niemiecką normą ISO 228. Typy i wielkości zabezpieczeń podano zgodnie z niemiecką normą VDE. Parametry mocy odnoszą się do nowych urządzeń z czystymi wymiennikami ciepła.

Pompy ciepła – podstawy

Spis treści

Pompy ciepła – podstawy _____	4	Pompy ciepła powietrze-woda – montaż zewnętrzny _____	84
Zasada działania _____	4	Odływ kondensatu _____	84
Powietrze jako dolne źródło _____	6	Lista kontrolna montażu zewnętrznego pomp ciepła powietrze-woda _____	85
Woda jako dolne źródło _____	7	Pompy ciepła powietrze-woda – montaż wewnętrzny _____	86
Kolektor gruntowy jako dolne źródło _____	8	Prowadzenie powietrza _____	86
Pionowa sonda gruntowa jako dolne źródło _____	9	Odływ kondensatu _____	88
Tryby pracy _____	10	Lista kontrolna montażu wewnętrznego pomp ciepła powietrze-woda _____	89
Tryb biwalentny _____	14	Gruntowe pompy ciepła _____	90
Zbiór wzorów _____	16	Mieszanka solankowa _____	90
Przepisy i normy – montaż _____	18	Kolektor gruntowy _____	92
Przepisy i normy – projektowanie _____	19	Lista kontrolna kolektora gruntowego _____	96
Obliczanie obciążenia cieplnego _____	20	Sonda gruntowa _____	98
Temperatura powierzchni grzewczej _____	21	Lista kontrolna pionowej sondy gruntowej _____	100
Dobór – pompy ciepła powietrze-woda Fixspeed _____	22	Woda jako dolne źródło _____	102
Dobór – pompy ciepła solanka-woda Fixspeed _____	24	Instalacja dolnego źródła _____	102
Dobór – pompy ciepła woda-woda Fixspeed _____	26	Studnia _____	103
Dobór – inwerterowe pompy ciepła powietrze-woda _____	27	Pompa głębinowa _____	104
Dobór – inwerterowe pompy ciepła solanka-woda _____	28	Pośrednie wymienniki ciepła _____	105
Podłączenie elektryczne – Niemcy _____	30	Lista kontrolna pomp ciepła woda-woda _____	106
Jakość wody grzewczej _____	32		
Zmiękczenie wody grzewczej _____	34		
Zasobnik buforowy _____	40		
Ogrzewanie wody użytkowej _____	44		
certyfikat niemieckiego DVGW W 511 _____	44		
norma niemiecka DIN 1988-200 _____	45		
Systemy do przygotowania CWU _____	46		
Dobór _____	50		
Zasobnik wody użytkowej _____	50		
europejska norma DIN EN 15450 w domu wielorodzinnym / tabela profilu poboru _____	51		
Dom wielorodzinny z centralnym zasobnikiem wody użytkowej _____	52		
Centralny zasobnik wody użytkowej do budynku mieszkalnego _____	54		
Zasobnik przepływowy do budynku mieszkalnego _____	55		
Wymiarowanie zasobników do stacji mieszkaniowych _____	56		
Dom wielorodzinny z centralnym przygotowaniem CWU _____	58		
Dom wielorodzinny ze stacją mieszkaniową _____	60		
Chłodzenie _____	62		
Chłodzenie pasywne i aktywne _____	62		
Obliczanie obciążenia chłodniczego _____	63		
Chłodnice dla trybu chłodzenia _____	66		
Przykłady doboru _____	69		
Aktywne chłodzenie – pompa ciepła powietrze-woda _____	70		
Aktywne chłodzenie – pompa ciepła solanka-woda _____	71		
Pasywne chłodzenie – pompa ciepła solanka-woda _____	72		
Chłodzenie powierzchniowe _____	73		
Chłodzenie sufitowe _____	74		
Aktywacja rdzenia betonu _____	75		
Klimakonwektory i urządzenia kasetowe _____	76		
Dźwięk _____	78		
Moc akustyczna, poziom mocy akustycznej _____	78		
Poziom ciśnienia akustycznego _____	79		
Ustawa o odległości _____	80		
Rozprzestrzenianie się dźwięku i dźwięk przenoszony przez konstrukcję _____	81		
Pomoce do projektowania akustycznego _____	82		

Pompy ciepła – podstawy

Zasada działania

Zasada działania pompy ciepła

Najważniejszy wpływ na działanie pompy ciepła ma czynnik roboczy. Czynnik roboczy charakteryzuje się tym, że odparowuje w niskich temperaturach.

Jeśli do wymiennika ciepła, w którym krąży czynnik roboczy, doprowadzone zostanie np. powietrze zewnętrzne lub woda, czynnik roboczy odbierze od dolnego źródła część zawartego w nim ciepła. W trakcie tego procesu czynnik roboczy przechodzi ze stanu ciekłego w gazowy. Spowoduje to zmniejszenie temperatury dolnego źródła.

Sprężarka zasysa czynnik roboczy w postaci gazu i spręża go. Wraz ze wzrostem ciśnienia podnosi się także temperatura czynnika roboczego.

Warunkiem zachodzenia tego procesu jest zasilanie sprężarki energią elektryczną.

Ciepło odpadowe z silnika sprężarki kierowane jest w sprężonym czynniku roboczym do skraplacza podłączonego do wyjścia.

W skraplaczu czynnik roboczy oddaje pochłonięte ciepło do systemu obiegu wody. Czynnik roboczy przechodzi przy tym ze stanu pary do ciekłego stanu skupienia.

Ciśnienie czynnika roboczego zredukowane jest za pomocą zaworu rozprężnego.

Współczynnik efektywności energetycznej pompy ciepła

Współczynnik efektywności energetycznej ε_{WP} odpowiada ilorazowi mocy grzewczej Q_{WP} i poboru mocy elektrycznej P_{WP} według równania:

$$\varepsilon_{WP} = \frac{Q_{WP}}{P_{WP}}$$

ε_{WP} Współczynnik efektywności energetycznej

Q_{WP} Moc grzewcza

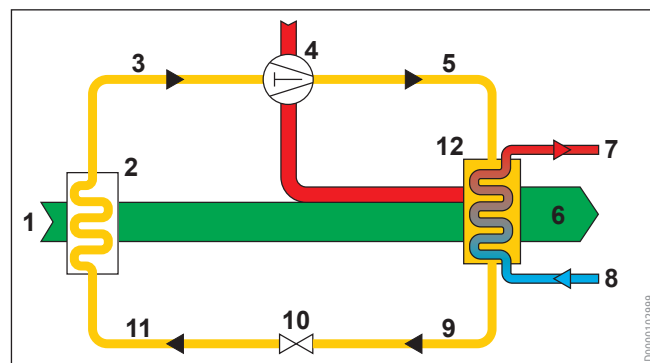
P_{WP} Pobór mocy elektrycznej

Współczynnik efektywności energetycznej informuje o tym, ile razy większy jest uzysk niż wydatek energii.

Współczynnik efektywności energetycznej zależy od temperatury dolnego źródła i odbiornika ciepła. Im wyższa temperatura dolnego źródła i im niższa temperatura odbiornika ciepła, tym wyższy jest współczynnik efektywności energetycznej.

Współczynnik efektywności energetycznej jako wartość chwilowa zawsze odnosi się do konkretnego stanu roboczego.

Schemat zasady działania obiegu chłodniczego pompy ciepła



- 1 Ciepło środowiska
- 2 Parownik
- 3 Rurka ssąca, czynnik roboczy w postaci gazu, niskie ciśnienie
- 4 Sprężarka
- 5 Rurka ciśnieniowa, czynnik roboczy w postaci gazu, wysokie ciśnienie
- 6 Ciepło grzewcze
- 7 Zasilanie
- 8 Powrót
- 9 Rurka cieczowa, płynny czynnik roboczy, wysokie ciśnienie
- 10 Zawór rozprężny
- 11 Rurka wtryskowa, płynny czynnik roboczy, niskie ciśnienie
- 12 Skraplacz

Notatki

Pompy ciepła – podstawy

Powietrze jako dolne źródło

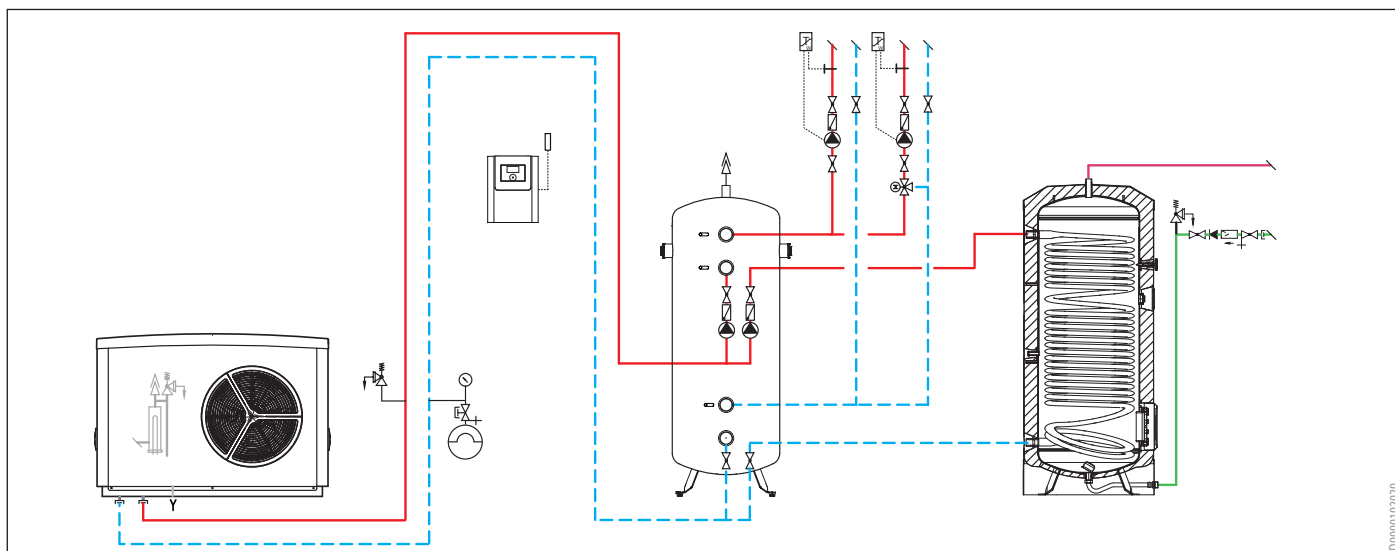
Powietrze jako dolne źródło

Ogrzewane przez słońce powietrze jest dostępne wszędzie. Pompy ciepła powietrze-woda mogą pobierać jeszcze energię w ilości wystarczającej na potrzeby trybu grzania przy ujemnych temperaturach powietrza zewnętrznego.

Pompa ciepła może pobierać ciepło powietrza jako dolnego źródła w temperaturze do około $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Jednak im niższa temperatura dolnego źródła, tym niższy jest współczynnik efektywności energetycznej. Rozwiązaniem w tej sytuacji jest połączenie pompy ciepła z drugą wytwornicą ciepła, która wspomaga pompę ciepła w trakcie krótkiej, najzimniejszej pory roku.

Dużą zaletą pomp ciepła powietrze-woda jest prosty montaż. Nie są wymagane prace ziemne ani odwierty studzienne.



Pompy ciepła – podstawy

Woda jako dolne źródło

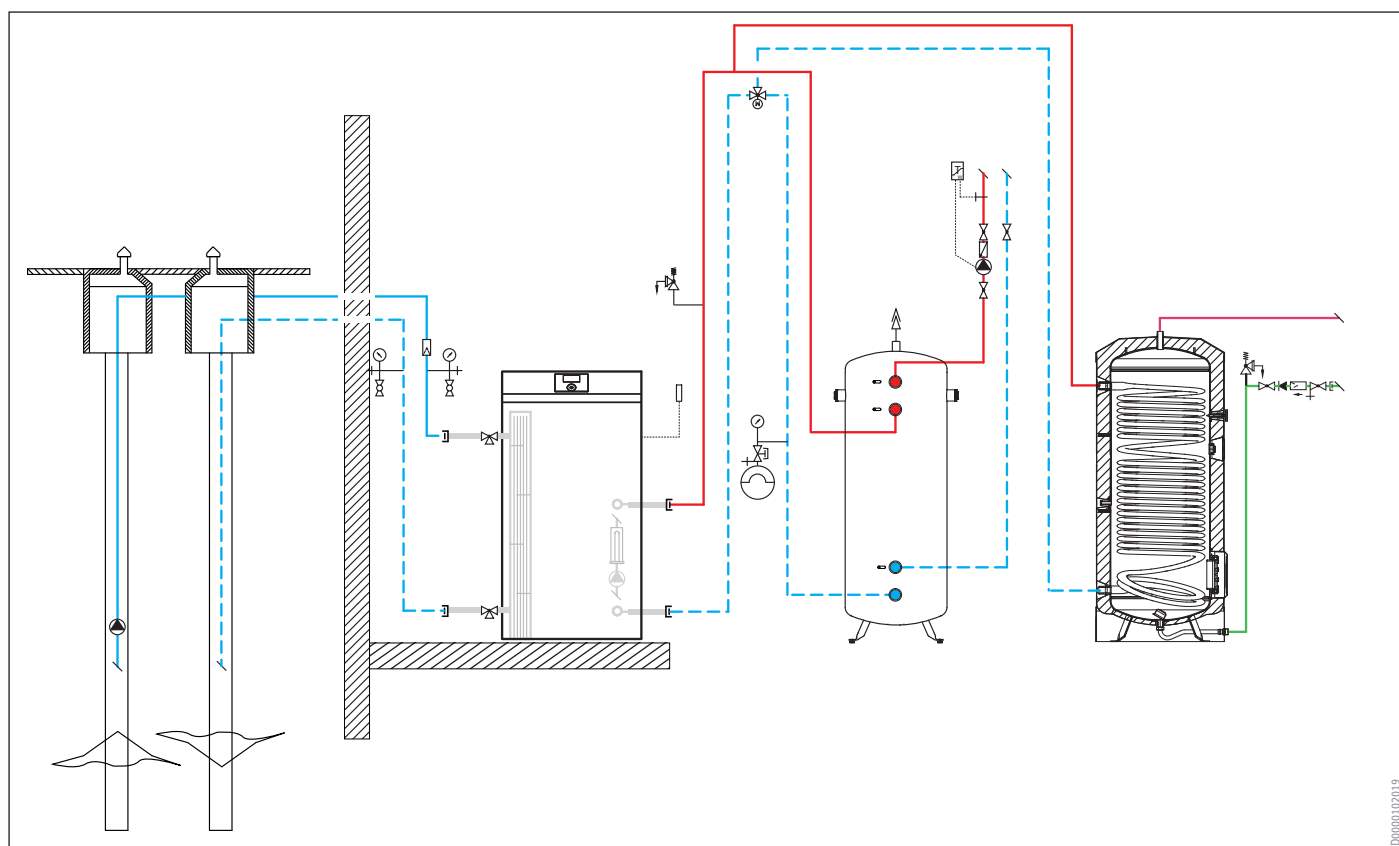
Woda jako dolne źródło

Wody gruntowe są dobrym zasobnikiem energii ciepła słonecznego. Nawet w najzimniejsze zimowe dni woda ze studni utrzymuje stałą temperaturę o wartości od $+7\text{ °C}$ do $+12\text{ °C}$.

Dzięki stałemu poziomowi temperatury tego dolnego źródła współczynnik efektywności energetycznej pompy ciepła jest praktycznie taki sam przez cały rok.

Niestety nie wszędzie dostępne są wody gruntowe w wystarczającej ilości i odpowiedniej jakości. Warunkiem wykorzystania ciepła jest posiadanie jednej studni ssawnej i jednej studni chłonnej.

W Niemczech pozwolenie na korzystanie z wód podziemnych wydaje odpowiedni urząd.



Pompy ciepła – podstawy

Kolektor gruntowy jako dolne źródło

Ziemia z kolektorem gruntowym jako dolne źródło

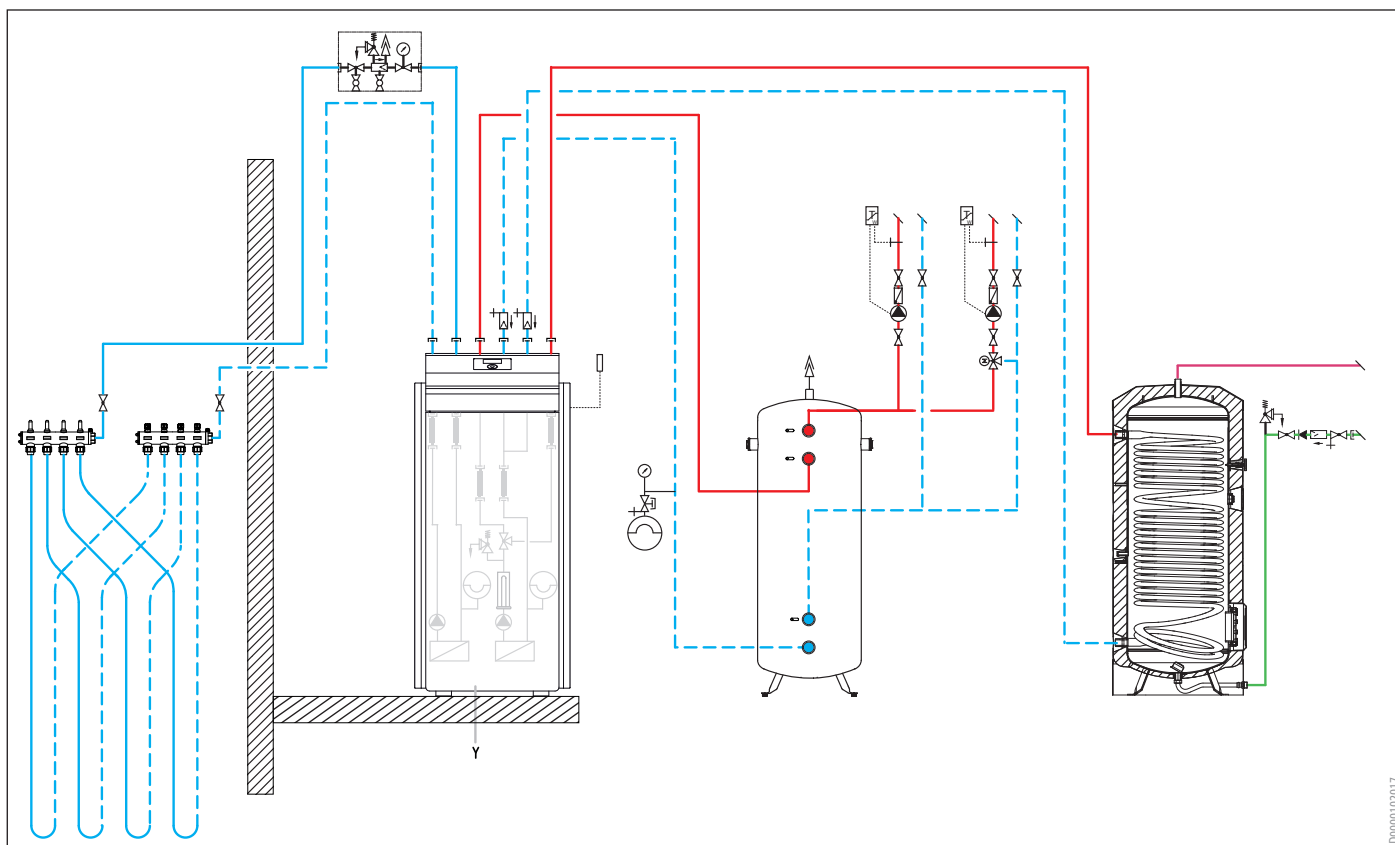
W Europie Środkowej grunt na głębokości ok. 1,20 – 1,50 m jest nawet w zimne zimowe dni wystarczająco ciepły, aby w optymalny sposób eksploatować pompy ciepła.

Do montażu kolektora gruntowego wymagana jest odpowiednio duża powierzchnia gruntu na rurociąg, który będzie wchłaniał ciepło gruntu. Powierzchnia gruntu musi być około dwu- lub trzykrotnie większa niż powierzchnia mieszkalna do ogrzania.

Moc pobierana przez kolektor gruntowy wynosi od 10 do 15 W/m² z suchej, piaszczystej gleby i do 40 W/m² z warstwy wodonośnej gleby.

Przez rury przepływa przyjazna dla środowiska mieszanka solankowa, która nie zamarza i przekierowuje pobrane ciepło do parownika pompy ciepła.

Mając dostatecznie dużą powierzchnię gruntu, dysponuje się niewyczerpalnymi zasobami energii do zasilania pompy ciepła solanka-woda.



Pompy ciepła – podstawy

Pionowa sonda gruntowa jako dolne źródło

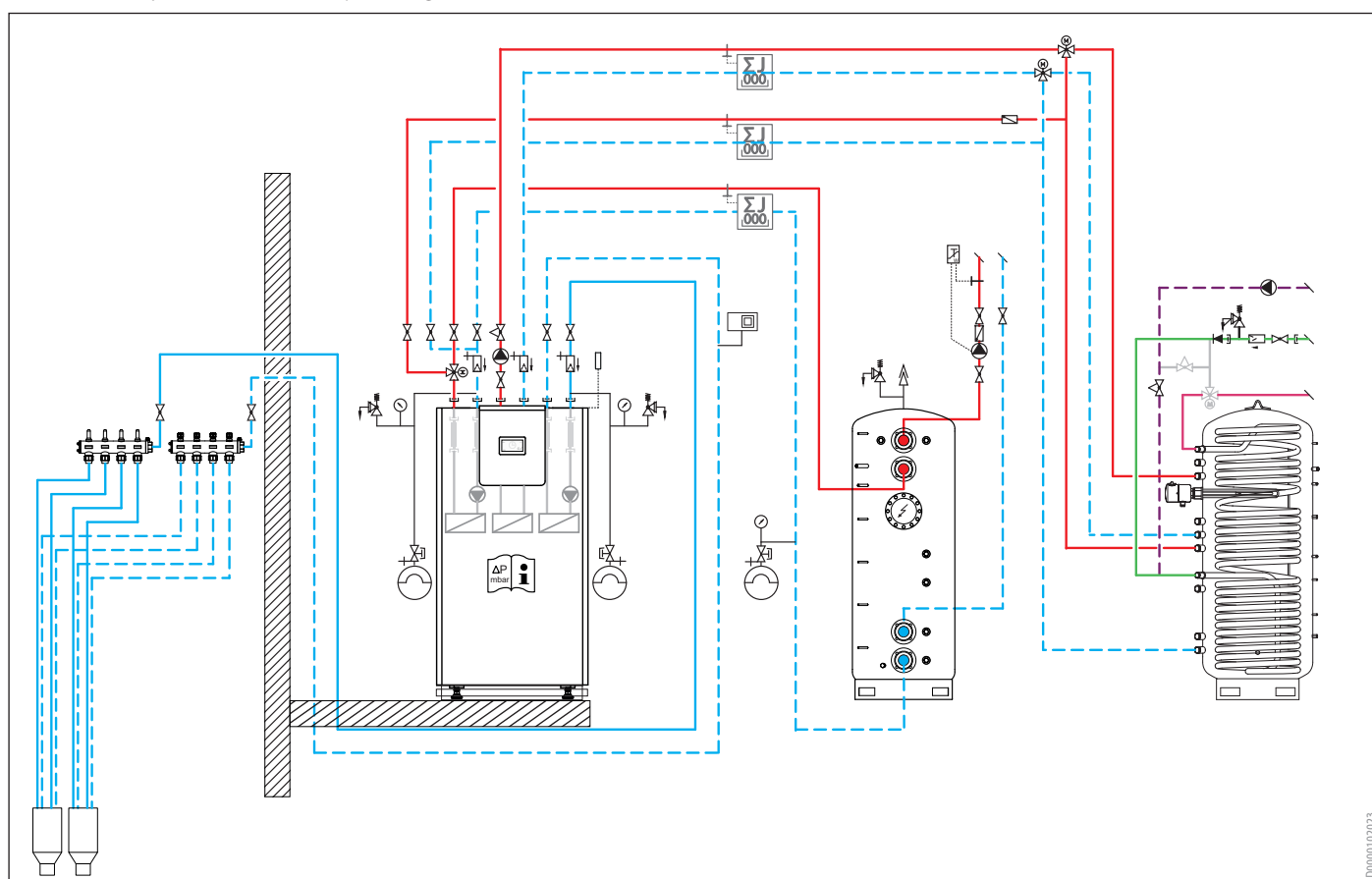
Ziemia z instalacją pionowych sond gruntowych jako dolne źródło

Pionowe sondy gruntowe wymagają mniejszej powierzchni gruntu. Za pomocą narzędzia wiertniczego umieszcza się je w gruncie na głębokości maks. do ok. 100 metrów.

Pionowe sondy gruntowe składają się z głowicy sondy i pionowych rur z tworzywa sztucznego. W rurociągu z tworzywa sztucznego krąży mieszanka solankowa, która pobiera ciepło z gruntu.

Moc pobierana zależy od właściwości podłoża i wynosi od ok. 30 do 100 W na metr bieżący pionowej sondy gruntowej. W zależności od pompy ciepła i właściwości podłoża w jedną instalację dolnego źródła łączy się kilka pionowych sond gruntowych.

W Niemczech instalacje tego typu muszą zostać zgłoszone i ew. zatwierdzone przez nadzór wodny niższego szczebla.



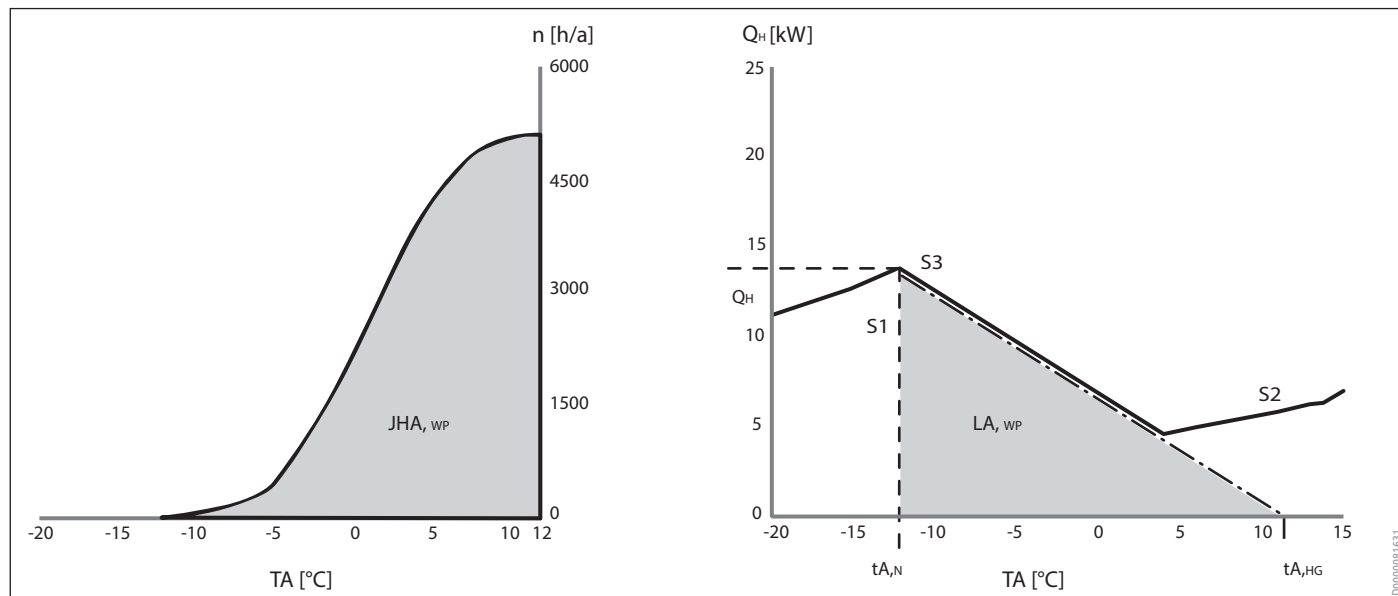
Pompy ciepła – podstawy

Tryby pracy

Tryb monowalentny

Pompa ciepła jest jedyną wytwornicą ciepła grzewczego. Pompa ciepła pokrywa całe obciążenie cieplne budynku i przygotowania CWU. Ten tryb pracy nadaje się do wszystkich niskotemperaturowych systemów ogrzewania o temperaturze zasilania maks. 60 °C. Projekt umożliwiający osiągnięcie obliczonej wartości musi

uwzględniać maksymalną temperaturę zasilania przy minimalnej temperaturze dolnego źródła. Monowalentny tryb pracy jest typowym rozwiązaniem w przypadku pomp ciepła, których źródłem energii jest solanka lub woda.



JHA_{WP}	Roczna praca grzewcza pompy ciepła
JHA_{2WE}	Roczna praca grzewcza drugiej wytwornicy ciepła
A	Punkt wyłączenia
B	Punkt biwalentny
TA	Temperatura zewnętrzna
tA_B	Temperatura zewnętrzna w punkcie biwalentnym/wyłączenia w °C
t1	Czas działania pompy ciepła
t2	Czas działania drugiej wytwornicy ciepła
n	Sumaryczna częstotliwość temperatury zewnętrznej
S1	Warunki projektowe
S2	Moc pompy ciepła

S3	Obciążenie grzewcze budynku
A	Punkt wyłączenia
B	Punkt biwalentny
LA_{WP}	Udział mocy pompy ciepła
LA_{2WE}	Udział mocy drugiej wytwornicy ciepła
tA_{HG}	Temperatura zewnętrzna na granicy ogrzewania w °C
tA_N	Normatywna temperatura zewnętrzna w °C
tA_B	Temperatura zewnętrzna w punkcie biwalentnym/wyłączenia w °C
TA	Temperatura zewnętrzna
Q_H	Obciążenie grzewcze budynku przy normatywnej temperaturze zewnętrznej w kW

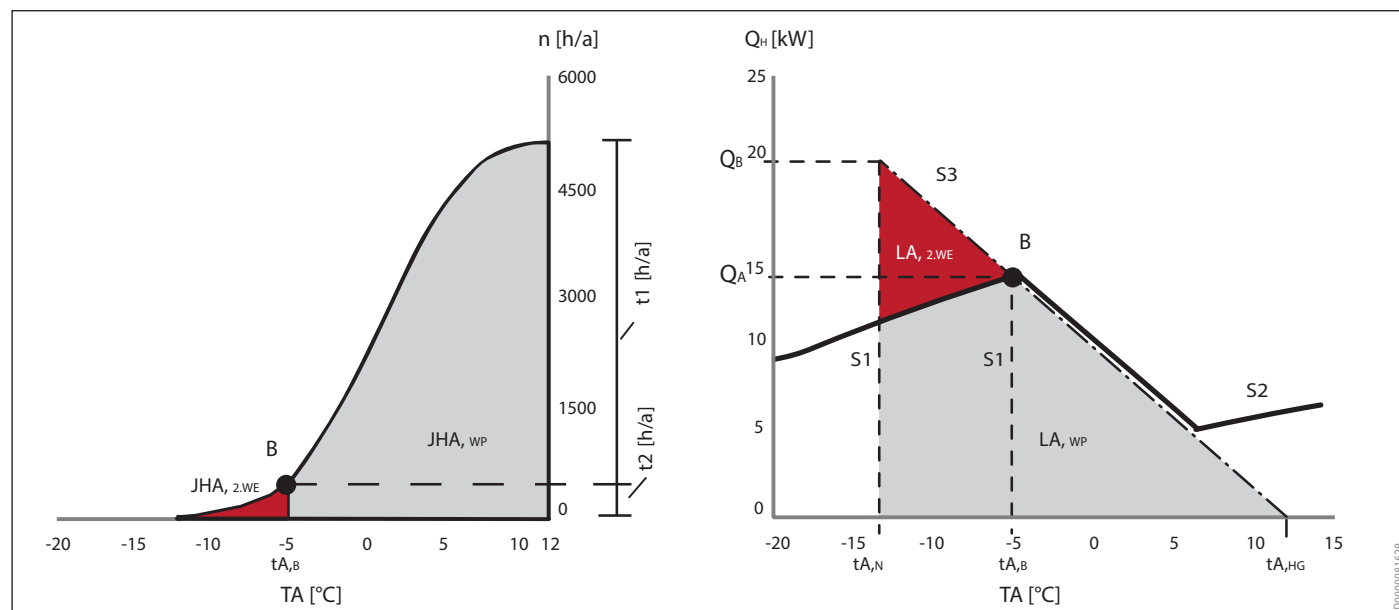
Pompy ciepła – podstawy

Tryby pracy

Tryb biwalentny równoległy / monoenergetyczny

Szczytowe zapotrzebowania na moc w zimie są pokrywane nie tylko przez pompę ciepła, ale z udziałem elektrycznego ogrzewania awaryjnego/dodatkowego. Obie wytwornice ciepła pracują wtedy równolegle. Udział pompy ciepła w wytwarzaniu mocy w wymiarze rocznym jest wyższy niż w przypadku trybu biwalentnego alternatywnego.

Ten tryb pracy nadaje się do systemów ogrzewania podłogowego i grzejników do maksymalnej temperatury zasilania pompy ciepła.



JHA_{WP}	Roczna praca grzewcza pompy ciepła
JHA_{2WE}	Roczna praca grzewcza drugiej wytwornicy ciepła
A	Punkt wyłączenia
B	Punkt biwalentny
T_A	Temperatura zewnętrzna
t_B	Temperatura zewnętrzna w punkcie biwalentnym/wyłączenia w °C
t_1	Czas działania pompy ciepła
t_2	Czas działania drugiej wytwornicy ciepła
n	Sumaryczna częstotliwość temperatury zewnętrznej

S1	Warunki projektowe
S2	Moc pompy ciepła
S3	Obciążenie grzewcze budynku
A	Punkt wyłączenia
B	Punkt biwalentny
LA_{WP}	Udział mocy pompy ciepła
LA_{2WE}	Udział mocy drugiej wytwornicy ciepła
$t_{A,HG}$	Temperatura zewnętrzna na granicy ogrzewania w °C
$t_{A,N}$	Normatywna temperatura zewnętrzna w °C
$t_{A,B}$	Temperatura zewnętrzna w punkcie biwalentnym/wyłączenia w °C
T_A	Temperatura zewnętrzna
Q_H	Obciążenie grzewcze budynku przy normatywnej temperaturze zewnętrznej w kW

Udział pokrycia według niemieckiej normy DIN 4701-10

Udział pokrycia α_{Ha} przy biwalentnym równoległym trybie pracy

Punkt biwalentny T_E	°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Udział pokrycia		1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,90	0,87	0,83	0,77	0,70	0,61
zapotrzebowania																	

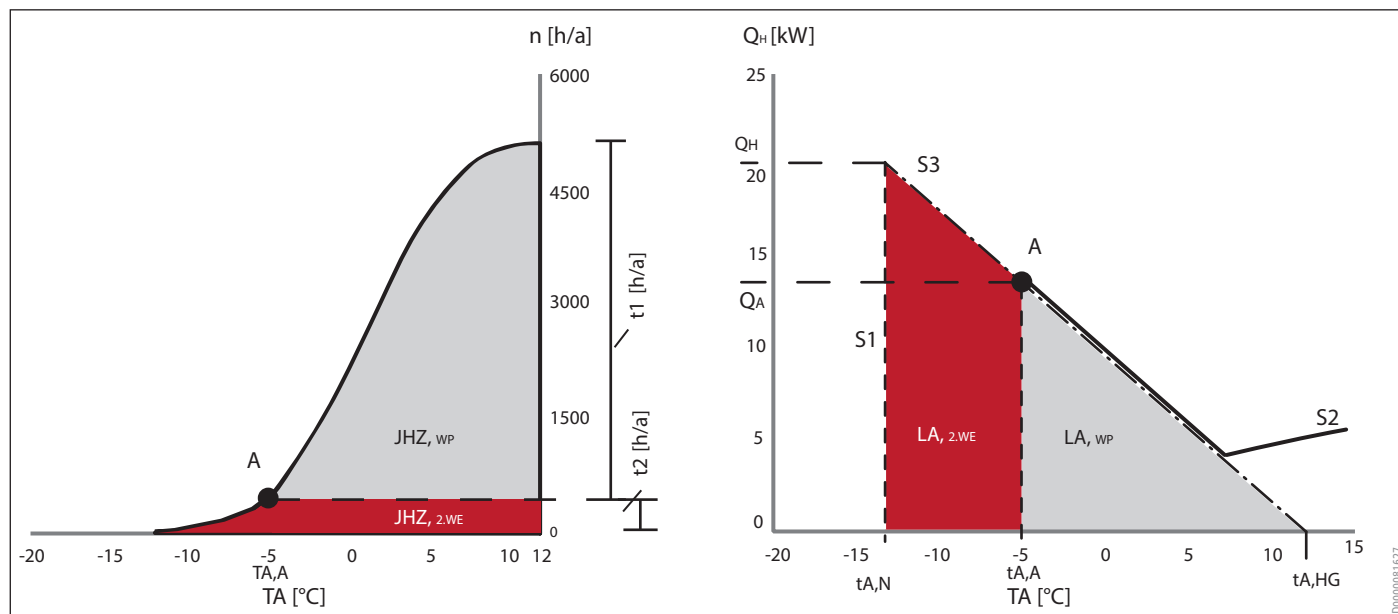
Pompy ciepła – podstawy

Tryb pracy

Tryb biwalentny alternatywny

Pompa ciepła dostarcza całe ciepło grzewcze, dopóki temperatura zewnętrzna nie osiągnie wartości wyznaczonej przez wyspecjalizowanego instalatora. Wyznaczona temperatura zewnętrzna jest nazywana punktem biwalentnym. Gdy temperatura spada poniżej

punktu biwalentnego, pompa ciepła wyłącza się, a ogrzewanie przejmuje druga wytwornica ciepła. Ten tryb pracy jest możliwy we wszystkich systemach ogrzewania o temperaturze zasilania powyżej 60 °C.



JH_{WP}	Roczna praca grzewcza pompy ciepła
JH_{2WE}	Roczna praca grzewcza drugiej wytwornicy ciepła
A	Punkt wyłączenia
B	Punkt biwalentny
TA	Temperatura zewnętrzna
$t_{A,B}$	Temperatura zewnętrzna w punkcie biwalentnym/wyłączenia w °C
t1	Czas działania pompy ciepła
t2	Czas działania drugiej wytwornicy ciepła
n	Sumaryczna częstotliwość temperatury zewnętrznej

S1	Warunki projektowe
S2	Moc pompy ciepła
S3	Obciążenie grzewcze budynku
A	Punkt wyłączenia
B	Punkt biwalentny
LA_{WP}	Udział mocy pompy ciepła
LA_{2WE}	Udział mocy drugiej wytwornicy ciepła
$t_{A,HG}$	Temperatura zewnętrzna na granicy ogrzewania w °C
$t_{A,N}$	Normatywna temperatura zewnętrzna w °C
$t_{A,B}$	Temperatura zewnętrzna w punkcie biwalentnym/wyłączenia w °C
TA	Temperatura zewnętrzna
Q_H	Obciążenie grzewcze budynku przy normatywnej temperaturze zewnętrznej w kW

Udział pokrycia według niemieckiej normy DIN 4701-10

Udział pokrycia α_{Ha} przy biwalentnym alternatywnym sposobie pracy

Punkt biwalentny T_U	°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Udział pokrycia zapotrzebowania		0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,87	0,83	0,78	0,71	0,64	0,55	0,46	0,37	0,28	0,19

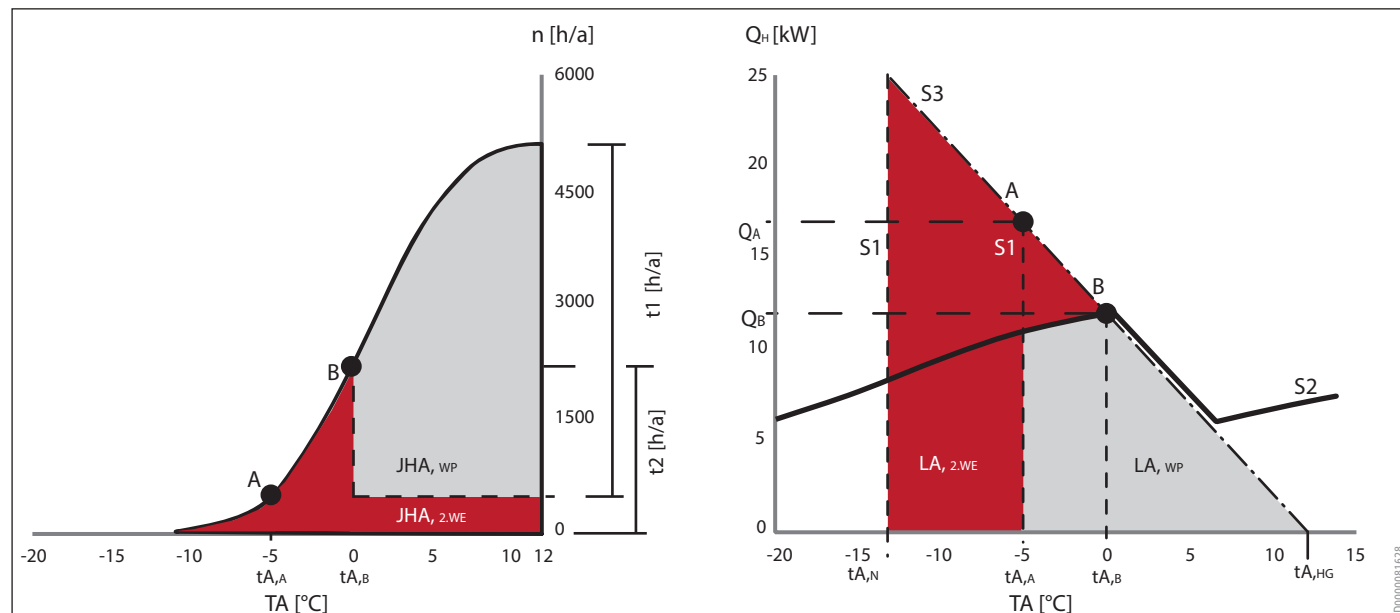
Pompy ciepła – podstawy

Tryby pracy

Tryb biwalentny częściowo równoległy

Do wyznaczonej temperatury zewnętrznej pompa ciepła sama wytwarza niezbędne ciepło. Wyznaczona temperatura zewnętrzna jest nazywana punktem biwalentnym. Gdy temperatura spadnie poniżej tej wartości, dodatkowo załączana jest druga wytwornica ciepła. Gdy temperatura zasilania przestaje być wystarczająca,

pompa ciepła jest wyłączana. Druga wytwornica ciepła przejmuje wytwarzanie całej mocy grzewczej. Ten tryb pracy nadaje się do wszystkich systemów ogrzewania o temperaturze zasilania powyżej 60 °C.



JHA_{WP}	Roczna praca grzewcza pompy ciepła
JHA_{2WE}	Roczna praca grzewcza drugiej wytwornicy ciepła
A	Punkt wyłączenia
B	Punkt biwalentny
TA	Temperatura zewnętrzna
tA_B	Temperatura zewnętrzna w punkcie biwalentnym/wyłączenia w °C
t1	Czas działania pompy ciepła
t2	Czas działania drugiej wytwornicy ciepła
n	Sumaryczna częstotliwość temperatury zewnętrznej

S1	Warunki projektowe
S2	Moc pompy ciepła
S3	Obciążenie grzewcze budynku
A	Punkt wyłączenia
B	Punkt biwalentny
LA_{WP}	Udział mocy pompy ciepła
LA_{2WE}	Udział mocy drugiej wytwornicy ciepła
tA_{HG}	Temperatura zewnętrzna na granicy ogrzewania w °C
tA_N	Normatywna temperatura zewnętrzna w °C
tA_B	Temperatura zewnętrzna w punkcie biwalentnym/wyłączenia w °C
TA	Temperatura zewnętrzna
Q_H	Obciążenie grzewcze budynku przy normatywnej temperaturze zewnętrznej w kW

Pompy ciepła – podstawy

Tryb biwalentny

Eksploatacja z wykorzystaniem istniejącego kotła

Większość budynków może być zasilana przez jedną pompę ciepłą w trybie monoenergetycznym.

W szczególnych przypadkach może być korzystne przejściowe włączenie biwalentnego trybu działania. Jeżeli w perspektywie średnioterminowej planowana jest modernizacja energetyczna, to przy wymianie istniejącego kotła można zainstalować pompę ciepła o niższej mocy. Stary kocioł użytkowany będzie do czasu przeprowadzenia modernizacji. Po modernizacji wymiarowanie pompy ciepła będzie wystarczające do zapewnienia ogrzewania budynku i przygotowania CWU.

Ponadto względy ekonomiczne mogą przemawiać za tym, aby zmniejszyć stopień pokrycia pompą ciepła na korzyść innej wytwornicy ciepła. Może to być np. korzystne w przypadku wysokich temperatur zasilania i odpowiedniej struktury cen energii w danym kraju.

Podłączenie hydrauliczne

Instalacje biwalentne ze starym ogrzewaniem montowane są pod względem hydraulicznym w taki sposób, że stare ogrzewanie może zostać później zdemontowane bez konieczności opróżniania całej instalacji.

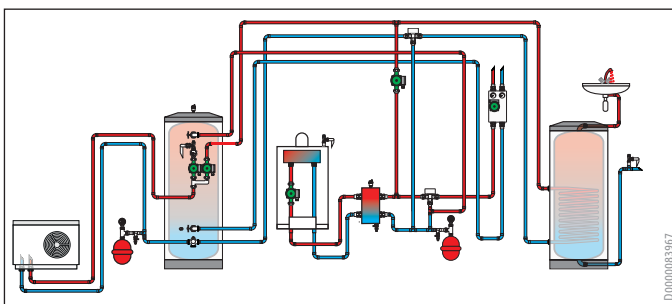
Po demontażu starego ogrzewania instalacja pompy ciepła pracować będzie w trybie monoenergetycznym.

Podłączenie elektryczne

Zależnie od technicznych warunków podłączenia wydanych przez właściwego dostawcę energii pompa ciepła może być podłączona do własnego licznika energii elektrycznej. W tym przypadku może być konieczne stworzenie możliwości sterowania, np. za pomocą odbiornika sterowania okrężnego.

W zależności od dostawcy energii wymagane jest w tym celu jedno lub dwa dodatkowe miejsca na licznik w domowej skrzynce przyłączeniowej. Dopasowanie techniczne i zgłoszenie muszą nastąpić w porozumieniu z dostawcą energii.

W starych domowych skrzynkach rozdzielczych zazwyczaj nie ma miejsca np. na licznik lub bezpieczniki. Dotychczas używane domowe skrzynki rozdzielcze muszą zostać wymienione na nowe lub musi zostać zamontowana dodatkowa skrzynka przyłączeniowa.



Notatki

Pompy ciepła – podstawy

Zbiór wzorów

Ilość ciepła

$$Q = m * c * (t_2 - t_1)$$

Q	Ilość ciepła [Wh]
m	Ilość wody [kg]
c	Ciepło właściwe Wh/kgK [1,163 Wh/kgK]
t ₁	Temperatura zimnej wody [°C]
t ₂	Temperatura ciepłej wody użytkowej [°C]

Moc grzewcza

$$Q = A * k * \Delta\theta$$

Q	Moc grzewcza [W]
A	Powierzchnia [m ²]
k	Wskaźnik przenikania ciepła [W/m ² K]
Δθ	Różnica temperatur [K]

Liczba k

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}}$$

k	Liczba k [W/m ² K]
α _i	Współczynnik przenikania ciepła, wewnątrz [W/m ² K]
α _a	Współczynnik przenikania ciepła, na zewnątrz [W/m ² K]
λ	Przewodność cieplna [W/mK]

Moc przyłączeniowa

$$P = \frac{m * c * (t_2 - t_1)}{T * \eta}$$

P	Moc przyłączeniowa [W]
m	Ilość wody [kg]
c	Ciepło właściwe [Wh/kgK]
t ₁	Temperatura zimnej wody [°C]
t ₂	Temperatura ciepłej wody użytkowej [°C]
T	Czas nagrzewania [h]
η	Współczynnik sprawności

Charakterystyka sieci kanałów

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2$$

Δp ₁	Różnica ciśnień [Pa]
Δp ₂	Różnica ciśnień [Pa]
V ₁	Natężenie przepływu [m ³ /h]
V ₂	Natężenie przepływu [m ³ /h]

Czas nagrzewania

$$T = \frac{m * c * (t_2 - t_1)}{P * \eta}$$

T	Czas nagrzewania [h]
m	Ilość wody [kg]
c	Ciepło właściwe [Wh/kgK]
t ₁	Temperatura zimnej wody [°C]
t ₂	Temperatura ciepłej wody użytkowej [°C]
P	Moc przyłączeniowa [W]
η	Współczynnik sprawności

Strata ciśnienia

$$\Delta p = L * R + Z$$

Δp	Różnica ciśnień [Pa]
R	Opór tarcia rury
L	Długość rury [m]
Z	Strata ciśnienia pojedynczych oporów [Pa]

Opór miejscowy

$$Z = \sum Z * \frac{\zeta}{2} * v^2$$

Z	Współczynnik oporu
ζ	Współczynnik oporu „Z” można odczytać z tabel na podstawie sumy „z” i prędkości w rurociągu.
v	Gęstość
v	Prędkość przepływu [m/s]

Obciążenie cieplne – w przybliżeniu

$$Q_N = \frac{B_a}{250}$$

Temperatura wody zmieszanej

$$t_m = \frac{(m_1 * t_1) + (m_2 * t_2)}{(m_1 + m_2)}$$

t _m	Temperatura wody zmieszanej [°C]
t ₁	Temperatura zimnej wody [°C]
t ₂	Temperatura ciepłej wody użytkowej [°C]
m ₁	Ilość zimnej wody [kg]
m ₂	Ilość ciepłej wody [kg]

Ilość wody mieszanej

$$m_m = \frac{m_2 * (t_2 - t_1)}{t_m - t_1}$$

m_m	Ilość wody mieszanej [kg]
m_1	Ilość zimnej wody [kg]
m_2	Ilość ciepłej wody [kg]
t_m	Temperatura wody mieszanej [°C]
t_1	Temperatura zimnej wody [°C]
t_2	Temperatura ciepłej wody użytkowej [°C]

Ilość ciepłej wody

$$m_2 = \frac{m_m * (t_m - t_1)}{t_2 - t_1}$$

m_m	Ilość wody mieszanej [kg]
m_1	Ilość zimnej wody [kg]
m_2	Ilość ciepłej wody [kg]
t_m	Temperatura wody mieszanej [°C]
t_1	Temperatura zimnej wody [°C]
t_2	Temperatura ciepłej wody użytkowej [°C]

Obciążenie cieplne – w przybliżeniu według zużycia oleju opałowego lekkiego

$$Q_N = \frac{B_a * \eta * H_u}{b_{vH}}$$

Q_N	Obciążenie cieplne [kW]
B_a	Roczne zużycie oleju opałowego lekkiego [l]. Średnie zużycie ostatnich 5 lat minus 75 litrów oleju opałowego lekkiego na osobę do przygotowania CWU
η	Roczny współczynnik wykorzystania ($\eta = 0,7$)
H_u	Wartość opałowa oleju opałowego lekkiego (10 kWh/l)
b_{vH}	Godziny pełnego użytkowania (wartość średnia 1800 h/rok)

Obliczanie poziomu ciśnienia akustycznego z poziomu mocy akustycznej

$$L_{pA} = L_{wA} + 10 \log_{10} \left[\frac{Q}{(4 * \pi * d^2)} \right]$$

L_{pA}	Poziom ciśnienia akustycznego według charakterystyki korekcyjnej A w dB(A)
L_{wA}	Poziom mocy akustycznej według charakterystyki korekcyjnej A w dB(A)
Q	Współczynnik korekty
d	Odległość w m

Pompy ciepła – podstawy

Przepisy i normy – montaż

Postanowienia ogólne

Podczas projektowania, montażu i eksploatacji instalacji grzewczych z pompami ciepła muszą zostać uwzględnione krajowe regulacje, normy, przepisy i rozporządzenia.

Wyspecjalizowany instalator

Posadowienie, montaż, nastawienie i pierwsze uruchomienie instalacji pompy ciepła musi zostać przeprowadzone przez wyspecjalizowanego instalatora.

Montaż i uruchomienie musi zostać wykonane z poszanowaniem odpowiednich uzgodnień i przepisów.

Podłączenie elektryczne pompy ciepła musi zostać zatwierdzone przez odpowiedni zakład energetyczny i wykonane przez wyspecjalizowanego instalatora. W razie potrzeby instalator składa też odpowiedni wniosek do zakładu energetycznego.

Ustawy regulujące korzystanie z dolnych źródeł

Korzystanie z ciepła występującego w środowisku podlega częściowo regulacjom ustawowym. Regulacje te mają zapewniać, aby inne interesy prywatne i publiczne nie zostały naruszone oraz aby te działania nie powodowały żadnego negatywnego oddziaływania na środowisko. Należy stosować się do przepisów obowiązujących w danym kraju.

Wody gruntowe jako dolne źródło

W Niemczech wydobycie wód gruntowych jako dolnego źródła pompy ciepła i odprowadzanie schłodzonej wody gruntowej wymaga pozwolenia.

Grunt jako dolne źródło

Pobieranie ciepła przez umieszczone w podłożu rurociągi, wypełnione środkiem do transportu ciepła, zgodnie z niemieckimi przepisami ustawy o gospodarce wodnej zazwyczaj wymaga zgłoszenia lub pozwolenia wodnoprawnego.

W Niemczech ułożenie kolektora gruntowego w wodach podziemnych może wymagać pozwolenia.

Zalecamy uzyskanie informacji we właściwym nadzorze wodnym na etapie projektowania instalacji.

Powietrze zewnętrzne jako dolne źródło

Korzystanie z powietrza zewnętrznego jako dolnego źródła nie podlega żadnym regulacjom ustawowym.

Niekorzystne skierowanie wywiewu schłodzonego powietrza może być uciążliwe dla sąsiadów.

Niemcy: Federalna ustawa o ochronie przed imisjami (BImSchG)

W rozumieniu federalnej ustawy o ochronie przed imisjami pompy ciepła nie są instalacjami wymagającymi pozwolenia.

Instalacje pompy ciepła muszą być tak wykonane i eksploatowane, aby wywoływały jak najmniejsze uciążliwości.

Niemcy: Niemiecka instrukcja techniczna dot. ochrony przed hałasem (TA-Lärm)

W zakresie hałasu emitowanego przez instalacje pomp ciepła muszą być przestrzegane przepisy instrukcji technicznej dotyczącej ochrony przed hałasem. W tabeli umieszczonej w tej instrukcji wymieniono poziomy ciśnienia akustycznego, które stanowią orientacyjne wartości emisji dla pomieszczenia mieszkalnego. Te orientacyjne wartości emisji różnią się w zależności od pobliskiej zabudowy.

Niemcy: Arkusze niemieckich norm DIN

- » Niemiecka norma DIN V 18599 Ocena energetyczna budynków
- » Europejska norma DIN EN 12831 Instalacje grzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego
- » Niemiecka norma DIN 4109 Ochrona akustyczna w budynkach
- » Niemiecka norma DIN 8901 Instalacje chłodnicze i pompy ciepła. Ochrona gruntu, wód gruntowych i powierzchniowych. Wymogi dotyczące bezpieczeństwa technicznego i ochrony środowiska i kontrola

Pompy ciepła – podstawy

Przepisy i normy – projektowanie

Niemcy: Wytyczne niemieckiego VDI

- » Wytyczne niemieckiego VDI 2067 Opłacalność instalacji wyposażenia technicznego budynków
- » Wytyczne niemieckiego VDI 2715 Redukcja hałasu w instalacjach grzewczych z ciepłą i gorącą wodą
- » Wytyczne niemieckiego VDI 4640-2 Termiczne wykorzystanie podłoża. Gruntowe instalacje pomp ciepła
- » Wytyczne niemieckiego VDI 4650 Obliczenia dotyczące pomp ciepła. Krótka metoda obliczeniowa do rocznych współczynników efektywności energetycznej instalacji pomp ciepła
- » Niemiecka norma VDI 2078 Obliczanie obciążenia chłodniczego pomieszczeń klimatyzowanych
- » Niemiecka norma VDI 4645 Instalacje grzewcze z pompami ciepła w domach jedno- i wielorodzinnych

Niemcy: Postanowienia dotyczące gospodarki wodnej

- » Europejska norma DIN EN 806 Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi
- » Niemiecka norma DIN 4708-1 Centralne instalacje do ogrzewania wody – część 1: pojęcia i podstawy obliczeń
- » Europejska norma DIN EN 378 Instalacje chłodnicze i pompy ciepła. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska
- » Europejska norma DIN EN 14511-1 do 4 Klimatyzatory, ziębniarki cieczy i pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym, do grzania i ziębienia. Część 1: terminy i definicje, część 2: warunki badań, część 3: metody badań, część 4: Wymogi
- » Europejska norma DIN EN 12828 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Projektowanie wodnych systemów instalacji ogrzewczych
- » Niemieckie przepisy techniczne TRD 721 Urządzenia zabezpieczające przed przekroczeniem ciśnienia; zawory bezpieczeństwa dla kotłów parowych grupy II
- » Arkusz roboczy niemieckiego DVGW W 101 Wytyczne dla obszarów objętych ochroną wody użytkowej, część 1: obszary ochrony wód gruntowych
- » Arkusz roboczy niemieckiego DVGW W 501 Instalacje do ogrzewania i transportu wody użytkowej. Środki techniczne w celu redukcji przyrostu bakterii legionelli – Projektowanie, tworzenie, eksploatacja i modernizacja instalacji wody użytkowej

Niemcy: Postanowienia dotyczące elektryki

- » Postanowienie niemieckiego VDE 0100 Postanowienia dotyczące wykonywania instalacji elektroenergetycznych do 1000 V
- » Postanowienie niemieckiego VDE 0105 Postanowienia dotyczące eksploatacji instalacji elektroenergetycznych
- » Postanowienie niemieckiego VDE 0700 Bezpieczeństwo urządzeń elektrycznych do użytku domowego i podobnych celów

Niemcy: Przepisy BHP naczelnego związku branżowych zakładów ubezpieczeń w Niemczech

- » Dekret ustawy federalnej BGV D4 Przepisy BHP dotyczące instalacji chłodniczych, pomp ciepła i urządzeń chłodzących

Dodatkowe normy i przepisy dotyczące biwalentnych instalacji pomp ciepła

W przypadku instalacji dodatkowego paleniska zasilanego paliwem stałym, ciekłym lub gazowym należy przestrzegać następujących norm, przepisów i rozporządzeń:

Niemcy: Niemieckie rozporządzenie w sprawie palenisk

- » Niemieckie rozporządzenie w sprawie palenisk FeuVo część II, § 4, ust. 2, ust. 4
- » Europejska norma DIN EN 267 Palniki automatyczne z wentylatorem na paliwo ciekłe – Reguła techniczna instalacji – Kontrola

Niemcy: Zasady bezpieczeństwa

- » Niemiecka norma DIN 4787 Nadmuchowe palniki olejowe. Pojęcia, wymogi bezpieczeństwa. Kontrola, oznakowanie
- » Europejska norma DIN EN 12285-1 Zbiorniki stalowe – Część 1: Podziemne poziome, cylindryczne zbiorniki o pojedynczych lub podwójnych ściankach do magazynowania palnych i niepalnych zanieczyszczeń wody
- » Europejska norma DIN EN 12285-2 Zbiorniki stalowe – Część 2: Naziemne poziome, cylindryczne zbiorniki o pojedynczych lub podwójnych ściankach do magazynowania palnych i niepalnych zanieczyszczeń wody
- » Niemiecka norma DIN 6618-1 Naziemne pionowe zbiorniki ze stali o pojedynczych ściankach do magazynowania palnych i niepalnych zanieczyszczeń wody
- » Niemiecka norma DIN 6619-1 Podziemne pionowe zbiorniki ze stali o pojedynczych ściankach do magazynowania palnych i niepalnych zanieczyszczeń wody
- » Niemiecka norma DIN 6620-1 Naziemne zbiorniki na baterie ze stali do magazynowania palnych cieczy klasy zagrożenia A III
- » Niemiecka norma DIN 6625-1 Naziemne zbiorniki ze stali wykonane na miejscu do magazynowania palnych zanieczyszczeń wody klasy zagrożenia A III i niepalnych zanieczyszczeń wody
- » Niemiecka norma DIN 18160-1 Systemy odprowadzania spalin
- » Niemiecka norma DIN 18381 Znormalizowane warunki zlecenia i wykonywania robót budowlanych (VOB). Część C: ogólne niemieckie techniczne warunki wykonywania robót budowlanych (ATV). Instalacje gazowe, wodne i odwadniające wewnątrz budynków

Niemcy: Niemieckie wytyczne DVGW (arkusze robocze DVGW)

- » Niemieckie reguły techniczne TRF 1996 Zasady techniczne dotyczące gazu płynnego
- » G 430 Niemieckie wytyczne dotyczące ustawiania i eksploatacji niskociśnieniowych butli gazowych
- » G 600 Niemieckie zasady techniczne dotyczące instalacji gazowych
- » G 626 Niemieckie zasady techniczne dotyczące mechanicznego odprowadzania spalin dla palenisk gazowych zależnych od powietrza w pomieszczeniu w systemach odprowadzania spalin i centralnych instalacjach odpowietrzających
- » G 666 Niemieckie wytyczne dotyczące współpracy pomiędzy zakładami gazowniczymi a zaangażowanymi firmami wykonującymi instalacje

Pompy ciepła – podstawy

Obliczanie obciążenia cieplnego

Projektowe obciążenie cieplne budynku

Projektowym obciążeniem cieplnym pomieszczenia lub budynku nazywana jest moc grzewcza, która musi zostać dostarczona do pomieszczenia lub budynku przy normatywnej temperaturze zewnętrznej (temperatura obliczeniowa) w celu uzyskania normatywnej temperatury wewnętrznej lub uzgodnionej temperatury pomieszczenia.

Projektowe obciążenie cieplne jest własnością pomieszczenia lub budynku. Projektowe obciążenie cieplne jest podstawą doboru wytwornicy ciepła, systemów przekazywania ciepła oraz oceny zużycia energii.

Systemy przekazywania ciepła mogą być wykonane w formie grzejników lub ogrzewania podłogowego albo ich połączenia.

Projektowe obciążenie cieplne jest sumą przepływu ciepła wskutek przewodzenia ciepła przez otaczające powierzchnie (transmisja) i przepływu ciepła do nagrzewania wnikaającego powietrza zewnętrznego (wentylacyjne obciążenie cieplne).

W Niemczech projektowe obciążenie cieplne jest obliczane zgodnie z Europejską normą DIN EN 12831.

Wynik obliczenia jest podstawą wymiarowania systemu pomp ciepła.

Zarówno przewymiarowanie, jak i niedomiarowanie instalacji pomp ciepła jest nieekonomiczne i technicznie niekorzystne dla systemu.

Zalecamy przeprowadzenie zawsze dokładnego obliczenia projektowego obciążenia cieplnego.

Do przybliżonego doboru np. systemów biwalentnych, nadają się znane poziomy zużycia paliwa.

Według ogrzewanej powierzchni mieszkalnej

W tabeli przedstawione są przybliżone wartości właściwego obciążenia cieplnego na m² ogrzewanej powierzchni mieszkalnej.

$$Q_N = \text{powierzchnia mieszkalna} * W/m^2$$

Dom jedno- lub dwurodzinny (stare/istniejące budownictwo)

Izolacja termiczna ścian zewnętrznych	Okna	Piętra	Wat na m ² powierzchni mieszkalnej
Nie	Oszklenie pojedyncze	1	160
Nie	Oszklenie pojedyncze	2	140
Nie	Oszklenie podwójne	1 - 2	100
Tak	Oszklenie podwójne	1 - 2	80
Tak	Szyba izolacyjna	1 - 2	50

Według zużycia oleju opałowego lekkiego

Średnie zużycie oleju opałowego lekkiego w ciągu ostatnich pięciu lat umożliwia obliczenie w przybliżeniu obciążenia cieplnego.

$$Q_N = \frac{B_a * \eta * H_u}{b_{VH}}$$

Q_N	Obciążenie cieplne [kW]
B_a	Roczne zużycie oleju opałowego lekkiego [l] (średnie zużycie ostatnich 5 lat minus 75 l oleju na osobę do przygotowania CWU).
η	Roczny współczynnik wykorzystania ($\eta = 0,7$)
H_u	Wartość opałowa oleju opałowego lekkiego (10 kWh/l)
b_{VH}	Godziny pełnego użytkowania (wartość średnia 1800 h/rok)

Krótki wzór:

$$Q_N = \frac{B_a}{250}$$

Według zużycia gazu

Średnie zużycie gazu w ciągu ostatnich pięciu lat umożliwia obliczenie w przybliżeniu obciążenia cieplnego:

$$Q_N = \frac{B_a * \eta}{b_{VH}}$$

Q_N	Obciążenie cieplne [kW]
B_a	Roczne zużycie gazu [kWh]
η	Roczny współczynnik wykorzystania ($\eta = 0,8$)
b_{VH}	Godziny pełnego użytkowania (wartość średnia 1800 h/rok)

Pompy ciepła – podstawy

Temperatura powierzchni grzewczej

Temperatura powierzchni grzewczej

Temperatura zasilania instalacji grzewczej ma decydujący wpływ na możliwości stosowania i sposób działania pompy ciepła.

Punkt przełączania pompy ciepła zależy zarówno od mocy grzewczej pompy ciepła, jak i doboru powierzchni grzewczych.

Systemy grzejnikowe starego typu przystosowane były najczęściej do temperatury zasilania $>55\text{ °C}$.

Po termomodernizacji lub przewymiarowaniu powierzchni grzewczych wystarczającą jest temperatura zasilania $\leq 60\text{ °C}$.

Grzejnikowe powierzchnie grzewcze muszą być przystosowane do temperatury zasilania $\leq 55\text{ °C}$, aby monowalentny sposób działania był racjonalny ekonomicznie.

Przykład

Przy maksymalnie jakiej temperaturze zewnętrznej instalacja grzewcza o temperaturze zasilania $+75\text{ °C}$ (krzywa grzewcza B) może być użytkowana z pompą ciepła o maks. temperaturze zasilania $+60\text{ °C}$?

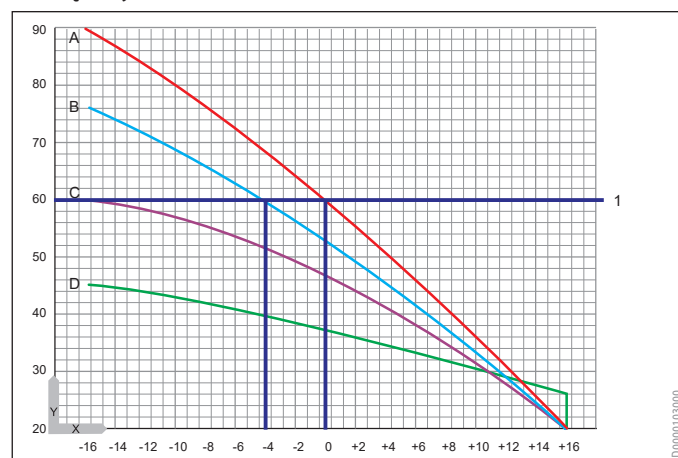
W tym przykładzie punkt przecięcia krzywej grzewczej B z maks. temperaturą zasilania pompy ciepła $+60\text{ °C}$ znajduje się przy temperaturze zewnętrznej -4 °C . Granica stosowania pompy ciepła wypada więc ze względu na system rozprowadzania ciepła na temperaturze zewnętrznej -4 °C .

Praktyka pokazuje, że granica grzania przesuwa się w niższy zakres temperatury ze względu na zewnętrzne i wewnętrzne użyski energii. Oznacza to, że pompa ciepła pokrywa większy udział rocznej pracy grzewczej.

Ogólna zasada

Im niższa temperatura zasilania instalacji grzewczej, tym wyższy współczynnik efektywności energetycznej pompy ciepła.

Temperatury zasilania w stosunku do odpowiednich temperatur zewnętrznych



- X Temperatura zewnętrzna [°C]
- Y Temperatura zasilania ogrzewania [°C]
- 1 Temperatura zasilania pomp ciepła [°C]
- A-D Charakterystyki temperatur zasilania

Z wykresu na podstawie temperatury zasilania wynikają następujące punkty przełączania na drugą wytwornicę ciepła:

Krzywa	Temperatura zasilania °C	Punkt przełączania °C	Tryb pracy
A	90	0	biwalentny
B	75	-4	biwalentny
C	< 60	-	monowalentny
D	< 60	-	monowalentny

Przykład doboru pompy ciepła powietrze-woda

Wykres przedstawia związek pomiędzy obciążeniem cieplnym budynku a mocą grzewczą pompy ciepła.

Punkt przecięcia linii wyznacza punkt biwalentny (punkt przełączania na drugą wytwornicę ciepła). Punkt biwalentny w przypadku monoenergetycznego trybu pracy powinien znajdować się w zakresie temperatury zewnętrznej od -3 °C do -7 °C, aby pompa ciepła była w stanie pokryć wysoki udział obciążenia cieplnego w skali roku.

Przykład doboru

Dany jest dom mieszkalny o zapotrzebowaniu na ciepło wynoszącym 11,0 kW.

Systemem rozprowadzania ciepła jest ogrzewanie powierzchniowe o temperaturze systemu 40/30 °C. Punktem odniesienia temperatury systemu jest normatywna temperatura zewnętrzna -14 °C.

Punkt biwalentny powinien zawierać się pomiędzy -3 °C do -7 °C.

Wynik

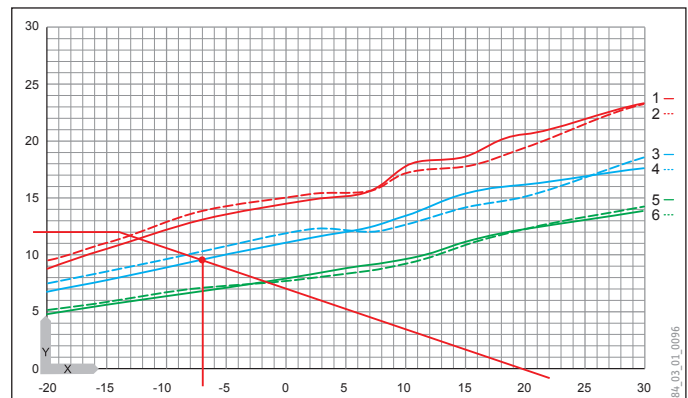
Niezbędna moc grzewcza pompy ciepła w przypadku ogrzewania podłogowego z trwającym 4 godziny okresem blokady wynosi:

$$(Q_{H,AP}) / (d - t_{SD}) = Q_{WP,erf}$$

$$(11,0 \text{ kW} * 24 \text{ h}) / (24 \text{ h} - 4 \text{ h}) = 13,2 \text{ kW}$$

Wybrano pompę ciepła, która samodzielnie pokrywa zapotrzebowanie ciepła do temperatury zewnętrznej -7 °C, osiągając przy tym udział grzewczy 98 % w skali roku.

Przykład doboru pompy ciepła powietrze-woda



X Temperatura powietrza na wlocie [°C]

Y Moc grzewcza [kW]

1 Przykład pompa ciepła 1, T_V 35 °C

2 Przykład pompa ciepła 1, T_V 50 °C

3 Przykład pompa ciepła 2, T_V 35 °C

4 Przykład pompa ciepła 2, T_V 50 °C

5 Przykład pompa ciepła 3, T_V 35 °C

6 Przykład pompa ciepła 3, T_V 50 °C

Roczny udział pokrycia grzewczej pompy ciepła

Punkt biwalentny °C	Równoległy (monoenergetyczny) tryb działania				
	Udział pokrycia według strefy klimatycznej				
	-10 °C	-12 °C	-14 °C	-16 °C	-18 °C
-12	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98
-10	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97
-8	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
-6	0,99	0,99	0,98	0,97	0,95
-4	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93
-2	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90
0	0,96	0,93	0,90	0,87	0,85
+2	0,92	0,88	0,85	0,81	0,77
+4	0,87	0,83	0,79	0,74	0,69
+6	0,81	0,77	0,72	0,67	0,62
+8	0,75	0,71	0,65	0,59	0,52

Dobór pomp ciepła z okresami blokady przez zakład energetyczny

Obciążenie cieplne budynku musi być jednak rozpatrywane na przestrzeni całej doby. W doborze systemu pomp ciepła muszą być uwzględnione ewentualne okresy blokady określone przez dostawcę energii.

$$Q_{WP,erf} = (Q_{H,AP} + Q_{DP,ges} + Q_{sonst}) / (d - t_{SD})$$

$Q_{WP,erf}$	Wymagana moc pompy ciepła
$Q_{H,AP}$	Dzienna ilość energii na ogrzewanie
$Q_{DP,ges}$	Dzienna ilość energii na ogrzewanie wody użytkowej
Q_{sonst}	Dzienna ilość energii na inne zastosowania
d	Czas trwania doby (24 h)
t_{SD}	Dzienna suma okresów blokady

Pompy ciepła powietrze-woda

W przypadku pomp ciepła powietrze-woda moc grzewcza zależy od temperatury zewnętrznej. Ma to tę wadę, że przy spadku temperatury zewnętrznej spada moc grzewcza pompy ciepła, ale obciążenie cieplne wzrasta.

Pompy ciepła powietrze-woda pracują w trybie monoenergetycznym.

Dobór pomp ciepła z okresami blokady przez zakład energetyczny

Obciążenie cieplne budynku musi być jednak rozpatrywane na przestrzeni całej doby. W doborze systemu pomp ciepła muszą być uwzględnione ewentualne okresy blokady określone przez dostawcę energii.

$$Q_{WP,erf} = (Q_{H,AP} + Q_{DP,ges} + Q_{sonst}) / (d - t_{SD})$$

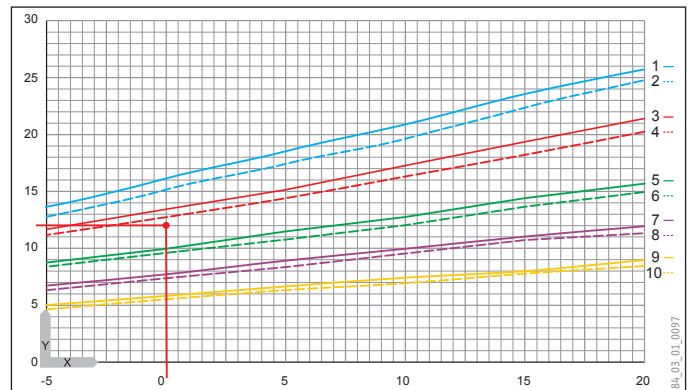
$Q_{WP,erf}$	Wymagana moc pompy ciepła
$Q_{H,AP}$	Dzienna ilość energii na ogrzewanie
$Q_{DP,ges}$	Dzienna ilość energii na ogrzewanie wody użytkowej
Q_{sonst}	Dzienna ilość energii na inne zastosowania
d	Czas trwania doby (24 h)
t_{SD}	Dzienna suma okresów blokady

Pompy ciepła solanka-woda

Temperatura dolnego źródła przez cały rok utrzymuje się w przybliżeniu na stałym poziomie około +10 °C. Z tego względu stała jest także moc grzewcza pompy ciepła.

Pompy ciepła solanka-woda z reguły przeznaczone są do pracy w trybie monowalentnym.

Przykład doboru pompy ciepła solanka-woda



Na wykresie pokazane są charakterystyki różnych pomp ciepła danej serii.

Pompy ciepła – podstawy

Dobór – pompy ciepła solanka-woda Fixspeed

Dobór pomp ciepła z okresami blokady przez zakład energetyczny

Obciążenie cieplne budynku musi być jednak rozpatrywane na przestrzeni całej doby. W doborze systemu pomp ciepła muszą być uwzględnione ewentualne okresy blokady określone przez dostawcę energii.

$$Q_{WP,erf} = (Q_{H,AP} + Q_{DP,ges} + Q_{sonst}) / (d - t_{SD})$$

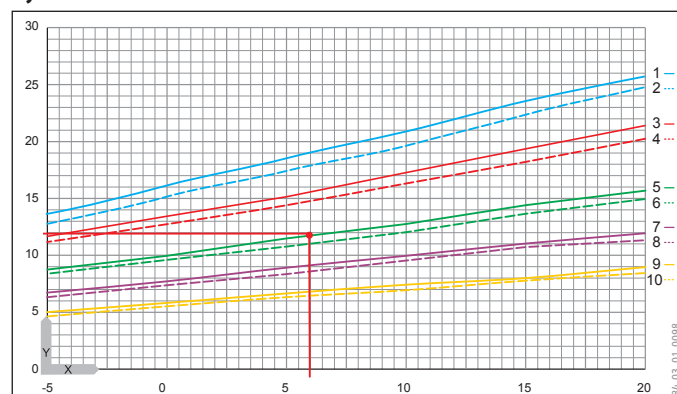
$Q_{WP,erf}$	Wymagana moc pompy ciepła
$Q_{H,AP}$	Dzienna ilość energii na ogrzewanie
$Q_{DP,ges}$	Dzienna ilość energii na ogrzewanie wody użytkowej
Q_{sonst}	Dzienna ilość energii na inne zastosowania
d	Czas trwania doby (24 h)
t_{SD}	Dzienna suma okresów blokady

Pompy ciepła solanka-woda z wodą gruntową jako dolnym źródłem

Temperatura dolnego źródła przez cały rok utrzymuje się w przybliżeniu na stałym poziomie około +10 °C. Z tego względu stała jest także moc grzewcza pompy ciepła.

W instalacjach dolnego źródła z pośrednim wymiennikiem ciepła temperatura na wejściu pompy ciepła jest niższa o około 3 K.

Przykład doboru pompy ciepła solanka-woda z wodą jako dolnym źródłem



Na wykresie pokazane są charakterystyki różnych pomp ciepła danej serii.

X Temperatura dolnego źródła [°C]

Y Moc grzewcza [kW]

1 Pompa ciepła 1, T_V 35 °C

2 Pompa ciepła 2, T_V 50 °C

3 Pompa ciepła 2, T_V 35 °C

4 Pompa ciepła 2, T_V 50 °C

5 Pompa ciepła 3, T_V 35 °C

6 Pompa ciepła 3, T_V 50 °C

7 Pompa ciepła 4, T_V 35 °C

8 Pompa ciepła 4, T_V 50 °C

9 Pompa ciepła 5, T_V 35 °C

10 Pompa ciepła 5, T_V 50 °C

Pompy ciepła woda-woda

Temperatura dolnego źródła przez cały rok utrzymuje się w przybliżeniu na stałym poziomie około +10 °C. Z tego względu stała jest także moc grzewcza pompy ciepła.

Bezpośrednie podłączenie instalacji dolnego źródła do pompy ciepła jest zależnie od danego produktu technicznie możliwe.

Pobieranie ciepła z wody gruntowej wymaga zgody nadzoru wodnego.

Poza strefami ochronnymi ujęcia wody pozwolenia są powszechnie wydawane. Pozwolenie związane jest z określonymi warunkami, jak np. maksymalna wielkość poboru lub analiza wody.

Pobierana ilość zależy od mocy grzewczej.

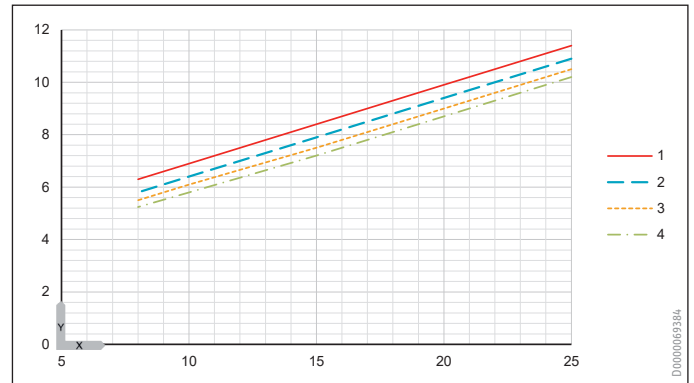
Woda gruntowa nie może zawierać żadnych substancji, które mogą tworzyć osady, aby zapobiec wysuszeniu instalacji dolnego źródła.

Warunkiem korzystania z wody gruntowej jako dolnego źródła jest spełnienie następujących wymagań:

- » Wystarczająca ilość wody
- » Jakość wody (analiza)
- » Pozwolenie wodnoprawne
- » Studnia zasilająca i studnia chłonna

Pompy ciepła woda-woda pracują w trybie monowalentnym.

Przykładowy wykres mocy



x	Temperatura wlotu dolnego źródła [°C]
y	Moc grzewcza (kW)
1	Temperatura zasilania 35 °C
2	Temperatura zasilania 45 °C
3	Temperatura zasilania 50 °C
4	Temperatura zasilania 60 °C

Pompy ciepła – podstawy

Dobór – inwerterowe pompy ciepła powietrze-woda

Pompy ciepła powietrze-woda (z regulacją mocy)

Płynna regulacja mocy sprężarki pozwala na dostosowanie mocy grzewczej do obciążenia cieplnego budynku.

Ze względu na stale wysoką moc grzewczą pompy ciepła powietrze-woda z technologią inwerterową mogą być użytkowane w trybie monowalentnym.

Możliwy jest również monoenergetyczny tryb pracy do punktu biwalentnego ≤ -5 °C.

Regulacja mocy sprężarki przynosi wiele korzyści:

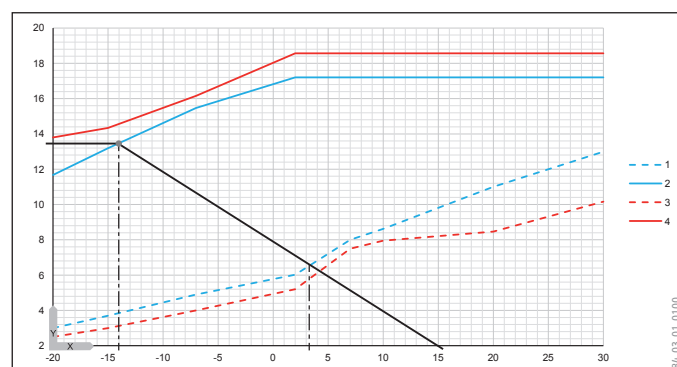
- » dostosowanie mocy pompy ciepła do bieżącego obciążenia cieplnego budynku,
- » uniknięcie wielokrotnego włączania i wyłączenia się pompy ciepła,
- » dłuższe czasy działania, a tym samym niższe straty rozruchowe,
- » zwiększona efektywność całego systemu.
- » niższy poziom mocy akustycznej w trybie obciążenia częściowego,
- » możliwość stosowania pomp o wysokiej efektywności z regulacją prędkości obrotowej jako urządzeń peryferyjnych,
- » bardziej kompaktowa konstrukcja,
- » niższy nakład na rozmrażanie parownika pompy ciepła.

Limity regulacji mocy pompy ciepła wyznacza minimalna prędkość obrotowa sprężarki. Wynika z tego minimalna moc, która wzrasta wraz ze wzrostem temperatury zewnętrznej. Ten fakt musi zostać uwzględniony podczas projektowania instalacji, w tym zwłaszcza jej pracy w trybie obciążenia częściowego.

Jeśli zastosowana zostanie zbyt duża pompa ciepła z regulacją mocy, nie można będzie w pełni skorzystać z tych zalet. Dlatego w zakresie pomp ciepła z regulacją mocy obowiązują minimalne i maksymalne granice stosowania.

Przykładowy dobór

Monowalentny tryb działania

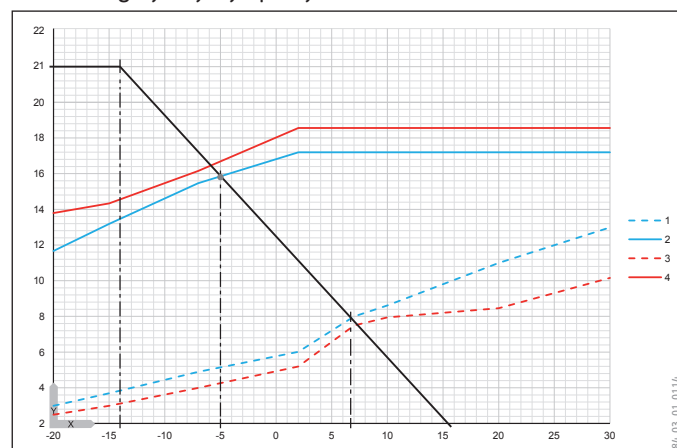


Przykład: Normatywna temperatura zewnętrzna = -14 °C

X	Temperatura zewnętrzna [°C]
Y	Moc grzewcza [kW]
1	min. W35
2	maks. W35
3	min. W55
4	maks. W55

Przykładowy dobór

Monoenergetyczny tryb pracy



Przykład: Normatywna temperatura zewnętrzna = -14 °C

X	Temperatura zewnętrzna [°C]
Y	Moc grzewcza [kW]
1	min. W35
2	maks. W35
3	min. W55
4	maks. W55

Pompy ciepła solanka-woda (z regulacją mocy)

Płynna regulacja mocy sprężarki pozwala na dostosowanie mocy grzewczej do obciążenia cieplnego budynku.

Monowalentny tryb działania pomp ciepła solanka-woda z technologią inwerterową możliwy jest w trybie ogrzewania i przygotowania CWU.

Regulacja mocy sprężarki przynosi wiele korzyści:

- » dostosowanie mocy pompy ciepła do bieżącego obciążenia cieplnego budynku,
- » uniknięcie wielokrotnego włączania i wyłączenia się pompy ciepła,
- » dłuższe czasy działania, a tym samym niższe straty rozruchowe,
- » zwiększona efektywność całego systemu.
- » niższy poziom mocy akustycznej w trybie obciążenia częściowego,
- » możliwość stosowania pomp o wysokiej efektywności z regulacją prędkości obrotowej jako urządzeń peryferyjnych,
- » bardziej kompaktowa konstrukcja,

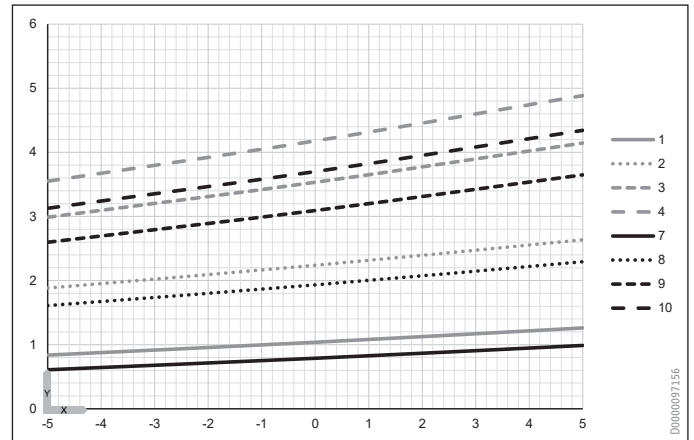
Limity regulacji mocy pompy ciepła wyznacza minimalna prędkość obrotowa sprężarki. Wynika z tego minimalna moc, która wzrasta wraz ze wzrostem temperatury solanki. Ten fakt musi zostać uwzględniony podczas projektowania instalacji, w tym zwłaszcza jej pracy w trybie obciążenia częściowego.

Jeśli zastosowana zostanie zbyt duża pompa ciepła z regulacją mocy, nie można będzie w pełni skorzystać z tych zalet.

Dlatego w zakresie pomp ciepła z regulacją mocy obowiązują minimalne i maksymalne granice stosowania.

Konieczne jest obliczenie strat ciśnienia w urządzeniach peryferyjnych i porównanie ich z resztkową wysokością podnoszenia we wbudowanej pompie dolnego źródła.

Przykładowy wykres mocy



X	Temperatura na zasilaniu z dolnego źródła [°C]
Y	Moc chłodnicza [kW]
1	Min. częstotliwość, B0/W35
2	Częstotliwość 40 Hz, B0/W35
3	Częstotliwość 60 Hz, B0/W35
4	Maks. częstotliwość, B/W35
7	Min. częstotliwość, B0/W55
8	Częstotliwość 40 Hz, B0/W55
9	Częstotliwość 60 Hz, B0/W55
10	Maks. częstotliwość, B0/W55

Notatki

Pompy ciepła – podstawy

Podłączenie elektryczne – Niemcy

Zasilanie elektryczne

Pompa ciepła może być eksploatowana jako sterowane urządzenie odbiorcze, w zamian za co podlega niższym opłatom sieciowym.

W przypadku zastosowania pomp ciepła do ogrzewania budynku zakład energetyczny (EVU) musi wyrazić na to zgodę.

Warunki przyłączenia dla podanych danych urządzenia należy uzyskać od właściwego zakładu energetycznego. Szczególnie ważne jest, czy w danym obszarze zasilania energią elektryczną istnieje możliwość zastosowania pompy ciepła w monoenergetycznym trybie pracy.

Podczas projektowania istotne są również informacje na temat wysokości opłat stałych i cen energii elektrycznej, możliwości skorzystania z tańszej taryfy i ewentualnych okresach blokady przez zakład energetyczny.

Zakład energetyczny jako wiarygodny partner pomaga w razie jakichkolwiek pytań.

Procedura zgłoszenia

Do oceny wpływu eksploatacji pomp ciepła na sieć zasilającą energią elektryczną zakładu energetycznego wymagane są następujące informacje:

- » adres użytkownika
- » miejsce użytkowania pompy ciepła
- » rodzaj zapotrzebowania według ogólnych taryf na potrzeby domowe, rolnicze, przemysłowe, zawodowe i inne
- » planowany tryb pracy pompy ciepła
- » producent pompy ciepła
- » typ pompy ciepła
- » elektryczna moc przyłączeniowa w kW
- » maksymalny prąd rozruchowy w amperach (dane producenta)
- » obciążenie cieplne budynku w kW

wymogi dotyczące instalacji elektrycznej pomp ciepła

- » Muszą być przestrzegane techniczne warunki przyłączeniowe właściwego zakładu energetycznego.
- » Informacji o wymaganych urządzeniach pomiarowych i przełączających udziela właściwy zakład energetyczny.

Pola przekroju przewodów

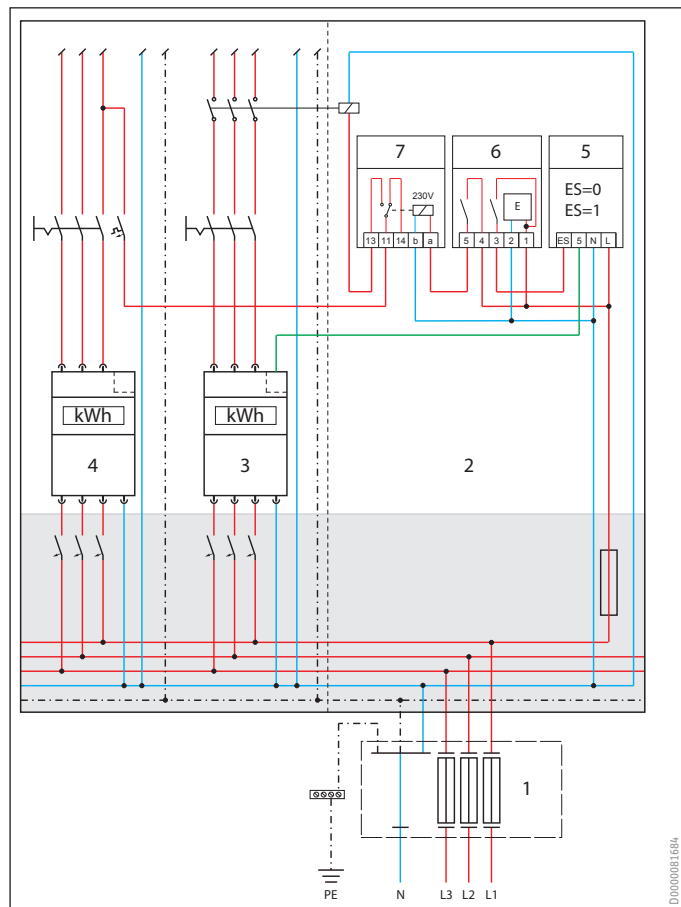
W zależności od zabezpieczenia i ułożenia przewodów zgodnie z niemieckimi wytycznymi VDE 0298-4 zastosować należy następujące pola przekroju przewodów.

Zabezpieczenie A	Pole przekroju przewodu mm ²	Warunek
10	1,5	
16	1,5	Przy tylko dwóch obciążonych żyłach i ułożeniu na ścianie lub w rurce elektroinstalacyjnej na ścianie
16	2,5	
20	4,0	
20	2,5	Przy ułożeniu na ścianie lub w rurce elektroinstalacyjnej na ścianie
25	4,0	Przy ułożeniu przewodu wielożyłowego na ścianie lub w rurce elektroinstalacyjnej na ścianie
25	6,0	Przy ułożeniu w ścianie
35	10,0	
50	16,0	

Pompy ciepła – podstawy

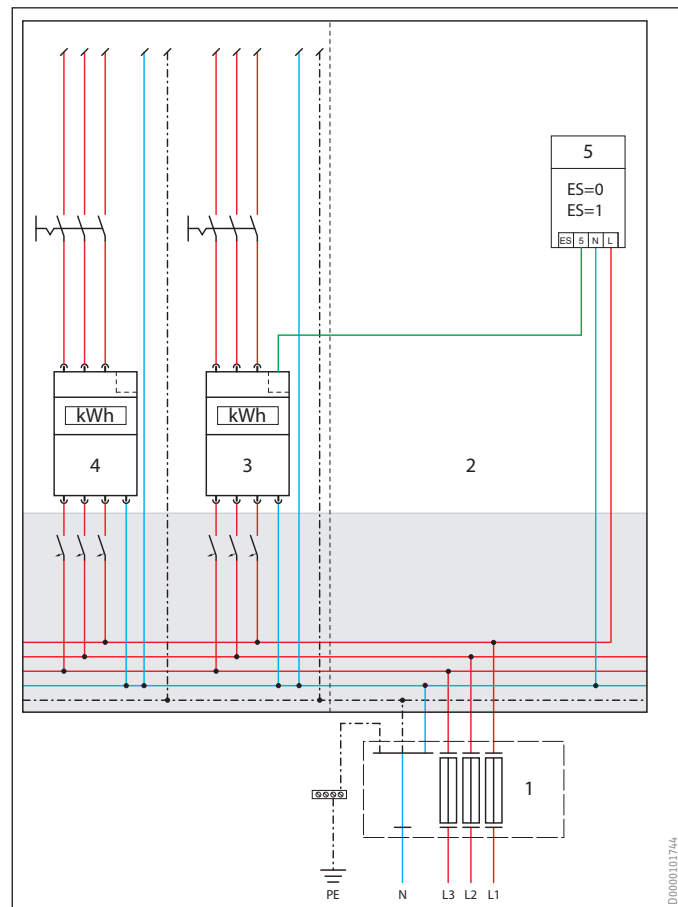
Podłączenie elektryczne – Niemcy

Przykład instalacji z odbiornikiem sterowania okrężnego



- 1 Domowa szafka rozdzielcza
 - 2 Szafka licznikowa
 - 3 Licznik elektroniczny pompy ciepła
 - 4 Licznik elektroniczny instalacji domowej
 - 5 Przełącznik sprzęgający
 - 6 Odbiornik zdalnego sterowania mocą
 - 7 Blokada zakładu energetycznego
- ES=0 / taryfa 1
ES=1 / taryfa 2

Przykład instalacji bez blokady zakładu energetycznego



- 1 Domowa szafka rozdzielcza
 - 2 Szafka licznikowa
 - 3 Licznik elektroniczny pompy ciepła
 - 4 Licznik elektroniczny instalacji domowej
 - 5 Przełącznik sprzęgający
- ES=0 / taryfa 1
ES=1 / taryfa 2

Pompy ciepła – podstawy

Jakość wody grzewczej

Jakość wody

Skład, a zatem jakość wody grzewczej, ma decydujący wpływ na powstawanie kamienia, korozję i funkcjonowanie systemu grzewczego.

Prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzeń można zmniejszyć poprzez eksploatację urządzenia zgodnie z przeznaczeniem i stosowanie wody o odpowiedniej jakości.

Szkody powstają m.in. wskutek powstawania kamienia, nawarstwiania osadów oraz korozji.

Jakość wody grzewczej wpływa na elementy zamontowane w obiegu wody. Ponadto jakość wody wpływa na działanie całej instalacji.

Zmniejszenie stężenia tlenu we wszystkich elementach instalacji grzewczej i CWU ma podstawowe znaczenie dla jakości wody w instalacji grzewczej.

Ogólna jakość wody napełniającej i uzupełniającej uregulowana jest w europejskiej normie EN 12828 i niemieckich wytycznych VDI 2035.

Niemieckie wytyczne VDI2035 reprezentują aktualny stan wiedzy w zakresie uzdatniania wody. Wytyczne określają wymagania wobec uzdatniania wody do napełniania i uzupełniania instalacji grzewczych.

Zgodnie z niemieckimi wytycznymi VDI 2035 woda grzewcza musi nadawać się do wszystkich komponentów instalacji grzewczej i być z nimi kompatybilna. Gdy woda grzewcza wykorzystywana jest także do nagrzewania wody użytkowej, podlega wymaganiom ochrony wody użytkowej określonym w niemieckiej normie DIN 1988-100 lub europejskiej EN 1717.

Woda napełniająca i uzupełniająca musi być uzdatniona. Uzdatniona woda grzewcza to woda zmiękczona lub demineralizowana, do której nie zostały dodane żadne chemikalia. Podczas uzdatniania i oczyszczania wody grzewczej muszą zostać uwzględnione parametry podane przez producenta pompy ciepła.

Zależnie od rodzaju uzdatniania wody stosowane są różne połączenia materiałów metalowych z tworzywami sztucznymi.

Szczególne wymagania wobec wartości pH występują w przypadku często stosowanych w instalacjach grzewczych aluminiowych elementów połączeniowych. Odporność materiałów aluminiowych na korozję uwarunkowana jest głównie wartością pH wody grzewczej. Woda grzewcza musi odznaczać się wartością pH w zakresie od 8,2 do 8,5. Odsalanie jest bardziej pożądane niż zmiękczenie. W przypadku elementów połączeniowych z innych materiałów niż aluminium woda powinna być zmiękczona.

Dopuszczalna zgodnie z wytycznymi niemieckimi VDI 2035 twardość wody napełniającej i uzupełniającej zależy od następujących czynników:

- » ogólna twardość,
- » najmniejsza moc pojedynczej wytwornicy ciepła

Zmiękczenie zalecane jest zwłaszcza w przypadku stosowania elektrycznych wkładów grzewczych jako elektrycznego ogrzewania awaryjnego/dodatkowego do np. pomp ciepła. Zmiękczenie zapobiega osadzaniu się wapnia na grzałkach. Odpadający od grzałek wapień mógłby wtedy osadzać się w podłączonej dalej instalacji. Mogłoby to spowodować niedrożność pomp, zaworów i klap zwrotnych.

Kamień kotłowy nawarstwiający się na wymiennikach ciepła i armaturach powoduje duże straty energii, a także zakłócenia działania całego systemu.

Zgodnie z wytycznymi niemieckimi VDI 2035 do napełniania i uzupełniania należy użyć wody użytkowej. Jeśli nie spełnia ona wymagań podanych w tabeli 1, musi zostać odpowiednio uzdatniona. W ocenie przydatne są wyniki analiz miejscowego zakładu wodociągowego. Należy ponadto uważać, aby ilość wody napełniającej i uzupełniającej nie przekraczała trzykrotności objętości wody instalacji w okresie jej żywotności, ponieważ w przeciwnym razie wzrasta prawdopodobieństwo szkód spowodowanych korozją.

Twardość całkowita wody grzewczej musi być $< 3^{\circ}$ dH.

Zależnie od budowy instalacji z niemieckich wytycznych VDI 2035 mogą wynikać wyższe wymagania. Istotna w tym względzie jest objętość wody całej instalacji oraz najmniejsza moc grzewcza pojedynczej zamontowanej wytwornicy ciepła.

W instalacjach, których objętość wody jest większa niż 40 l na kW, twardość wody grzewczej nie może przekraczać $0,3^{\circ}$ dH.

W przypadku stosowania elektrycznego ogrzewania awaryjnego/dodatkowego o mocy 2,6 kW przy objętości instalacji > 104 l ogólna twardość musi być $< 0,3^{\circ}$ dH.

Pompy ciepła – podstawy

Jakość wody grzewczej

Przykład:

Pojemność instalacji = 125 l

Całkowita moc grzewcza = około 5 kW, z ogrzewaniem podłogowym

Najmniejsza deklarowana moc = 2,6 kW

Właściwa pojemność instalacji = pojemność instalacji ÷ najmniejsza moc = 125 l / 2,6 kW = 48 l/kW

Lokalny zakład wodociągowy deklaruje, że ogólna twardość wynosi 3,57 mol/m³ (≈20 °dH) w danym obszarze sieci.

Zgodnie z tabelą woda napełniająca i uzupełniająca musi zostać zmiękczone do 0,05 mol/m³ (≈0,3 °dH).

Orientacyjne parametry wody napełniającej i uzupełniającej oraz wody grzewczej

Woda napełniająca i uzupełniająca oraz woda grzewcza, zależnie od mocy grzewczej

Całkowita moc grzewcza	Suma berylowców					
	Objętość właściwa instalacji w l/kW mocy grzewczej					
	≤ 20		>20 - ≤40		>40	
kW	mol/m ³	°dH	mol/m ³	°dH	mol/m ³	°dH
≤ 50	Brak	Brak	≤ 3,0	16,8	< 0,05	0,3
≤ 50	≤ 3,0	16,6	≤ 1,5	6,4	< 0,05	0,3
>50 - ≤200	≤ 2,0	11,2	≤ 1,0	5,6	< 0,05	0,3
>200 - ≤600	≤ 1,5	8,4	< 0,05	0,3	< 0,05	0,3
>600	< 0,05	0,3	< 0,05	0,3	< 0,05	0,3

Woda napełniająca i uzupełniająca oraz woda grzewcza, niezależnie od mocy grzewczej

Tryb pracy	Przewodność elektryczna w μS/cm
Niska zawartość soli	>10 - ≤100
Wysoka zawartość soli	<100 - ≤1500
	Wygląd
	klarowna, wolna od substancji osadowych
Materiały w instalacji	Wartość pH
bez stopów aluminium	8,2 - 10,0
ze stopami aluminium	8,2 - 9,0

Zalecana metoda zmiękczenia

Dostępne są różne technologie uzdatniania wody napełniającej i uzupełniającej. Preferowane jest zmiękczenie w technologii wymiany jonowej.

Zmiękczenie

- » Niezmieniona zawartość soli
- » Brak Mg, Ca (zmiękczone)
- » System buforowy bez zmian
- » Wartość pH bez zmian
- » Nie są wymagane dodatkowe środki w celu kondycjonowania wody

Klasyczne zmiękczenie jest realizowane za pomocą wymiennic jonów sodowych. Jony wapnia i magnezu zastępowane są jonami sodu. Chemia wody nie jest zakłócona.

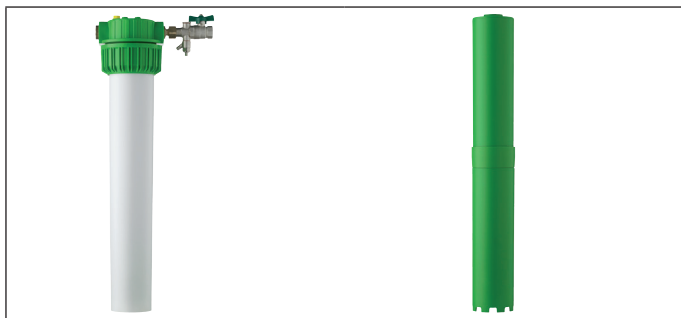
Ponieważ parametry przewodności elektrycznej i wartości pH pozostają niezmiennione, nie są wymagane dodatkowe środki w celu kondycjonowania wody.

Należy zrezygnować z wprowadzania do wody grzewczej inhibitorów i substancji dodatkowych.

Pompy ciepła – podstawy

Zmiękczenie wody grzewczej

Wkłady zmiękczające



Dobór do pierwszego napełnienia instalacji

Liczbę wkładów do pierwszego napełnienia instalacji oblicza się według następującego wzoru:

$$P_{Anz} = \frac{V_{Anl} \cdot (\text{°dH}_{Ist} - \text{°dH}_{Soll})}{K_{WWM}}$$

P_{ANZ}	Liczba wkładów
V_{ANL}	Pojemność instalacji
K_{WWM}	Zdolność produkcji miękkiej wody w litrach * °dH
°dH_{IST}	Rzeczywista całkowita twardość wody
°dH_{SOLL}	Zadana całkowita twardość wody

Do obliczenia liczby wkładów należy zastosować odpowiednią wartość graniczną z tabeli „Wartości graniczne twardości całkowitej”.

Przykład doboru do pierwszego napełnienia:

V_{ANL}	= 200 l
°dH_{IST}	= 20 °dH
°dH_{SOLL}	= 0,3 °dH
K_{WWM}	= 6000 l °dH

$$P_{Anz} = \frac{200 \text{ l} \cdot (20 \text{ °dH} - 0,30 \text{ °dH})}{6.000 \text{ l} \cdot \text{°dH}} = 1,64 \cong 2,00$$

Wynik: Podczas pierwszego napełnienia potrzebne są dwa wkłady.

Żywotność wkładu

Osiągalna ilość zmiękczonej wody i ilość wody uzupełniającej umożliwiają obliczenie żywotności wkładu. Roczna ilość wody uzupełniającej wynosi 10 % pojemności instalacji. Woda uzupełniająca musi zostać zmiękczona do poziomu 0 °dH.

Ilość zmiękczonej wody oblicza się według następującego wzoru:

$$V_{WW} = \frac{K_{WWM}}{(\text{°dH}_{Ist})}$$

V_{WWM}	Ilość zmiękczonej wody
K_{WWM}	Zdolność produkcji zmiękczonej wody w litrach * °dH
°dH_{IST}	Całkowita twardość wody

Żywotność wkładu można obliczyć na podstawie ilości wody uzupełniającej na rok.

$$a = \frac{V_{WWM}}{V_{Anl} \cdot 0,10}$$

Przykładowa kalkulacja

K_{WWM}	= 6000 l °dH
°dH_{IST}	= 20 °dH
V_{ANL}	= 500 l

$$V_{WW} = \frac{6.000 \cdot \text{°dH}}{(20 \text{ °dH})} = 300 \text{ l}$$

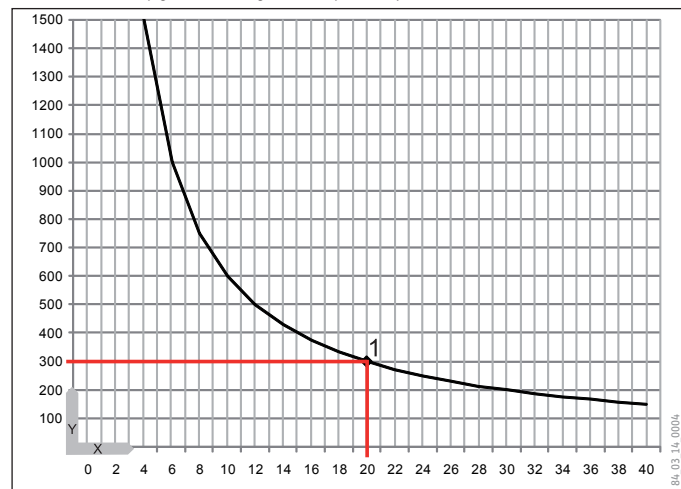
$$a = \frac{300 \text{ l}}{500 \text{ l} \cdot 0,10} = 6,0$$

Przy pojemności instalacji wynoszącej 2000 l i ilości zmiękczonej wody 300 l żywotność wynosi 1,5 roku.

Pompy ciepła – podstawy

Zmiękczenie wody grzewczej

Całkowita objętość zmiękczonej wody



- x Całkowita twardość w niemieckich °dH
y Ilość zmiękczonej wody w litrach
1 Przykład: ilość zmiękczonej wody przy niemieckiej twardości 20 °dH

Notatki

Pompy ciepła – podstawy

Obliczanie kosztów ogrzewania – Niemcy

Podstawy

Obliczenia rentowności służą do porównania różnych wytwornic ciepła i założeń instalacji. Obliczenia rentowności stanowią podstawę do obiektywnej decyzji. Konieczne jest przy tym ujęcie wszystkich kosztów i podzielenie ich na grupy. Wpływ poszczególnych rodzajów kosztów można badać oddzielnie.

Obliczanie kosztów według wytycznych niemieckiego VDI 2067

Wytyczna opisuje sposób obliczania rentowności instalacji wyposażenia technicznego budynków z wykorzystaniem metody annuitetowej. Koszty podzielone są na cztery grupy.

- » Zapotrzebowanie energii w ogrzewanych i klimatyzowanych budynkach.
- » Zużycie energii przy oddawaniu do użytku na ogrzewanie ciepłą wodą i przygotowanie CWU.
- » Zużycie energii przy rozprowadzaniu.
- » Zużycie energii przy wytwarzaniu instalacji pomp ciepła i kotłów.

Obliczenie w dynamiczny sposób uwzględnia koszty, zmiany odsetek i cen w przyszłym okresie.

Podane są wymagane w tym celu współczynniki oprocentowania lub rat annuitetowych, które przez rozpatrywany okres dolicza się do stałych przez cały rok kwot inwestycji.

Różne modele, rodzaje i środki finansowania oferują szerokie spektrum zastosowania pomp ciepła.

Podstawą następującej przykładowej kalkulacji kosztów są wyjaśnione tutaj pojęcia i definicje oraz metoda annuitetowa.

W formie porównania różnych pomp ciepła przedstawiono zarówno monowalentny, jak i biwalentny równoległy tryb działania, który w tym przykładzie jest w wersji monoenergetycznej.

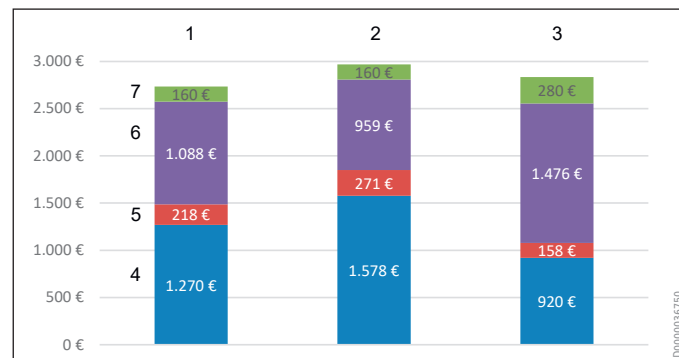
Ten przykład uwidacznia między innymi to, że interesującym rozwiązaniem może być połączenie wytwornicy ciepła do obciążenia podstawowego i szczytowego.

Decydujące znaczenie ma stosunek obciążenia podstawowego i szczytowego oraz wynikający z tego udział pokrycia.

Całkowity koszt roczny

Przykład:

Roczny podział kosztów



- 1 Pompa ciepła powietrze-woda
- 2 Pompa ciepła solanka-woda
- 3 Gazowy kocioł kondensacyjny
- 4 Koszty kapitałowe
- 5 Koszty utrzymania
- 6 Koszty energii
- 7 Koszty przeglądów

Pompy ciepła – podstawy

Obliczanie kosztów ogrzewania – Niemcy

Przykładowa kalkulacja kosztów według wytycznych niemieckiego VDI 2067

Obciążenie cieplne budynku w kW		8	8	8
Zapotrzebowanie ciepła ogrzewania w kWh		13.946	13.946	13.946
Liczba osób		4	4	4
Zapotrzebowanie ciepła przygotowania CWU w kWh		3.954	3.954	3.954
Tryb pracy grzewczej pompy ciepła		monoenergetyczny	monowalentny	-
Elektryczne ogrzewanie awaryjne/dodatkowe		Energia elektryczna	nie	-
Wspomaganie solarne		nie	nie	Ciepła woda użytkowa
Rozpatrywany okres w latach		20	20	20
Stopa procentowa w %		1,50	1,50	1,50
Współczynnik rat annuitetowych (odsetki i amortyzacja)		0,0582	0,0582	0,0582
1. Dane instalacji		Pompa ciepła powietrze-woda	Pompa ciepła solanka-woda	Gazowy kocioł kondensacyjny z instalacją solarną
Cena energii do ogrzewania	centów/kWh	21,00	21,00	6,90
Cena energii do prowadzenia gosp. domowego	centów/kWh	30,00	30,00	30,00
Roczne opłaty stałe	€	60,00	60,00	170,00
Współczynnik sprawności / roczny współczynnik sprawności ogrzewania		4,37	5,18	0,95
Współczynnik sprawności / roczny współczynnik sprawności przygotowania CWU		3,13	3,23	0,80
Punkt biwalentny	°C	-6,5	-9,2	
Stopień pokrycia – ogrzewanie	%	0,99	1,00	1,00
Stopień pokrycia – CWU	%	1,00	1,00	0,50
Stopień pokrycia – instalacja solarna/ogrzewanie	%			
Stopień pokrycia – instalacja solarna/CWU	%			0,50
2. Koszty inwestycji				
Wytwornice ciepła w sumie	€	12.700	12.600	4.000
System ogrzewania	€			
Instalacja grzewcza	€	2.000	2.000	2.000
Instalacja elektryczna	€	1.500	1.500	500
Zasobnik ciepłej wody użytkowej	€	4.600		2.000
Instalacja ciepłej wody	€	1.000	1.000	1.000
Przyłącze gazu	€			1.300
Komin	€			2.000
Instalacja dolnego źródła	€		10.000	
Kolektory słoneczne	€			3.000
Suma	€	21.800	27.100	15.800
3. Koszty kapitałowe				
Koszty kapitałowe	€	1.270	1.578	920
Obsługa techniczna	€	218	271	158
Suma	€	1.488	1.849	1.078
4. Koszty eksploatacyjne				
Konserwacja	€	160	160	210
Kominiarz	€			70
Suma	€	160	160	280
5. Koszty związane ze zużyciem Ogrzewanie				
Roczne zapotrzebowanie energii	kWh	13.946	13.946	13.946
Zużycie energii przez ogrzewanie	kWh	3.169	2.691	14.680
Zużycie energii przez elektryczne ogrzewanie awaryjne/dodatkowe	kWh	105	9	
Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą	kWh	250	250	250
Ciepła woda użytkowa				
Roczne zapotrzebowanie energii	kWh	3.954	3.954	3.954
Zużycie energii do ciepłej wody	kWh	1.262	1.223	2.471
Zużycie energii przez elektryczne ogrzewanie awaryjne/dodatkowe	kWh			
Instalacja solarna				
Uzysk energii – ogrzewanie	kWh			
Uzysk energii – ciepła woda	kWh			1.977
Zużycie energii – instalacja solarna	kWh			160

Pompy ciepła – podstawy

Obliczanie kosztów ogrzewania – Niemcy

Wyniki				
Całkowite zużycie energii	kWh	4.786	4.173	17.561
Całkowite zanieczyszczenie CO2	kg	2.680	2.337	4.346
Koszty energii instalacji	€	1.088	959	1.476
Całkowite koszty instalacji	€	2.735	2.968	2.835
Współczynnik energii pierwotnej		1,80	1,80	1,10
Zapotrzebowanie energii pierwotnej	kWh	8.615	7.512	19.604

Rata annuitetowa

Stopa wzrostu ceny	Pompa ciepła powietrze-woda		Pompa ciepła solanka-woda		Gazowy kocioł kondensacyjny		Odsetki od kapitału	Różnica kosztów PW/gaz		Różnica kosztów SW/gaz	
	2,0 %	2,0 %	2,0 %	2,0 %	3,0 %	2,0 %					
							1,5 %				

Różnica kapitałowa																	

Skumulowany wpływ zwrotny	Koszty energii		Suma	Koszty eksploatacji		Suma	Koszty energii		Suma	Wskaźnik wartości bieżącej	Różnica kosztów		Wartość bieżąca	Różnica kosztów		Wartość bieżąca	
	Koszty energii	Koszty eksploatacji		Koszty energii	Koszty eksploatacji		Koszty energii	Koszty eksploatacji									
	1	1.088	378	1.466	959	431	1.390	1.476	438	1.914	0,985	449	442	5.558	525	517	10.783
	2	1.109	386	1.495	978	440	1.418	1.521	447	1.967	0,971	473	459	5.099	550	534	10.250
	3	1.131	393	1.525	998	448	1.446	1.566	456	2.022	0,956	497	476	4.623	576	551	9.699
	4	1.154	401	1.555	1.018	457	1.475	1.613	465	2.078	0,942	523	493	4.131	603	568	9.130
	5	1.177	409	1.586	1.038	467	1.504	1.662	474	2.136	0,928	549	510	3.621	631	586	8.544
	6	1.201	417	1.618	1.059	476	1.535	1.712	484	2.195	0,915	577	528	3.093	661	604	7.940
	7	1.225	426	1.650	1.080	485	1.565	1.763	493	2.256	0,901	606	546	2.547	691	623	7.318
	8	1.249	434	1.683	1.101	495	1.597	1.816	503	2.319	0,888	635	564	1.983	722	641	6.676
	9	1.274	443	1.717	1.123	505	1.628	1.870	513	2.383	0,875	666	583	1.400	755	660	6.016
	10	1.300	452	1.751	1.146	515	1.661	1.926	523	2.450	0,862	698	602	798	789	680	5.336
	11	1.326	461	1.787	1.169	525	1.694	1.984	534	2.518	0,849	732	621	177	824	699	4.637
	12	1.352	470	1.822	1.192	536	1.728	2.044	545	2.588	0,836	766	641	-463	860	719	3.917
	13	1.379	479	1.859	1.216	547	1.763	2.105	555	2.661	0,824	802	661	-1.124	898	740	3.177
	14	1.407	489	1.896	1.240	558	1.798	2.168	567	2.735	0,812	839	681	-1.805	937	761	2.417
	15	1.435	499	1.934	1.265	569	1.834	2.233	578	2.811	0,800	877	702	-2.507	977	782	1.635
	16	1.464	509	1.972	1.291	580	1.871	2.300	589	2.890	0,788	917	723	-3.230	1.019	803	832
	17	1.493	519	2.012	1.316	592	1.908	2.369	601	2.971	0,776	959	744	-3.974	1.063	825	7
	18	1.523	529	2.052	1.343	604	1.946	2.440	613	3.054	0,765	1.001	766	-4.740	1.107	847	-840
	19	1.553	540	2.093	1.370	616	1.985	2.514	626	3.139	0,754	1.046	788	-5.528	1.154	870	-1.710
	20	1.584	551	2.135	1.397	628	2.025	2.589	638	3.227	0,742	1.092	811	-6.339	1.202	893	-2.602

Koszty zużycia: zawierają koszty paliwa, opłatę licznikową i opłaty stałe

Koszty eksploatacji: zawierają koszty konserwacji, utrzymania w sprawności i koszty kominiarskie

Różnica kapitałowa: różnica inwestycji w stosunku do instalacji pompy ciepła

Różnica kosztów: różnica bieżących kosztów w stosunku do instalacji pompy ciepła

Skumulowany wpływ zwrotny: różnica bieżących kosztów w stosunku do instalacji pompy ciepła

Wskaźnik wartości bieżącej: wskaźnik wartości bieżącej jest współczynnikiem matematyki finansowej.

Wskaźnik wartości bieżącej dyskontuje elementy g serii płatności z uwzględnieniem odsetek i procentu składanego, a jednocześnie dodaje wartości bieżące.

Wartość bieżąca: Wartość jednej lub kilku kwot kapitałowych wymagalnych w przyszłości w danym momencie odniesienia.

Wartość bieżąca (ang. present value) to dzisiejsza wartość przyszłych wpłat i wypłat, która wynika z procesu dyskontowania.

Pompy ciepła – podstawy

Zasobnik buforowy

Zasobnik buforowy

Do sprawnego działania pomp ciepła wymagane jest minimalne natężenie przepływu wody grzewczej. W celu zapewnienia bezawaryjnej pracy pompy ciepła należy skontrolować sposób działania zasobnika buforowego.

Zasobniki buforowe służą między innymi do hydraulicznego rozdzielania różnych strumieni przepływu w obiegu pompy ciepła i obiegu grzewczym. Jeśli na przykład zawory termostacyjne zredukują natężenie przepływu w obiegu grzewczym, natężenie przepływu w obiegu pompy ciepła nie ulegnie zmianie.

Zależnie od typu pompy ciepła może ona być wielokrotnie włączana i wyłączana w przejściowej porze roku i trybie obciążenia częściowego, np. w przypadku grzejnikowych systemów rozprzeczania ciepła. Częste włączanie i wyłączanie pomp ciepła obniża sprawność instalacji i wpływa negatywnie na oczekiwaną żywotność pompy ciepła. Wielokrotnemu włączaniu i wyłączaniu można zapobiec przez odpowiednie wymiarowanie pojemności zasobnika buforowego.

Pompy ciepła powietrze-woda potrzebują dostatecznie dużej objętości wody grzewczej do trybu rozmrażania.

W niektórych krajach przepisy mogą zezwalać zakładom energetycznym na blokowanie działania pomp ciepła w okresach obciążenia szczytowego. W przypadku szybko wychładzających się systemów grzejnikowych objętość zasobnika buforowego oblicza się w taki sposób, aby zmagazynowane tam ciepło pozwoliło na pokrycie okresu wyłączenia.

W połączeniu z instalacją fotowoltaiczną do wykorzystania prądu na własne potrzeby zasobnik buforowy umożliwi magazynowanie nadmiaru energii.

Równolegle połączone zasobniki buforowe

Umieszczone w obiegu równolegle do pompy ciepła zasobniki buforowe zapewniają hydrauliczne rozdzielanie między pompą ciepła a obiegami grzewczymi.

W ten sposób minimalne natężenie przepływu pompy ciepła może być przez cały czas zapewnione niezależnie od natężenia przepływu w obiegu grzewczym.

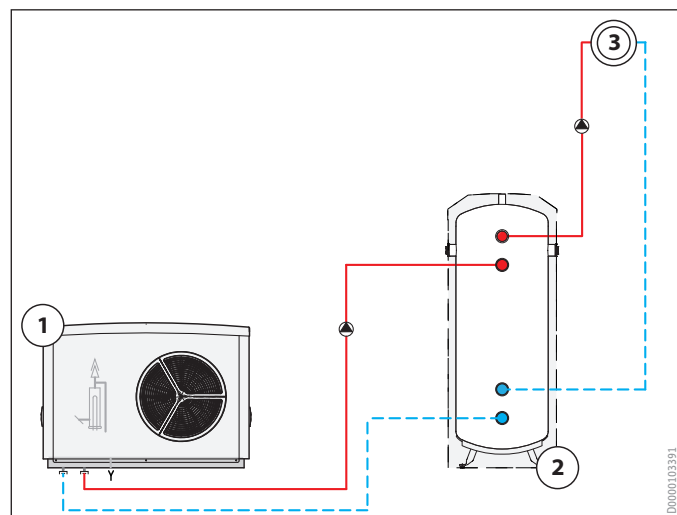
W przypadku więcej niż jednego obiegu grzewczego hydrauliczne rozdzielanie jest zawsze konieczne.

Do ładowania zasobnika buforowego nie jest potrzebna specjalna pompa.

Instalacje z równolegle połączonymi zasobnikami buforowymi są stabilne hydraulicznie. Umożliwia to realizację takich wymagań, jak większa liczba obiegów grzewczych z różnymi poziomami temperatury lub podłączenie dodatkowych wytwornic ciepła.

Zalecamy stosowanie równolegle połączonych zasobników buforowych.

Pompa ciepła z równolegle połączonym zasobnikiem buforowym



- 1 Pompa ciepła
- 2 Zasobnik buforowy
- 3 Obieg grzewczy

Pompy ciepła – podstawy

Zasobnik buforowy

Zasobniki hybrydowe

Zasobniki hybrydowe to urządzenia, które są w stanie pełnić różne funkcje.

Będąc do dyspozycji przestrzeń na instalację grzewczą nie jest zazwyczaj zbyt duża.

Dlatego wskazane jest stosowanie zasobników hybrydowych, które stanowią połączenie pojemnościowego ogrzewacza wody i zasobnika wody grzewczej na różne sposoby we wspólnym zbiorniku lub urządzeniu.

Zasobnik przepływowy

Zasobniki hybrydowe mogą być wykonane jako zasobniki przepływowe, w których woda użytkowa jest nagrzewana na zasadzie przepływowej za pomocą dużej powierzchni wymiany ciepła.

Umieszczony wewnątrz wymiennik ciepła do przygotowania CWU opływany jest wodą grzewczą, dzięki czemu oprócz przygotowania CWU możliwe jest także zasilanie obiegów grzewczych.

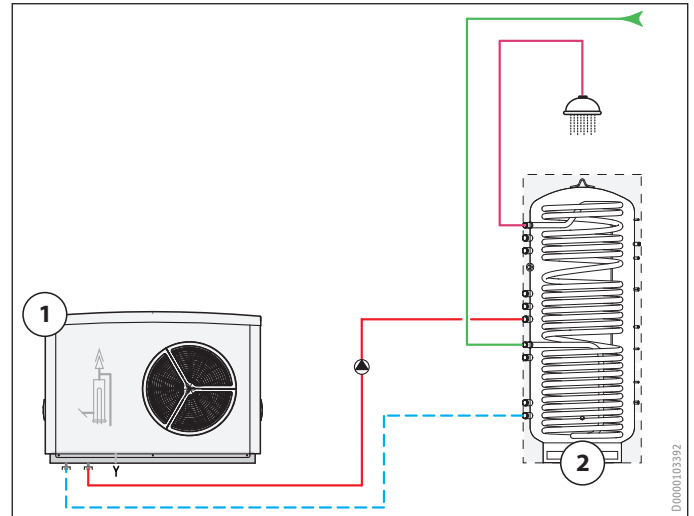
W zasobnikach przepływowych CWU przygotowywana jest w sposób szczególnie higieniczny, ponieważ magazynowana jest tylko niewielka ilość wody użytkowej, co zapewnia wysoki stopień wymiany wody użytkowej.

Wieże hydrauliczne i zasobniki systemowe

W wieżach hydraulicznych i zasobnikach systemowych zasobnik buforowy i pojemnościowy ogrzewacz wody zamontowane są we wspólnej obudowie i rozdzielone od siebie hydraulicznie.

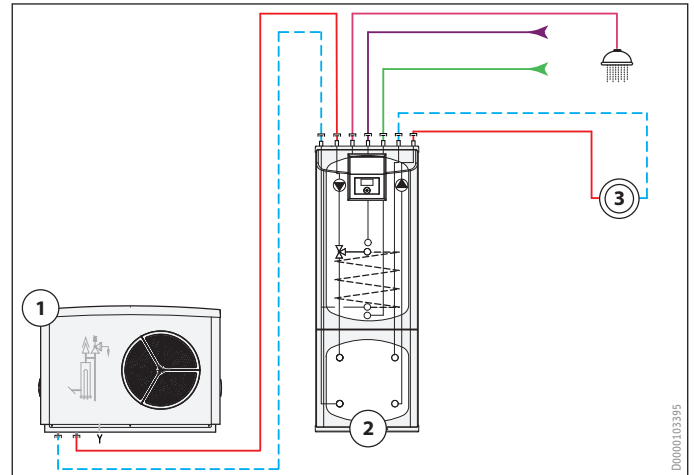
Wieże hydrauliczne mogą dodatkowo służyć do chłodzenia.

Pompa ciepła z zasobnikiem przepływowym



- 1 Pompa ciepła
- 2 Zasobnik przepływowy

Pompa ciepła z wieżą hydrauliczną lub zasobnikiem systemowym



- 1 Pompa ciepła
- 2 Wieża hydrauliczna lub zasobnik systemowy
- 3 Obieg grzewczy

Pompy ciepła – podstawy

Zasobnik buforowy

Decyzja o zastosowaniu zasobnika buforowego

Celowość zastosowania zasobnika buforowego musi zostać zbadana.

Instalacje bez zasobnika buforowego są racjonalne technicznie tylko wtedy, gdy spełnione są następujące warunki:

- » Zainstalowana pompa ciepła nie wymaga zasobnika buforowego.
- » Zamontowany system rozprowadzania ciepła jest w stanie zapewnić minimalne natężenie przepływu pompy ciepła.
- » Objętość wody w instalacji jest na tyle duża, aby zapewnić minimalny czas pracy pompy ciepła.
- » Pompa ciepła zasila tylko jeden obieg grzewczy.
- » Nie są spodziewane żadne okresy blokady zasilania elektrycznego lub mogą one zostać zrekomensowane przez system rozprowadzania ciepła bez wyraźnego ubytku komfortu.
- » Nie jest przewidziane dołączenie kolejnych wytwornic ciepła.

Szczególne zasady dotyczące zastosowania zasobnika buforowego w instalacji grzewczej

Dodatkowa pojemność zasobnika buforowego musi zostać uwzględniona w doborze membranowego naczynia wzbiorczego.

Podłączenie hydrauliczne do tłumika drgań

Podłączenie do rurociągu powinno zostać wykonane w sposób elastyczny, np. przy użyciu węży ciśnieniowych. Węże ciśnieniowe minimalizują przenoszenie drgań, wibracji i innych dźwięków przenoszonych przez konstrukcję.

Instalacja bez zasobnika buforowego

W przypadku rezygnacji z zasobnika buforowego minimalne natężenie przepływu pompy ciepła musi być trwale zapewnione przez system rozprowadzania ciepła.

Minimalne natężenie przepływu może zostać zapewnione np. przez otwarte na stałe obiegi grzewcze lub urządzenia przelewowe.

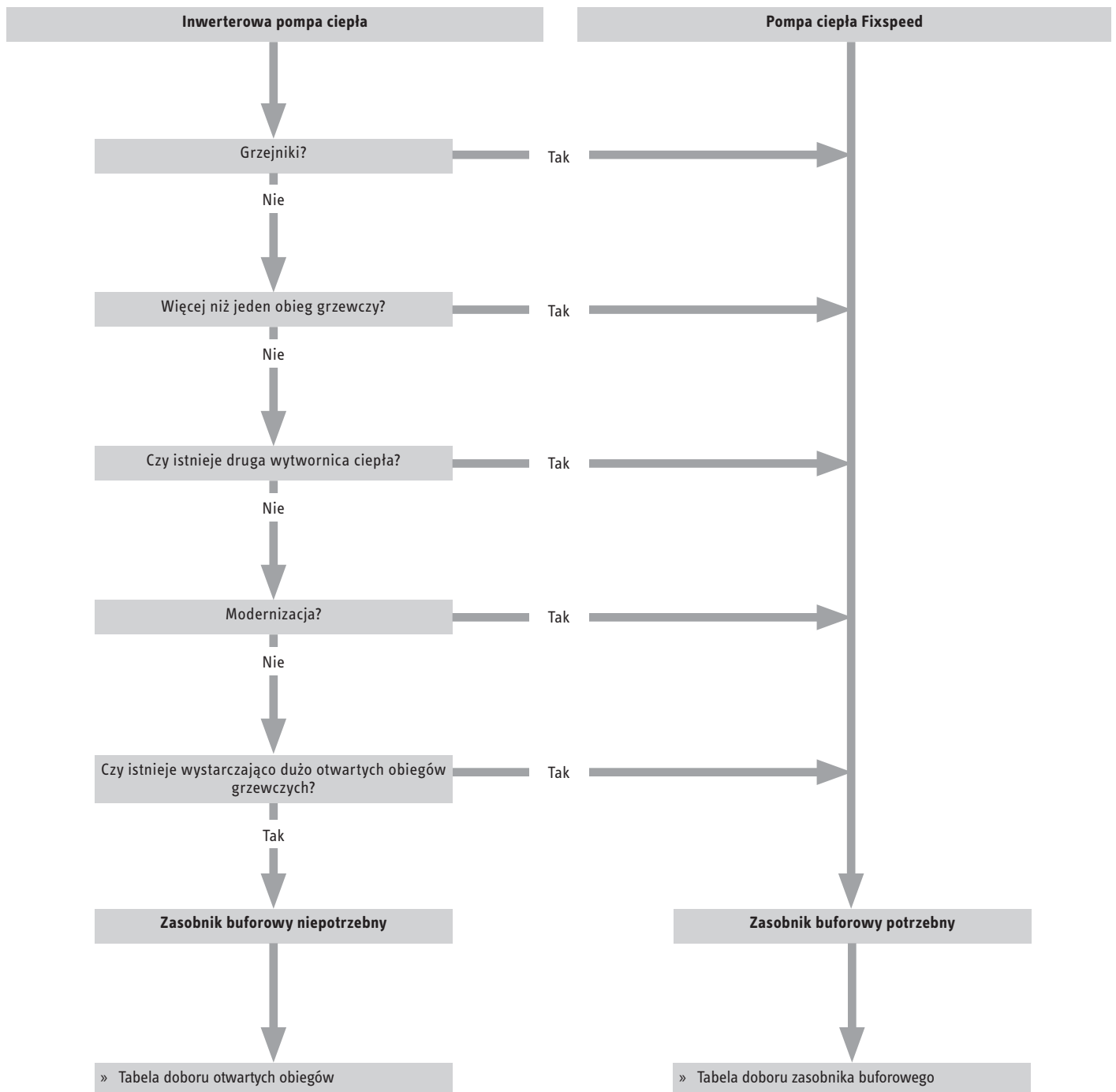
Muszą być przestrzegane obowiązujące w danym kraju przepisy dotyczące regulacji temperatury pojedynczych pomieszczeń.

W Niemczech regulacja temperatury pojedynczych pomieszczeń jest wymagana. Aby te wymagania były spełnione, otwarte na stałe obiegi grzewcze muszą znajdować się w pomieszczeniu wiodącym wraz z pokojowym panelem obsługowym.

Pompy ciepła – podstawy

Zasobnik buforowy

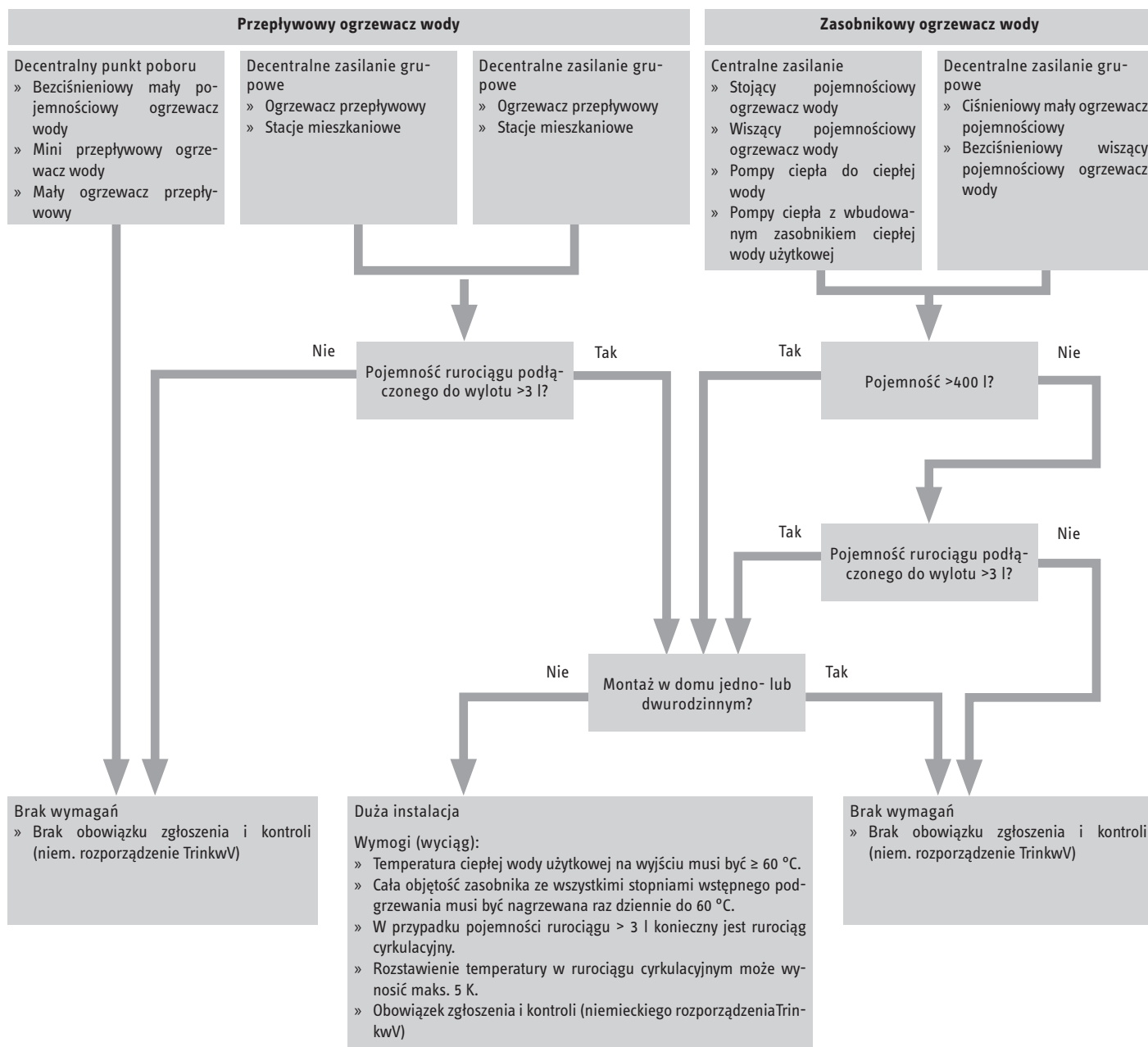
Decyzja o zastosowaniu zasobnika buforowego



Ogrzewanie wody użytkowej certyfikat niemieckiego DVGW W 511

Wymogi arkusza roboczego niemieckiego DVGW W 551

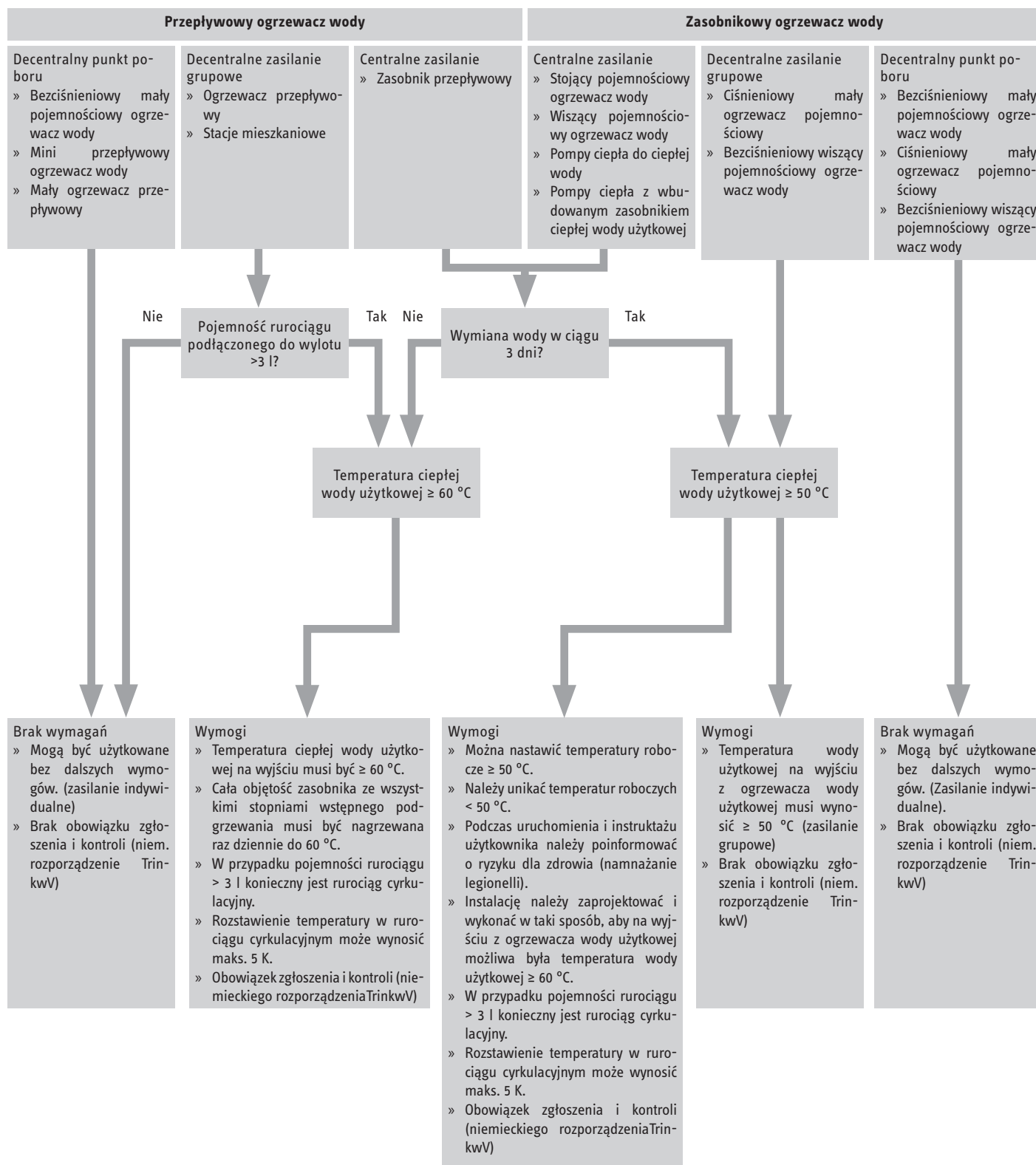
Poniższy przegląd stanowi zestawienie wymogów według niemieckiego DVGW W 551.



Ogrzewanie wody użytkowej norma niemiecka DIN 1988-200

Wymogi normy niemieckiej DIN 1988-200

Poniższy przegląd stanowi zestawienie wymogów według normy niemieckiej DIN 1988-200.



Pompy ciepła – podstawy

Systemy do przygotowania CWU

Zasobnik ciepłej wody użytkowej

Wielkość zasobnika CWU zależy od zużycia dziennego i szczytowego, systemu rozprowadzania ciepłej wody i zamontowanych punktów poboru.

Dobór zasobników CWU do domów wielorodzinnych i budynków niemieszkalnych odbywa się z uwzględnieniem profilu zużycia i wytycznych sanitarnych.

Nagrzewanie wody użytkowej odbywa się za pomocą wewnętrznego lub zewnętrznego wymiennika ciepła.

W przypadku korzystania z zasobnika przepływowego przygotowanie CWU odbywa się za pomocą wewnętrznego wymiennika ciepła na zasadzie przepływu.

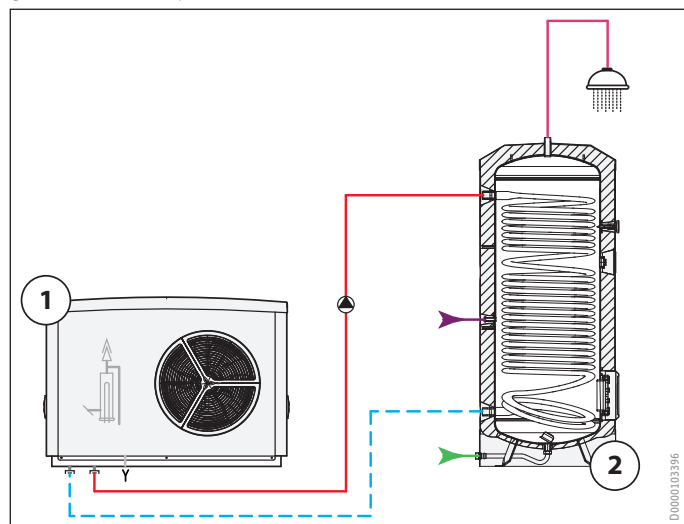
Wewnętrzny wymiennik ciepła

Efektywne przygotowanie CWU odbywa się za pomocą zasobnika CWU z wewnętrznym wymiennikiem ciepła.

Wewnętrzne wymienniki ciepła nadają się do przenoszenia większych mocy grzewczych tylko warunkowo. Wynika to przede wszystkim z dostępnej powierzchni wymiennika ciepła w zasobniku CWU, ponieważ na każdy kW mocy grzewczej potrzebna jest powierzchnia wymiany $> 0,25 \text{ m}^2$.

Zależnie od danej pompy ciepła i konfiguracji instalacji osiągalne są temperatury CWU do $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Jeśli wymagane są wyższe temperatury CWU, może ona być dogrzewana elektrycznie.



- 1 Pompa ciepła
- 2 Zasobnik wody użytkowej

Zewnętrzny wymiennik ciepła

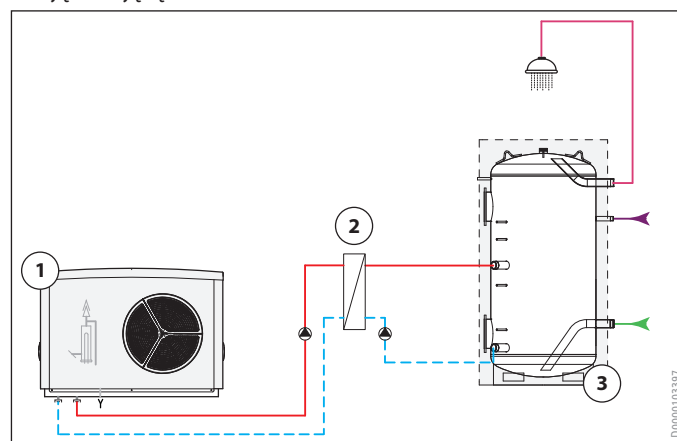
Jeśli wymagane jest przeniesienie większych mocy w zasobniku CWU, można posłużyć się stacjami ładowania.

Stacja ładowania jest wymiarowana zależnie od mocy i natężenia przepływu pompy ciepła. W projekcie muszą być uwzględnione straty ciśnienia na płytowym wymienniku ciepła lub zewnętrzna wysokość podnoszenia pompy ładowania.

Różnica temperatur między stroną pierwotną i wtórną stacji ładowania powinna być jak najmniejsza, aby osiągnięte temperatury CWU były jak najwyższe. Idealny rozstaw temperatur wynosi $2-5 \text{ K}$.

Im mniejsza różnica temperatur, tym większa musi być powierzchnia płytowego wymiennika ciepła w stacji ładowania.

Najlepiej, aby zasobnik CWU był przygotowany do eksploatacji ze stacją ładującą.



- 1 Pompa ciepła
- 2 Wymiennik ciepła
- 3 Zasobnik wody użytkowej

Pompy ciepła – podstawy

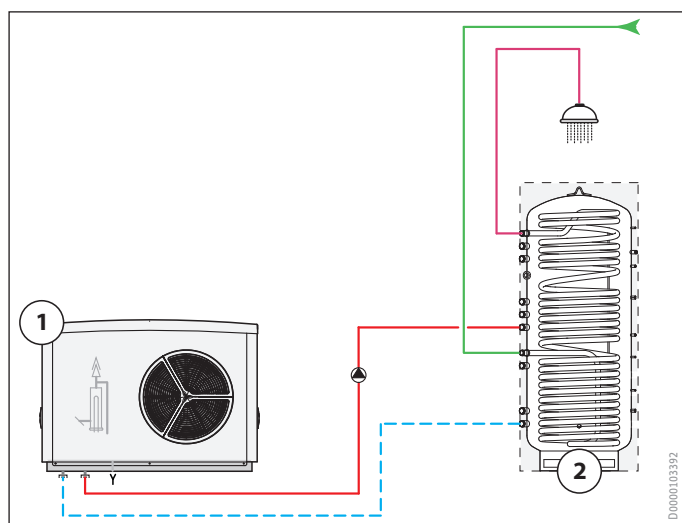
Systemy do przygotowania CWU

Zasobnik przepływowy

Zasobniki przepływowe zawierają umieszczony wewnątrz wymiennik ciepła z rury falistej ze stali nierdzewnej, który jest opływany wodą grzewczą.

W wymienniku ciepła znajduje się tylko niewielki zapas wody użytkowej, aby zapewniona była wysoka częstotliwość wymiany i wysoki poziom higieny wody użytkowej.

Zasobnik przepływowy służy równocześnie jako zasobnik buforowy do hydraulicznego oddzielenia pompy ciepła i obiegów grzewczych.



- 1 Pompa ciepła
- 2 Zasobnik przepływowy

Pompy ciepła – podstawy

Systemy do przygotowania CWU

Stacje mieszkaniowe

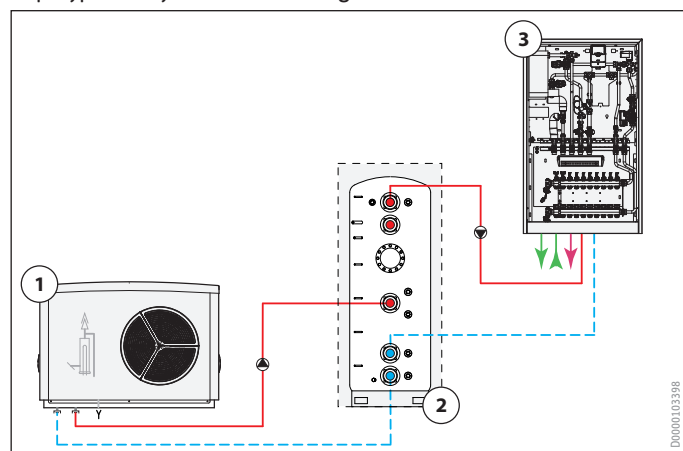
Stacje mieszkaniowe umożliwiają połączenie zalet lokalnego przygotowania CWU i centralnego wytwarzania ciepła.

Stacje mieszkaniowe mogą być wykonane jako systemy 2- i 4-rurowe.

2-rurowa stacja mieszkaniowa

Systemy 2-rurowe korzystają ze wspólnego zasobnika buforowego, który utrzymywany jest przez cały rok na poziomie stałej temperatury systemu.

Koszty inwestycji w przypadku systemu 2-rurowego są niższe niż w przypadku systemu 4-rurowego.



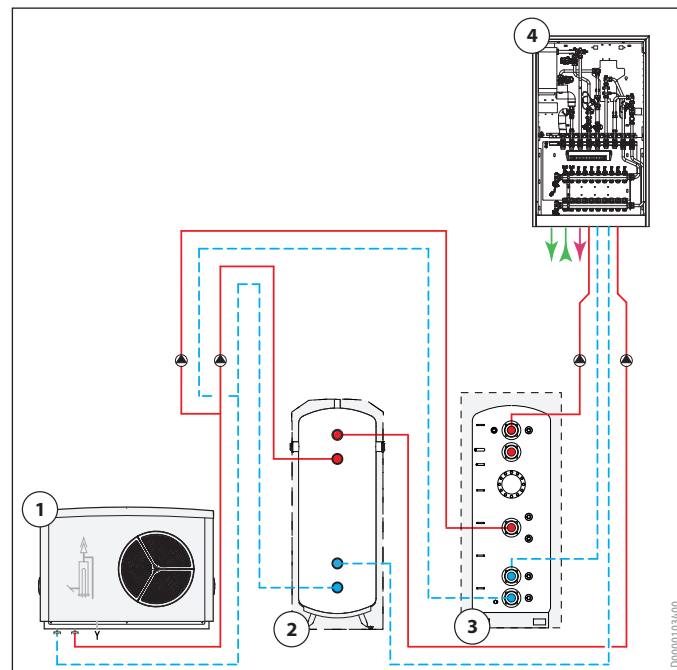
- 1 Pompa ciepła
- 2 Zasobnik buforowy
- 3 Stacja mieszkaniowa

4-rurowa stacja mieszkaniowa

Każda ze stacji mieszkaniowych w systemie 4-rurowym podłączona jest do dwóch rurociągów zasilania i powrotu.

Zapotrzebowanie na ciepło grzewcze i CWU pokrywane jest z zasobników buforowych o różnej temperaturze systemu.

System 4-rurowy przewyższa efektywnością system 2-rurowy.



- 1 Pompa ciepła
- 2 Zasobnik buforowy ogrzewania
- 3 Zasobnik buforowy CWU
- 4 Stacja mieszkaniowa

Notatki

Wymiarowanie zasobnika centralnego pojemnościowego ogrzewacza wody

Następujące objaśnienia nie dotyczą zasobnika przepływowego i stacji mieszkaniowych. W następującym opisie wykorzystywane są objaśnienia z europejskiej normy DIN EN 15450 i wytycznych niemieckiego VDI 4645.

W doborze pojemności centralnego pojemnościowego ogrzewacza wody muszą być uwzględnione wymagane w instalacji ilości wody.

Należy przy tym rozpatrzyć różne czynniki, które są od siebie wzajemnie zależne:

- » Dzielne zapotrzebowanie
- » Szczytowe zapotrzebowanie (ograniczone czasowo, maksymalne zapotrzebowanie)
- » Oczekiwane straty
- » Dostępna moc grzewcza do dogrzewania zasobnika CWU

Wymagana moc CWU musi być dostępna w okresie poboru w formie zmagazynowanej CWU lub mocy grzewczej.

W celu doboru należy ustalić maksymalne dziennie zapotrzebowanie na CWU i odpowiedni profil zużycia.

Wyznaczenie może opierać się na realnych wartościach zużycia lub przeciętnym profilu poboru. Te profile poboru przedstawione są w europejskiej normie DIN EN 15450 na przykładzie trzech grup użytkowników i mogą być indywidualnie rozszerzane.

Na podstawie profilu poboru ustalany jest okres o największym zapotrzebowaniu na moc.

Z zapotrzebowania na moc wynika wielkość zasobnika.

Rodzaje poboru zgodnie z europejską normą DIN EN 15450, załącznik E

Rodzaj poboru	Energia kWh	Objętość l	Wymagana wartość $\Delta\theta$ K	Czas trwania poboru z podanym przepływem masowym w minutach			
				3,5 l/min	5,5 l/min	7,5 l/min	9,0 l/min
niski	0,105	3	30	0,9	0,5	0,4	0,3
podłoga	0,105	3	30	0,9	0,5	0,4	0,3
sprzątanie	0,105	2	45	0,6	0,4	0,3	0,2
zmywanie naczyń mniejsze	0,315	6	45	1,7	1,1	0,8	0,7
zmywanie naczyń średnie	0,420	8	45	2,3	1,5	1,1	0,9
zmywanie naczyń większe	0,735	14	45	4,0	2,5	1,9	1,6
„wiele”	0,525	15	30	4,3	2,7	2,0	1,7
prysznic	1,400	40	30	11,4	7,3	5,3	4,4
wanna	3,605	103	30	29,4	18,7	13,7	11,4

europajska norma DIN EN 15450 w domu wielorodzinnym / tabela profili poboru

Europejska norma DIN EN 15450 w domu wielorodzinnym

W europejskiej normie DIN EN 15450 podane są jako przykład trzy różne profile poboru:

1. Przeciętny profil poboru pojedynczej osoby (36 l przy 60 °C)
2. Przeciętny profil poboru jednej rodziny, łącznie z prysznicem (100 l przy 60 °C)
3. Przeciętny profil poboru trzysobowej rodziny, łącznie z kąpielą w wannie i prysznicem (200 l przy 60 °C)

Tabela profilu poboru „3”

W tabeli przedstawiony jest przeciętny profil poboru trzysobowej rodziny.

Wartości i sumy są podstawą opisanego dalej przykładowego doboru.

Nr	Pora dnia hh:mm	Rodzaj poboru	Energia poboru kWh	Okres poboru częściowych systemów zasobnikowych		Wymagana wartość $\Delta\theta$ (do osiągnięcia w trakcie poboru) K	Minimalna wartość θ uruchomienia licznika zużycia energii °C
				Dzienne zapotrzebowanie	Szczytowe zapotrzebowanie		
1	07:00	niski	0,105				25
2	07:05	prysznic	1,400	x			40
3	07:30	niski	0,105	x			25
4	07:45	niski	0,105	x	x		25
5	08:05	łazienka	3,605	x	x	30	10
6	08:25	niski	0,105	x	x		25
7	08:30	niski	0,105	x	x		25
8	08:45	niski	0,105	x	x		25
9	09:00	niski	0,105	x			25
10	09:30	niski	0,105	x			25
11	10:30	podłoga	0,105	x		30	10
12	11:30	niski	0,105	x			25
13	11:45	niski	0,105	x			25
14	12:45	mycie naczyń	0,315	x		45	10
15	14:30	niski	0,105	x			25
16	15:30	niski	0,105	x			25
17	16:30	niski	0,105	x			25
18	18:00	niski	0,105	x			25
19	18:15	sprzątanie	0,105	x			40
20	18:30	sprzątanie	0,105	x			40
21	19:00	niski	0,105	x			25
22	20:30	mycie naczyń	0,735	x	x	45	10
23	21:00	łazienka	3,605	x	x	30	10
24	21:30	niski	0,105		x		25

Podsumowanie

Q_{DP}	kWh	11,655	11,445	4,445
T_{DP}	hh:mm	14:30	13:55	1:00

Q_{DP} Zapotrzebowanie na energię przygotowania CWU w trakcie wybranego okresu poboru w kWh

T_{DP} Czas trwania wybranego (niekorzystnego) okresu poboru, który jest dostępny do dogrzewania pojemności zasobnika

Przykład doboru „Dom wielorodzinny z centralnym zasobnikiem wody użytkowej”

Rozpatrzmy dom wielorodzinny z 10 identycznymi lokalami mieszkalnymi.

Każde mieszkanie dysponuje typowym wyposażeniem sanitarnym z prysznicem.

Przygotowanie CWU realizowane jest centralnie przy użyciu pompy ciepła i pojemnościowego ogrzewacza wody z wewnętrznym wymiennikiem ciepła.

Dobór zasobnika CWU uwarunkowany jest okresem poboru o najwyższym zapotrzebowaniu na CWU w ciągu dnia (Q_{DPB}).

W doborze pompy ciepła uwzględnione jest całe zapotrzebowanie na CWU w ciągu dnia (Q_{DP}).

Zapotrzebowanie na energię w okresie poboru

W celu doboru ogrzewania CWU należy z tabeli profili poboru odczytać okres poboru o największym zapotrzebowaniu na energię. Ten okres poboru wypada między godziną 20:30 a 21:30. Zapotrzebowanie na energię wynosi 2,240 kWh na mieszkanie.

Całe zapotrzebowanie na energię w okresie poboru obliczane jest z następującego wzoru:

$$Q_{DPB} = n_{NE} \cdot Q_{DPB,NNE}$$

Q_{DPB}	Zapotrzebowanie na energię w trakcie jednego okresu poboru w kWh
$Q_{DPB,NNE}$	Zapotrzebowanie na energię jednego lokalu w trakcie jednego okresu poboru w kWh
n_{NE}	Liczba lokali o jednakowym profilu

W tym przykładzie doboru uzyskane zostało następujące zapotrzebowanie na energię w trakcie okresu poboru:

$$Q_{DPB} = 10 \cdot 2,240 \text{ kWh} = 22,40 \text{ kWh}$$

Ilość CWU w jednym okresie poboru

Z całego zapotrzebowania na energię w trakcie jednego okresu poboru obliczana jest wymagana ilość CWU.

$$V_{DPB} = \frac{Q_{DPB}}{c_W \cdot (\vartheta_{soll} - \vartheta_{KW})}$$

V_{DPB}	Wymagana ilość CWU w trakcie okresu poboru w l
Q_{DPB}	Zapotrzebowanie na energię w trakcie wybranego okresu poboru w kWh
c_W	Pojemność cieplna właściwa (w przypadku wody 1,163 Wh/(kg·K))
ϑ_{soll}	Temperatura zadana zasobnika w °C.
ϑ_{KW}	Temperatura zimnej wody w °C (w Niemczech 10 °C)

$$V_{DPB} = \frac{22,40 \text{ kWh}}{1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})} = 385 \text{ l}$$

Wymagana ilość CWU podczas okresu poboru wynosi 385 l.

Straty

Przy doborze zasobnika CWU należy uwzględnić następujące straty:

- » Straty związane z cyrkulacją
- » Straty postojowe w zasobniku CWU
- » Straty związane z przemieszaniem i wymianą ciepła

Straty związane z cyrkulacją wyznaczane są w ramach projektu. Z doświadczenia wynika, że straty związane z cyrkulacją mogą wynosić między 30 a 40 % zapotrzebowania na CWU. W tym przykładzie przyjmuje się, że straty związane z cyrkulacją wynoszą 35 % lub 0,86 kWh na godzinę.

$$Q_{Zirk} = \frac{Q_{DP} \cdot 0,35}{24 \text{ h}} = \frac{58,45 \text{ kWh} \cdot 0,35}{24 \text{ h}} \cong 0,86 \frac{\text{kWh}}{\text{h}}$$

Do pokrycia strat związanych z cyrkulacją potrzebna jest dodatkowa pojemność zasobnika:

$$V_{Zirk} = \frac{Q_{Zirk}}{c_W \cdot (\vartheta_{soll} - \vartheta_{Zirk,RL})}$$

V_{Zirk}	Ilość CWU wymagana do zrekompensowania strat związanych z cyrkulacją
Q_{Zirk}	Straty związane z cyrkulacją w kWh/h
c_W	Pojemność cieplna właściwa (w przypadku wody 1,163 Wh/(kg·K))
ϑ_{soll}	Temperatura zadana zasobnika w °C.
ϑ_{KW}	Temperatura powrotu w rurociągu cyrkulacyjnym w °C

$$V_{Zirk} = \frac{0,86 \frac{\text{kWh}}{\text{h}}}{1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (60^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C})} = 148 \text{ l}$$

Jako dodatek za bezużyteczną pojemność zasobnika przyjmuje się 15 % jego pojemności.

Całkowita wymagana pojemność zasobnika obliczana jest z następującego wzoru:

$$V_{SP,min} = (V_{DPB} + V_{Zirk}) \cdot f_{TWE}$$

$V_{SP,min}$	Pojemność zasobnika w l
V_{DPB}	Wymagana ilość CWU w trakcie wybranego okresu poboru w l
V_{Zirk}	Ilość CWU wymagana do zrekompensowania strat związanych z cyrkulacją
f_{TWE}	Rezerwa na zakładane straty związane ze zmieszaniem ($f_{TWE}=1,15$)

$$V_{SP,min} = (385 \text{ l} + 148 \text{ l}) \cdot 1,15 = 613 \text{ l}$$

Pojemność znamionowa zasobnika CWU musi wynosić > 613 l.

Moc pompy ciepła do trybu ogrzewania i przygotowania CWU

Gdy pompa ciepła jest wykorzystywana nie tylko do przygotowania CWU, musi zostać uwzględniony tryb ogrzewania i chłodzenia, a także inne odbiorniki.

Moc pompy ciepła w trybie przygotowania CWU

Moc pompy ciepła służącej tylko do przygotowania CWU musi zostać tak dobrana, aby cała zawartość pojemnościowego ogrzewacza wody ogrzewana była w trakcie wymaganego czasu nagrzewania.

Podczas wyznaczania czasu nagrzewania muszą być uwzględnione okresy szczytowego zapotrzebowania oraz szczególnie dogodnie pory do nagrzewania pojemnościowego ogrzewacza wody. Jeśli wykorzystywana jest instalacja fotowoltaiczna, muszą być uwzględnione np. godziny światła dziennego.

Niezbędna moc pompy ciepła obliczana jest w następujący sposób:

$$\dot{Q}_{WP,min} = \frac{V_{Sp} \cdot c_W \cdot (\vartheta_{soll} - \vartheta_{KW})}{t_{AD}}$$

$\dot{Q}_{WP,min}$	Wymagana moc pompy ciepła w KW
c_W	Pojemność cieplna właściwa (w przypadku wody 1,163 Wh/(kg·K))
ϑ_{soll}	Temperatura zadana zasobnika w °C.
ϑ_{KW}	Temperatura zimnej wody w °C (w Niemczech 10 °C)
t_{AD}	Czas nagrzewania w h

Do nagrzewania pojemnościowego ogrzewacza wody dostępny jest okres między dwoma okresami szczytowego zapotrzebowania (między 7:00 a 7:30 i między 20:30 a 21:30). Czas nagrzewania wynosi 13 godzin.

$$\dot{Q}_{WP,min} = \frac{613 \text{ l} \cdot 1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})}{13 \text{ h}} \cong 2,7 \text{ kW}$$

Moc grzewcza pompy ciepła musi wynosić >2,7 kW.

Jeśli mają być pokrywane także inne zapotrzebowania ciepła, przy wyznaczaniu mocy grzewczej muszą być uwzględnione odpowiednie ilości ciepła.

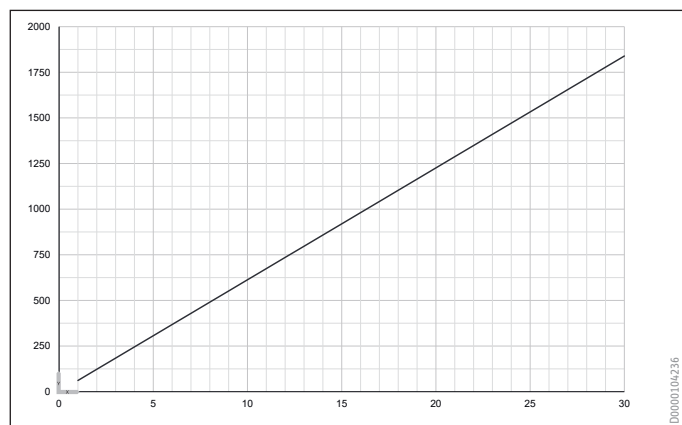
Tabela doboru centralnego zasobnika wody użytkowej do budynku mieszkalnego

Tabela profili poboru „3” umożliwia orientacyjne ustalenie pojemności centralnego pojemnościowego ogrzewacza wody w domach wielorodzinnych przy wybranym profilu zużycia dla 3 osób z prysznicem. Tabela profili poboru „3” nie zastępuje doboru przygotowania CWU zależnego od obiektu.

Wymiarowanie zasobnika CWU w przedstawionej tabeli profili poboru „3” oparte jest na wytycznych kalkulacji określonych w europejskiej normie DIN EN 15450. Obliczenie odbywa się na podstawie zawartych w tabeli profili poboru „3” ilościach ciepła, które są wymagane przy przeciętnym zapotrzebowaniu na CWU 3-osobowej rodziny z prysznicem:

- » Zapotrzebowanie dzienne 5,845 kWh na mieszkanie
- » Zapotrzebowanie szczytowe 2,24 kWh na mieszkanie

Pojemność zasobnika ustalana jest zależnie od liczby lokali mieszkalnych. Straty związane ze zmieszaniem i cyrkulacją uwzględniane są ryczałtem na podstawie przykładowej kalkulacji.



x	Liczba mieszkań
y	Pojemność zasobnika
1	Charakterystyka

Metoda uproszczona w przypadku domu jedno- i dwurodzinnego

W domu jedno- i dwurodzinnym z normalnym wyposażeniem sanitarnym wymaganą wielkość zasobnika i wymaganą moc grzewczą można ustalić, stosując metodę uproszczoną.

Przyjmuje się, że średnie dzienne zużycie CWU na osobę wynosi 1,45 kWh. Wartość ta odpowiada 25 l CWU o temperaturze 60 °C. Wartość ta mnożona jest przez dwa, aby uwzględnić w przybliżeniu straty związane z magazynowaniem i rozprowadzaniem. Następnie odbywa się przeliczenie na rzeczywistą temperaturę zasilania. Temperatura zasilania w domach jedno- i dwurodzinnych wynosi zazwyczaj 50 °C.

$$V_{SP,min} = 2 \cdot n \cdot V_{DP,60} \cdot \frac{\vartheta_{Ref} - \vartheta_{KW}}{\vartheta_{soll} - \vartheta_{KW}}$$

$V_{SP,min}$	Minimalna pojemność zasobnika w litrach
n	Liczba osób
$V_{DP,60}$	Dzienne zapotrzebowanie na CWU przy 60 °C na osobę w litrach
ϑ_{Ref}	Referencyjna temperatura zasobnika w °C (60 °C)
ϑ_{soll}	Temperatura zadana zasobnika w °C.
ϑ_{KW}	Temperatura zimnej wody w °C

$$V_{SP,min} = 2 \cdot 3 \cdot 25 \text{ l} \cdot \frac{60 \text{ °C} - 10 \text{ °C}}{50 \text{ °C} - 10 \text{ °C}} = 187,5 \text{ l}$$

Jeśli gospodarstwo liczy od 1 do 3 osób, wybrany zostanie zasobnik CWU o pojemności znamionowej do 200 l.

Jeśli gospodarstwo liczy od 4 do 5 osób, wybrany zostanie zasobnik CWU o pojemności znamionowej do 300 l.

Tabela doboru zasobników przepływowych w budynkach mieszkalnych

Dobór zasobników przepływowych odbywa się na podstawie profili poboru w połączeniu z odpowiednimi zasobnikami przepływowymi.

Zależnie od temperatury ładowania zasobnika przepływowego i mocy zainstalowanej wytwornicy ciepła wybierany jest z tabeli doboru dotyczącej danego typu odpowiedni zasobnik przepływowy.

W doborze należy uwzględnić maksymalną wielkość przepływu zasobnika przepływowego oraz straty ciśnienia na wymienniku ciepła.

Wymiarowanie zasobników do stacji mieszkaniowych

Wymiarowanie zasobników do stacji mieszkaniowych oparte jest na mocy przyłączeniowej stacji mieszkaniowej oraz synchronizacji przygotowania CWU.

Zależnie od rodzaju stacji mieszkaniowej może być przy określaniu wielkości zasobnika konieczne uwzględnienie także obciążenia grzewczego.

W przypadku systemów 2-rurowych moce grzewcze ogrzewania wody użytkowej i ogrzewania muszą zostać zsumowane.

W przypadku systemów 4-rurowych zasobnik CWU i zasobnik buforowy ogrzewania muszą zostać rozpatrzone oddzielnie.

Przykład doboru „Dom wielorodzinny ze stacjami mieszkaniowymi”

Rozpatrzmy dom wielorodzinny z 12 identycznymi lokalami mieszkalnymi.

Każde mieszkanie dysponuje typowym wyposażeniem sanitarnym z prysznicem.

Przygotowanie CWU odbywa się lokalnie w stacjach mieszkaniowych, które zasilane są przez system 2-rurowy.

W celu doboru wielkości zasobnika ustalana jest najpierw równoczesność zapotrzebowania na CWU.

$$\varphi = n^{(-0,57)} = 12^{-0,57} = 0,2426$$

φ Współczynnik równoczesności przygotowania CWU
 n Liczba lokali mieszkalnych+

Ze współczynnika równoczesności wynika liczba stacji mieszkaniowych, które wlicza się równocześnie na potrzeby przygotowania CWU.

$$n_{NE,TWW} = n \cdot \varphi = 12 \cdot 0,2426 = 2,91 \cong 3$$

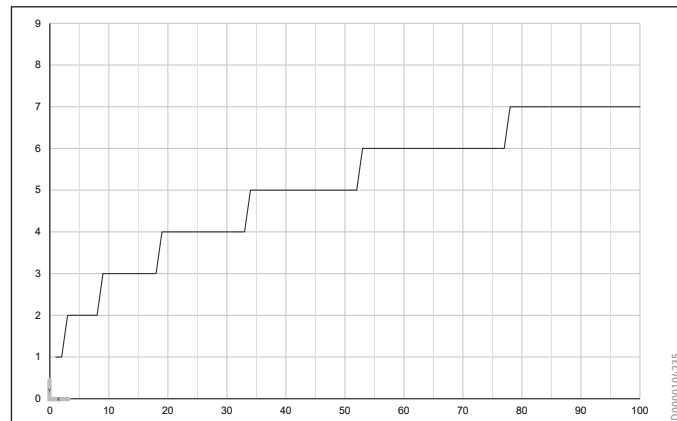
$n_{NE,TWW}$ Stacje mieszkaniowe wliczane równocześnie na potrzeby przygotowania CWU
 n Liczba zainstalowanych stacji mieszkaniowych
 φ Współczynnik równoczesności

Jako wliczane równocześnie na potrzeby trybu ogrzewania stacje mieszkaniowe przyjmuje się:

$$n_{NE,HZg} = n - n_{NE,TWW} = 12 - 3 = 9$$

$n_{NE,HZg}$ Stacje mieszkaniowe wliczane równocześnie na potrzeby trybu ogrzewania
 n Liczba zainstalowanych stacji mieszkaniowych
 $n_{NE,TWW}$ Stacje mieszkaniowe wliczane równocześnie na potrzeby przygotowania CWU

Równoczesności



x Wliczane równocześnie stacje mieszkaniowe
 y Liczba stacji mieszkaniowych
 1 Zainstalowane stacje mieszkaniowe

Pojemność zasobnika buforowego wymagana na potrzeby trybu ogrzewania można obliczyć z następującego wzoru.

$$V_{Sp,HZg} = \frac{Q_H \cdot n_{NE,HZg} \cdot t_{20min}}{c_w \cdot (\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL})}$$

$V_{Sp,HZg}$ Pojemność zasobnika buforowego wymagana na potrzeby trybu ogrzewania
 Q_H Obciążenie grzewcze na mieszkanie
 $n_{NE,HZg}$ Stacje mieszkaniowe wliczane równocześnie na potrzeby trybu ogrzewania
 t_{20min} 20-minutowe okresy odniesienia
 c_w Pojemność cieplna właściwa (w przypadku wody 1,163 Wh/(kg·K))
 ϑ_{VL} Temperatura zadana zasobnika
 ϑ_{RL} Temperatura powrotu stacji mieszkaniowej

12 lokali mieszkalnych wyposażonych jest w stacje mieszkaniowe w systemie 2-rurowym.

12 mieszkań o obciążeniu grzewczym 3 kW każde zasilanych jest przez ogrzewanie podłogowe.

$$V_{Sp,HZg} = \frac{3 \text{ kW} \cdot 9 \cdot 0,33}{1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (55 \text{ }^\circ\text{C} - 28 \text{ }^\circ\text{C})} = 284 \text{ l}$$

Pojemność zasobnika wymagana do przygotowania CWU wynosi:

$$V_{Sp,TWW} = \frac{(n_{NE,TWW} \cdot P_{WST} \cdot t_{20min} + Q_{BV}) \cdot f_{TWE}}{c_w \cdot (\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL})}$$

$V_{Sp,TWW}$	Pojemność zasobnika buforowego wymagana do przygotowania CWU
$n_{NE,TWW}$	Stacje mieszkaniowe wliczane równocześnie na potrzeby przygotowania CWU
P_{WST}	Moc stacji mieszkaniowej po stronie pierwotnej
t_{20min}	20-minutowe okresy odniesienia
Q_{BV}	Straty postojowe w kWh
f_{TWE}	Rezerwa na zakładane straty związane z wymianą ciepła i zmieszaniem ($f_{TWE}=1,20$)
c_w	Pojemność cieplna właściwa (w przypadku wody 1,163 Wh/(kg·K))
ϑ_{VL}	Temperatura zadana zasobnika
ϑ_{RL}	Temperatura powrotu stacji mieszkaniowej

Do przygotowania CWU musi być dostępne natężenie przepływu w punkcie poboru 13 l/min przy 50 °C.

Moc przyłączeniowa stacji mieszkaniowej po stronie pierwotnej wynosi 36,2 kW.

$$V_{Sp,TWW} = \frac{(3 \cdot 36,2 \text{ kW} \cdot 0,33 + 2,20 \text{ kWh}) \cdot 1,20}{1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (55 \text{ °C} - 20,8 \text{ °C})} = 1.148 \text{ l}$$

Pojemność zasobnika w systemie 2-rurowym

W systemie 2-rurowym suma pojemności zasobnika $V_{Sp,Hzg}$ i $V_{Sp,TWW}$ jest minimalną pojemnością wymaganego zasobnika buforowego.

$$V_{Sp,2L} = V_{Sp,Hzg} + V_{Sp,TWW} = 284 \text{ l} + 1.148 \text{ l} = 1.432 \text{ l}$$

Pojemność zasobnika buforowego musi wynosić > 1432 l.

Pojemność zasobnika w systemie 4-rurowym

W systemie 4-rurowym stosowane są dwa zasobniki buforowe.

Minimalna pojemność zasobnika buforowego ogrzewania wynosi 284 l.

Minimalna pojemność zasobnika buforowego do przygotowania CWU wynosi 1148 l.

Moc grzewcza pompy ciepła

Niezbędna wielkość pompy ciepła wyznaczana jest na podstawie ilości energii zużywanych dziennie do ogrzewania i przygotowania CWU.

Przykład doboru „Dom wielorodzinny z centralnym przygotowaniem CWU”

Rozpatrzmy dom wielorodzinny z 10 lokalami mieszkalnymi i obciążeniem grzewczym 20 kW.

Obciążenie chłodnicze służące do utrzymania temperatury budynku w lecie przez system ogrzewania podłogowego wynosi 15 kW.

Każde mieszkanie dysponuje typowym wyposażeniem sanitarnym z prysznicem.

Przygotowanie CWU realizowane jest centralnie przy użyciu pompy ciepła powietrze-woda i pojemnościowego ogrzewacza wody z wewnętrznym wymiennikiem ciepła.

Moc grzewcza pompy ciepła

W celu wyznaczenia niezbędnej mocy pompy ciepła oprócz zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń należy także uwzględnić zapotrzebowanie na energię do przygotowania CWU oraz innych odbiorników, np. basenu.

Dzienne zapotrzebowanie na CWU Q_{DP} odczytywane jest z tabeli profili poboru „3”.

$$Q_{DP} = n_{NE} \cdot Q_{DP,NE} = 10 \cdot 5,845 \text{ kWh} = 58,45 \text{ kWh}$$

Q_{DP}	Dzienne zapotrzebowanie na energię do CWU w kWh
$Q_{DP,NE}$	Dzienne zapotrzebowanie na energię do CWU jednego lokalu w kWh
n_{NE}	Liczba lokali o jednakowym profilu

W celu wyznaczenia całkowitego zapotrzebowania na energię do przygotowania CWU dodatkowo należy uwzględnić straty związane z cyrkulacją i postojowe straty ciepła.

Straty związane z cyrkulacją muszą zostać wyznaczone w ramach projektu i w tym przykładzie wynoszą 20,00 kWh dziennie.

Postojowe straty ciepła zastosowanego pojemnościowego ogrzewacza wody wynoszą w tym przypadku 3,50 kWh dziennie.

$$Q_{DP,ges} = Q_{DP} + Q_{Zirk} + Q_{BV} = 58,45 \text{ kWh} + 20,00 \text{ kWh} + 3,50 \text{ kWh} = 81,95 \text{ kWh}$$

$Q_{DP,ges}$	Ilość energii dziennie do przygotowania CWU ze stratami w kWh
Q_{DP}	Dzienne zapotrzebowanie na energię do CWU w kWh
Q_{Zirk}	Ilość energii dziennie do pokrycia strat związanych z cyrkulacją w kWh
Q_{BV}	Ilość energii dziennie do pokrycia postojowych strat ciepła w kWh

Moc pompy grzewczej dobrana została tak, aby maksymalne zapotrzebowanie na energię w ciągu dnia przy normalnej temperaturze zewnętrznej pokrywane było przez pompę ciepła.

Uwzględnione są ewentualne okresy blokady nakładane przez dostawcę energii.

$$Q_{WP,erf} = \frac{Q_{H,AP} + Q_{DP,ges} + Q_{sonst}}{d - \sum t_{SD}}$$

$Q_{WP,erf}$	Wymagana moc pompy ciepła w kW
$Q_{H,AP}$	Ilość energii dziennie do przygotowania CWU ze stratami w kWh
$Q_{DP,ges}$	Ilość energii dziennie do pokrycia strat związanych z cyrkulacją w kWh
Q_{sonst}	Ilość energii dziennie do pokrycia postojowych strat ciepła w kWh
$\sum t_{SD}$	Suma dziennych okresów blokady zakładu energetycznego

Obciążenie grzewcze $Q_{H,AP}$ wynosi 20 kW.

Inne zastosowania nie istnieją.

Czas trwania blokady nakładanej przez dostawcę energii wynosi 4 godziny dziennie.

Wymagana moc pompy ciepła wynosi:

$$Q_{WP,erf} = \frac{24 \text{ h} \cdot 20 \text{ kW} + 81,95 \text{ kWh} + 0 \text{ kWh}}{24 \text{ h} - 4 \text{ h}} = 28,1 \text{ kW}$$

Wybrana zostanie pompa ciepła powietrze-woda o znamionowej mocy grzewczej 25,7 kW przy A-7/W35. Umożliwia to działanie w trybie monoenergetycznym.

Różnica mocy 2,4 kW pokrywana jest przez drugą wytwornicę ciepła, np. elektrycznie.

Pompa ciepła odznacza się w aktywnym trybie chłodzenia mocą 34,1 kW przy A35/W18.

Pompa ciepła pokrywa wymagane obciążenie chłodnicze 15 kW, zapewniając utrzymanie temperatury latem przez powierzchnię podłogi.

Badanie racjonalności

Po doborze pompy ciepła wskazane jest przeprowadzenie kontroli racjonalności.

Jako podstawa służą użyte do doboru przygotowania CWU profile poboru z tabeli profili poboru „3”.

Moc wybranej pompy ciepła musi być na tyle duża, aby naładować zasobnik CWU przed niekorzystnymi okresami poboru.

$$\frac{Q_{DPB}}{\dot{Q}_{WP, \text{gewählt}} \cdot t_{DPB}} \leq 1$$

Q_{DPB} Zapotrzebowanie na energię w trakcie jednego okresu poboru w kWh

$\dot{Q}_{WP, \text{gewählt}}$ Moc wybranej pompy ciepła w kW

t_{DPB} Czas trwania wybranego okresu odniesienia, który jest dostępny do dogrzewania pojemności zasobnika.

Rozpatrywany jest okres poboru między 20:30 a 21:30 z zapotrzebowaniem na energię 22,4 kWh.

Do wcześniejszego nagrzewania dostępny jest okres od 19:00 do 20:30 (1,5 godziny) bez zapotrzebowania na CWU.

$$\frac{22,4 \text{ kWh}}{25,7 \text{ kW} \cdot 1,50 \text{ h}} = 0,58 \leq 1$$

Pompa ciepła musi być na tyle duża, aby pokryć zapotrzebowanie grzewcze budynku oraz naładować zasobnik CWU przed niekorzystnym okresem poboru.

Przykład doboru „Dom wielorodzinny ze stacją mieszkaniową”

Rozpatrzmy dom wielorodzinny z 12 lokalami mieszkalnymi i obciążeniem grzewczym 2,5 kW na mieszkanie.

Każde mieszkanie dysponuje typowym wyposażeniem sanitarnym z prysznicem.

Do przygotowania CWU i ogrzewania wykorzystywane są stacje mieszkaniowe w systemie 2-rurowym.

Funkcję centralnej wytwornicy ciepła pełni pompa ciepła solanka-woda.

Moc grzewcza pompy ciepła

W celu wyznaczenia niezbędnej mocy pompy ciepła oprócz zapotrzebowania na energię do ogrzewania pomieszczeń należy także uwzględnić zapotrzebowanie na energię do przygotowania CWU oraz innych odbiorników, np. basenu.

Dzienne zapotrzebowanie na CWU odczytywane jest z tabeli profilu poboru „3” i wynosi:

$$Q_{DP} = n_{NE} \cdot Q_{DP,NNE} = 12 \cdot 5,845 \text{ kWh} = 70,14 \text{ kWh}$$

Q_{DP}	Dzienne zapotrzebowanie na energię do CWU w kWh
$Q_{DP,NNE}$	Dzienne zapotrzebowanie na energię do CWU jednego lokalu w kWh
n_{NE}	Liczba lokali o jednakowym profilu

W celu określenia całkowitego zapotrzebowania na energię do przygotowania CWU dodatkowo należy uwzględnić straty związane z przesyłem do stacji mieszkaniowej i postojowe straty ciepła w zasobniku CWU.

Straty związane z przesyłem muszą zostać wyznaczone w ramach projektu i w tym przykładzie wynoszą 12,00 kWh dziennie.

Postojowe straty ciepła wynoszą w tym przypadku 4,10 kWh dziennie.

$$Q_{DP,ges} = Q_{DP} + Q_{Zirk} + Q_{BV} = 70,14 \text{ kWh} + 12,00 \text{ kWh} + 4,10 \text{ kWh} = 86,24 \text{ kWh}$$

$Q_{DP,ges}$	Ilość energii dziennie do przygotowania CWU ze stratami w kWh
Q_{DP}	Dzienne zapotrzebowanie na energię do CWU w kWh
Q_{Zirk}	Ilość energii dziennie do pokrycia strat związanych z cyrkulacją w kWh
Q_{BV}	Ilość energii dziennie do pokrycia postojowych strat ciepła w kWh

Moc pompy grzewczej dobrana została tak, aby maksymalne zapotrzebowanie na energię w ciągu dnia przy normalnej temperaturze zewnętrznej pokrywane było przez pompę ciepła.

Uwzględnione są ewentualne okresy blokady nakładane przez dostawcę energii.

$$Q_{WP,erf} = \frac{Q_{H,AP} + Q_{DP,ges} + Q_{sonst}}{d - \sum t_{SD}}$$

$Q_{WP,erf}$	Wymagana moc pompy ciepła w kW
$Q_{H,AP}$	Ilość energii dziennie do przygotowania CWU ze stratami w kWh
$Q_{DP,ges}$	Ilość energii dziennie do pokrycia strat związanych z cyrkulacją w kWh
Q_{sonst}	Ilość energii dziennie do pokrycia postojowych strat ciepła w kWh
$\sum t_{SD}$	Suma dzienna okresów blokady zakładu energetycznego

Obciążenie grzewcze $Q_{H,AP}$ wynosi 30 kW.

Inne zastosowania nie istnieją.

Czas trwania blokady nakładanej przez dostawcę energii wynosi 4 godziny dziennie.

Wynika z tego, że wymagana moc pompy ciepła wynosi:

$$Q_{WP,erf} = \frac{24 \text{ h} \cdot 30 \text{ kW} + 86,24 \text{ kWh} + 0 \text{ kWh}}{24 \text{ h} - 4 \text{ h}} = 40,3 \text{ kW}$$

Wybrana zostanie pompa ciepła solanka-woda o znamionowej mocy grzewczej 42,0 kW przy B0/W55.

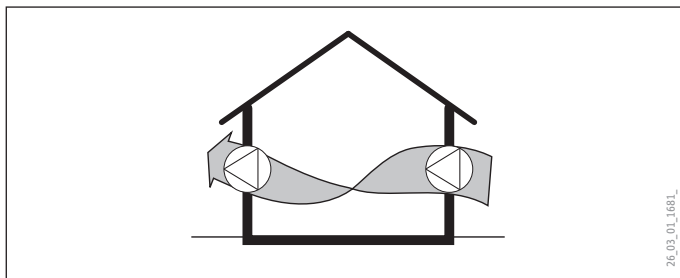
Umożliwia to działanie w trybie monowalentnym.

Notatki

Chłodzenie

Chłodzenie pasywne i aktywne

Chłodzenie pasywne

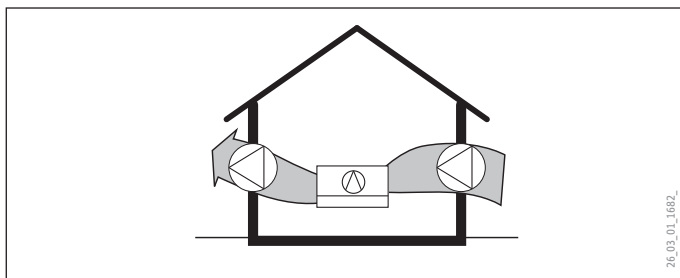


- » Wykorzystanie naturalnych chłodziw
- » Chłodny grunt / chłodne powietrze nocne
- » Wykorzystanie efektu zasobnika

Niska temperatura wód gruntowych lub gruntu przenoszona jest za pomocą wymiennika ciepła do systemu ogrzewania.

Sprężarka pompy ciepła nie włącza się. Pompa ciepła pozostaje w trybie „pasywnym”.

Chłodzenie aktywne



- » Wykorzystanie urządzeń chłodniczych

Moc chłodnicza pompy ciepła (strona zimna) oddawana jest do systemu ogrzewania.

Sprężarka pompy ciepła załącza się. Pompa ciepła jest „aktywna”.

Sposób postępowania przy projektowaniu chłodzenia pasywnego

- » Obliczanie obciążenia chłodniczego
- » według wytycznych niemieckiego VDI 2078
- » według formularza
- » według m² powierzchni mieszkalnej (współczynnik)
- » Określanie mocy chłodniczej dolnego źródła
- » Pionowa sonda gruntowa
- » Wody gruntowe
- » Dobór systemu rozprowadzania
- » Ogrzewanie podłogowe
- » Klimakonwektory

Wskazówki dotyczące projektowania

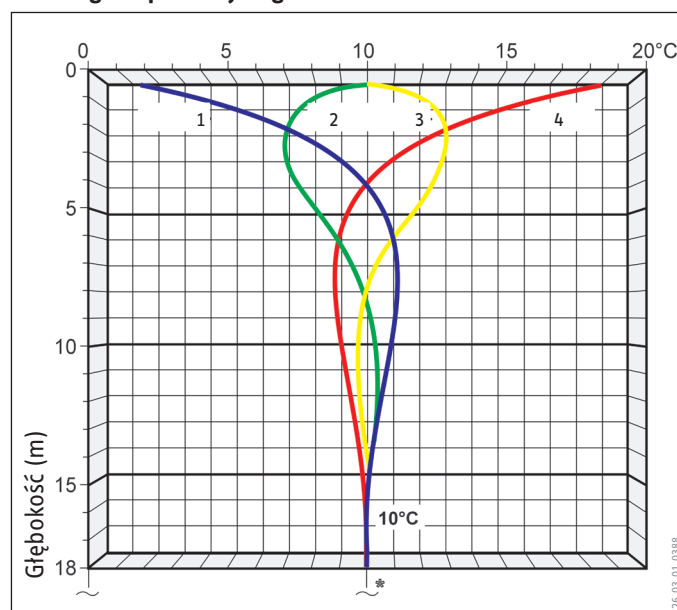
Moc chłodnicza dolnego źródła jest oparta na mocy chłodniczej pompy ciepła.

Przykład: Dwie pionowe sondy gruntowe o głębokości 94 m odprowadzają do gruntu ciepło rzędu około 7,2 kW.

Zdolność przyjmowania ciepła dolnego źródła musi być wyższa od obciążenia chłodniczego (odprowadzania ciepła) budynku. Jeśli obciążenie chłodnicze jest wyższe, żądana temperatura pomieszczenia nie zostanie osiągnięta.

W celu osiągnięcia żądanej temperatury pomieszczenia można ewentualnie wyłączyć chłodzenie w niektórych pomieszczeniach.

Przebieg temperatury w gruncie



Co 33 m wzrost temperatury o +1 °C

- 1 Luty
- 2 Maj
- 3 Listopad
- 4 Sierpień

Średnia temperatura gruntu [°C]

Głębokość odwiertu m	Teren niezabudowany	Obszar miejski	Położenie na wysokości
0	9,5	9,5	3,2
25	11,3	12,5	8,0
50	12,0	13,5	8,7
75	12,8	14,5	9,5
100	13,5	15,5	10,2
125	14,3	16,5	11,0
150	15,0	17,5	11,7
175	15,8	18,5	12,5
200	16,5	19,5	13,2

Obliczanie obciążenia chłodniczego

Obliczanie obciążenia chłodniczego odbywa się zgodnie z wytycznymi niemieckiego VDI 2078.

Niniejszy formularz do określania obciążenia chłodniczego lub program obliczeniowy na naszej stronie internetowej ułatwiają obliczanie obciążenia chłodniczego pomieszczenia.

Uprozczone obliczanie obciążenia chłodniczego za pomocą formularza do obliczania

Formularz do obliczania obciążenia chłodniczego umożliwia łatwą i szybką kalkulację obciążenia chłodniczego pomieszczenia.

Podstawa obliczeń: temperatura powietrza zewnętrznego +32 °C przy temperaturze pomieszczenia +27 °C i ciągłym trybie pracy.

Pozycja 1

Powierzchnie okien należy podzielić według stron świata i pomnożyć przez odpowiednie wartości. Do sumowania podczas obliczania obciążenia chłodniczego należy przyjąć tę stronę świata, która ma najwyższą wartość. Jeśli okna wychodzą na dwie znajdujące się bezpośrednio obok siebie strony świata, np. południową i południowo-zachodnią, należy zastosować sumę obu tych wartości. Dodatkowo muszą zostać uwzględnione poziome świetliki dachowe. W przypadku wyposażenia w osłony przeciwsłoneczne należy uwzględnić podane wartości.

Pozycja 2

W przypadku ścian podstawę stanowią wartości stałe określone w wytycznych niemieckiego VDI 2078. Ściany nie mają większego wpływu na obciążenie chłodnicze, zwłaszcza w przypadku masywnej konstrukcji.

Pozycja 3

Podłogi pod nieogrzewanymi piwnicami lub powierzchnie graniczące z gruntem nie są uwzględniane.

Pozycja 4

Powierzchnię stropową pomniejszoną o ewentualne świetliki dachowe należy pomnożyć przez odpowiednią wartość.

Pozycja 5

Oddawanie ciepła przez urządzenia elektryczne i oświetlenie uwzględnia się według elektrycznej mocy przyłączeniowej i mnoży przez współczynnik 0,75.

Urządzenia muszą zostać uwzględnione tylko wtedy, gdy są włączone w czasie trybu chłodzenia.

Pozycja 6

Liczbę osób należy pomnożyć przez podaną wartość. W wytycznych niemieckiego VDI 2078 przyjęto oddawanie ciepła przy zakresie od bezczynności fizycznej do lekkiej pracy.

Pozycja 7

Tutaj zastosować należy udział powietrza zewnętrznego urządzenia zgodnie z danymi producenta. Uwzględnione jest ochłodzenie udziału powietrza zewnętrznego w wymiarze 5 K.

Obciążenie chłodnicze

Suma poszczególnych obciążeń chłodniczych pozycji od 1 do 7.

Dobór urządzeń

Do osiągnięcia temperatury pomieszczenia ok. 5 K poniżej temperatury zewnętrznej moc chłodnicza urządzenia musi być równa obliczonemu obciążeniu chłodniczemu lub większa od niego.

Podstawy

Ta metoda obliczeniowa uwzględnia oprócz wymienionych wpływów również zdolność magazynowania pomieszczenia. Jej podstawę stanowią wartości liczbowe z wytycznych niemieckiego VDI 2078.

Przykładowa kalkulacja w formularzu do obliczania obciążenia chłodniczego

Przykładowa kalkulacja w formularzu do obliczania obciążenia chłodniczego przeprowadzona została na następujących danych:

Wymiary pomieszczenia: szerokość 5,0 m, długość 5,0 m, wysokość 3,0 m

Wielkość okien 4,0 m², wychodzące na zachód

Zewnętrzne osłony przeciwsłoneczne

Liczba osób 2

Komputer o mocy przyłączeniowej 150 W

Drukarka o mocy przyłączeniowej 50 W

Dach płaski, z termoizolacją

Ściany zewnętrzne o lekkiej konstrukcji

Wynik

Obliczona moc chłodnicza pomieszczenia 1 wynosi 2,5 kW.

Chłodzenie

Formularz do obliczania obciążenia chłodniczego

Lokalizacja instalacji

Miejscowość

1. Promieniowanie słoneczne przez okna i drzwi zewnętrzne

	Osłona przeciwsłoneczna			Powierzchnia okien m ²	Obciążenie chłodnicze W
	Brak	Wewnątrz	Na zewnątrz		
Północ	0	0	0		
Płn.-wsch.	115	40	25		
Wschód	240	120	50		
Płd.-wsch.	200	105	20		
Południe	220	145	45		
Płd.-zach.	330	160	45		
Zachód	320	180	100	4,0	400
Płn.-zach.	220	130	80		
Okno dachowe	320	180	100		
Suma					400

2. Ściany minus otwory okienne i drzwiowe, które zostały już ujęte.

	Obciążenie chłodnicze W/m ²	Powierzchnia ścian m ²	Obciążenie chłodnicze W
Ściany zewnętrzne	10	26,0	
Ściany wewnętrzne	10	15,0	
Suma			410

3. Podłogi nieklimatyzowanych pomieszczeń

	Obciążenie chłodnicze W/m ²	Powierzchnia podłóg m ²	Obciążenie chłodnicze W
Suma	10	25,0	250

4. Sufit minus okna dachowe i świetliki dachowe, które zostały już ujęte

	Dach płaski		Dach stromy		Sufit pomieszczenia bez klimatyzacji W/m ²	Powierzchnia sufitów m ²	Obciążenie chłodnicze W
	Bez izolacji	Izolowany	Bez izolacji	Izolowany			
Suma	30	18	50	25	10	25,0	450

5. Urządzenia elektryczne, które w czasie chłodzenia są włączone.

	Wartość przyłączeniowa W	Ilość Szt.	Czas pracy h x współczynnik	Obciążenie chłodnicze W
Świetlówka 20 W/m ²			25,0	375
Żarówka 80 W/m ²			0,75	
Komputer, 150 W/szt.		2	1,0	300
Drukarka, 50 W/szt.			0,75	
Maszyny			1,0	
Centrum obliczeniowe i serwerownie			1,0	
Suma				675

Chłodzenie

Formularz do obliczania obciążenia chłodniczego

6. Oddawanie ciepła przez osoby niepracujące fizycznie lub wykonujące lekką pracę

	Obciążenie chłodnicze na osobę	Liczba osób	Obciążenie chłodnicze W
Poziom aktywności I	100		
Poziom aktywności II	125	2	250
Poziom aktywności III	170		
Poziom aktywności IV	210		
Suma			250

7. Powietrze zewnętrzne dla klimatyzatorów z udziałem powietrza zewnętrznego

	Obciążenie chłodnicze	Objętość powietrza	Obciążenie chłodnicze W
	W/m ²	m ²	W
Suma	10		

Łączne obciążenie chłodnicze pomieszczenia w watach

2435

Legenda

Poziom aktywności I odpoczynek na siedząco

Poziom aktywności II czynności wykonywane w pozycji siedzącej; biuro, szkoła, pracownia

Poziom aktywności III lekkie czynności wykonywane w pozycji stojącej; załadunek, pracownia, przemysł lekki

Poziom aktywności IV średnio ciężkie czynności wykonywane w pozycji stojącej; pomoc laboratoryjna, obróbka maszynowa

- » Przybliżone obliczenie obciążenia chłodniczego daje obniżenie temperatury o ok. 5 °C.
- » Wyniki obliczeń służą do uproszczonego i szacunkowego obliczenia obciążenia chłodniczego. Wartości muszą zostać zweryfikowane przez specjalistę projektowania.
- » Formularz do obliczania na podstawie wytycznych niemieckiego VDI 2078 / VDI 6007.

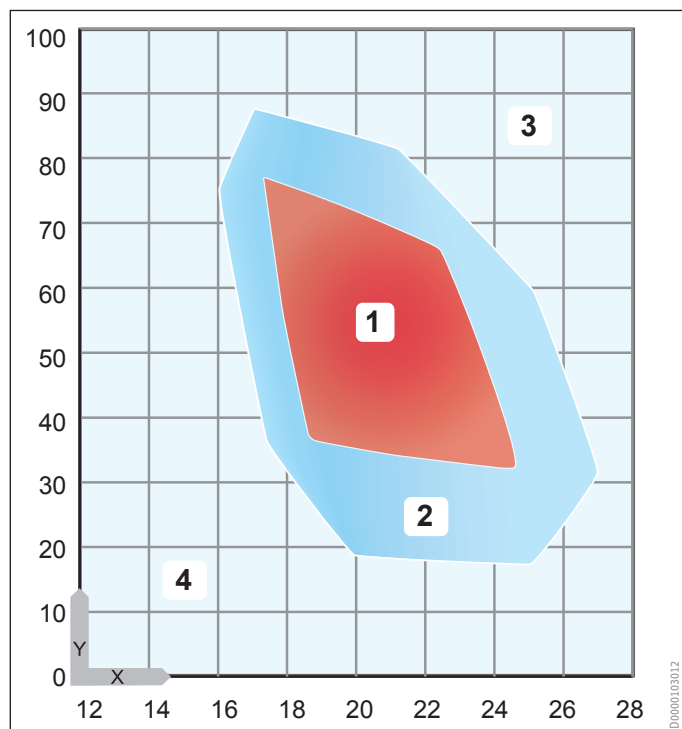
Chłodzenie

Chłodnice dla trybu chłodzenia

Pole komfortu (Leusden i Freymark)

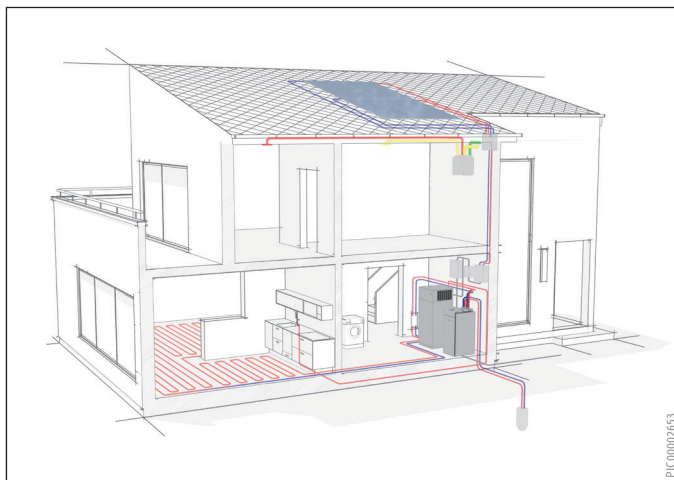
Przy zbyt niskiej lub zbyt wysokiej temperaturze pomieszczenia wydajność człowieka znacznie się obniża. Dlatego komfortowa temperatura w pomieszczeniach jest nieodzownym warunkiem jego dobrego samopoczucia.

Systemy chłodzenia zwykle przy niewielkim wydatku energetycznym zapewniają dobry klimat w pomieszczeniach. Wymiana energii między człowiekiem a powierzchnią chłodzącą odbywa się głównie przez promieniowanie.



x	Temperatura pomieszczenia T_1 w °C
y	Wilgotność względna powietrza w %
1	Przyjemnie
2	Jeszcze przyjemnie
3	Nieprzyjemnie wilgotno
4	Nieprzyjemnie sucho

Chłodzenie pionową sondą gruntową



Zaletą instalacji z chłodzeniem pasywnym jest to, że można je nie- drogo wykonać, efektywnie wykorzystywać i użytkować praktycz- nie bez emisji.

Rosnące zapotrzebowanie na chłodzenie budynków wynika z wyż- szych wewnętrznych i zewnętrznych obciążeń energetycznych.

Obciążenia energetyczne powstają np. wskutek wzrostu wymagań dotyczących komfortu i popularności architektury z dużymi prze- szklonymi powierzchniami elewacyjnymi.

Rozwiązanie systemowe zapewniające zarówno ogrzewanie, jak i chłodzenie wiąże się zazwyczaj z niższymi kosztami inwestycji niż niezależne od siebie systemy grzewcze i chłodzenia.

Rozwiązania systemowe wyróżniają się tym, że są efektywnie ob- sługiwane za pomocą jednej regulacji.

Pionowe sondy gruntowe można stosować zarówno do pasywne- go, jak i aktywnego chłodzenia.

Z ekonomicznego punktu widzenia pionowe sondy gruntowe do ogrzewania i chłodzenia są korzystniejsze od tych, które są uży- wane tylko do ogrzewania.

Energia cieplna, która może być odprowadzana do pionowej son- dy gruntowej podczas pasywnego chłodzenia, wynosi około 70 % mocy grzewczej pionowej sondy gruntowej.

Osiągalne temperatury zasilania w trybie chłodzenia pasywnego ograniczone są przez możliwości gruntu.

Chłodzenie aktywne

Jeśli wymagane są szczególnie niskie temperatury, można je osią- gnąć, stosując chłodzenie aktywne. Mogą do tego służyć np. kli- makonwektory z temperaturami zasilania poniżej 10 °C.

Chłodzenie

Chłodnice dla trybu chłodzenia

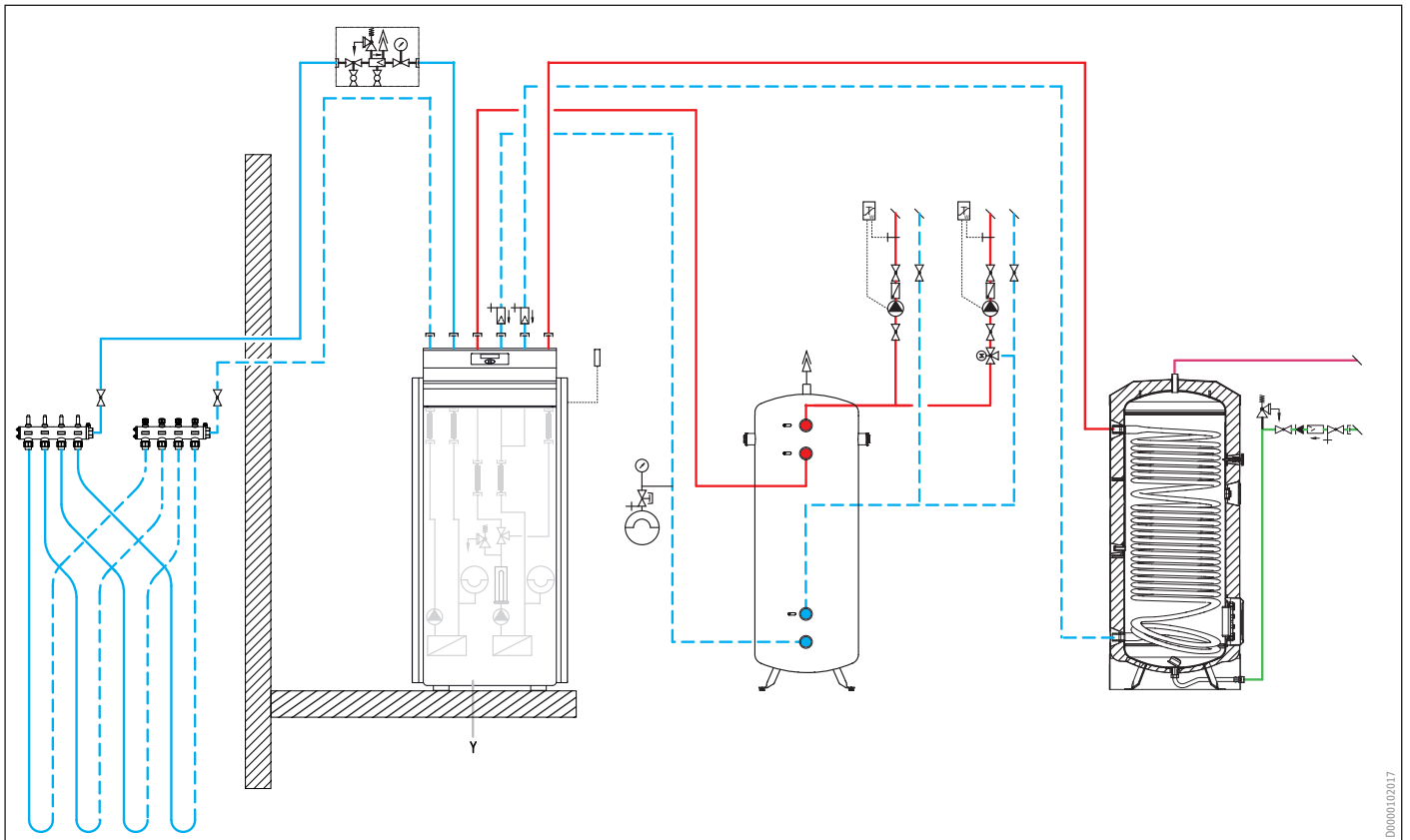
Chłodzenie kolektorem gruntowym

O ile zastosowanie kolektorów gruntowych do chłodzenia pasywnego i aktywnego jest możliwe, to wymaga to dokładnego zaprojektowania.

W przypadku chłodzenia pasywnego ze względu na ułożenie blisko powierzchni i wysokie temperatury zewnętrzne może dojść do szybkiego nagrzania się gruntu. W rezultacie moc chłodnicza będzie znacznie niższa ze względu na niską różnicę temperatur.

Powyżej temperatury zasilania w dolnym źródle $> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ zazwyczaj nie ma możliwości chłodzenia pasywnego.

Decydujące znaczenie dla wykorzystania kolektora do aktywnego chłodzenia są warunki w danej lokalizacji. Możliwość wykorzystania zależy od warunków geologicznych oraz obecności warstw wodonośnych. Wynik oceny geologicznej wskaże, czy odprowadzane przepływy ciepła mogą być kompensowane przez otaczający grunt i czy nie spowoduje to wysuszenia gruntu.



D00000102017

Chłodzenie

Chłodnice dla trybu chłodzenia

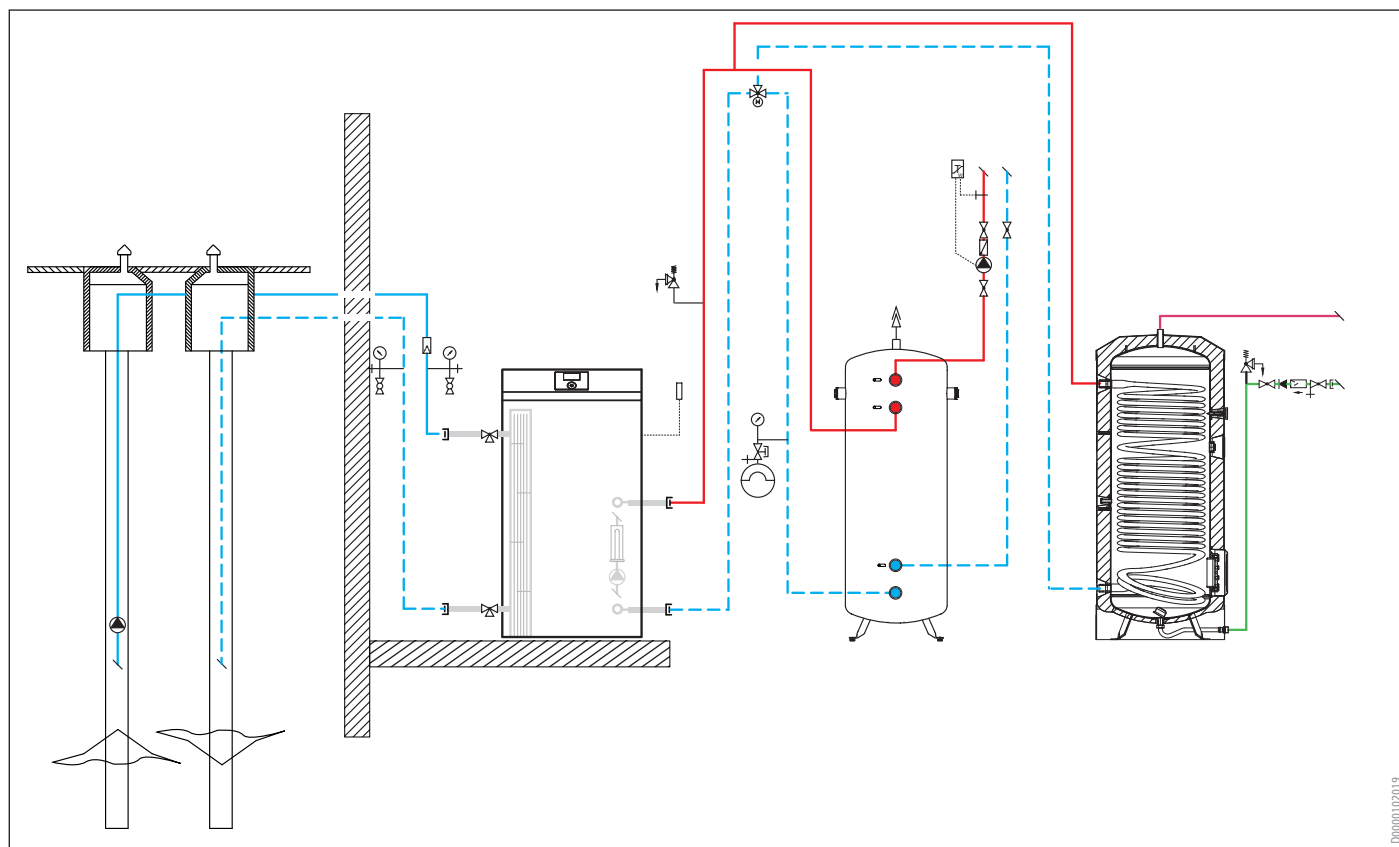
Chłodzenie wodami gruntowymi

Wody gruntowe mogą być wykorzystywane do chłodzenia pasywnego i aktywnego.

Ze względu na stabilną temperaturę wód gruntowych w zakresie od około 8 °C do 12 °C aktywne chłodzenie zazwyczaj nie jest wymagane. Możliwe jest oddawanie dużej mocy do studni.

W przypadku korzystania z wód gruntowych do trybu chłodzenia należy uważać, aby nie naruszyć wymagań określonych przez nadzór wodny. Szczególne znaczenie ma wówczas poziom temperatury.

Zależnie od produktu może być konieczne rozdzielenie systemu przy użyciu pośredniego wymiennika ciepła. Pośredni wymiennik ciepła musi być odporny na korozję i obojętny na składniki wykryte podczas analizy składu wody.



Chłodzenie

Przykłady doboru

Chłodzenie wodami gruntowymi

Ilość wód gruntowych, która może być użyta do odprowadzenia ciepła, dobierana jest według wymaganej ilości wód gruntowych pompy ciepła. Różnica temperatur pomiędzy wodami gruntowymi a wodą chłodzącą wynosi ok. 5 K.

Natężenie przepływu wody gruntowej	m ³ /h	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
Oddawanie – tryb chłodzenia	kW	5,8	7,0	8,1	9,3	10,5	11,6	12,8	14,0	15,1	16,3	17,4	18,6	19,8	20,9	22,1	23,3	24,4	25,6	26,7	27,9	29,1

Chłodzenie pasywne za pomocą pionowej sondy gruntowej

Sondy dobiera się w zależności od mocy grzewczej pompy ciepła. 70% projektowej mocy chłodniczej można wykorzystać do pokrycia obciążenia chłodniczego.

Tabela doboru pionowych sond gruntowych DN 25

W przypadku normalnych skał litych, moc pobierana 40 W/m (wartość średnia)

Moc chłodnicza przy B0/W35	Oddawanie – tryb chłodzenia	Pionowa sonda gruntowa	Ilość	Głębokość	Rura z PE
kW	kW	m	-	m	mm
1,0	0,7	25	1	72	DN 25 (32 x 2,9)
2,0	1,4	50	1	50	DN 25 (32 x 2,9)
3,0	2,1	75	1	59	DN 25 (32 x 2,9)
4,0	2,8	100	2	50	DN 25 (32 x 2,9)
5,0	3,5	125	2	63	DN 25 (32 x 2,9)
6,0	4,2	150	2	75	DN 25 (32 x 2,9)
7,0	4,9	175	2	88	DN 25 (32 x 2,9)
8,0	5,6	200	3	67	DN 25 (32 x 2,9)
9,0	6,3	225	3	75	DN 25 (32 x 2,9)
10,0	7,0	250	3	83	DN 25 (32 x 2,9)
11,0	7,7	275	3	92	DN 25 (32 x 2,9)
12,0	8,4	300	4	75	DN 25 (32 x 2,9)
13,0	9,1	325	4	81	DN 25 (32 x 2,9)
14,0	9,8	350	4	88	DN 25 (32 x 2,9)
15,0	10,5	375	4	94	DN 25 (32 x 2,9)

Moc pobierana 40 W/m, rozstaw sond: 5 m

Mieszanka do napełniania pionowej sondy gruntowej: 25 % obj. glikolu etylenowego, 75 % obj. wody

Czas użytkowania: maks. 1800 godzin pracy w roku (tryb monowalentny)

Chłodzenie aktywne za pomocą pompy ciepła

Pompy ciepła powietrze - woda mogą służyć także do chłodzenia budynku.

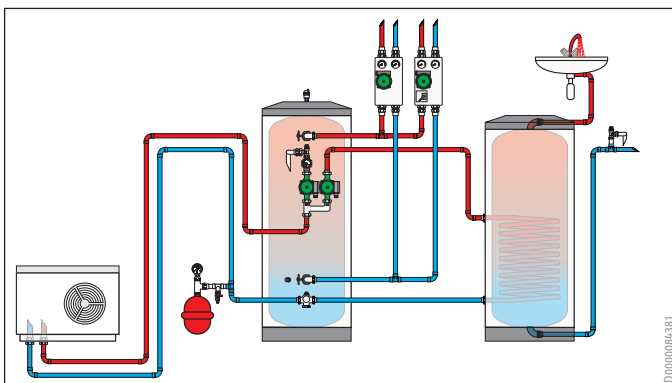
Pompa ciepła powinna zostać dobrana do trybu grzania w zimie. Porównanie mocy chłodniczej pompy ciepła z obciążeniem chłodniczym budynku pokazuje potencjał chłodzenia.

Decydującym warunkiem odprowadzania obciążeń termicznych jest wymiarowanie systemu rozdziału. Systemy ogrzewania podłogowego nadają się tylko warunkowo do przenoszenia większych obciążeń, np. w połączeniu z aktywnym chłodzeniem budynku. Zaleca się połączenie z klimakonwektorami.

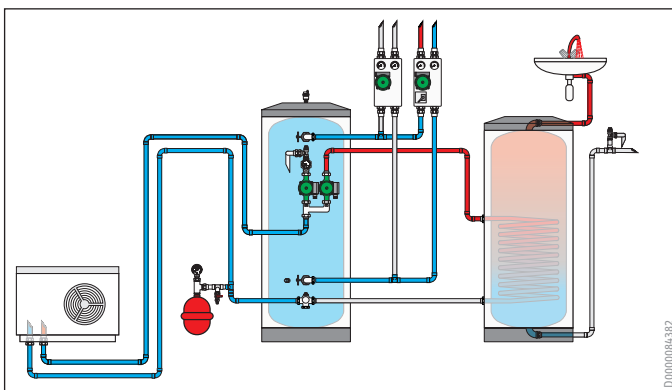
Wyposażenie pomieszczenia wiodącego w dodatkową kontrolę punktu rosy zapobiegnie tworzeniu się kondensatu.

Wszelkie układane rury i kształtki rurowe muszą być wykonane z materiału odpornego na korozję. Aby uniknąć powstawania kondensatu, wszystkie rurociągi hydrauliczne w budynku muszą zostać zaizolowane przed dyfuzją pary wodnej.

Pompa ciepła w trybie monoenergetycznym z chłodzeniem aktywnym (tryb grzania)



Pompa ciepła w trybie monoenergetycznym z chłodzeniem aktywnym (tryb chłodzenia)



Chłodzenie

Aktywne chłodzenie – pompa ciepła solanka-woda

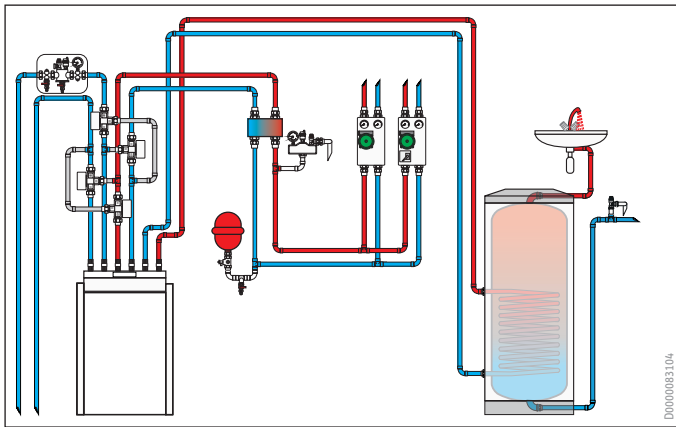
Chłodzenie aktywne za pomocą pompy ciepła

Chłodzenie aktywne nie nadaje się do zastosowania, jeśli eksploatacja odbywa się jedynie przy użyciu systemów podłogowego ogrzewania powierzchniowego. Do chłodzenia aktywnego wymagane są dodatkowo klimakonwektory.

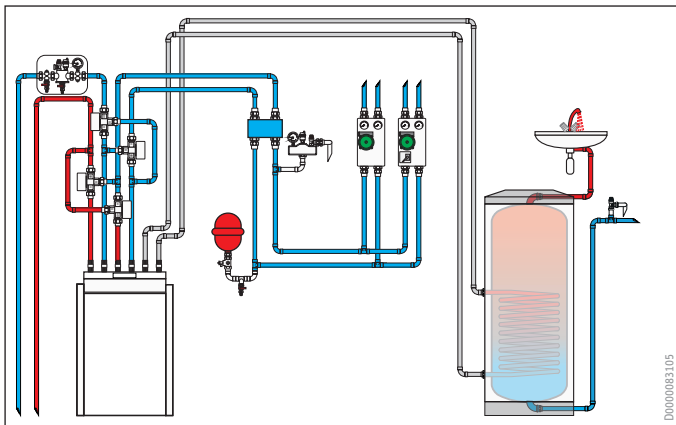
Wyposażenie pomieszczenia wiodącego w dodatkową kontrolę punktu rosy zapobiegnie tworzeniu się kondensatu.

Wszelkie układane rury i kształtki rurowe muszą być wykonane z materiału odpornego na korozję. Aby uniknąć powstawania kondensatu, wszystkie rurociągi hydrauliczne w budynku muszą zostać zaizolowane przed dyfuzją pary wodnej.

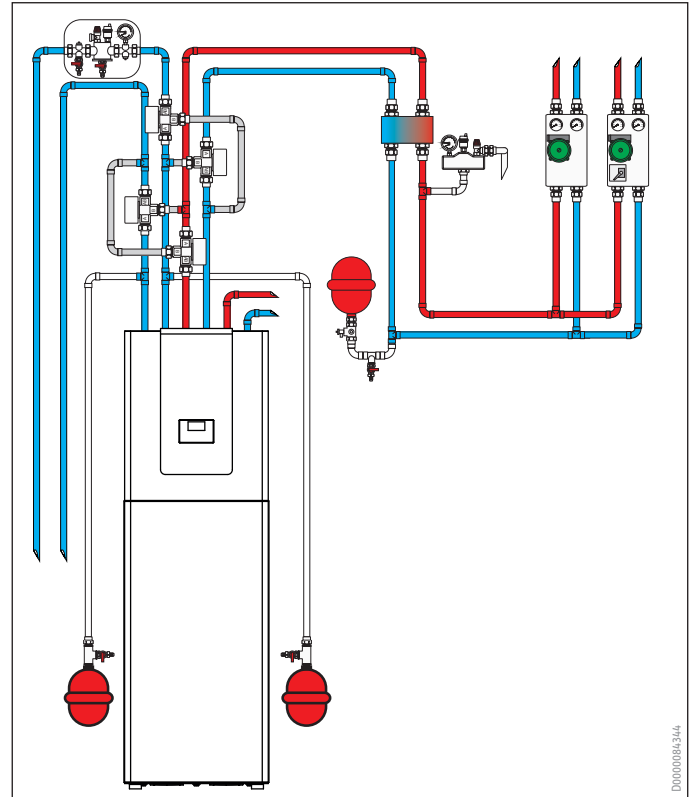
Pompa ciepła w trybie monowalentnym z chłodzeniem aktywnym (tryb grzania)



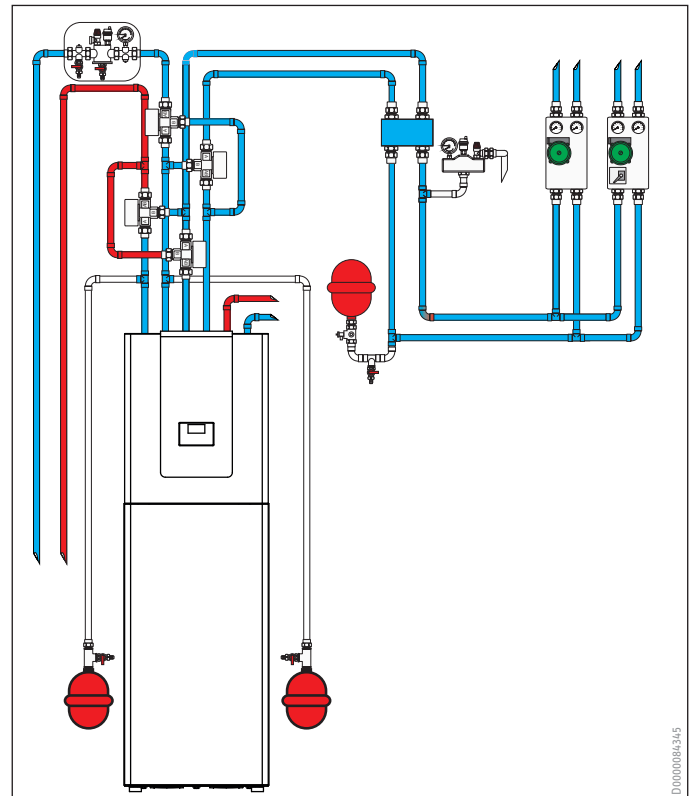
Pompa ciepła w trybie monowalentnym z chłodzeniem aktywnym (tryb chłodzenia)



Pompa ciepła w trybie monowalentnym z chłodzeniem aktywnym (tryb grzania)



Pompa ciepła w trybie monowalentnym z chłodzeniem aktywnym (tryb chłodzenia)



Chłodzenie pasywne za pomocą pompy ciepła

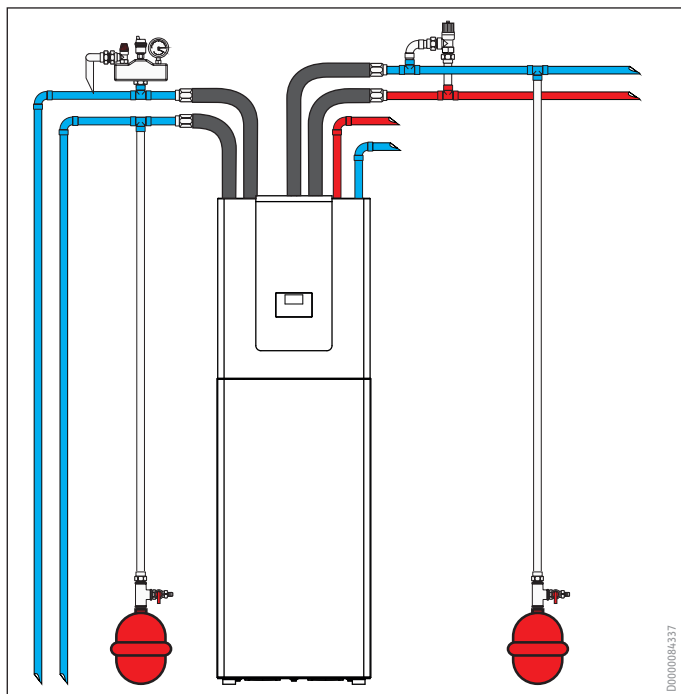
W przypadku pomp ciepła solanka-woda dolne źródło może służyć także do chłodzenia. Do tej funkcji wymagane jest ogrzewanie powierzchniowe lub klimakonwektor.

Wyposażenie pomieszczenia wodącego w dodatkową kontrolę punktu rosy zapobiegnie tworzeniu się kondensatu.

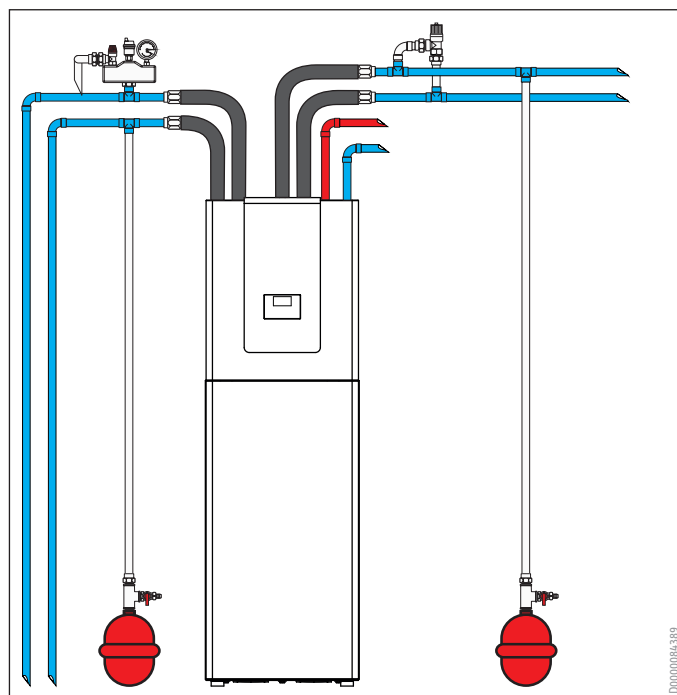
Wszelkie układane rury i kształtki rurowe muszą być wykonane z materiału odpornego na korozję.

Jeśli rurociągi przechodzą przez wrażliwe obszary budynku, w których należy liczyć się ze zmienną temperaturą punktu rosy lub zejściem poniżej niej, wszystkie rurociągi muszą zostać zaizolowane w sposób odporny na dyfuzję pary.

Monowalentna pompa ciepła z chłodzeniem pasywnym (tryb grzania)



Monowalentna pompa ciepła z chłodzeniem pasywnym (tryb chłodzenia)



Chłodzenie

Chłodzenie powierzchniowe

Systemy rozprowadzania

Podobnie jak w trybie grzania decydujące znaczenie dla skuteczności chłodzenia ma dobór odpowiedniego systemu rozprowadzania zimna. Wydajność przenoszenia i powiązany poziom temperatury są ograniczone zwłaszcza w trybie pasywnym. System rozprowadzania musi maksymalizować efekt. Oprócz systemów termoaktywnych powszechnie stosowane są także klimakonwektory lub kasety sufitowe.

Systemy komponentów termoaktywnych

Systemy komponentów termoaktywnych to rurociągi do prowadzenia wody, które są wbudowane w stropach, ścianach i podłogach w celu tworzenia przyjemnych warunków klimatycznych w pomieszczeniu.

W zależności od zapotrzebowania budynku mogą być ogrzewane lub chłodzone poprzez cyrkulację ciepłej lub zimnej wody przez system rur. Ze względu na duże powierzchnie wymiany ciepła lub zimna nawet przy bardzo niewielkiej różnicy temperatur między pomieszczeniem a powierzchnią możliwa jest wydajne zaopatrzenie w energię.

Chłodzenie podłogowe

Przy niewielkich dodatkowych nakładach na system regulacji i instalację ogrzewanie powierzchniowe może służyć także do chłodzenia. Przydatność konstrukcji podłogi musi być potwierdzona przez producenta jastrychu.

Do chłodzenia pasywnego muszą zostać zastosowane zawory strefowe z opcją przelączania.

Możliwości wymiany ciepła systemów podłogowych są znacznie niższe niż klimakonwektorów. Odprowadzanie całego obciążenia chłodniczego pomieszczenia często nie jest możliwe. Wymagana temperatura pomieszczenia nie będzie wtedy osiągnięta. W takiej sytuacji działanie systemu rozprowadzania zimna musi być ograniczone do najważniejszych pomieszczeń.

Moc chłodnicza systemu chłodzenia podłogowego

Chłodzenie podłogowe tworzy dobre podstawy do uzyskania przyjemnych warunków klimatycznych w pomieszczeniu.

W przypadku chłodzenia powierzchniowego temperatura wody chłodzącej musi być utrzymywana na poziomie powyżej temperatury punktu rosy, aby zapobiec tworzeniu się kondensatu na powierzchniach chłodzących.

W zależności od temperatury pomieszczenia i wilgotności obniżanie temperatury pomieszczenia jest możliwe tylko o kilka Kelwinów. Ogrzewanie podłogowe z okładziną podłogową z płytek ceramicznych, np. przy rozstawie rur wynoszącym 10 cm, charakteryzuje się właściwą mocą chłodniczą na poziomie tylko 22 W/m².

Jeśli obciążenie chłodnicze pomieszczenia jest wyższe niż moc chłodnicza ogrzewania podłogowego, żądana temperatura pomieszczenia nie zostanie osiągnięta. W takim wypadku trzeba albo zastosować klimakonwektory, albo można będzie tylko utrzymać temperaturę pomieszczenia.

Moc chłodnicza ogrzewania podłogowego

Okładzina podłogowa		Płytki ceramiczne									
Odstęp układania	cm	5	10	15	20	30	5	10	15	20	30
Temperatura pomieszczenia	°C	27	27	27	27	27	23	23	23	23	23
Temperatura zasilania	°C	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Temperatura powrotu	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Moc chłodnicza	W/m ²	52	45	39	34	26	26	22	19	17	13

Moc grzewcza ogrzewania podłogowego

Okładzina podłogowa		Płytki ceramiczne					Wykładzina dywanowa				
Odstęp układania	cm	5	10	15	20	30	5	10	15	20	30
Temperatura pomieszczenia	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Temperatura zasilania	°C	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Temperatura powrotu	°C	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Moc grzewcza	W/m ²	65	55	50	45	30	40	37	32	28	24

Chłodzenie

Chłodzenie sufitowe

Chłodzenie sufitowe

Systemy chłodzenia sufitowego nadają się do chłodzenia pompami ciepła.

Moc chłodnicza sufitów chłodzących jest wyższa niż systemów ogrzewania podłogowego. Wynika to ze zróżnicowania stref wymiany ciepła w pomieszczeniu.

W strefie do 0,1 m nad podłogą temperatura pomieszczenia nie może spaść poniżej 21 °C.

Zasada działania chłodzenia pomieszczenia przez wbudowane w stropach registry rurowe odpowiada zasadzie działania chłodzenia podłogowego. Zimna woda krąży w rurociągach, odbierając pomieszczeniu w ten sposób ciepło.

Optymalnymi zakresami stosowania chłodzenia sufitowego są np. hale produkcyjne, centra handlowe, biblioteki, biurowce lub banki. W budynkach znajdują się wysokie pomieszczenia, w których stosowane są instalacje wentylacyjne wspomagające utrzymanie higieny w pomieszczeniach.

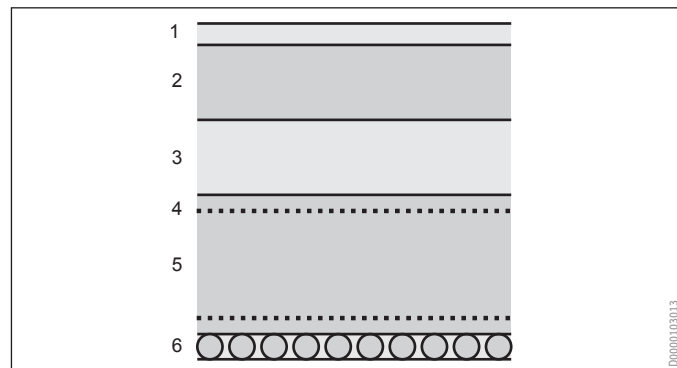
Ze względu na maszynową regulację właściwości powietrza i niezależność od temperatury minimalnej powietrza sufity chłodnicze mogą przenosić znacznie wyższe moce chłodnicze niż chłodzenie podłogowe. Właściwa moc chłodnicza, jaką można osiągnąć, wynosi od 40 do 80 W/m².

Tylko odstąpione powierzchnie sufitu mogą przyczynić się do optymalizacji warunków klimatycznych w pomieszczeniu. Okładziny sufitowe lub sufity podwieszane negatywnie wpływają na chłodzenie.

Panele sufitowe

Na rynku dostępne są różne panele sufitowe, które pod względem budowy są aktywną termicznie płytą przykrytą warstwą termoizolacyjną. Te panele sufitowe działają najlepiej, gdy układane są w konwencjonalnym suficie rastrowym z konstrukcją nośną z szyn metalowych.

Chłodzenie sufitowe (komponent termoaktywny)



- 1 Pokrycie podłogi
- 2 Jastrych
- 3 Izolacja
- 4 Wzmocnienie
- 5 Sufit
- 6 Tynk sufitu

Chłodzenie

Aktywacja rdzenia betonu

Aktywacja rdzenia betonu

Jeśli budynek od strony architektonicznej i fizyki budowli został zaprojektowany i wybudowany jako energooszczędny, agregaty chłodnicze do chłodzenia budynku nie są potrzebne. Budynek może być chłodzony naturalnymi chłodnicami. Naturalnymi chłodnicami są gleba i wody gruntowe.

Warunkiem jest możliwość wykorzystania własnej zdolności magazynowania budynku do wyrównania temperatur.

W przypadku stropów aktywowanych termicznie registry rurowe układane są zazwyczaj w statycznie neutralnych strefach powierzchni okalających pomieszczenie. Wężownice zalewane są w rdzeniu betonowym w formie zakoli lub spirali.

Jako materiał stosowane są rury z tworzywa sztucznego lub wielowarstwowe rury kompozytowe z PE i aluminium. Średnica rur wynosi od 15 do 20 mm. Rozstaw rur wynosi od 10 do 30 cm.

Woda przepływająca przez registry rurowe może być wykorzystana w trybie grzania lub chłodzenia.

Warunkiem dobrego oddawania energii jest niska oporność przenikania ciepła warstw znajdujących się nad registrami rurowymi. Zdolność przenoszenia mocy chłodniczych wynosi zazwyczaj między 30 a 40 W/m². Podobnie jak w przypadku chłodzenia podłogowego i sufitowego moc chłodnicza ograniczona jest punktem rosy temperatury pomieszczenia.

Ogrzewanie i chłodzenie metodą aktywacji rdzeni betonowych może przyczynić się do zapewnienia komfortu termicznego w budynku. Poprawianie jakości powietrza w pomieszczeniu ani celowe sterowanie wilgotnością powietrza w pomieszczeniu nie jest możliwe.

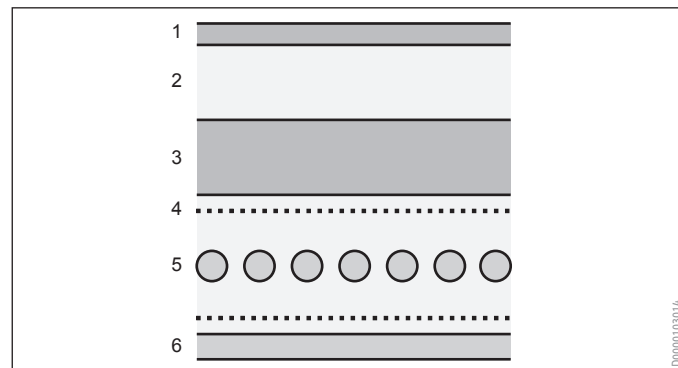
W porównaniu z ogrzewaniem podłogowym i sufitowym stropy aktywowane termicznie są systemem bardzo bezwładnym.

Warunkiem działania systemu z optymalną wydajnością jest posiadanie odpowiedniego systemu zarządzania magazynowaniem i obciążeniami.

Zalety termoaktywnych systemów budynkowych

- » Ogrzewanie i chłodzenie za pomocą jednego systemu
- » Możliwość wykorzystania odnawialnych dolnych źródeł
- » Niedrogi i wydajny energetycznie sposób działania
- » System niewymagający konserwacji
- » Dowolna aranżacja wnętrza
- » Brak przeciągów i bezgłośnie eksploatacja
- » Brak konieczności renowacji i czyszczenia powierzchni grzewczych i chłodniczych
- » Wysoki komfort termiczny ze względu na niskie temperatury powierzchni

Aktywacja rdzenia betonu



- 1 Pokrycie podłogi
- 2 Jastrych
- 3 Izolacja
- 4 Wzmocnienie
- 5 Sufit
- 6 Tynk sufitu

Wady termoaktywnych systemów budynkowych

- » Ograniczona moc chłodnicza ze względu na niższe temperatury zasilania (kontrola punktu rosy)
- » Brak możliwości wyregulowania na dokładną zadaną temperaturę pomieszczenia ze względu na duże masy termiczne i bezwładność stropów aktywowanych termicznie
- » Brak możliwości zastosowania stropów aktywowanych termicznie przy modernizacji budynków
- » Brak możliwości regulacji jakości i wilgotności powietrza w pomieszczeniu
- » Zarówno w przypadku ogrzewania sufitowego, jak i stropów aktywowanych termicznie (stropy betonowe) należy unikać podwieszania i obudowywania sufitów w celu zapewnienia optymalnej mocy grzewczej i chłodniczej.

Chłodzenie

Klimakonwektory i urządzenia kasetowe

Klimakonwektory i urządzenia kasetowe

Klimakonwektory i urządzenia kasetowe są typowymi rozwiązaniami do chłodzenia budynku.

Temperatura wody chłodzącej wynosi od +7 °C do +20 °C.

W przypadku klimakonwektorów i urządzeń kasetowych temperatura wody chłodzącej może znajdować się poniżej poziomu punktu rosy, a z powietrza w pomieszczeniu odbierane jest nie tylko ciepło jawne, lecz także ciepło utajone ze względu na kondensację.

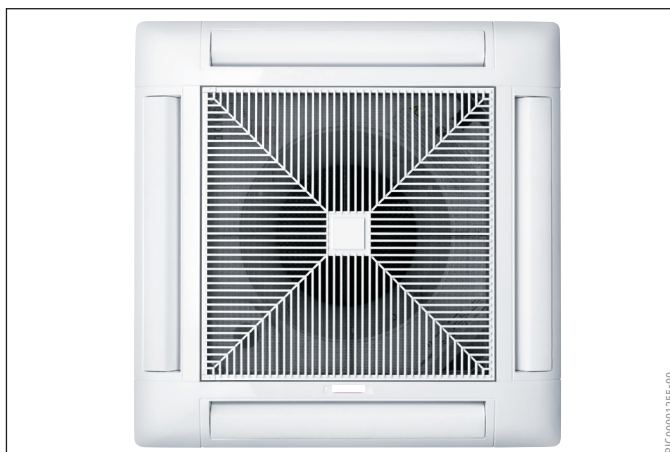
Klimakonwektory i urządzenia kasetowe wyposażone są w odpływ kondensatu. Linie rozdzielcze i komponenty muszą zostać zaizolowane w sposób odporny na dyfuzję pary.

Moc chłodnicza klimakonwektora lub urządzenia kasetowego zależy od wielkości, natężenia przepływu powietrza i temperatury wody chłodzącej.

Konwektor nadmuchowy



Urządzenie kasetowe



Notatki

Emisja hałasu

Pracy każdej instalacji pompy ciepła towarzyszą pewne odgłosy. Odgłosy działania mogą być odczuwane przez ludzi jako uciążliwe. Odgłosy działania należy w miarę możliwości zminimalizować.

Przed wyborem produktu musi zostać przeprowadzona analiza uwarunkowań i kalkulacja oczekiwanego wywoływanego hałasu.

Podstawy

Zjawiskami akustycznymi są tony, dźwięki i szmery. Ton to pojedyncze harmoniczne drganie. Dźwięk jest nałożeniem się kilku tonów. Szmer jest nieharmonicznym drganiem o różnych częstotliwościach.

Zjawiska akustyczne rozprzestrzeniają się w postaci fal mechanicznych. Fale akustyczne rozchodzą się równomiernie pierścieniowo. Prędkość fali akustycznej zależy przy tym od właściwości mechanicznych nośnika.

Jeśli fala akustyczna napotyka na przeszkodę, odbija się pod takim samym kątem, pod jakim w przeszkodę uderzyła.

Od materiału przeszkody zależy, ile energii akustycznej ona wchłonie. Beton jest twardym materiałem, który bardzo źle pochłania energię akustyczną. Natomiast materiały miękkie i o otwartych porach przekształcają dużo większą część energii w ciepło tarcia.

Jeśli dwie fale akustyczne spotkają się ze sobą, może dojść do ich nałożenia się. Nałożenie się fal akustycznych może prowadzić do ich osłabienia lub wzmocnienia.

Hałas

Moc akustyczna jest podstawowym parametrem akustycznym urządzenia. Moc akustyczna urządzenia nie jest zależna od określonej odległości, charakterystyki kierunkowości źródła zjawiska akustycznego ani otoczenia pomiaru.

Poziom mocy akustycznej

Poziom mocy akustycznej jest idealną podstawą do neutralnego porównania urządzeń. Poziom mocy akustycznej jest niezależny od wpływów otoczenia i odległości pomiaru, a wpływ na niego ma wyłącznie stan roboczy źródła zjawiska akustycznego.

Poziom mocy akustycznej wyrażany jest w watach. Pomiar odbywa się w warunkach laboratoryjnych. Ponieważ wartości należą do rzędu mikrowatów, stosowane są wielkości logarytmiczne w decybelach (dB).

$$L_W = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \text{ dB}$$

L_W	Poziom mocy akustycznej w dB
P	Moc akustyczna w W
P_0	Normatywna wartość odniesienia w W

Ocena częstotliwościowa (A)

Aby uwzględnić charakterystykę częstotliwościową ludzkiego słuchu, wykonuje się ocenę częstotliwości poziomu mocy akustycznej.

Ocena jest oznaczana literą (A) dodaną do jednostki.

W obowiązujących wytycznych i przepisach prawnych przeważnie stosuje się ocenę (A).

Dźwięk

Poziom ciśnienia akustycznego

Poziom ciśnienia akustycznego

Poziom ciśnienia akustycznego to wyznacznik wahań ciśnienia w medium przenoszącym fale akustyczne.

Odczuciu „głośności” przez człowieka odpowiada poziom ciśnienia akustycznego.

Ciśnienie akustyczne jest wielokrotnie mniejsze niż statyczne ciśnienie powietrza.

Poziom ciśnienia akustycznego podawany jest w paskalach. Ponieważ wartości należą do rzędu mikropaskali, stosowane są wielkości logarytmiczne w decybelach (dB).

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}^2}{p_0^2} \right) \text{ dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}}{p_0} \right) \text{ dB}$$

L_p	Poziom ciśnienia akustycznego w dB
\tilde{p}	Wartość rzeczywista ciśnienia akustycznego w Pa
p_0	Normatywna wartość odniesienia w Pa

Pomiar poziomu ciśnienia akustycznego

Przy pomiarze poziomu ciśnienia akustycznego musi być zawsze uwzględniona odległość od źródła dźwięku i otoczenie pomiaru.

Dodatkowo podstawowe ciśnienie akustyczne musi uwzględniać otoczenie pomiaru.

Obliczanie poziomu ciśnienia akustycznego

Z poziomu mocy akustycznej można obliczyć poziom ciśnienia akustycznego:

$$L_{pA} = L_{WA} + 10 \log_{10} \left[\frac{Q}{(4 * \pi * d^2)} \right]$$

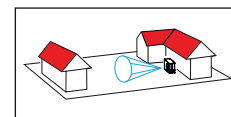
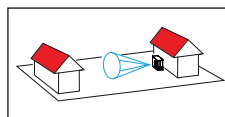
$L_{pA} = A$	Ważony poziom ciśnienia akustycznego w dB(A)
$L_{WA} = A$	Oceniony poziom mocy akustycznej w dB(A)
Q	Współczynnik korekty
d	Odległość w m

Należy uwzględnić przy tym odległość (d) oraz otoczenie budowlane (Q). Do uwzględnienia otoczenia budowlanego stosuje się wartości korekty.

Wartości korekty	Q
Montaż na ścianie	6
Ustawienie w narożniku	9

Różnica w stosunku do poziomu mocy akustycznej w zależności od odległości i warunków ustawienia

Odległość	Montaż na ścianie	Ustawienie w narożniku
	Q = 6 dB(A)	Q = 9 dB(A)
1	2,0 dB(A)	1,0 dB(A)
2	8,0 dB(A)	5,0 dB(A)
3	11,5 dB(A)	8,5 dB(A)
4	14,0 dB(A)	11,0 dB(A)
5	16,0 dB(A)	13,0 dB(A)
7	19,9 dB(A)	15,9 dB(A)
10	22,0 dB(A)	19,0 dB(A)
15	25,5 dB(A)	22,5 dB(A)
20	28,0 dB(A)	25,0 dB(A)



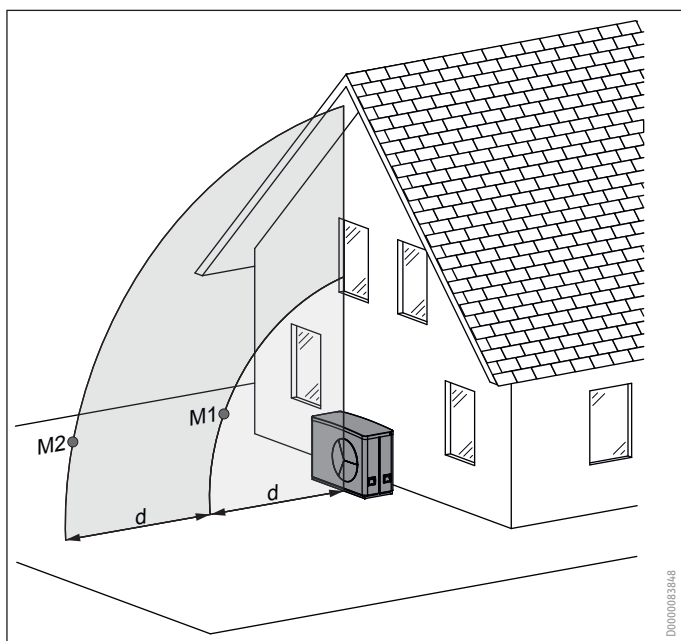
Dźwięk

Ustawa o odległości

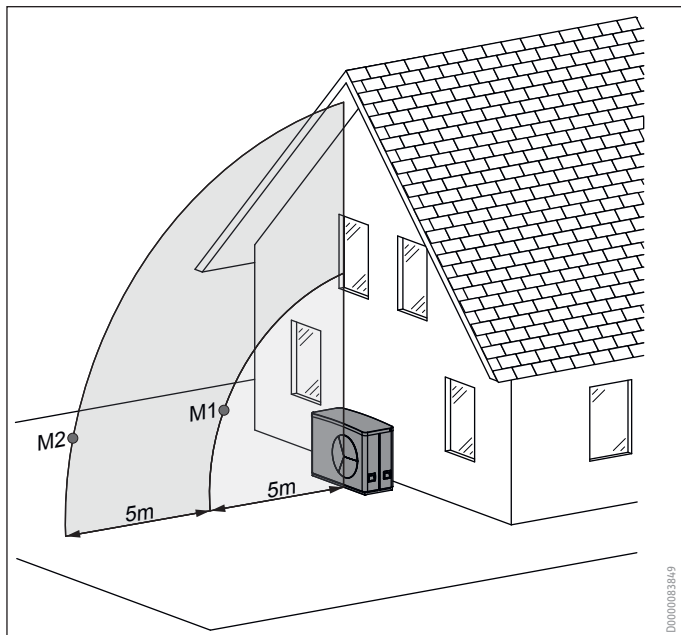
Ustawa o odległości

Przy dwukrotnym wzroście odległości d poziom ciśnienia akustycznego obniża się o ok. 6 dB.

$$\Delta d = d_2 - d_1 = \left[10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_0} \right)^2 - 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^2 \right] \text{ dB}$$



Przykład



- $L_W A$ Poziom mocy akustycznej = 60 dB(A)
- M1 Poziom ciśnienia akustycznego $L_p A1$ (5 m odległości) = 44 dB(A)
- M2 Poziom ciśnienia akustycznego $L_p A2$ (10 m odległości) = 38 dB(A)

Ludzka percepcja ciśnienia akustycznego.

Jeśli hałas postrzegany jest jako dwa razy głośniejszy, odpowiada to wzrostowi o około 10 dB od 40 dB.

Dwa identyczne źródła dźwięku (ciśnienie akustyczne kaskady)

Podwojenie poziomu odpowiada wzrostowi o 3 dB.

Niemcy: Niemiecka instrukcja techniczna dot. ochrony przed hałasem (TA-Lärm)

Instrukcja techniczna dotycząca ochrony przed hałasem (TA-Lärm) jest ogólnym niemieckim przepisem administracyjnym. Instrukcja TA-Lärm służy do ochrony ogółu społeczeństwa i sąsiadów przed szkodliwym działaniem hałasu. Instrukcja TA-Lärm stanowi podstawę procedury udzielania zezwolenia na obiekty komercyjne i przemysłowe. Stosowanie instrukcji TA-Lärm w budownictwie jedno- i dwurodzinnym nie jest obowiązkowe. Zazwyczaj sięga się po nią jako do źródła oceny w razie sporów.

Jeśli urządzenie ustawione zostanie w ogrodzie w obszarze mieszkalnym, nie można przekroczyć zdefiniowanej wartości granicznej w „miejscu emisji”. Możliwym miejscem emisji jest np. okno sąsiada.

Dla terenów zabudowanych punkt pomiarowy znajduje się 0,5 m poza środkiem otwartego okna pomieszczenia najbardziej narażonego na hałas i wymagającego ochrony. Pomieszczeniem wymagającym ochrony jest np. sypialnia.

Przy oknie sąsiada nie mogą zostać przekroczone następujące wartości:

Komercyjne obszary mieszkalne	dB(A)
godz. 6:00-22:00	60
godz. 22:00-6:00	50
Ogólne obszary mieszkalne	dB(A)
godz. 6:00-22:00	55
godz. 22:00-6:00	40
Wyłączne obszary mieszkalne	dB(A)
godz. 6:00-22:00	50
godz. 22:00-6:00	35

Porównanie państw

We Francji obowiązuje rozporządzenie N° 2006-1099 z 31 sierpnia 2006 r. dotyczące zwalczania hałasu w sąsiedztwie. Rozporządzenie to wyznacza wartości graniczne powstawania, od hałasu otoczenia po odgłosy resztkowe, składające się z powszechnych dźwięków zewnętrznych i wewnętrznych w danej miejscowości.

Wartości graniczne powstawania	maks. dB(A)
godz. 7:00-22:00	5
godz. 22:00-7:00	3



Wskazówka

Przestrzegać obowiązujących krajowych i lokalnych norm i przepisów.

Dźwięk

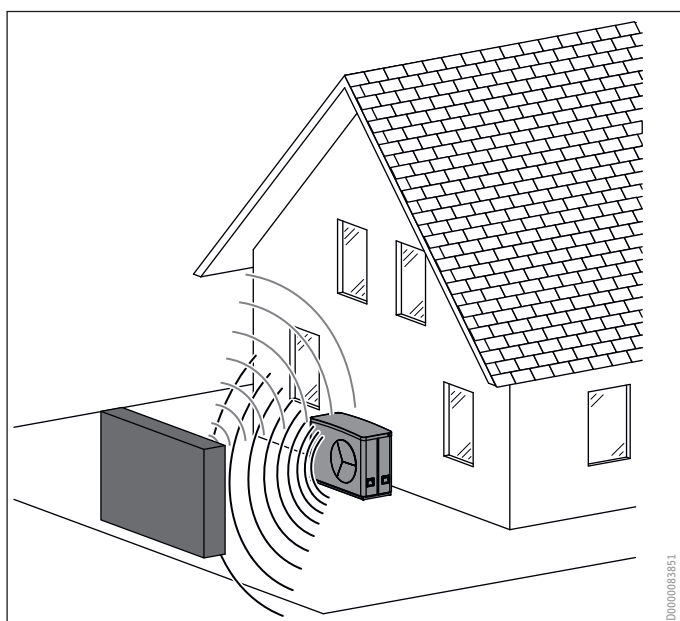
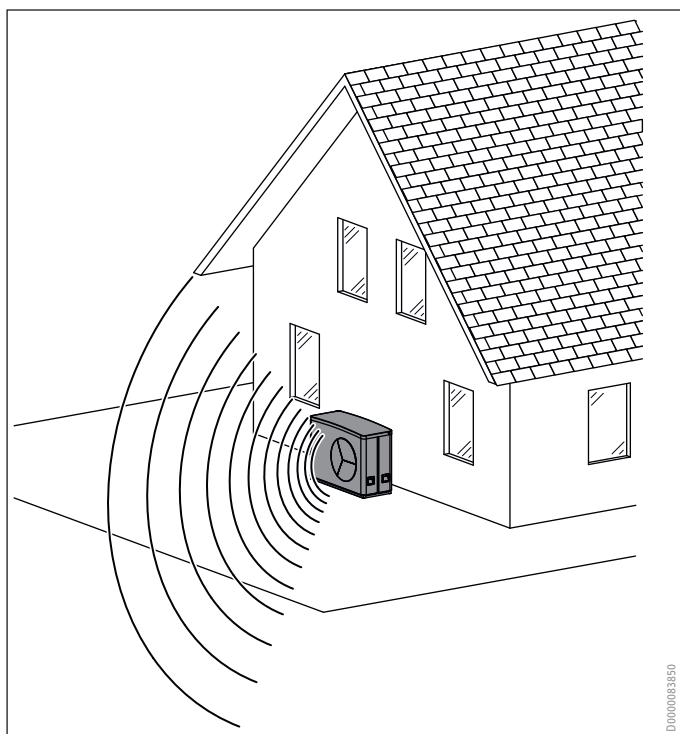
Rozprzestrzenianie się dźwięku i dźwięk przenoszony przez konstrukcję

Środki akustyczne

Trawniki i rośliny przyczyniają się do zmniejszenia intensywności rozprzestrzeniania się hałasu. Należy unikać posadowienia urządzenia na powierzchni sztywnej akustycznie. Większe sztywne akustycznie okładziny podłogowe mogą zadziałać jak lustrzane źródła dźwięku i spowodować nawet o 3 dB(A) wyższy poziom hałasu niż przy ustawieniu na gęsto porożniętych podłożach.

Bezpośrednie rozprzestrzenianie się dźwięku

Bezpośrednie rozprzestrzenianie się dźwięku w przypadku montażu wolnostojącego można przerwać, wykonując przeszkody budowlane. W celu wytłumienia ciśnienia akustycznego mogą zostać wybudowane np. masywne ściany, ogrodzenia lub palisady.



Dźwięk przenoszony przez konstrukcję

Należy zapobiegać przenoszeniu dźwięku przez rury grzewcze na mur i grzejniki.

- » Połączenia pompy ciepła i systemu rozprowadzania ciepła muszą być wykonane z elastycznych rękawów.
- » Do ścian i stropów rurociągi muszą być podłączone w elastyczny sposób i z izolacją dźwięku przenoszonego przez konstrukcję.
- » Przejścia rurowe przez ściany i stropy muszą być wykonane z izolacją dźwięku przenoszonego przez konstrukcję.

Pomoce do procesu decyzyjnego

Najprostszą możliwością zdecydowania o zastosowaniu pompy ciepła do montażu zewnętrznego odpowiednio do panujących na miejscu warunków jest własne obliczenie poziomu ciśnienia akustycznego w żądanej odległości.

W tym celu wymaganymi podstawowymi informacjami są wyłącznie poziom mocy akustycznej wybranego urządzenia i odpowiedni współczynnik korekty dla otoczenia.

Na podstawie tych danych może zostać ustalony matematyczny poziom ciśnienia akustycznego w dowolnej wymaganej odległości od urządzenia.

Same poziomy ciśnienia akustycznego w wyznaczonych odległościach nie nadają się do neutralnego i niezawodnego osądu, ponieważ nie uwzględniają miejscowych uwarunkowań.

Prowadzenie powietrza

Nieprawidłowa zabudowa może prowadzić do niepożądanego wzrostu poziomu dźwięku.

Jeśli spełnione zostaną następujące kryteria, prowadzenie powietrza nie powinno powodować problemów:

- » Wywiew nie jest skierowany bezpośrednio w stronę sąsiada.
- » Wywiew nie jest skierowany bezpośrednio na ścianę domu lub garażu.
- » Zbadano wcześniej oczekiwany poziom ciśnienia akustycznego w miejscu montażu oraz u sąsiadów.
- » Urządzenie nie stoi bezpośrednio przy salonie lub sypialniach.

Wskazówki dotyczące projektowania

- » Rośliny mogą tłumić odbicia dzięki wielokrotnieniu przenikania dźwięku.
- » Unikać ustawiania urządzeń na powierzchniach sztywnych akustycznie.
- » Montaż między dwiema zamkniętymi ścianami oraz w rogach i kątach może prowadzić do nasilenia hałasu.
- » Obniżenie poziomu hałasu można uzyskać za pomocą przeszkód budowlanych.

Notatki

Pompy ciepła powietrze-woda – montaż zewnętrzny

Odptyw kondensatu

Odptyw kondensatu

Pompy ciepła powietrze-woda odbierają wilgoć z powietrza zewnętrznego. Wilgoć zamraża na zimnych płytkach parownika i powstaje lód. Lód jest rozmrażany i odprowadzany w formie kondensatu. Parownik rozmrażany jest zależnie od potrzeb. Kondensat napływa falowo.

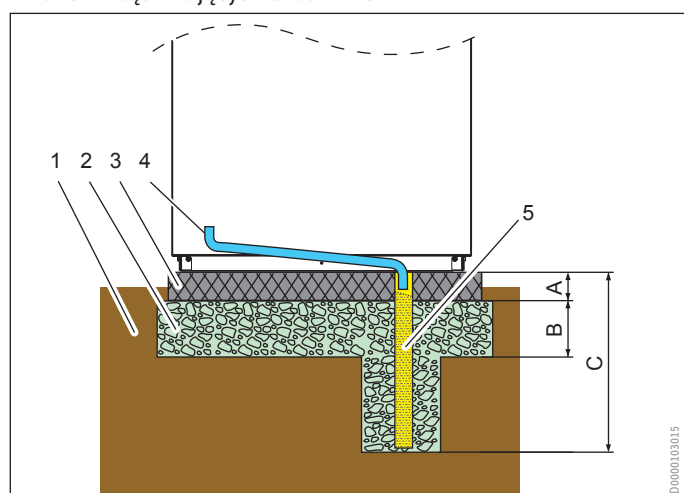
Przy projektowaniu i instalacji odpływu kondensatu należy przestrzegać następujących zasad:

- » Wyprowadzić wąż odpływowy kondensatu z pompy ciepła przy zachowaniu stałego spadku.
- » Odprowadzać kondensat odpływem chronionym przed działaniem ujemnych temperatur. Spuszczać kondensat tak, aby wsiąkał w żwir gruboziarnisty.
- » Przestrzegać zalecanych wymiarów dotyczących np. grubości fundamentu i warstwy żwiru.
- » W przypadku zabezpieczonego przed działaniem mrozu ułożenia wężyka kondensatu lub zastosowania konsoli nośnej albo ściennej sprawdzić, czy zastosowano ogrzewanie rur.
- » Układać ogrzewanie wężyka kondensatu bezpośrednio w odprowadzeniu kondensatu.
- » Sprawdzić, czy zaprojektowany produkt lub osprzęt zawiera ogrzewanie rur.

Naturalny odpływ kondensatu

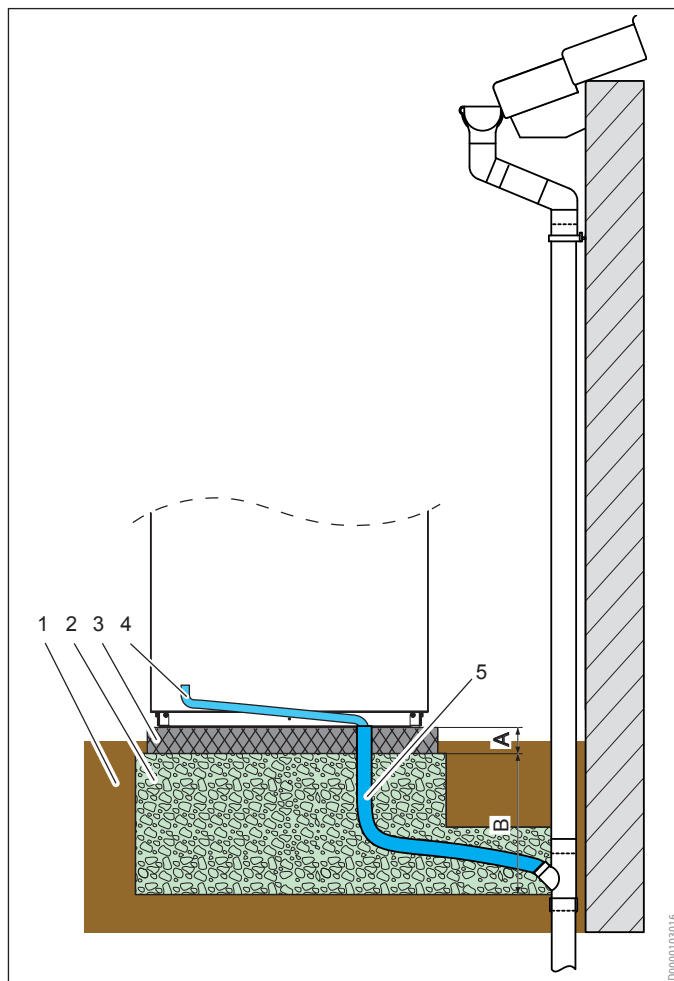
W przypadku pomp ciepła z naturalnym odpływem kondensatu musi być przewidziana dostatecznie duża powierzchnia na wsiąkanie.

- » W miarę możliwości należy użyć czarnego lub ciemnoszarego żwiru gruboziarnistego.
- » Odpływ kroplin musi być tak skierowany, aby nie zamrażały one na sąsiadujących chodnikach.



1	Grunt	A	10 cm
2	Napełnienie żwirem gruboziarnistym	B	30 cm
3	Płyta betonowa	C	80 cm
4	Odprowadzanie kondensatu		
5	Rura odpływu kondensatu		

Odptyw kondensatu w rurę spustową lub w odpływ



1	Grunt	5	Odpływ kondensatu
2	Napełnienie żwirem gruboziarnistym	A	10 cm
3	Płyta betonowa	B	80 cm
4	Wąż odpływu kondensatu		

Pompy ciepła powietrze-woda – montaż zewnętrzny

Lista kontrolna montażu zewnętrznego pomp ciepła powietrze-woda

Pompy ciepła powietrze-woda, montaż zewnętrzny

- » Czy ustalono, czy miejsce montażu pompy ciepła podlega obowiązkowi uzyskania pozwolenia?
- » Czy miejsce montażu spełnia wymagania ochrony akustycznej?
- » Czy położenie pompy ciepła spełnia warunki montażu?

Wytwarzanie ciepła

- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia cieplnego?
- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia chłodniczego?
- » Czy sprawdzono, czy budowa instalacji pompy ciepła wymaga uzyskania pozwolenia miejscowego dostawcy energii?
- » Czy zapewniona jest dostępność niezbędnego zasilania elektrycznego?
- » Czy spełnione są wymagania dostawcy energii?
- » Czy uwzględniono maksymalne wartości poboru prądu podczas rozruchu pompy ciepła?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące miejsca montażu?
- » Czy wybrana pompa ciepła pokrywa obciążenie cieplne i chłodnicze?
- » Czy włączono drugą wytwornicę ciepła zgodnie z projektem instalacji?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące przygotowania CWU?
- » Czy zapewniona jest ochrona przed zamarzaniem?
- » Czy zapewniony jest dostęp na potrzeby wykonywania prac montażowych i przeglądów?
- » Czy podjęto niezbędne działania w celu redukcji emisji hałasu?
- » Czy system pomp ciepła wyposażony został w odpowiednie urządzenia zabezpieczające?
- » Czy przewidziano ewentualne niezbędne urządzenia do kontroli warunków eksploatacji?
- » Czy udokumentowane zostały poszczególne etapy projektowania?
- » Czy system rozprowadzania ciepła przystosowano do obciążenia grzewczego i mocy pomp ciepła?
- » Czy sprawdzono, czy konieczny jest podział całego systemu rozprowadzania ciepła na kilka obiegów odbiorników?
- » Czy regulacja jest w stanie obsłużyć projektowaną liczbę odbiorników?
- » Czy w projekcie uwzględniono ewentualną nadrzędną regulację?
- » Czy poszczególne obiegi grzewcze przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy poszczególne obiegi chłodzenia przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy zapewniona jest kontrola punktu rosy poszczególnych obiegów chłodzenia?
- » Czy uwzględniono system zasobnika buforowego, jeśli jest konieczny?

Pompy ciepła powietrze-woda – montaż wewnętrzny

Prowadzenie powietrza

Prowadzenie powietrza

Przyłącze po stronie powietrza należy wyprowadzić na zewnątrz za pomocą elastycznych rękawów powietrznych lub kanałów powietrznych z elastycznymi przyłączami.

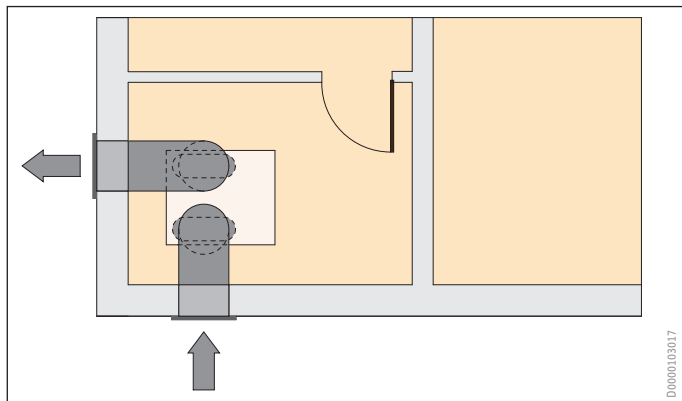
Maks. prędkość powietrza	m/s	4
--------------------------	-----	---

Należy koniecznie zapobiec zwarciu między wlotem a wylotem powietrza. Wskazane jest zasysanie w układzie narożnym lub zasysanie poprzeczne. Jeśli otwory wlotowe i wylotowe znajdują się na tym samym poziomie, należy zachować minimalny odstęp.

Minimalny odstęp	m	3
------------------	---	---

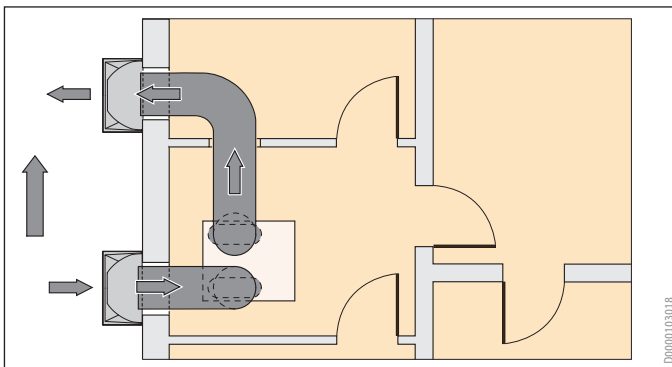
Ewentualnie należy zaplanować ściankę działową lub odpowiednią roślinność pomiędzy wlotem a wylotem powietrza.

Piwnica – układ narożny



Przykład pokazuje ustawienie kompaktowej pompy ciepła w piwnicy w narożniku budynku. Odpowiednie rozmieszczenie wlotu i wylotu powietrza zapobiegnie zwarcie termicznemu.

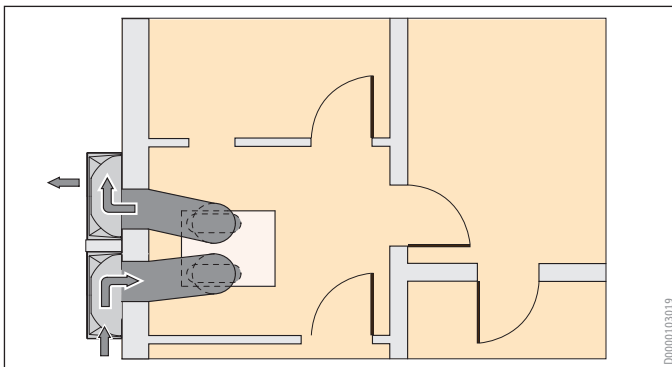
Piwnica – osobne studzienki okien piwnicznych



Jeśli rozstaw piwnicznych studzienek oświetleniowych jest wystarczający, aby zapobiec zwarcie termicznemu, możliwe jest wykonanie przyłączy kanałów powietrznych na boku budynku.

Kanał wlotu powietrza i kanał wylotu powietrza muszą być osłonięte przed liśćmi i opadami śniegu.

Piwnica – wspólna studzienka okna piwnicznego



Jeśli zwarcie termiczne jest w sposób pewny wykluczone, możliwe jest wykonanie przyłączy kanałów powietrznych we wspólnej piwnicznej studzience oświetleniowej.

W tym przykładzie zasysany strumień powietrza został przekierowany. Ścianka działowa między wlotem a wylotem powietrza wewnątrz piwnicznej studzienki oświetleniowej i prowadnica powietrza na zewnątrz w znacznym stopniu zapobiegają zwarcie termicznemu.

Muszą być spełnione następujące warunki:

- » Unikać zwarcia termicznego.
- » Zapewnić odprowadzanie kondensatu.
- » Zapewnić wystarczający wolny przekrój dla kratki wlotu powietrza i kratki wylotu powietrza.

Rozkład sprężu zewnętrznego

Podczas projektowania kanałów powietrznych i krater wentylacyjnych trzeba wziąć pod uwagę zewnętrzny spręż wentylatora.

Dodatkowo uwzględnić co najmniej 20 % całkowitego zewnętrznego sprężu wentylatora po stronie wylotu powietrza.

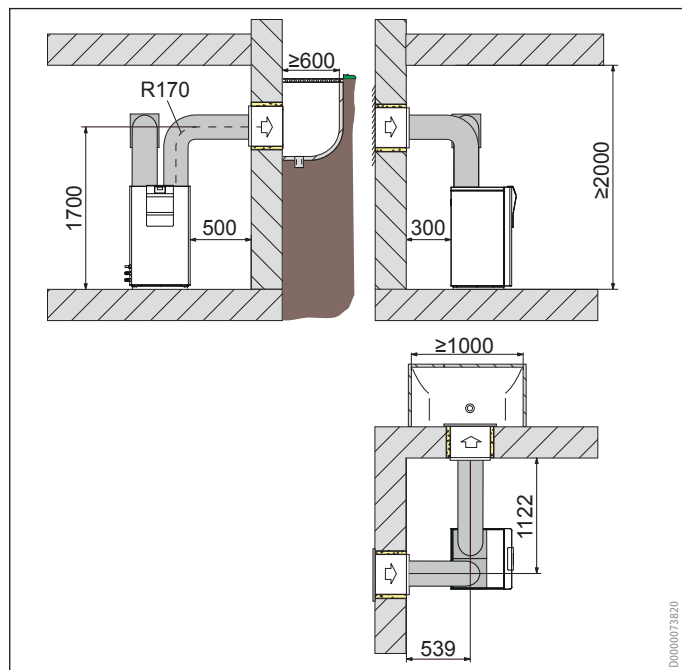
Pompy ciepła powietrze-woda – montaż wewnętrzny

Prowadzenie powietrza

Montaż wewnętrzny

Przyłącze po stronie powietrza na zewnątrz wykonywane jest z elastycznych rękawów powietrznych.

Nieprawidłowa zabudowa może prowadzić do niepożądanego wzrostu poziomu dźwięku.



Przykład montażu

W ścianie zewnętrznej należy wbudować przepust ścienny. System prowadzenia powietrza stanowi połączenie między pompą ciepła a ścianą zewnętrzną.

Strumień powietrza wywołuje drgania w rękawach powietrznych. Wszystkie mocowania i przepusty ścienne muszą być wykonane z izolacją dźwięku przenoszonego przez konstrukcję.

Jeśli przepusty ścienne znajdują się poniżej poziomu gruntu, prowadzenie powietrza musi odbywać się w piwnicznych studzienkach oświetleniowych o równej powierzchni.

Niedowymiarowanie rękawów powietrznych albo niekorzystne prowadzenie powietrza lub położenie otworów wylotowych mogą powodować straty ciśnienia. Zbyt wysokie straty ciśnienia skutkują pogorszeniem efektywności i wyższymi emisjami hałasu. W najgorszym razie może to doprowadzić do awarii pompy ciepła.

W systemie prowadzenia powietrza mogą być wbudowane tłumiki dźwięku służące do redukcji emisji hałasu. Tłumiki dźwięku montowane są po stronie wywiewu. Montaż tłumika dźwięku wymaga kanału powietrznego o długości co najmniej 2 m.

Wskazówki dotyczące projektowania

- » Pompy ciepła nie wolno montować pod sypialnią lub obok niej.
- » W przypadku podłoża sztywnego akustycznie, np. płytek ceramicznych, zalecamy posadowienie pompy ciepła na odpowiedniej macie gumowej.
- » Dodatkową izolację akustyczną można osiągnąć, stosując betonową płytę fundamentową z podłożoną matą gumową.
- » Przepusty na rury w ścianach i stropach należy wykonać z izolacją dźwięku przenoszonego przez konstrukcję.

Pompy ciepła powietrze-woda – montaż wewnętrzny

Odptyw kondensatu

Odptyw kondensatu

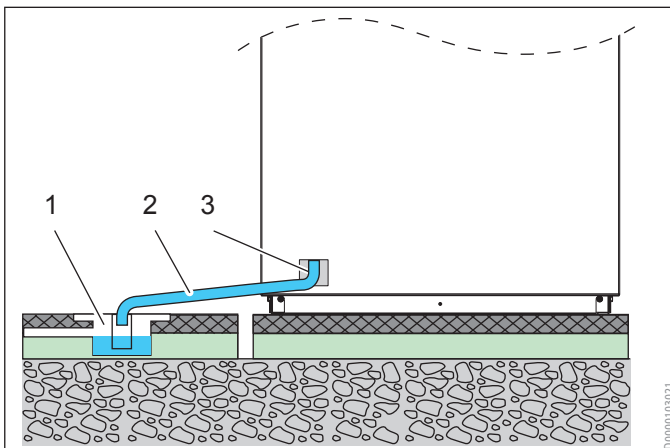
Jako odpływ kondensatu do wanny kondensatu pompy ciepła musi być podłączony odpowiedni wąż.

Wąż odpływu kondensatu musi być wyprowadzony z pompy ciepła z ciągłym spadkiem.

Kondensat musi być kierowany do odpływu.

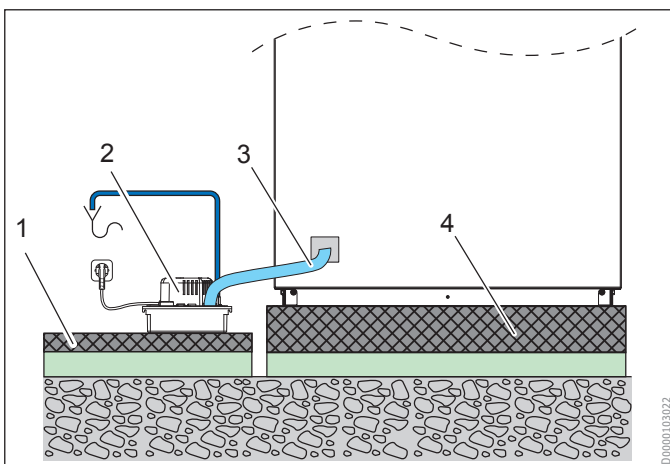
Jeśli używana jest pompa kondensatu, pompa ciepła musi znajdować się około 100 mm wyżej lub pompa kondensatu około 100 mm niżej.

Odptyw kondensatu



- 1 Odptyw ze szczelnym zamknięciem
- 2 Wąż odpływowy z ciągłym spadkiem
- 3 Przyłącze odpływu kondensatu

Odptyw kondensatu z pompą kondensatu w odpływie



- 1 Jastrzych i wykładzina
- 2 Izolacja akustyczna
- 3 Przewód odpływu kondensatu
- 4 Cokół

Pompy ciepła powietrze-woda – montaż wewnętrzny

Lista kontrolna montażu wewnętrznego pomp ciepła powietrze-woda

Pompy ciepła powietrze-woda, montaż wewnętrzny

- » Czy ustalono, czy miejsce montażu pompy ciepła podlega obowiązkowi uzyskania pozwolenia?
- » Czy miejsce montażu spełnia wymagania ochrony akustycznej?
- » Czy położenie pompy ciepła spełnia warunki montażu?
- » Czy zakończone jest projektowanie prowadzenia powietrza?
- » Czy wykluczone jest zwarcie termiczne w prowadzeniu powietrza?
- » Czy prowadzenie powietrza spełnia wymogi ochrony przeciwpożarowej?

Wytwarzanie ciepła

- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia cieplnego?
- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia chłodniczego?
- » Czy sprawdzono, czy budowa instalacji pompy ciepła wymaga uzyskania pozwolenia miejscowego dostawcy energii?
- » Czy zapewniona jest dostępność niezbędnego zasilania elektrycznego?
- » Czy spełnione są wymagania dostawcy energii?
- » Czy uwzględniono maksymalne wartości poboru prądu podczas rozruchu pompy ciepła?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące miejsca montażu?
- » Czy wybrana pompa ciepła pokrywa obciążenie cieplne i chłodnicze?
- » Czy włączono drugą wytwornicę ciepła zgodnie z projektem instalacji?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące przygotowania CWU?
- » Czy zapewniona jest ochrona przed zamarzaniem?
- » Czy zapewniony jest dostęp na potrzeby wykonywania prac montażowych i przeglądów?
- » Czy podjęto niezbędne działania w celu redukcji emisji hałasu?
- » Czy system pomp ciepła wyposażony został w odpowiednie urządzenia zabezpieczające?
- » Czy przewidziano ewentualne niezbędne urządzenia do kontroli warunków eksploatacji?
- » Czy udokumentowane zostały poszczególne etapy projektowania?
- » Czy system rozprowadzania ciepła przystosowano do obciążenia grzewczego i mocy pomp ciepła?
- » Czy sprawdzono, czy konieczny jest podział całego systemu rozprowadzania ciepła na kilka obiegów odbiorników?
- » Czy regulacja jest w stanie obsłużyć projektowaną liczbę odbiorników?
- » Czy w projekcie uwzględniono ewentualną nadrzędną regulację?
- » Czy poszczególne obiegi grzewcze przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy poszczególne obiegi chłodzenia przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy zapewniona jest kontrola punktu rosy poszczególnych obiegów chłodzenia?
- » Czy uwzględniono system zasobnika buforowego, jeśli jest konieczny?

Gruntowe pompy ciepła

Mieszanka solankowa

Ochrona przed zamarzaniem i proporcje mieszania

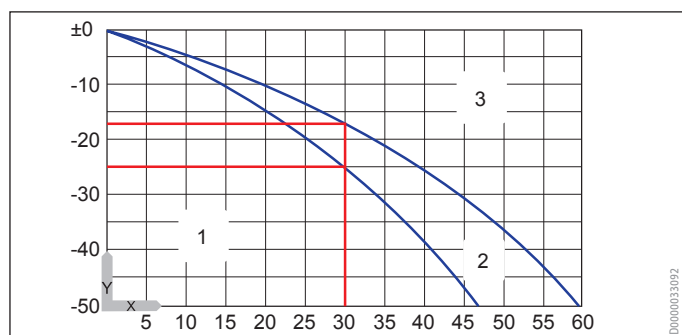
Glikol etylenowy został opracowany do stosowania jako nośnik ciepła i zimna. Ochrona przed zamarzaniem zależy od proporcji zmieszania z wodą.

Przy proporcji 25 % glikolu etylenowego i 75 % wody nośnik zachowuje ciekły stan skupienia w temperaturze do -18°C . W temperaturze -25°C nabiera siły rozszadzenia.

W zależności od proporcji mieszania zmienia się także wartość strat ciśnienia w instalacji.

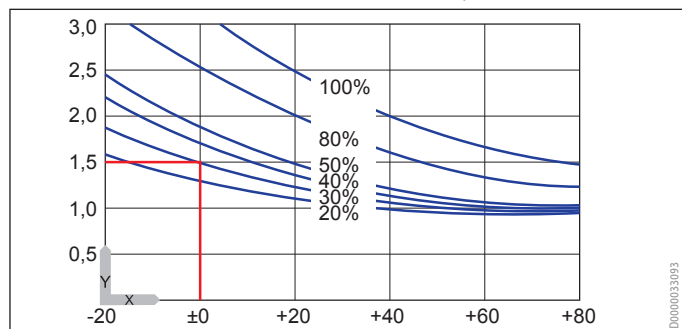
Krzywa strat ciśnienia pokazuje, że strata ciśnienia mieszaniny 25/75 zwiększa się o współczynnik 1,5 w stosunku do wody. Musi to być uwzględnione w doborze pompy obiegowej.

Ochrona przed zamarzaniem mieszanki solankowej



- x % podstawy: Glikol etylenowy
- y Ochrona przed zamarzaniem ($^{\circ}\text{C}$)
- 1 Siła rozszadzenia przy zejściu poniżej ochrony przed zamarzaniem (stała)
- 2 Breja lodowa
- 3 Stan ciekły

Wzrost strat ciśnienia mieszanki solankowej



- x $^{\circ}\text{C}$
- y Współczynnik wzrostu ciśnienia
- % Podstawa: Glikol etylenowy

Dopuszczalne nośniki ciepła

Wymieniony nośnik ciepła jest dopuszczony do stosowania w naszych instalacjach pomp ciepła.

» Nośnik ciepła jako koncentrat na bazie glikolu etylenowego



Wskazówka

W przypadku stosowania nośnika ciepła w postaci gotowej mieszanki systemu dolnego źródła nie można uszczelniać konopiami.

Pompa obiegowa i wymagane natężenie przepływu

Do tłoczenia solanki należy stosować odpowiednią pompę obiegową solanki.

Pompa obiegowa solanki musi być zaprojektowana odpowiednio do warunków panujących w danej instalacji.

Muszą zostać uwzględnione straty ciśnienia i znamionowe natężenie przepływu.

Przy wszystkich temperaturach solanki należy zapewnić wystarczające natężenie przepływu.

Znamionowe natężenie przepływu odnosi się do temperatury solanki 0°C z tolerancją $+10\%$.

Objętość całkowita

Całkowita objętość odpowiada wymaganej ilości solanki utworzonej z nierozcieńczonego glikolu etylenowego i wody.

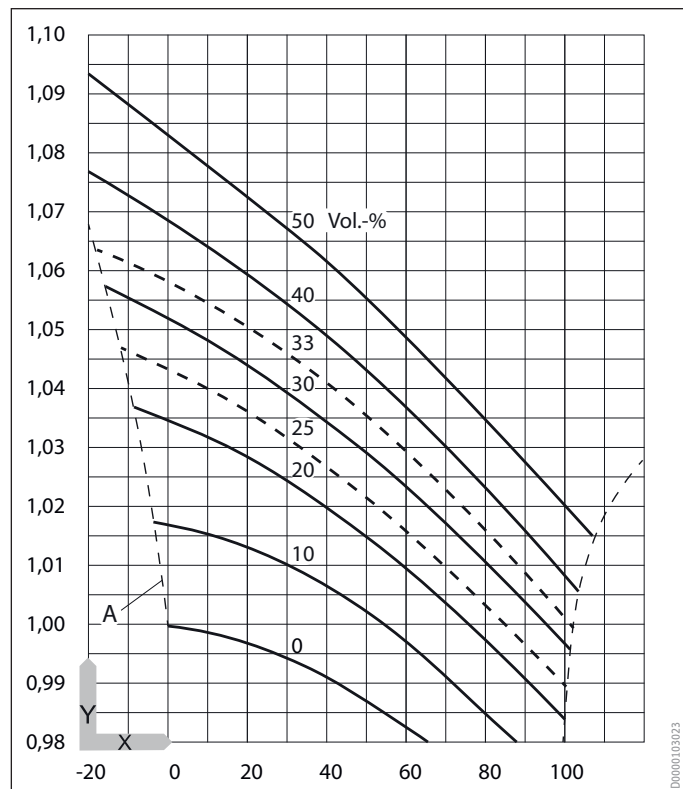
Dane dotyczące mocy pomp ciepła

Przedstawione moce odnoszą się do glikolu etylenowego.

Gruntowe pompy ciepła

Mieszanka solankowa

Ochrona przed zamarzaniem



X Temperatura [°C]
 Y Gęstość [g/cm³]
 A Ochrona przed zamarzaniem [°C]

Stosunek składników mieszanki

Stężenie solanki jest różne, zależnie od tego, czy dolnym źródłem jest kolektor gruntowy, czy pionowa sonda gruntowa. Tabela przedstawia poszczególne proporcje mieszania.

Typ kolektora		Glikol etylenowy	Woda
Pionowa sonda gruntowa	%	25	75
Kolektor gruntowy	%	33	67
Granica stosowania wody			
Zawartość chlorków w wodzie		maks. ppm	300

Kontrolowanie stężenia solanki:

- » Areometrem zmierzyć gęstość mieszanki glikolu etylenowego i wody.
- » Na podstawie zmierzonej gęstości i temperatury solanki odczytać stężenie z wykresu.

Wskazówki dotyczące projektowania

- » Instalacja dolnego źródła pomp ciepła solanka-woda musi być wykonana zgodnie z naszymi dokumentami projektowymi.
- » Wszystkie rurociągi solanki muszą być zabezpieczone izolacją termiczną odporną na dyfuzję.
- » Aby zapobiec przenoszeniu hałasu, obieg dolnego źródła należy podłączyć do pompy ciepła za pomocą elastycznych węży ciśnieniowych.
- » Przed podłączeniem pompy ciepła sprawdzić szczelność obiegu dolnego źródła i dokładnie go przepłukać.

Gruntowe pompy ciepła

Kolektor gruntowy

Kolektor gruntowy

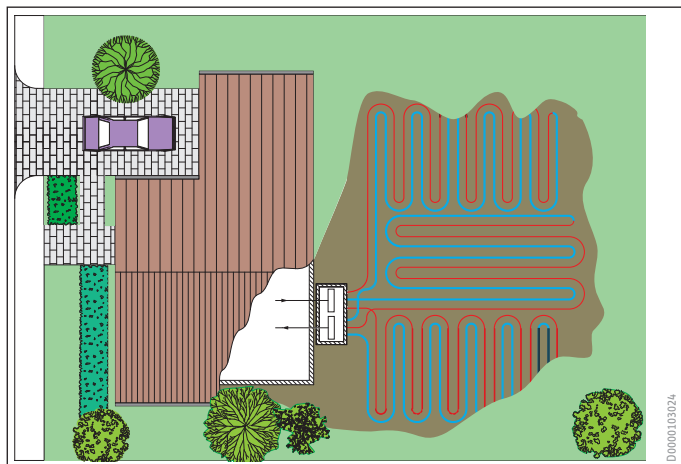
Kolektory ułożone w gruncie doprowadzają energię do pomp ciepła. W kolektorach krąży niezamarzający nośnik ciepła. Nośnik ciepła odbiera energię od gruntu.

- » Poziomo ułożone węzownice to kolektory gruntowe.
- » Pionowo umieszczone sondy to pionowe sondy gruntowe.

Pompę ciepła ustawia się w pomieszczeniach zabezpieczonych przed mrozem.

Obsługa i regulacja grzewczej pompy ciepła odbywa się za pomocą regulatora pompy ciepła. Regulator pompy ciepła można zainstalować w budynku, np. w pomieszczeniu gospodarczym. Niektóre pompy ciepła zawierają wbudowany regulator pompy ciepła.

Aby móc pokryć również większe obciążenia cieplne za pomocą seryjnych pomp ciepła do ogrzewania, można połączyć ze sobą kilka urządzeń. To zadanie spełniają zestawy pomp ciepła, składające się z dwóch pomp ciepła i odpowiedniego osprzętu.



Pod pojęciem gruntu jako dolnego źródła w Europie Środkowej rozumie się wierzchnią warstwę gleby do głębokości około 2 m.

Pozyskiwanie ciepła odbywa się za pomocą wymiennika ciepła, ułożonego poziomo pod niezabudowaną powierzchnią w pobliżu ogrzewanego budynku.

Ciepło gruntu istotne pod kątem poboru ciepła to zmagazynowana energia słoneczna, która przedostaje się do gruntu poprzez bezpośrednie napromieniowanie, poprzez wymianę ciepła z powietrzem i opady. Jest to także źródło energii do szybkiej regeneracji wychłodzonego gruntu po okresie grzewczym.

Ciepło płynące z głębszych warstw wynosi tylko od 0,05 do 0,12 W/m². Może zostać zignorowane jako dolne źródło dla górnych warstw gleby.

Ilość ciepła użytkowego, a tym samym wielkość wymaganej powierzchni zależy w znacznym stopniu od właściwości termofizycznych gruntu i od energii napromieniowania, to znaczy od warunków klimatycznych.

Właściwości termiczne, takie jak pojemność cieplna i przewodność cieplna, bardzo mocno zależą od składu i właściwości gruntu. Decydującymi wielkościami są tutaj przede wszystkim ilość wody, ilości składników mineralnych, takich jak kwarc lub skałki, oraz ilość i wielkość porów wypełnionych powietrzem.

W uproszczeniu można stwierdzić, że zdolność magazynowania i przewodność cieplna są tym większe, im bardziej ziemia nasyczona jest wodą, im więcej jest w niej składników mineralnych i mniejszy jest udział porów.

Moc pobierana zależy od jakości ziemi, rozstawu i głębokości ułożenia rur.

Wartości empiryczne dla Niemiec

Kolektor gruntowy		
Moc pobierana	W/m ²	10 - 40
Odstęp układania	m	0,6 - 1,0
Głębokość ułożenia	m	1,2 - 1,5

Aby wykorzystać grunt jako dolne źródło, w ziemi układa się węzownice rurowe z tworzywa sztucznego (kolektory gruntowe), w których krąży nośnik ciepła. Mieszanka przenosi ciepło odebrane z gruntu do pompy ciepła. Zastosowany nośnik ciepła musi zapewniać wystarczającą ochronę przed zamarzaniem. Ponadto w przypadku ewentualnej nie szczelności nie może stanowić zagrożenia dla wód gruntowych. Tę właściwość posiadają środki zapobiegające zamarzaniu na bazie glikolu etylenowego. Zostały one opracowane specjalnie do transportu ciepła oraz ochrony przed zamarzaniem i korozją w instalacjach pomp ciepła.

Moc pobierana (wytyczne niemieckiego VDI 4640)

Podłoże	qE [W/m ²]
Suche, niezwięzłe podłoże	10 - 15
Wilgotne, zwięzłe podłoże	15 - 20
Bardzo wilgotne i zwięzłe podłoże	20 - 25
Podłoże nasycone wodą	25 - 30
Grunt z wodami gruntowymi	30 - 40

Powierzchnia gruntu

Odpowiednia powierzchnia gruntu zależy od obciążenia cieplnego budynku i właściwości gruntu. Wymaganą powierzchnię gruntu oblicza się na podstawie mocy chłodniczej Q_K pompy ciepła.

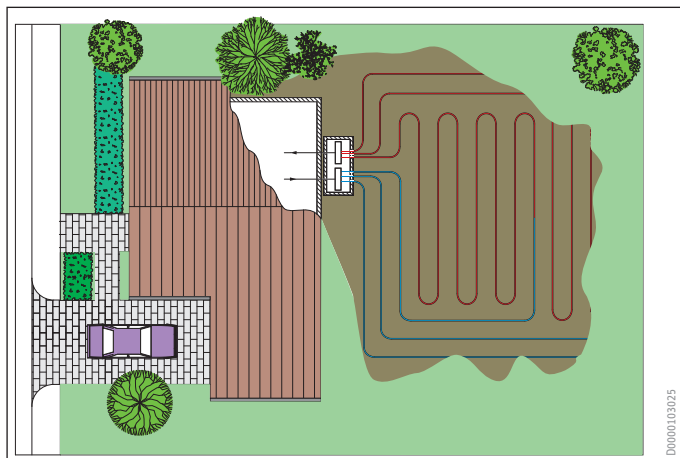
Moc chłodnicza pompy ciepła jest różnicą mocy grzewczej Q_{WP} i poboru mocy P_{WP} .

$$Q_K = Q_{WP} - P_{WP}$$

Gruntowe pompy ciepła

Kolektor gruntowy

Przykład



Do doboru kolektora gruntowego potrzebne są dane techniczne pompy ciepła.

Przykładowe dane pompy ciepła

Moc grzewcza przy B0/W35 (europejska norma EN 14511)	kW	10,31
Pobór mocy przy B0/W35 (europejska norma EN 14511)	kW	2,05
SCOP (europejska norma EN 14825)		5,6
Projektowane natężenie znamionowe ogrzewania przy B0/W35 i 7 K	m ³ /h	1,26
Poziom mocy akustycznej W35 (europejska norma EN 12102)	dB(A)	48
Poziom mocy akustycznej W55 (europejska norma EN 12102)	dB(A)	50
Stężenie glikolu etylenowego w pionowej sondzie gruntowej	Vol.-%	25
Stężenie glikolu etylenowego w kolektorze gruntowym	Vol.-%	33

$$Q_K = 10,31 \text{ kW} - 2,05 \text{ kW}$$

$$Q_K = 8,26 \text{ kW}$$

Powierzchnia gruntu:

Przy właściwej mocy pobieranej q_E o wartości 25 W/m^2 powierzchnia A wynosi:

$$A = \frac{Q_K}{q_E}$$

$$\text{Powierzchnia } A = 8260 \text{ W} / 25 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Powierzchnia } A = 330,4 \text{ m}^2 \text{ gruntu}$$

Rozstaw rur:

Przy rozstawie rur $0,6 \text{ m}$ długość rur wynosi:

$$330,4 \text{ m}^2 / 0,6 \text{ m} = \text{rura } 551 \text{ m, co odpowiada sześciu pętlom rur o długości } 100 \text{ m każda.}$$

Ułożenie rur

Rury z tworzywa sztucznego układa się na głębokości od $1,2$ do $1,5 \text{ m}$ w kilku pętlach. Długość poszczególnych pętli rur nie powinna przekraczać przy tym 100 metrów, ponieważ w przeciwnym przypadku wymagane są większe pompy obiegowe o wyższym poborze mocy.

Rozstaw zależy od właściwości podłoża i powinien wynosić od $0,6 \text{ m}$ do $1,0 \text{ m}$, tak aby promienie lodu nie mogły się łączyć, a deszczówka mogła wsiąkać.

W przypadku nowych budynków rury można ułożyć w czasie wymaganych prac gruntowych. Przy istniejących już budynkach można użyć koparek łyżkowych.

Przepisy

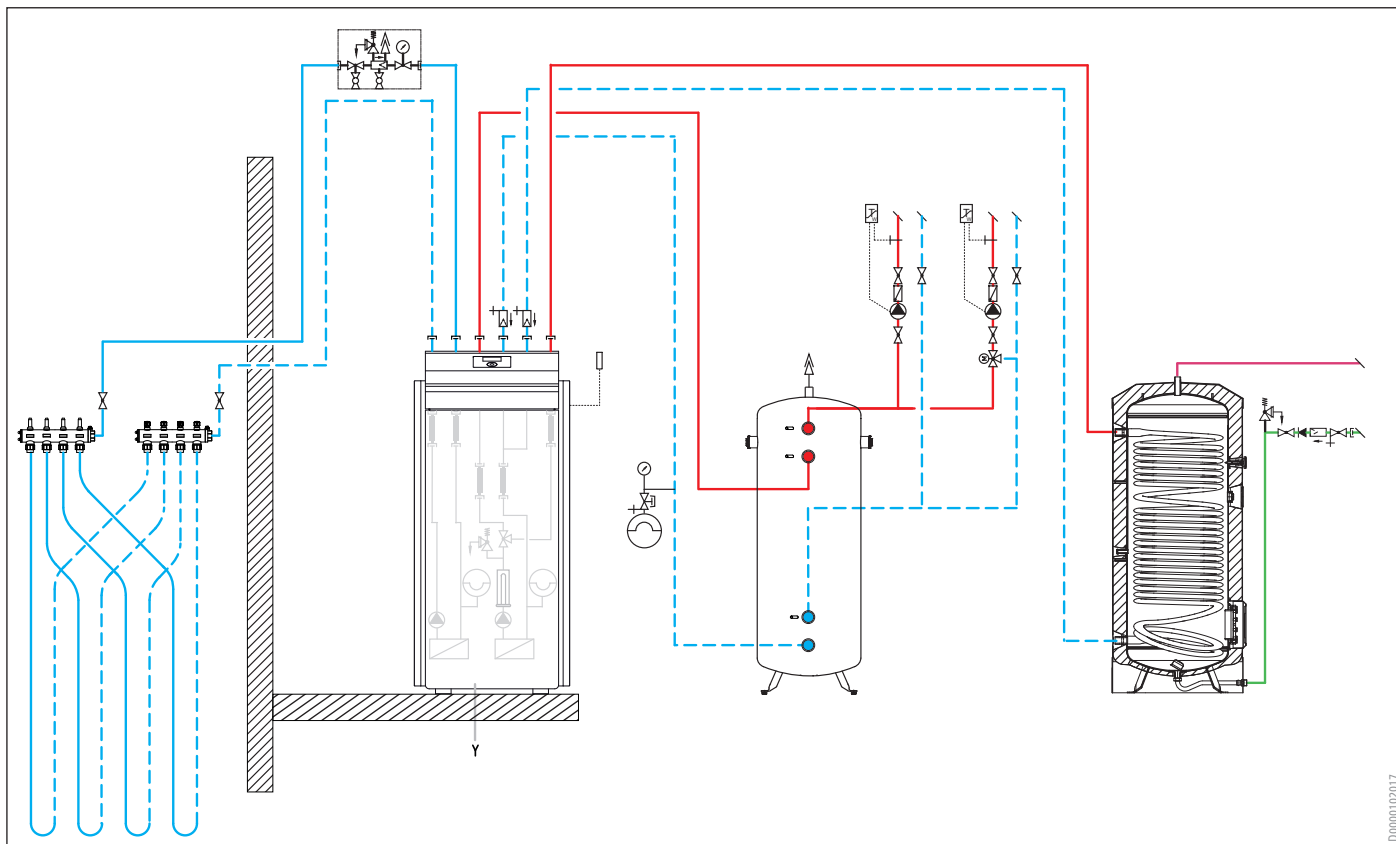
W Niemczech kolektory gruntowe muszą zostać zgłoszone we właściwym nadzorze wodnym lub musi zostać uzyskane pozwolenie na nie.

Gruntowe pompy ciepła

Kolektor gruntowy

Instalacja

Kolektor gruntowy z rur PE jako dolne źródło



D10000102017

Gruntowe pompy ciepła

Kolektor gruntowy

Powiększenie dolnego źródła

Podane wcześniej wartości mocy pobieranej uzależnione od powierzchni odnoszą się do czasów pracy pompy ciepła od 1800 do 2400 h/rok. Czasy pracy dotyczą monowalentnego trybu pracy pompy ciepła.

Jeśli pompa ciepła ma pracować w trybie pracy biwalentnym równoległym, godziny pracy w roku ulegają zmianie, wraz z wymaganą wielkością kolektora gruntowego.

Ze względu na wyższą moc pobieraną kolektor gruntowy i jego powierzchnia muszą zostać powiększone.

Przykład obliczeń dla trybu biwalentnego równoległego

Pompa ciepła jest wytwornicą ciepła do obciążenia podstawowego i pokrywa około 65 % obciążenia cieplnego.

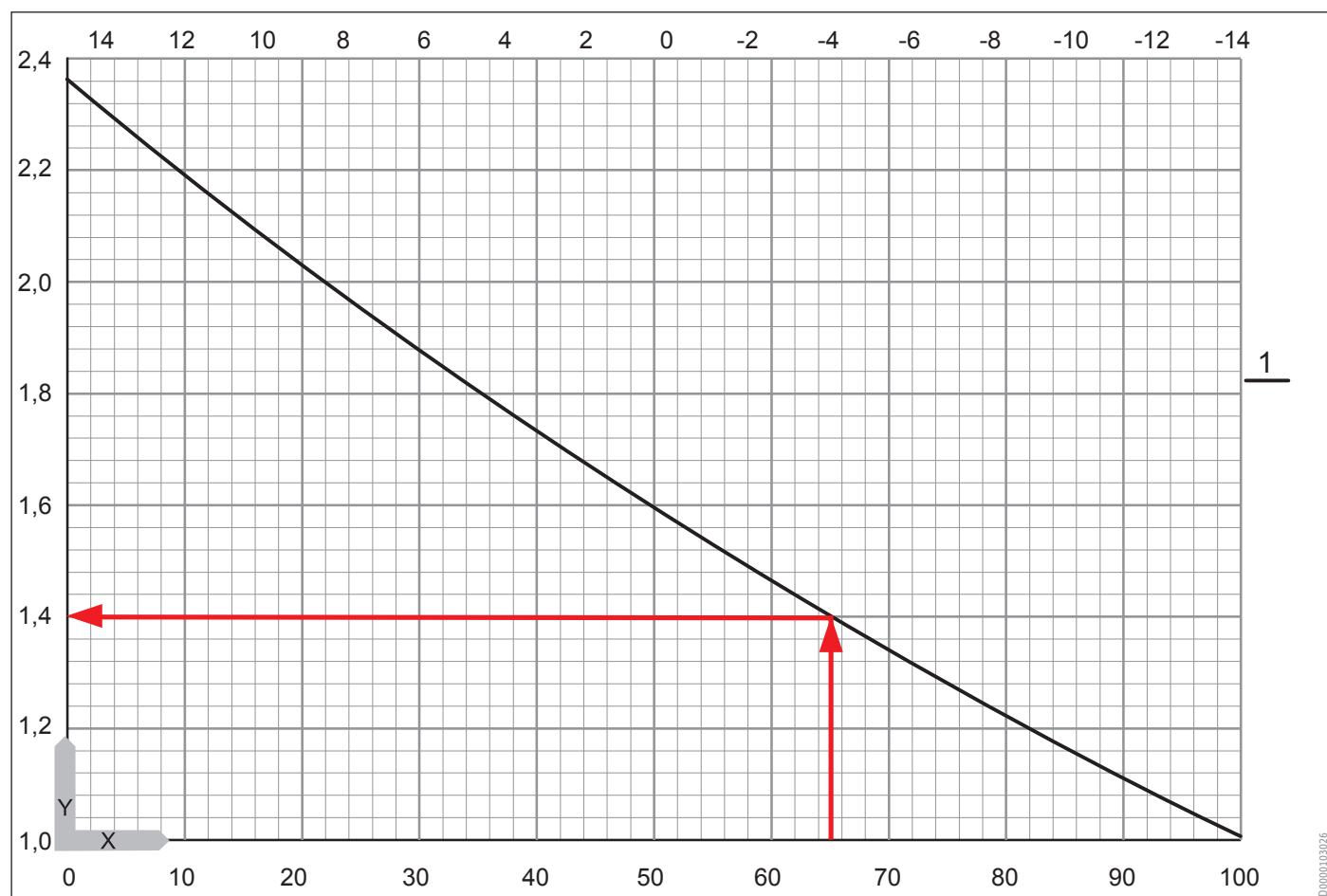
Maksymalnie konieczna temperatura zasilania ogrzewania wynosi 55 °C.

Przełączenie na drugą wytwornicę ciepła następuje przy temperaturze zewnętrznej ok. -4 °C.

Na podstawie wykresu wylicza się współczynnik f_Q powiększenia dolnego źródła.

Współczynnik powiększenia dolnego źródła wynosi 1,4.

Powiększenie dolnego źródła



X Moc grzewcza / obciążenie cieplne [%] / punkt biwalentny [°C]

Y Powiększenie dolnego źródła * f_Q [-]

1 Krzywa powiększenia dolnego źródła

Gruntowe pompy ciepła

Lista kontrolna kolektora gruntowego

Pompy ciepła solanka-woda, kolektor gruntowy

- » Czy ustalono, czy miejsce montażu pompy ciepła podlega obowiązkowi uzyskania pozwolenia?
- » Czy ustalono, czy projektowany kolektor gruntowy podlega obowiązkowi uzyskania pozwolenia?
- » Czy znane są badania właściwości podłoża?
- » Czy zbadano możliwą moc pobieraną podłoża?
- » Czy ustalono sposób działania pompy ciepła i nadaje się ona do tego?
- » Czy wielkość instalacji dolnego źródła odpowiada trybowi działania pompy ciepła?
- » Czy uwzględniono moc kolektora gruntowego?
- » Czy rozstaw rur kolektora gruntowego wybrano tak, aby promienie lodu nie łączyły się ze sobą?
- » Czy zakończone jest projektowanie hydrauliczne kolektora gruntowego?
- » Czy wybrana solanka jest dopuszczona do użytku w kolektorze gruntowym?
- » Czy wybrano racjonalną technicznie głębokość ułożenia kolektora gruntowego?
- » Czy wszystkie prace ziemne dostosowane są do materiału rur i miejscowych warunków?

Wytwarzanie ciepła

- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia cieplnego?
- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia chłodniczego?
- » Czy sprawdzono, czy budowa instalacji pompy ciepła wymaga uzyskania pozwolenia miejscowego dostawcy energii?
- » Czy zapewniona jest dostępność niezbędnego zasilania elektrycznego?
- » Czy spełnione są wymagania dostawcy energii?
- » Czy uwzględniono maksymalne wartości poboru prądu podczas rozruchu pompy ciepła?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące miejsca montażu?
- » Czy wybrana pompa ciepła pokrywa obciążenie cieplne i chłodnicze?
- » Czy włączono drugą wytwornicę ciepła zgodnie z projektem instalacji?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące przygotowania CWU?
- » Czy zapewniona jest ochrona przed zamarzaniem?
- » Czy zapewniony jest dostęp na potrzeby wykonywania prac montażowych i przeglądów?
- » Czy podjęto niezbędne działania w celu redukcji emisji hałasu?
- » Czy system pomp ciepła wyposażony został w odpowiednie urządzenia zabezpieczające?
- » Czy przewidziano ewentualne niezbędne urządzenia do kontroli warunków eksploatacji?
- » Czy udokumentowane zostały poszczególne etapy projektowania?
- » Czy system rozprowadzania ciepła przystosowano do obciążenia grzewczego i mocy pomp ciepła?
- » Czy sprawdzono, czy konieczny jest podział całego systemu rozprowadzania ciepła na kilka obiegów odbiorników?
- » Czy regulacja jest w stanie obsłużyć projektowaną liczbę odbiorników?
- » Czy w projekcie uwzględniono ewentualną nadrzędną regulację?
- » Czy poszczególne obiegi grzewcze przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy poszczególne obiegi chłodzenia przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy zapewniona jest kontrola punktu rosy poszczególnych obiegów chłodzenia?
- » Czy uwzględniono system zasobnika buforowego, jeśli jest konieczny?

Notatki

Gruntowe pompy ciepła

Sonda gruntowa

Informacje ogólne

Pionowe sondy gruntowe składają się z głowicy sondy i ciągłych, pionowych rur.

Srednica rury		Głębokość
25 x 2,3	mm	60 m
32 x 3	mm	100 m

Wykonanie przejmuje wyspecjalizowana w odwiertach firma.

Pionowa sonda gruntowa o długości 50 metrów składa się z 200 metrów rur z PE: 2 x 50 metrów rurociągu zasilania i 2 x 50 metrów rurociągu powrotu.

Sondę umieszcza się w przygotowanym otworze wywierconym w ziemi. Po wprowadzeniu rur otwory wypełnia się zawiesziną np. z bentonitu. Po utwardzeniu zawieszina musi zapewniać szczelne, trwałe i fizycznie stabilne połączenie pionowej sondy gruntowej z otaczającym gruntem. W ten sposób zapewnia się dobrą wymianę ciepła.

Dobór

Doboru dokonuje się według przepływu wód gruntowych i przewodności cieplnej gruntu.

W większych instalacjach konieczne jest równoległe podłączenie większej liczby sond, aby z gruntu mogła być pobierana wymagana moc chłodnicza.

Moc pobierana pionowych sond gruntowych

Każda pionowa sonda gruntowa odznacza się właściwą mocą pobieraną na metr bieżący sondy.

W przypadku nieposiadania danych dotyczących właściwości podłoża można przyjąć średnią właściwą moc pobieraną 50 W/m.

Moc pobierana (wytyczne niemieckiego VDI 4640)

Podłoże	W/m
Podłoże z wysokim przepływem wód gruntowych	100
Skąły lite z wysoką przewodnością cieplną	80
Skąły lite z normalnym podłożem	55
Niekorzystne podłoże, suche osady	30



Wskazówka

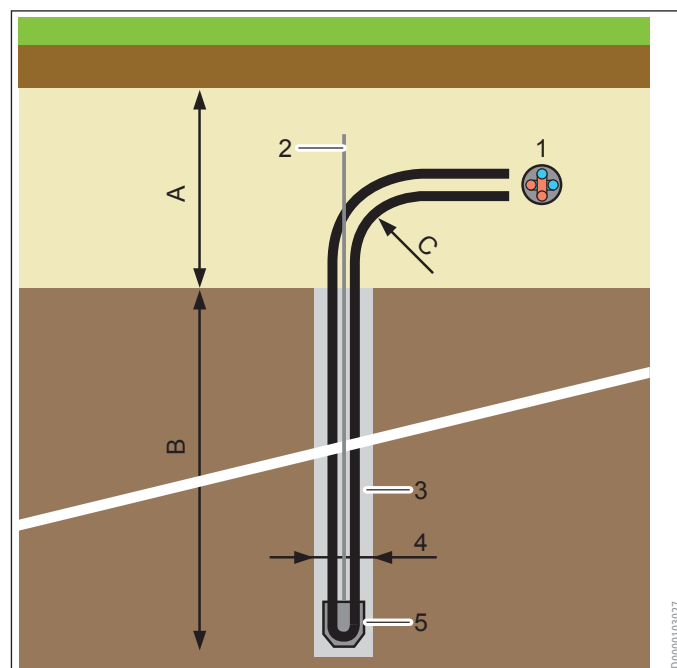
Szczegóły doboru zależą od właściwości podłoża i wodonośnych warstw gleby. Ocena może zostać dokonana tylko na miejscu przez wykonawcę.

Przepisy obowiązujące w Niemczech

Instalacje pionowych sond gruntowych o maksymalnej głębokości 100 m muszą zostać zgłoszone we właściwym nadzorze wodnym i w razie potrzeby należy uzyskać na nie pozwolenie.

Przy głębokościach > 100 m w Niemczech wymagane jest pozwolenie wyższego urzędu górniczego (niemieckiego Oberbergbauamt).

Sonda rurowa w kształcie litery U z głowicą sondy



- A Podsyпка piaskowa, min. 20 cm
- B Grunt / głębokość odwiertu
- C Promień gięcia 40 cm
- 1 Sonda 4-rurowa
- 2 Rura wtryskiwacza
- 3 Zawieszina cementowo-opalitowa
- 4 Średnica odwiertu 110-133 mm
- 5 Głowica sondy

Porównanie państw

We Francji każdy odwiert głębszy niż 10 m musi zostać wcześniej zgłoszony (art. 131 „Code Minier”). Jeśli głębokość wynosi więcej niż 100 m, trzeba uzyskać pozwolenie (rozporządzenie 79-48 z 28 marca 1978 r.).



Wskazówka

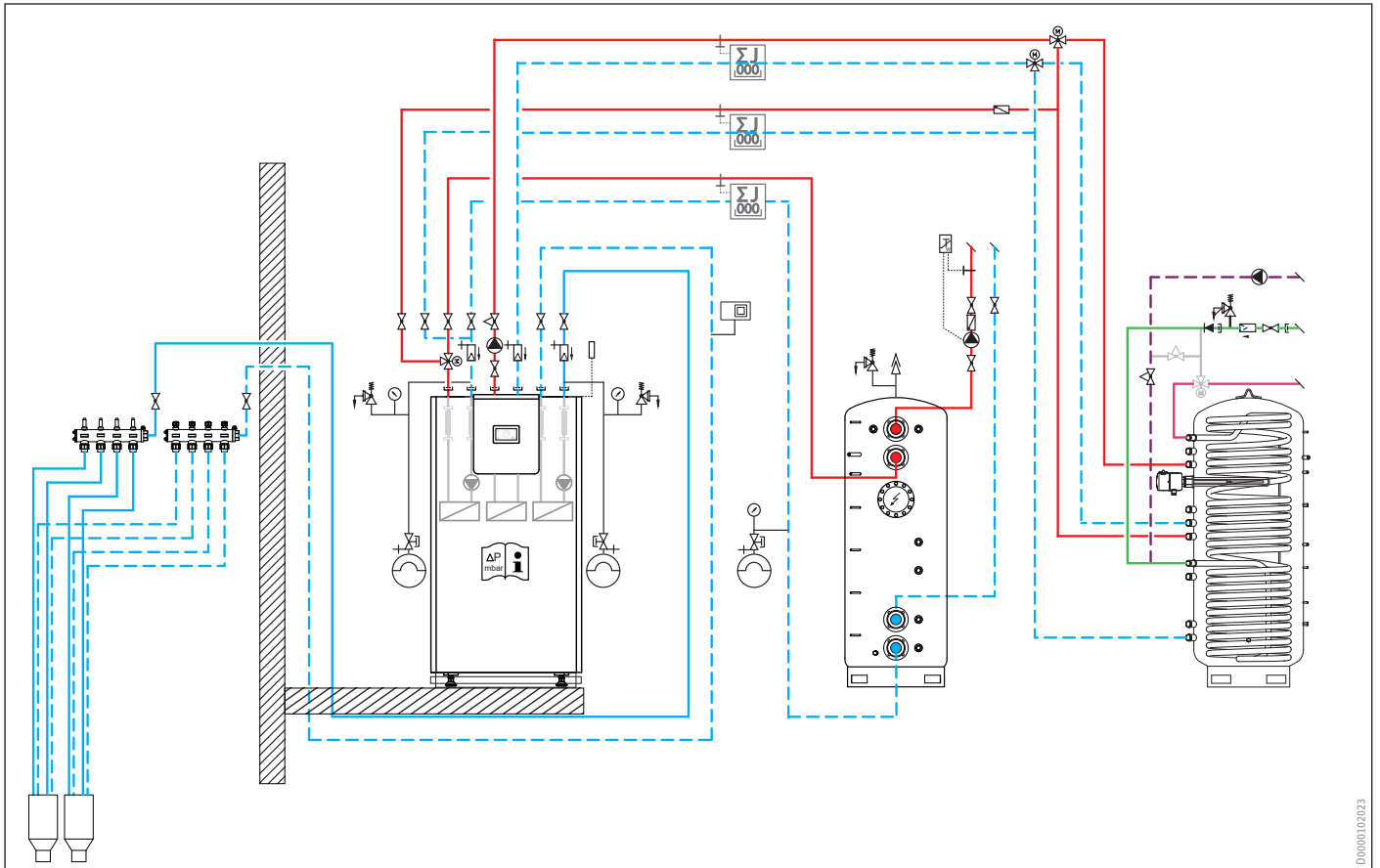
Przestrzegać obowiązujących krajowych i lokalnych norm i przepisów.

Gruntowe pompy ciepła

Sonda gruntowa

Instalacja

Pionowa sonda gruntowa jako dolne źródło



D:\0000102023

Gruntowe pompy ciepła

Lista kontrolna pionowej sondy gruntowej

Pompy ciepła solanka-woda, pionowa sonda gruntowa

- » Czy przeprowadzono próbę reakcji termicznej, jeśli jest wymagana?
- » Czy właściwy nadzór wydał pozwolenie?
- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia cieplnego?
- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia chłodniczego?
- » Czy zakończone jest projektowanie hydrauliczne instalacji sondy?
- » Czy ustalono sposób działania pompy ciepła i nadaje się ona do tego?
- » Czy wielkość instalacji dolnego źródła odpowiada trybowi działania pompy ciepła?

Wytwarzanie ciepła

- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia cieplnego?
- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia chłodniczego?
- » Czy sprawdzono, czy budowa instalacji pompy ciepła wymaga uzyskania pozwolenia miejscowego dostawcy energii?
- » Czy zapewniona jest dostępność niezbędnego zasilania elektrycznego?
- » Czy spełnione są wymagania dostawcy energii?
- » Czy uwzględniono maksymalne wartości poboru prądu podczas rozruchu pompy ciepła?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące miejsca montażu?
- » Czy wybrana pompa ciepła pokrywa obciążenie cieplne i chłodnicze?
- » Czy włączono drugą wytwornicę ciepła zgodnie z projektem instalacji?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące przygotowania CWU?
- » Czy zapewniona jest ochrona przed zamarzaniem?
- » Czy zapewniony jest dostęp na potrzeby wykonywania prac montażowych i przeglądów?
- » Czy podjęto niezbędne działania w celu redukcji emisji hałasu?
- » Czy system pomp ciepła wyposażony został w odpowiednie urządzenia zabezpieczające?
- » Czy przewidziano ewentualne niezbędne urządzenia do kontroli warunków eksploatacji?
- » Czy udokumentowane zostały poszczególne etapy projektowania?
- » Czy system rozprowadzania ciepła przystosowano do obciążenia grzewczego i mocy pomp ciepła?
- » Czy sprawdzono, czy konieczny jest podział całego systemu rozprowadzania ciepła na kilka obiegów odbiorników?
- » Czy regulacja jest w stanie obsłużyć projektowaną liczbę odbiorników?
- » Czy w projekcie uwzględniono ewentualną nadrzędną regulację?
- » Czy poszczególne obiegi grzewcze przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy poszczególne obiegi chłodzenia przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy zapewniona jest kontrola punktu rosy poszczególnych obiegów chłodzenia?
- » Czy uwzględniono system zasobnika buforowego, jeśli jest konieczny?

Notatki

Woda jako dolne źródło

Instalacja dolnego źródła

Instalacja dolnego źródła

W celu wykorzystania ciepła z wód gruntowych konieczna jest studnia zasilająca i studnia chłonna.

Należy zbadać jakość dostępnej wody, wykonując analizę jej składu chemicznego.

Wymagane natężenie przepływu (ilość wody instalacji dolnego źródła) musi odpowiadać wymogom pompy ciepła.

W ramach kilkudniowego próbnego pompowania trzeba sprawdzić, czy wymagana dla pompy ciepła ilość wody rzeczywiście jest do dyspozycji.

Ponieważ ilość i jakość wody pozostają niezmiennie, proces pompy ciepła nie powoduje żadnego niekorzystnego wpływu w rozumieniu ustaw o gospodarce wodnej.

W Niemczech użytkownik pompy ciepła musi wnioskować o korzystanie z wody we właściwym nadzorze wodnym.

Wykonanie studni

Odległość między obydwoma studniami musi wynosić co najmniej 15 m. Studnia chłonna odprowadza pobraną ilość wody z powrotem do wód gruntowych. Podczas budowy studni trzeba uważać na to, aby schłodzona woda studni chłonnej nie przedostawała się z powrotem do obszaru studni zasilającej.

Głębokość odwiertów pod studnie zależy od lustra wody gruntowej. Wartości empiryczne pokazują, że większość studni dla pomp ciepła wymaga głębokości od 5 m do 15 m.

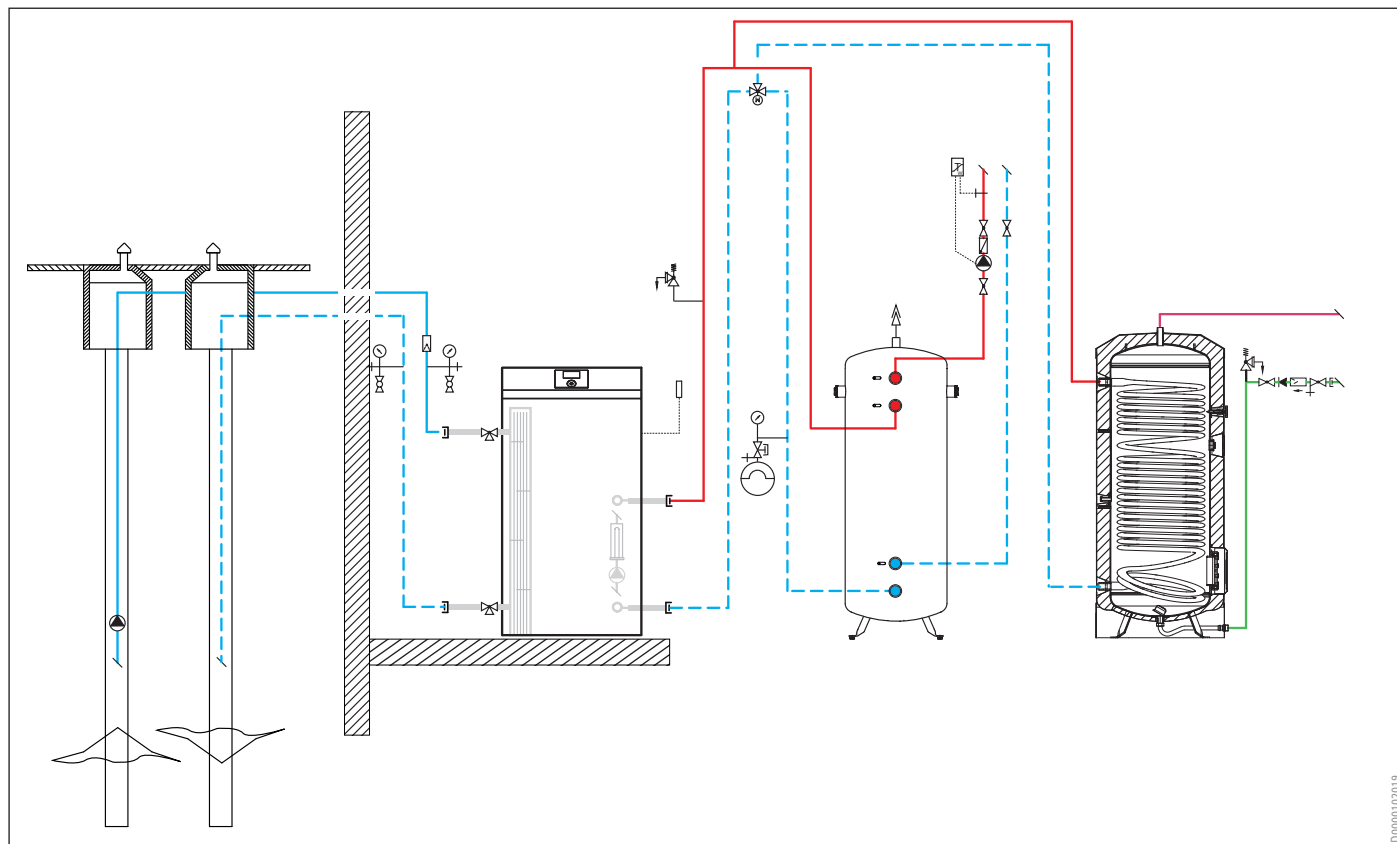
Rurociągi

Rurociągi muszą być ułożone ze spadkiem do studni.

Woda jako dolne źródło

Studnia

Studnia



D0000102019

Woda jako dolne źródło

Pompa głębinowa

Pompa głębinowa

Pompa obiegowa instalacji dolnego źródła musi zostać dobrana do warunków instalacji. Podstawę wymiarowania pompy głębinowej stanowią następujące dane:

- » natężenie przepływu pompy ciepła po stronie dolnego źródła
- » różnica ciśnienia pompy ciepła po stronie dolnego źródła
- » różnica ciśnienia w rurociągu od studni zasilającej do studni chłonnej
- » Z doświadczenia wynika, że pojedyncze opory, np. armatur i zaworów klapowych zwrotnych, powodują straty ciśnienia do 30%, które muszą zostać dodane do strat ciśnienia w rurociągach.
- » Strata ciśnienia w studni chłonnej. Wartości empiryczne: ok. 200 hPa
- » Geodezyjna wysokość podnoszenia systemu studni

Z sumy różnic ciśnienia i natężenia przepływu pompy ciepła za pomocą wykresu producenta można wyznaczyć pompę głębinową.

Temperatura wody

Grzewczą pompę ciepła w systemie pompy ciepła woda-woda można użytkować do minimalnej temperatury dolnego źródła. Minimalna temperatura dolnego źródła zależy od produktu.

Podłączenie hydrauliczne

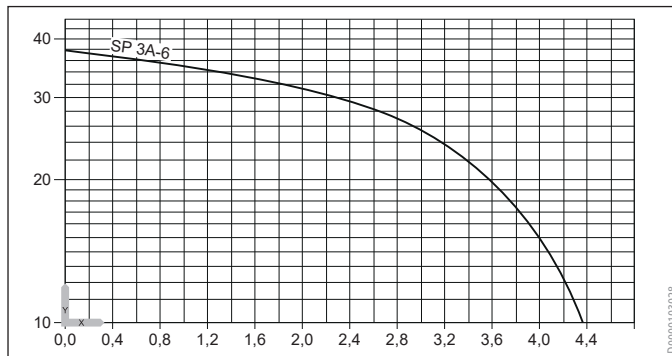
Aby w znacznym stopniu zapobiec przenoszeniu hałasu, obieg dolnego źródła należy podłączyć za pomocą elastycznych węży ciśnieniowych.

Substancje stałe w wodzie ze studni

Znajdujące się w wodzie ze studni substancje stałe, takie jak piasek i drobny szlam, mogą zapychać wymienniki ciepła.

Jeśli w wodzie ze studni znajduje się wiele substancji stałych, trzeba dodatkowo zaplanować osadniki i filtry wstępne.

Pompa głębinowa



x Natężenie przepływu [m³/h]
y Wysokość podnoszenia [m]

D 0000 103028

Woda jako dolne źródło

Pośrednie wymienniki ciepła

Obieg pośredni

Jeśli planowany jest obieg pośredni, także pompy ciepła solanka-woda mogą być zasilane wodami gruntowymi jako dolnym źródłem.

W celu rozdzielenia obiegów studni i dolnego źródła muszą zostać zamontowane odpowiednie płytowe wymienniki ciepła przystosowane do danej jakości wody. Obieg pośredni musi być napełniony środkiem zapobiegającym zamarzaniu i wyposażony w armaturę zabezpieczającą oraz pompę obiegową.

Temperatura dolnego źródła jest w przypadku pomp ciepła z pośrednim wymiennikiem ciepła ok. 1–2 K niższa niż temperatura wód gruntowych. Przy doborze pompy ciepła i punktu obliczeniowego należy uwzględnić niższą temperaturę dolnego źródła.

Wymagana jakość wody

Typowe problemy związane z korzystaniem z wody gruntowej są następujące:

- » erozja wymiennika ciepła i rur doprowadzających wodę,
- » korozja wymiennika ciepła,
- » nagromadzenie się osadów lub zapchanie wymiennika ciepła i rur zasilających,
- » nagromadzenie się osadów w studni chłonnej.

Aby uniknąć tych problemów, jakość wody gruntowej musi spełniać następujące wymagania:

- » Woda nie może zawierać żadnych substancji, które mogą tworzyć osady.
- » Nie wolno używać wody powierzchniowej.
- » Nie wolno używać wody zawierającej sól.

Pompy ciepła woda-woda, studnia

- » Czy wydajność studni pod względem ciągłego pozyskiwania i odprowadzania wody pokrywa zapotrzebowanie energii wymaganego natężenia przepływu?
- » Czy sprawdzono, czy musi zostać wykonane numeryczne, hydrauliczno-termiczne modelowanie wody gruntowej?
- » Czy sprawiono, aby termicznie zmodyfikowane wody gruntowe były w całości zwracane do warstwy wodonośnej, z której były pobierane?
- » Czy wykluczono podmakanie działki i negatywny wpływ eksploatacji studni na budynek?
- » Czy odprowadzanie odbywa się w wystarczającej odległości od studni zasilającej, aby wykluczyć zwarcie termiczne?
- » Czy wody gruntowe pod względem właściwości chemicznych nadają się do zasilania pompy ciepła?

Wytwarzanie ciepła

- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia cieplnego?
- » Czy zostały uwzględnione wyniki obliczenia obciążenia chłodniczego?
- » Czy sprawdzono, czy budowa instalacji pompy ciepła wymaga uzyskania pozwolenia miejscowego dostawcy energii?
- » Czy zapewniona jest dostępność niezbędnego zasilania elektrycznego?
- » Czy spełnione są wymagania dostawcy energii?
- » Czy uwzględniono maksymalne wartości poboru prądu podczas rozruchu pompy ciepła?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące miejsca montażu?
- » Czy wybrana pompa ciepła pokrywa obciążenie cieplne i chłodnicze?
- » Czy włączono drugą wytwornicę ciepła zgodnie z projektem instalacji?
- » Czy spełnione są wymagania dotyczące przygotowania CWU?
- » Czy zapewniona jest ochrona przed zamarzaniem?
- » Czy zapewniony jest dostęp na potrzeby wykonywania prac montażowych i przeglądów?
- » Czy podjęto niezbędne działania w celu redukcji emisji hałasu?
- » Czy system pomp ciepła wyposażony został w odpowiednie urządzenia zabezpieczające?
- » Czy przewidziano ewentualne niezbędne urządzenia do kontroli warunków eksploatacji?
- » Czy udokumentowane zostały poszczególne etapy projektowania?
- » Czy system rozprowadzania ciepła przystosowano do obciążenia grzewczego i mocy pomp ciepła?
- » Czy sprawdzono, czy konieczny jest podział całego systemu rozprowadzania ciepła na kilka obiegów odbiorników?
- » Czy regulacja jest w stanie obsłużyć projektowaną liczbę odbiorników?
- » Czy w projekcie uwzględniono ewentualną nadrzędną regulację?
- » Czy poszczególne obiegi grzewcze przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy poszczególne obiegi chłodzenia przystosowane są do poziomu temperatury pompy ciepła?
- » Czy zapewniona jest kontrola punktu rosy poszczególnych obiegów chłodzenia?
- » Czy uwzględniono system zasobnika buforowego, jeśli jest konieczny?

Notatki



www.stiebel-eltron.com

STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG | Dr.-Stiebel-Straße 33
37603 Holzminden | www.stiebel-eltron.de

STIEBEL ELTRON