climate of innovation

Podręcznik architekta, projektanta i instalatora

Pompy ciepła

Wydawca:
Viessmann Werke, Allendorf (Eder)

Tłumaczenie:
Viessmann Sp. z o.o.

Opracowanie i weryfikacja merytoryczna:
Akademia Viessmann Polska

Skład graficzny:
Grafit usługi reklamowo–wydawnicze Albert Litwiniuk, Wysoka k. Wrocławia

© Wrocław 2013

Materiały zdjęciowe - źródło:
Viessmann Werke, Allendorf (Eder)

Viessmann sp. z o.o.
ul. Karkonoska 65
53-015 Wrocław
tel. 71/ 36 07 100
fax 71/ 36 07 101
www.viessmann.pl

9443 898 PL 09/2013
Zmiany zastrzeżone
Treści chronione prawem autorskim.
Kopiowanie i rozpowszechnianie tylko
za zgodą posiadacza praw autorskich.

VIESSMANN
climate of innovation

Podręcznik architekta, projektanta i instalatora

Pompy ciepła

Spis treści

Spis treści

9 Przedmowa

10 Wprowadzenie

10 Wskazówki dotyczące używania podręcznika

12 A Podstawy technologii pomp ciepła

14 A.1 Historia rozwoju pomp ciepła

16 A.2 Podstawy fizyczne
17 A.2.1 Skraplanie i odparowanie
17 A.2.2 Obieg chłodniczy
19 A.2.3 Współczynnik wydajności
20 A.2.4 Sezonowy współczynnik efektywności

22 A.3 Komponenty główne
23 A.3.1 Sprężarka
26 A.3.2 Zawór rozprężny
27 A.3.3 Wymienniki ciepła
29 A.3.4 Czynnik chłodniczy

30 A.4 Potencjał źródeł pierwotnych
31 A.4.1 Źródło ciepła – ziemia
35 A.4.2 Źródło ciepła – woda
35 A.4.3 Źródło ciepła – powietrze
36 A.4.4 Dostępność i wydajność – ocena źródeł pierwotnych
36 A.4.5 Źródło ciepła – ciepło odpadowe
37 A.4.6 Absorbery wspomagane instalacją solarną
38 A.4.7 Zmiana faz jako „gromadzenie ciepła“ po stronie pierwotnej

40 A.5 Inne typy pomp ciepła
41 A.5.1 Kompresyjne pompy ciepła z silnikiem spalinowym
41 A.5.2 Absorpcyjne pompy ciepła
43 A.5.3 Adsorpcyjne pompy ciepła

44 B Warunki ramowe

46 B.1 Czynnik eksploatacyjny „energia elektryczna“
47 B.1.1 Miks energetyczny w Niemczech
49 B.1.2 Bezpieczeństwo zaopatrzenia
51 B.1.3 Smart metering
52 B.1.4 Pompy ciepła i fotowoltaika
53 B.1.5 Konkurencja wokół energii elektrycznej?

54 B.2 Uwarunkowania prawne
55 B.2.1 Pompa ciepła a przepisy dotyczące oszczędzania energii (Energieeinsparverordnung (EnEV))
57 B.2.2 Pompa ciepła a przepisy dotyczące wykorzystania odnawianych źródeł energii do produkcji ciepła (Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)
57 B.2.3 Wytyczne europejskie

58 B.3 Analiza opłacalności

60 C Planowanie i dostosowanie źródeł pierwotnych

62 C.1 Pompy ciepła solanka/woda
63 C.1.1 Dostosowanie źródła ciepła
66 C.1.2 Medium nośne ciepła
67 C.1.3 Natężenie przepływu i spadek ciśnienia w obiegu solanki

68 C.2 Pompy ciepła woda/woda
69 C.2.1 Wody gruntowe
71 C.2.2 Woda chłodząca

72 C.3 Pompy ciepła powietrze/woda
73 C.3.1 Pompy ciepła powietrze/woda z nieregulowaną sprężarką
73 C.3.2 Projektowanie
75 C.3.3 Projektowanie akustyczne
78 C.3.4 Przepływ powietrza w wewnętrznych pompach ciepła powietrze-woda

80 D Projektowanie instalacji

82 D.1 Tryby pracy
83 D.1.1 Monowalentny tryb pracy
83 D.1.2 Biwalentny tryb pracy
85 D.1.3 Instalacje kaskadowe
86 D.1.4 Układy złożone

88 D.2 Obieg wtórny
89 D.2.1 Podgrzew ciepłej wody użytkowej
102 D.2.2 Tryb ogrzewania
107 D.2.3 Chłodzenie

112 D.3 Dobór pompy ciepła i wskazówki projektowe
113 D.3.1 Określenie mocy pompy ciepła
114 D.3.2 Materiały pomocnicze do projektowania instalacji pomp ciepła

118 Aneks

120 Droga do efektywnych instalacji pomp ciepła

126 Indeks haseł

130 Przedsiębiorstwo

130 Indywidualne rozwiązania w ramach efektywnych systemów grzewczych

132 Technika grzewcza, która wytrzyma próbę czasu i spełni wszystkie wymagania

134 Viessmann – climate of innovation

Przedmowa

Podstawowymi wyzwaniami naszych czasów są ochrona środowiska naturalnego oraz zapewnienie zrównoważonych i opłacalnych dostaw energii. Aby ograniczyć postępujące ocieplanie się klimatu, należy zminimalizować emisję gazów cieplarnianych, a w szczególności dwutlenku węgla. To jest możliwe tylko poprzez zdecydowane ograniczenie zużycia energii ze źródeł kopalnych. W obliczu ograniczonych zasobów tego rodzaju energii i bez względu na postępujące zmiany klimatyczne, kwestii tej nie da się na dłuższą metę pomijać. Wprawdzie dostawy energii nie są zagrożone w dającej się przewidzieć przyszłości, ale ceny energii będą w dalszym ciągu wzrastać. Dlatego też dążenie do wzrostu efektywności energetycznej i szersze wykorzystanie energii odnawialnej stają się nakazem chwili.

Odpowiadając na to wyzwanie politycy wyznaczyli ambitne cele związane z ochroną klimatu i oszczędzaniem energii. Rynek ciepła, jako największy odbiorca energii, może wnieść istotny wkład w ich osiągnięcie. Dlatego należy najszybciej, jak to możliwe, zmodernizować przestarzałe energetycznie, a przez to niewydajne, zasoby budowlane. Odpowiednie technologie są już dostępne.

Kompleksowa oferta firmy Viessmann zawiera nie tylko wysoce wydajną technikę kondensacyjną wykorzystującą jako paliwo olej i gaz, ale też kotły na biomasę, instalacje solarne i pompy ciepła dla każdego rodzaju zastosowań.

Pompy ciepła znalazły w ciągu ostatnich dziesięciu lat stałe miejsce wśród urządzeń techniki grzewczej. Ich udział w rynku, jeśli chodzi o nowe budownictwo, odpowiada obecnie temu jaki mają kondensacyjne instalacje gazowe. Pompy ciepła zyskują też na znaczeniu w przypadku modernizacji instalacji cieplnych. Odpowiednio zaprojektowane i zainstalowane są w stanie zapewnić w każdym budynku, spełniając jednocześnie niemal każde wymaganie, istotny wkład w oszczędzanie zasobów naturalnych i oszczędną produkcję ciepła.

Firma Viessmann spodziewa się w najbliższych latach dalszego wzrostu znaczenia pomp ciepła na rynku. Z jednej strony wciąż trwają pracę nad rozwojem produktów. Dzięki dużym pompom ciepła osiągalne będzie ich stosowanie w kolejnych typach budynków oraz małych zakładach produkcyjnych. Jeśli chodzi o urządzenia małych mocy wciąż rozwija się trend w kierunku rozwiązań kompaktowych, co znacznie ułatwia planowanie oraz realizację instalacji. Nasi partnerzy mogą być pewni, że wszystko do siebie pasuje. Z drugiej strony coraz więcej zakładów wykonujących instalacje grzewcze przekonuje się do tego dla wielu jeszcze nietypowego rozwiązania. Cieszę się, że tym podręcznikiem możemy zaoferować naszym partnerom dalsze wsparcie w skutecznym operowaniu na polu urządzeń grzewczych.

Prof. Dr Martin Viessmann

VIESSMANN
VIESSMANN

Wprowadzenie

Podręcznik ten zawiera najważniejsze informacje związane z planowaniem, instalacją i użytkowaniem pomp ciepła. Równie dobrze nadaje się on jako kompedium wiedzy, jak i materiał wykorzystywany w trakcie szkoleń lub przygotowań do rozmowy z klientem.

Jak korzystać z podręcznika

W odróżnieniu do konwencjonalnych urządzeń grzewczych pompy ciepła są produktami złożonymi, a ich użytkownicy, ale też zakłady instalatorskie i biura projektowe, często oczekują dodatkowych wyjaśnień. Podstawy funkcjonowania kotła grzewczego zasilanego olejem, gazem czy też biomasą są stosunkowo łatwe do zrozumienia. Dla wielu osób tematyka pomp ciepła jest z początku czymś paradoksalnym, że z „zimnego" źródła pierwotnego – jak ziemia, woda gruntowa albo powietrze – pozyskiwane jest ciepło do ogrzania budynku. Dlatego też w tym podręczniku główny nacisk położony został na wyjaśnienie zasadniczych funkcji tych fascynujących urządzeń.

Przedstawione na kolejnych stronach rysunki i opisy służą zrozumieniu wszystkich istotnych elementów instalacji opartej o pompę ciepła. Rysunki skupiają się na tym co najistotniejsze i nie należy ich postrzegać jako kompletnych instrukcji montażu. Te znajdują się w dokumentacji produktów, specyficznych dla danego urządzenia instrukcjach dotyczących planowania oraz są dostępne w elektronicznej przeglądarce schematów (patrz rozdział D.3.2) firmy Viessmann. Wskazówki dotyczące prac instalacyjnych zostały zawarte w tym podręczniku tylko wówczas, jeśli instalacja pompy ciepła wymaga szczególnego postepowania.

Wszystkie pomoce elektroniczne wymienione w poszczególnych rozdziałach, jak np. programy projektowe są dostępne dla partnerów firmy Viessmann u przedstawicieli handlowych oraz w internecie.

A Podstawy technologii pomp ciepła

Potencjał naturalnego ciepła, który za pomocą pompy ciepła może być podniesiony do temperatury użytkowej, jest niewyczerpany.

W pojęciu wielu ludzi ciepło jest raczej odczuciem aniżeli mierzalną wartością. Słoneczny dzień albo przyjemnie ogrzany dom w zimie odczuwamy jako ciepło, przeciwieństwo określamy jako zimno.

Pod względem fizycznym nie jest to całkowicie prawdziwe, gdyż aż do zera absolutnego (0 K= –273,15°C) substancje zawierają energię cieplną. Za pomocą pompy ciepła możliwe jest podniesienie tej energii do temperatury użytkowej.

W tym rozdziale wyjaśnione zostaną podstawy tej technologii, a także istotne komponenty pompy ciepła.

14 A.1 Historia rozwoju pomp ciepła

16 A.2 Podstawy fizyczne

17 A.2.1 Skraplanie i odparowanie
17 A.2.2 Obieg chłodniczy
19 A.2.3 Współczynnik wydajności
20 A.2.4 Sezonowy współczynnik efektywności

22 A.3 Komponenty główne

23 A.3.1 Sprężarka
26 A.3.2 Zawór rozprężny
27 A.3.3 Wymienniki ciepła
29 A.3.4 Czynnik chłodniczy

30 A.4 Potencjał źródeł pierwotnych

31 A.4.1 Źródło ciepła – ziemia
35 A.4.2 Źródło ciepła – woda
35 A.4.3 Źródło ciepła – powietrze
36 A.4.4 Dostępność i wydajność – ocena źródeł pierwotnych
36 A.4.5 Źródło ciepła – ciepło odpadowe
37 A.4.6 Absorbery wspomagane instalacją solarną
38 A.4.7 Zmiana faz jako „gromadzenie ciepła“ po stronie pierwotnej

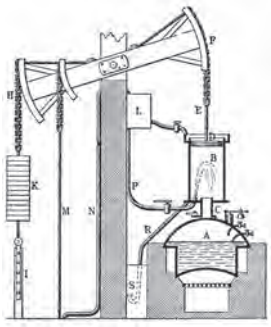
40 A.5 Inne typy pomp ciepła

41 A.5.1 Kompresyjne pompy ciepła z silnikiem spalinowym
41 A.5.2 Absorpcyjne pompy ciepła
43 A.5.3 Adsorpcyjne pompy ciepła

Pompa ciepła Viesmann L-08
z roku 1981

Historia rozwoju pomp ciepła

Historia pompy ciepła jest znacznie starsza, niż się powszechnie sądzi. Już przed prawie dwustu laty dzięki budowie pierwszych maszyn chłodzących stworzono techniczne podwaliny pod budowę dzisiejszych nowoczesnych urządzeń.



Rys. A.1-1 Maszyna parowa
z Newcomen

Ciepło było przez tysiąclecia używane przez ludzi głównie do ogrzewania pomieszczeń, przygotowania posiłków albo topienia metali.

Wynalezienie maszyny parowej na początku XVIII wieku przyniosło kolejne możliwości, które miały epokowe konsekwencje dla rozwoju historii ludzkości. Maszyna parowa oznaczała możliwość zamiany ciepła w pracę mechaniczną. Aż do chwili obecnej zasada ta określa naszą produktywność, mobilność oraz nasz komfort.

Maszynę parową wykorzystywano przez dziesięciolecia, naukowe zrozumienie związku między ciepłem i siłą fizyczną pojawiło się znacznie później.

Podstawowe znaczenie miały odkrycia Nicolasa Leonarda Sadi Carnot, który dzięki swym pracom uchodzi dziś za twórcę termodynamiki. Carnot badał zależności odpowiadające za działanie maszyny parowej i stwierdził między innymi, że procesy zachodzące w trakcie przekształcania ciepła w siłę fizyczną są co do zasady odwracalne („reversibel").

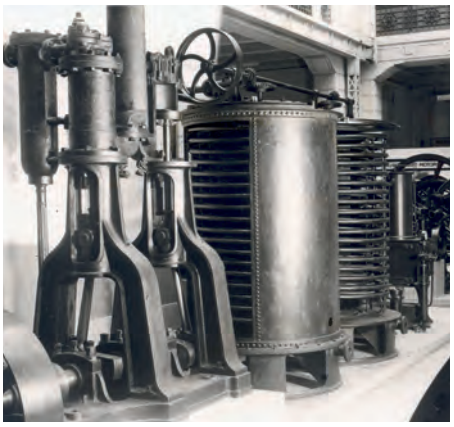
Przy zastosowaniu odpowiedniego czynnika roboczego i pod wpływem odpowiedniej siły można nie tylko przekazać energię cieplną na medium, ale też ją odzyskać i to niezależnie od temperatury otoczenia.

Po raz pierwszy zasadę tę zastosował Amerykanin Jacob Perkins, który w roku 1835 opatentował pierwszą chłodziarkę kompresyjną. Przedtem techniczne obniżanie temperatury możliwe było tylko dzięki wykorzystaniu podciśnienia – odkrycie z połowy XVIII w.

W maszynie Perkinsa występowały wszystkie bazowe elementy składowe nowoczesnych urządzeń chłodniczych oraz pomp ciepła, tj. kompresor, elementy przejmujące i oddające ciepło oraz zawór rozprężny. Perkins używał eteru jako środka roboczego, dzięki czemu mógł uzyskiwać temperatury poniżej punktu zamarzania. Jego ideę rozwijali John Gorrie, który w roku 1851 opatentował maszynę do produkcji lodu i James Harrison, który pracował nad zastosowaniami komercyjnymi m.in. chłodzeniem żywności. Wraz z odkryciem przez Ferdinada Carre'a amoniaku jako czynnika roboczego, możliwa była w roku 1859 rezygnacja z silnie wybuchowego eteru, a tym samym uczynienie eksploatacji urządzeń chłodzących bardziej bezpiecznym. W ostatnich dziesięcioleciach XIX w. technika chłodnicza na stałe zajęła swoje miejsce w przemyśle, a w pierwszych dziesięcioleciach XX w. powstały pierwsze lodówki, również do zastosowań w gospodarstwach domowych.

W roku 1852 William Thomson Kelvin dowiódł, że chłodziarki mogą być też wykorzystywane do ogrzewania. Jednocześnie poprzez wykorzystanie energii cieplnej z otoczenia zużywane jest przy tym mniej energii niż przy spalaniu drewna czy węgla. Trzeba było jednak 100 lat, żeby pompa ciepła była wykorzystywana do ogrzewania budynków.

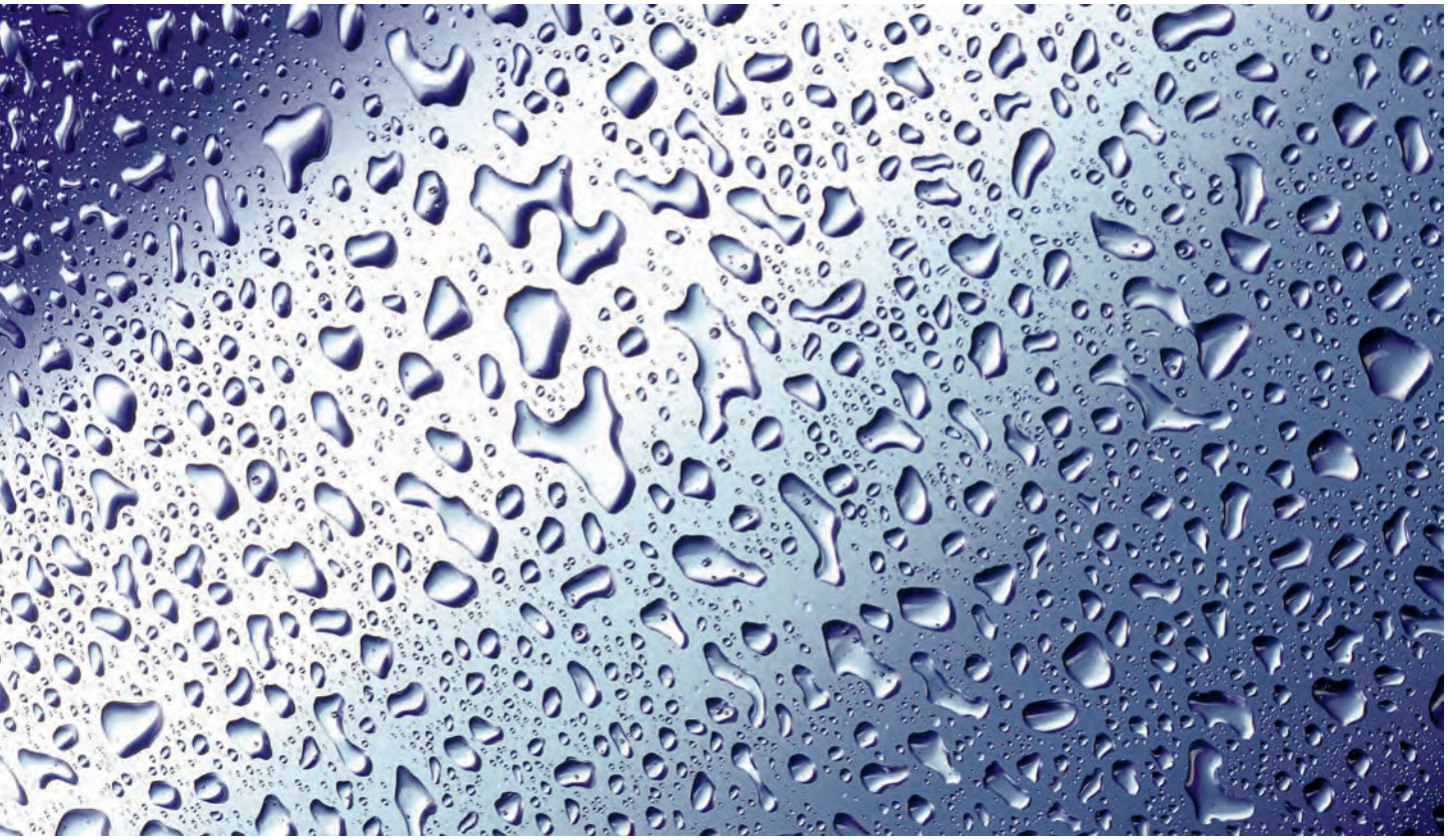
Rys. A.1–2 Nicolas Leonard Sadi Carnot



Rys. A.1–3 Maszyna chłodnicza Lindego z roku 1877

Swój pierwszy boom pompa ciepła przeżyła w Niemczech w latach 70. XX w. w wyniku kryzysu na rynku ropy naftowej. Kiedy ceny ropy ponownie spadły w latach 80., gwałtownie spadło też zapotrzebowanie na pompy ciepła. Dopiero od około 10 lat nowoczesna pompa ciepła znalazła stałe miejsce wśród urządzeń instalowanych w budynkach.

Do tej pory głównym źródłem energii do zasilania sprężarki jest prąd elektryczny, chociaż od około 30 lat stosuje się również silniki spalinowe. Ciepło ze spalin jest również wykorzystywane w instalacji grzewczej.



Podstawy fizyczne

Praktyka instalatorska z zakresu techniki grzewczej nie wymaga zazwyczaj zajmowania się fizycznymi podstawami działania urządzeń grzewczych.

Dla właściwego zaplanowania, montażu i uruchomienia instalacji wystarczy zazwyczaj przestrzegać reguł technicznych. Warto jednak poznać zasady fizyczne, aby zrozumieć, w jakich warunkach urządzenia grzewcze, a w szczególności pompa ciepła, mogą być wykorzystywane w sposób optymalny.

Ciepło to forma energii wewnętrznej substancji lub, bardziej poprawnie pod względem termodynamicznym, układów. Jeżeli istnieje możliwość oddania tej energii innej substancji (innemu układowi), powstaje strumień ciepła. Strumień ten płynie zawsze w kierunku temperatury niższej, a nie odwrotnie, co oznacza że nie jest on odwracalny.

Dla przykładu naczynie wypełnione wrzącą wodą stygnie w temperaturze otoczenia tak długo, aż osiągnie temperaturę otaczającego je powietrza. Prawidłowości tej nie są w stanie zmienić nawet pompy ciepła. Wykorzystują one inny efekt. Energia wchłonięta przez substancję może powodować nie tylko podwyższenie jej temperatury, ale też zmianę jej stanu fizycznego.

Jeżeli zatem do gotującej się w naczyniu wody będziemy w dalszym ciągu dostarczać energię, to woda wyparuje, a jej temperatura nie wzrośnie. Ta ilość energii, która kryje się za zmianą stanu fizycznego, jest „tajemnicą", dzięki której pompa ciepła pozyskuje z „zimnego" źródła ciepła energię o użytecznym poziomie termicznym.

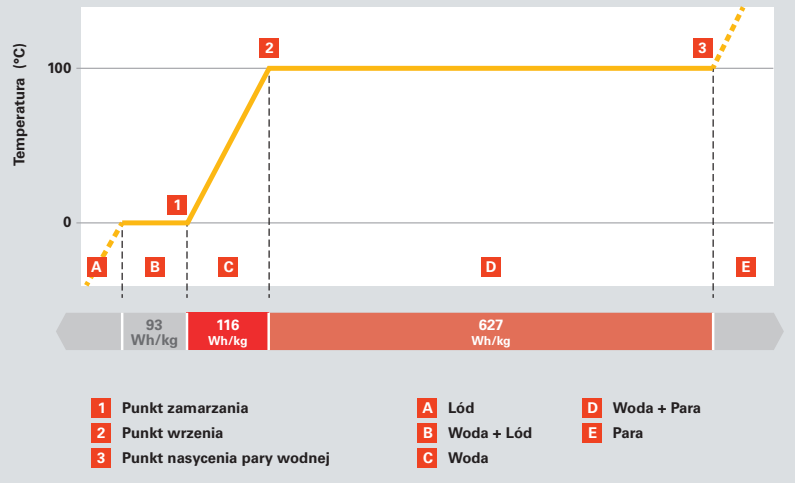
A.2.1 Skraplanie i parowanie

Skraplanie i parowanie to dwa główne procesy zachodzące w pompie ciepła. Jako skraplanie określa się stopniowe przechodzenie gazu lub mieszaniny gazów w stan ciekły. Analogicznie parowanie to stopniowe przechodzenie cieczy lub mieszaniny cieczy w stan gazowy.

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

Na rys. A.2.1-1 pokazano, że w celu podgrzania 1 litra wody od temperatury 0°C do temperatury 100°C niezbędna jest energia w ilości 116 Wh. W celu podniesienia temperatury wody każdorazowo o 1°C potrzeba 1,16 Wh. Jeżeli temperatura wody ma przekroczyć, przy normalnym ciśnieniu 100°C, musi całkowicie odparować. Aby to osiągnąć, potrzeba 627 Wh, a więc ponad 500-krotnie więcej energii. Ta sama ilość energii jest uwalniana, gdy para wodna ulega ponownemu skropleniu.

Rys. A.2.1–1 Zawartość energetyczna pary wodnej



Aby podgrzać litr (kilogram wody) do punktu wrzenia, potrzeba 116 Wh. Kolejne 627 Wh są konieczne, aby całkowicie odparować wodę (punkt nasycenia pary wodnej).

Wskazówka

W literaturze fachowej często używa się w odniesieniu do energii w układach termodynamicznych jednostki kilodżul (kJ). W tej książce używamy natomiast jednostki watogodzina (Wh).

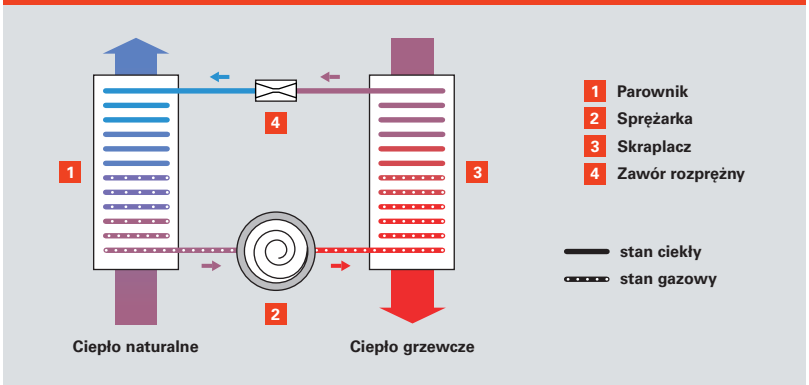
1 J = 1 Ws
3,6 kJ = 1 Wh
3600 kJ = 1 kWh

A.2.2 Obieg chłodniczy

Podstawową zasadą działania pompy ciepła jest pochłanianie ciepła przez odparowanie przy stosunkowo niskiej temperaturze i jego ponowne oddawanie na wyższym poziomie termicznym w wyniku skroplenia. Ponieważ przejścia między fazami odbywałyby się przy stałym ciśnieniu, ale bez zmiany temperatury (w procesie izotermicznym), aby podnieść temperaturę, ciśnienie musi zostać podwyższone z wykorzystaniem energii mechanicznej.

Na rys. A.2.2-1 pokazano cztery etapy w typowym procesie obiegu sprężarkowej pompy ciepła.

Rys. A.2.2–1 Sposób działania pompy ciepła



Czynnik chłodniczy odparowuje w niskich temperaturach pochłaniając ciepło. Sprężanie podnosi temperaturę pary, a następnie dzięki skropleniu ciepło jest uwalniane ponownie.

Wskazówka

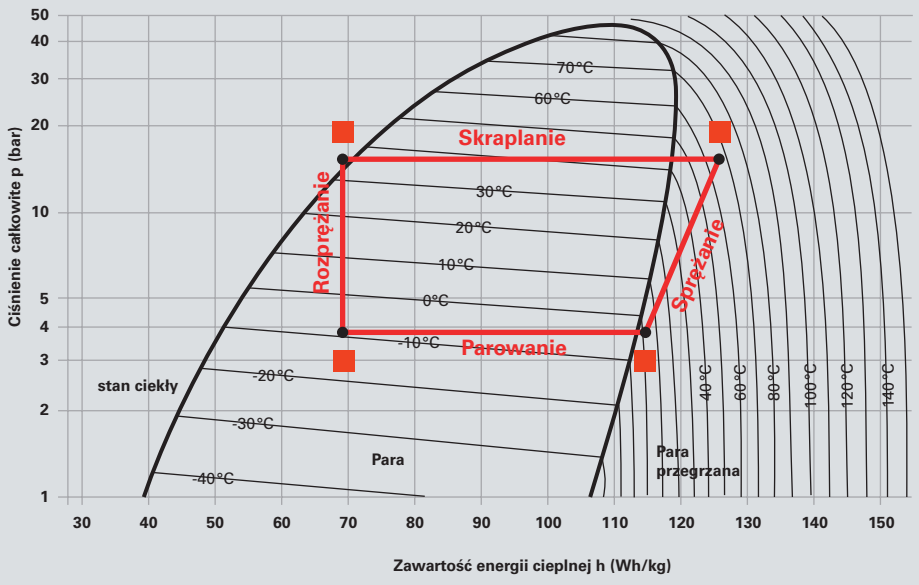
Pojęcie określające zawartość energii w układach termodynamicznych to entalpia (h) (starogreckie: en = w thalpein = rozgrzewać).

Dla lepszego zrozumienia proces obiegu można przedstawić na diagramie ukazującym zależności między ciśnieniem i entalpią (rys. A.2.-2). Ciśnienie (p) przedstawiono na osi Y wykresu logarytmicznego.

Urządzenia działające na bazie tego procesu różnicuje się w zależności od rodzaju ich wykorzystania. Jeżeli korzyści z urządzenia leżą po stronie parowania, a więc absorpcji ciepła, to jest to urządzenie chłodnicze. Jeżeli korzyści z urządzenia leżą po stronie skraplania, a więc oddawania ciepła, to jest to pompa ciepła. W zasadzie każde urządzenie chłodzące można wykorzystać do ogrzewania, a każdą pompę ciepła do chłodzenia.

Wykorzystany w tym przykładzie diagram logarytmiczny ukazuje właściwości fizyczne czynnika chłodniczego R 407C, który jest używany w pompach ciepła powietrze/woda produkowanych przez firmę Viessmann.

Rys. A.2.2–2 Diagram logarytmiczny ciśnienie/entalpia



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

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

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

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

4–1 Rozprężanie
Czynnik chłodniczy ulega rozprężeniu, co oznacza, że temperatura i ciśnienie są sprowadzane za pomocą zaworu rozprężnego do poziomu wyjściowego. Medium ponowie może zostać odparowane i cały proces zaczyna się od nowa.

A.2.3 Współczynnik wydajności

Współczynnik wydajności jest miarą efektywności i definiuje się go, jako stosunek korzyści do włożonego nakładu pracy. Odnosząc tę miarę do działania pompy ciepła, przez korzyść należy rozumieć ilość energii oddanej na wysokim poziomie termicznym (skraplanie), przez nakład pracy z kolei rozumie się niezbędną do tego energię napędową (sprężanie). W przypadku pomp ciepła stopień sprawności podaje się jako współczynnik wydajności – powszechne jest określenie COP (z ang. coefficient of performance).

Współczynnik wydajności pompy ciepła definiuje się następująco:

$$COP = \frac{h3 - h4}{h3 - h2}$$

COP Współczynnik wydajności
h2 entalpia na początku procesu sprężania
h3 entalpia na końcu procesu sprężania/początek oddawania ciepła
h4 entalpia na końcu procesu skraplania/koniec oddawania ciepła

Przykład

Dla przykładu (czerwona linia) z rys. A.2.2-2 współczynnik wydajności oblicza się następująco:

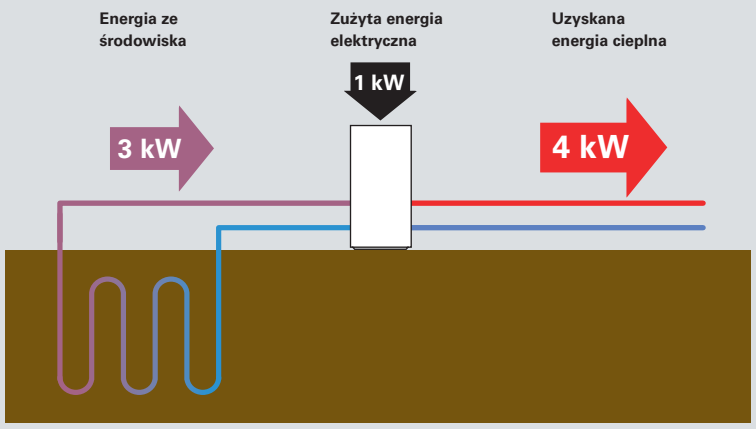
COP = współczynnik wydajności
2 h2 = 114 Wh/kg
3 h3 = 126 Wh/kg
4 h4 = 69 Wh/kg

$$COP = \frac{126\ Wh/kg - 69\ Wh/kg}{126\ Wh/kg - 114\ Wh/kg}$$

Z rachunku wynika, że COP obiegu chłodniczego pompy ciepła w tym przykładzie wynosi 4,75.

Współczynnik wydajności nowoczesnych pomp ciepła wynosi od 3,5 do 5,5. Przykładowo współczynnik na poziomie 4 oznacza, że oddawane jest cztery razy tyle energii w postaci ciepła grzewczego, niż zużyto energii elektrycznej.

Rys. A.2.3–1 Stopień sprawności jako współczynnik wydajności



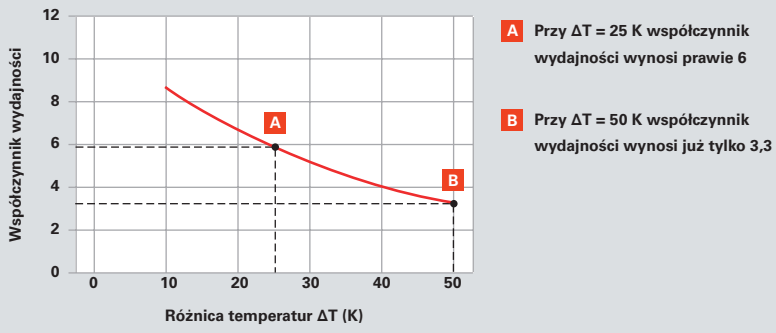
Ilość uzyskanego ciepła jest w tym przykładzie cztery razy większa od ilości zużytej energii elektrycznej. Współczynnik wydajności wynosi 4.

Im mniejsza jest różnica temperatur pomiędzy temperaturą zasilania obiegu grzewczego i temperaturą wejściową źródła ciepła, tym wyższy jest współczynnik wydajności.

Reguła faustowska brzmi:

- Tempeatura zasilania niższa o 1 K
  → Współczynnik wydajności wyższy o 2,5%
- Temperatura źródła wyższa o 1 K
  → Współczynnik wydajności wyższy o 2,7%

Rys. A.2.3–2 Różnica temperatur a współczynnik wydajności



Aby można było podawać porównywalne współczynniki wydajności dla pomp ciepła, są one ustalane w oparciu o normę DIN EN 14511 i mierzone w ustalonych punktach pracy pompy. Punkty te określane są przez temperaturę wejściową medium źródła ciepła (powietrza A, solanki B, wody W) i temperaturę wyjściową wody grzewczej (temperatura zasilania obiegu wtórnego).

Dla poszczególnych typów pomp ciepła wartości te wynoszą:

Typ	Temperatura wejściowa źródła ciepła	Temperatura zasilania obiegu wtórnego
Powietrze/Woda	A 2 °C	W 35 °C
Solanka/Woda	B 0 °C	W 35 °C
Woda/Woda	W 10 °C	W 35 °C

A – z ang. air (= powietrze)
B – z ang. brine (= solanka)
W – z ang. water (= woda)

Z reguły uwzględnia się energię napędową pompy ciepła zwiększoną o pobór mocy regulatora pompy ciepła oraz energię niezbędną do przeciwdziałania wewnętrznemu spadkowi ciśnienia obydwu wymienników ciepła.

A.2.4 Sezonowy współczynnik efektywności

Wskazówka

W celu obliczenia sezonowego współczynnika efektywności pomp ciepła na stronie www.viessmann.com dostępny jest kalkulator sezonowego współczynnika efektywności.

Współczynnik wydajności (COP) wyraża się przez stosunek powstającej energii cieplnej do poboru energii elektrycznej w punkcie pracy. Sezonowy współczynnik efektywności to ten sam stosunek na przestrzeni całego roku.

Współczynnik wydajności służy do porównywania pomp ciepła pod względem ich efektywności – współczynnik COP dotyczy jednak tylko określonego punktu pracy przy zdefiniowanych warunkach termicznych.

Podczas planowania (np. przy określaniu kosztów użytkowania pompy ciepła) należy uwzględnić pracę pompy w trakcie całego roku. W tym celu ustala się stosunek ilości ciepła oddanego w ciągu roku do pobranej w tym samym czasie przez całą instalację energii elektrycznej. Uwzględnia się przy tym również udział energii pobranej przez pompy, regulatory itp. Wynik określa się jako sezonowy współczynnik efektywności β:

$$\beta = \frac{Q_{WP}}{W_{EL}}$$

β sezonowy współczynnik efektywności
Q_{WP} ilość energii cieplnej oddana w ciągu roku przez pompę w kWh
W_{EL} ilość energii elektrycznej dostarczonej w ciągu roku do pompy ciepła w kWh

W Niemczech dla ustalania prognoz przyjęto zgodnie z dyrektywą Związku Niemieckich Inżynierów (VDI-Richtlinie 4650) rachunek uproszczony. Znacznie dokładniejsze, ale jednocześnie bardziej kosztowne jest określanie współczynnika według tzw. metody BIN zgodnie z normą DIN 18599.

Komponenty główne

Dobre pompy ciepła odznaczają się efektywnością i bezpieczeństwem użytkowania. Niezbędne są do tego dopracowane i pewne komponenty, które od początku do końca idealnie ze sobą współgrają.

Przez obieg pierwotny pompy ciepła rozumie się wszystkie komponenty, które są potrzebne do pobierania energii ze środowiska – np. wymienniki ciepła, pompy solanki, silniki wentylatorów, a w pompach ciepła woda/woda również wymienniki ciepła obiegu pośredniego.

Obieg wtórny obejmuje komponenty, które są konieczne do przekazania pozyskanej energii do odbiorników ciepła.

A.3.1 Sprężarka

Sprężarka jest częścią pompy ciepła, która nadaje urządzeniu nazwę „pompa" – sprężarka zasysa czynnik chłodniczy w formie gazowej, jednocześnie go sprężając. Wszystkie typy kompresorów zostały opracowane z myślą o kompresji gazów i mogłyby ulec uszkodzeniu, gdyby zassane zostały znajdujące się w parze krople cieczy. Dlatego para, zanim dostanie się do kompresora, jest lekko przegrzewana. Przegrzewanie pary regulowane jest za pomocą zaworu rozprężnego. Precyzyjne sterowanie tą częścią urządzenia stanowi ważny element odpowiadający za efektywność pompy ciepła.

A.3.1.1 Typy sprężarek

Decydujące znaczenie dla efektywności pompy ciepła ma proces sprężania. W pompach ciepła stosuje się głównie sprężarki typu scroll. Spężarka typu scroll składa się z dwóch zachodzących na siebie spirali, które sprężają czynnik chłodniczy. Sprężarki spiralne pracują cicho i wykazują się niskim poziomem drgań, nie wymagają konserwacji i są bardzo trwałe.

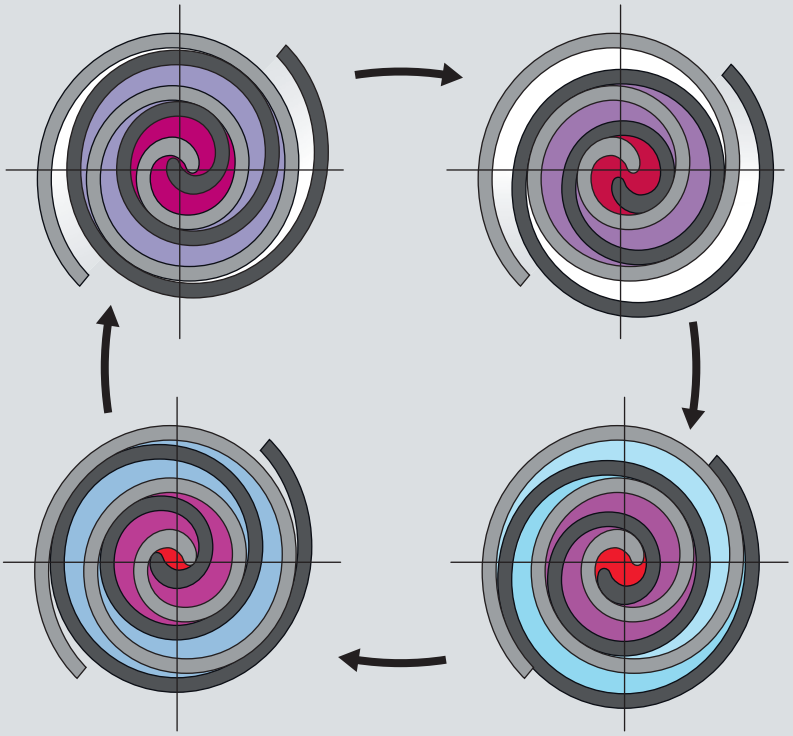
Poza tym wykorzystywane są też sprężarki tłokowe i śrubowe, przy czym sprężarki z tłokiem wirującym są stosowane raczej w zakresie niskich mocy, sprężarki typu scroll w zakresie od niskich do średnich mocy, a sprężarki śrubowe w zakresie dużych mocy.

Rys. A.3.1–1 Sprężarka typu scroll

Sprężarka typy scroll składa się z dwóch zachodzących na siebie spiralnych bloków – nieruchomego i ruchomego.

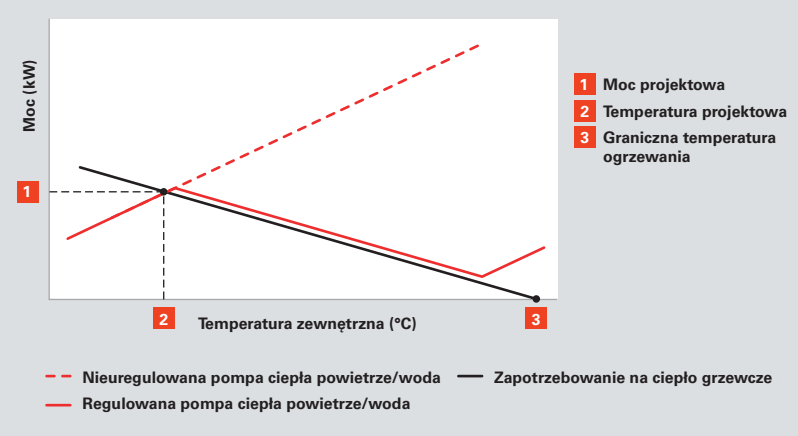
Ruchomy blok spiralny porusza się ruchem mimośrodowym, podczas którego odbywają się równocześnie trzy procesy.

- zasysanie (segmenty niebieskie)
- sprężanie (segmenty fioletowe)
- wypychanie (segmenty czerwone)



blok nieruchomy
blok ruchomy

Rys. A.3.1–2 Regulacja mocy



W celu uniknięcia częstego taktowania moc jest dostosowywana do pompy ciepła.

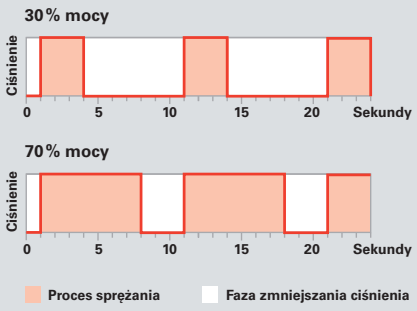
A.3.1.2 Regulowanie mocy

Regulowanie mocy sprężarek zyskuje coraz bardziej na znaczeniu. Regulowanie mocy ma sens szczególnie w pompach ciepła wykorzystujących powietrze jako źródło pierwotne. W przypadku tego źródła ciepła występują największe wahania w ciągu roku. Ponadto występuje tu tendencja przeciwna jeżeli chodzi o zapotrzebowanie energii w stosunku do ilości dostarczanego ciepła – im bardziej zimne jest źródło ciepła (powietrze), tym większe jest zapotrzebowanie na ciepło grzewcze i tym większa równocześnie różnica temperatur między temperaturą źródła i temperaturą użytkową, co nie pozostaje bez wpływu na współczynnik COP. Jeżeli temperatura zewnętrzna wzrasta, spada zapotrzebowanie na ciepło przy jednoczesnym wzroście wydajności urządzenia. W celu uniknięcia częstego taktowania urządzenia, moc pompy ciepła jest dopasowywana do tych warunków. Moc sprężarki – a tym samym ciśnienie i temperatura czynnika chłodniczego – jest odpowiednio regulowana.

Regulację mocy można osiągnąć za pomocą różnych technologii. Najczęściej wykorzystywaną metodą jest regulacja mocy sprężarki za pomocą inwertera – w tym celu napięcie sieciowe (np. 230 V~) przekształcane jest w napięcie stałe. W zależności od częstotliwości pola wirującego uzyskiwana jest różna liczba obrotów sprężarki, a tym samym różna moc. Sprężarki wyposażone w inwerter pracują szczególnie efektywnie w trybie obciążenia częściowego.

Przykład

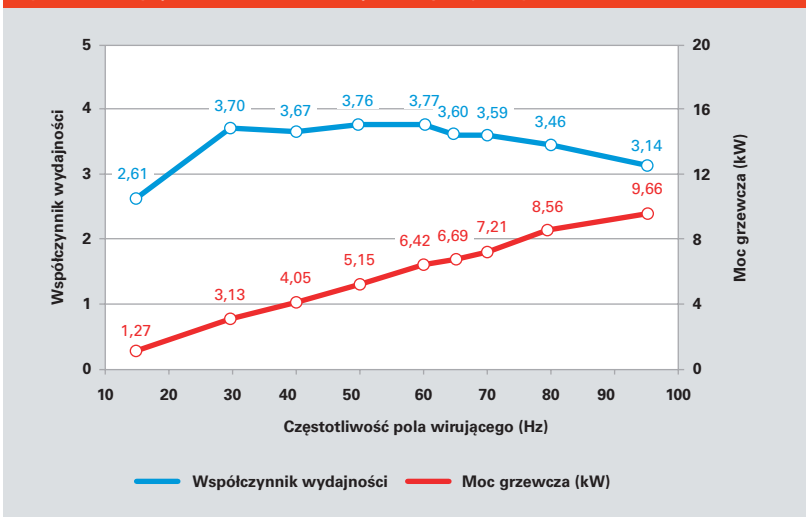
Sprężarka z regulacją mocy za pomocą zaworu upustowego



Inną metodą regulacji mocy jest zawór upustowy w sprężarce. Gdy zawór magnetyczny się otwiera, sprężarka pracuje przy zmniejszonym ciśnieniu nie przyczyniając się do produkcji ciepła. W zależności od czasu pracy w odciążeniu i obciążeniu możliwa jest regulacja mocy w zakresie od 30% do 100%.

Na przykładzie podanych wartości widać zasadę regulacji mocy: moc grzewcza wzrasta wraz ze wzrostem liczby obrotów.

Rys. A.3.1–3 Sprężarka z inwerterem służąca do regulacji mocy



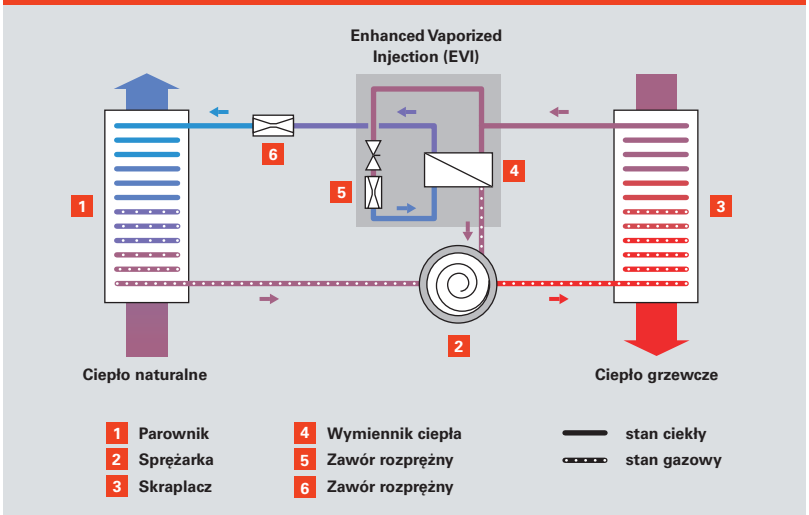
A.3.1.3 Dodatkowy wtrysk pary – EVI (Enhanced Vapourized Injection)

Temperatury docelowe w obiegu wtórnym w obszarze budynku zależą od temperatury powierzchni grzewczych i temperatury podgrzanej wody. Działanie instalacji również przy dużych różnicach między temperaturą źródła i temperaturą użytkową umożliwia dodatkowy wtrysk pary w sprężarce.

Temperatura maksymalna, jaką aktualnie mogą osiągnąć w procesie sprężania czynniki chłodnicze, wynosi 135°C. Przy wartościach wyższych sprężarka uległaby uszkodzeniu. Poprzez dodatkowy wtrysk pary czynnika chłodniczego, tzw. „Enhanced Vapourized Injection“ (EVI), para ulega schłodzeniu. Następuje to w momencie, w którym sprężanie jest już w dwóch trzecich ukończone (por. rys. A.3.1-4 i rys. A.3.1-5).

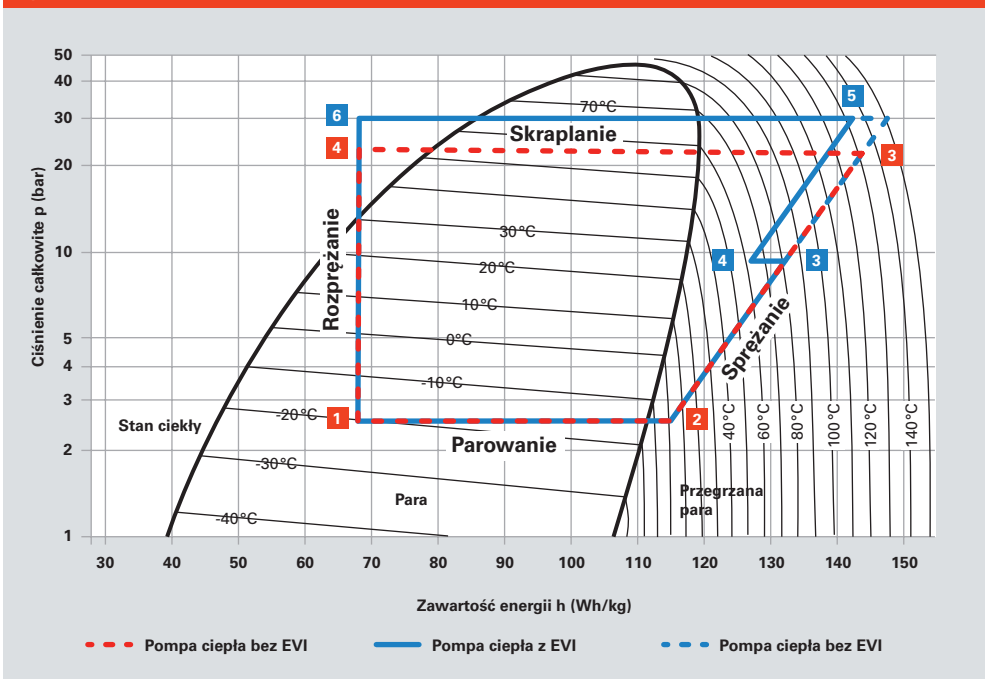
Rozwiązania standardowe pozwalają na wzrost temperatury o 60 K, podczas gdy przy zastosowaniu wtrysku EVI osiąga się wzrost na poziomie do 80 K. Dzięki dodatkowemu wtryskowi pary możliwe jest uzyskanie temperatury zasilania na poziomie 65°C również przy niskiej temperaturze źródła ciepła. Zastosowanie dodatkowego wtrysku pary ma szczególny sens w pompach ciepła powietrze/woda, ponieważ w tym przypadku należy oczekiwać niskich temperatur źródła pierwotnego.

Rys. A.3.1–4 Enhanced Vapourized Injection (EVI)



Część czynnika chłodniczego jest wykorzystywana po skropleniu (3) do wytworzenia, za pomocą dodatkowego wymiennika ciepła (4) i zaworu rozprężnego, pary, która jest wtryskiwana bezpośrednio do sprężarki (2). Następuje to w momencie, w którym sprężanie jest już w dwóch trzecich ukończone. Dzięki dodatkowemu wtryskowi dotychczas sprężona para z czynnika chłodniczego ulega schłodzeniu.

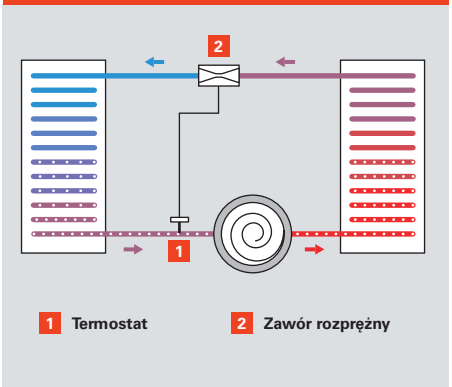
Rys. A.3.1–5 Działanie EVI



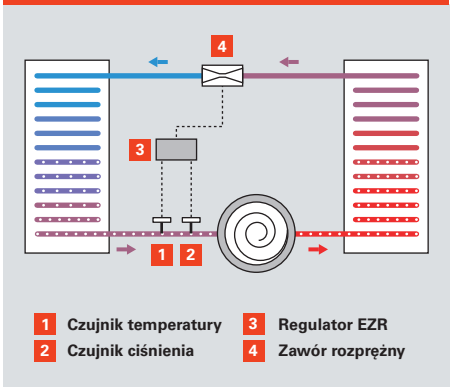
Pompa ciepła nie wyposażona w system EVI (czerwona linia) przy temperaturze źródła –10°C osiąga maksymalną temperaturę zasilania na poziomie 55°C, ponieważ proces sprężania pary musi się zakończyć przy temperaturze 135°C. Dzięki dodatkowemu wtryskowi EVI (pkt 3 do 4; niebieska linia) następuje schłodzenie czynnika. Ciśnienie może wzrastać bez przekroczenia dopuszczalnej temperatury maksymalnej. W ten sposób możliwe jest uzyskanie temperatury zasilania na poziomie 65°C.

Termostatyczny zawór rozprężny regulowany jest hydraulicznie za pomocą kapilary.

Rys. A.3.2–1 Termostatyczny zawór rozprężny



Rys. A.3.2–2 Elektroniczny zawór rozprężny



A.3.2 Zawór rozprężny

Zadaniem zaworu rozprężnego w obiegu pompy ciepła jest obniżanie ciśnienia czynnika chłodniczego, który po oddaniu ciepła do systemu grzewczego skrapla się, ale nadal pozostaje pod wpływem wysokiego ciśnienia. Czynnik chłodniczy przechodzi w stan umożliwiający ponowny pobór ciepła naturalnego. W celu uniemożliwienia dostania się do sprężarki cieczy, zawór rozprężny reguluje ilość czynnika chłodniczego (przepływ czynnika chłodniczego) w ten sposób, że do parownika dostaje się tylko tyle czynnika, ile może tam całkowicie odparować. Zawór odpowiada za to, aby do sprężarki dostawała się tylko para przegrzana.

Wahania temperatury źródła oraz wahania mocy sprawiają, że konieczne jest zastosowanie zaworu rozprężnego z regulacją, ponieważ ciśnienie obiegu chłodniczego, a tym samym wymagana temperatura, zmieniają się przed wejściem do sprężarki.

A.3.2.1 Termostatyczny zawór rozprężny

Termostatyczny zawór rozprężny, to sterowany temperaturą zawór regulacyjny. Mierzy on temperaturę w przewodach ssących prowadzących do sprężarki i steruje przekazywaniem czynnika chłodniczego do parownika.

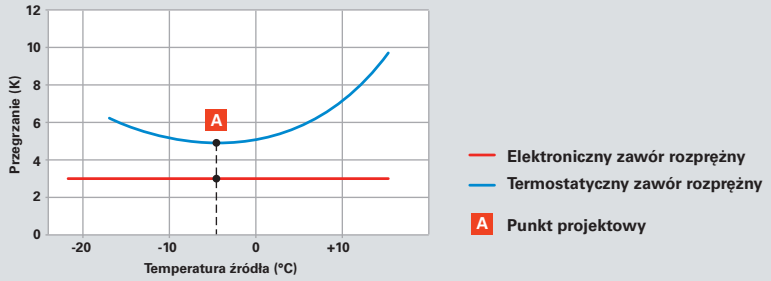
A.3.2.2 Elektroniczny zawór rozprężny

Za pomocą elektronicznego zaworu rozprężnego mierzy się zarówno temperaturę, jak i ciśnienie przed sprężarką. Dzięki siłownikowi w zaworze rozprężnym regulacja przepływu czynnika chłodniczego odbywa się bardzo szybko i precyzyjnie, co umożliwia utrzymywanie przegrzania czynnika (w kelwinach) na stałym poziomie w całym zakresie regulacji mocy sprężarki.

Termostatyczne zawory rozprężne osiągają poziom minimalnego wymaganego przegrzania tylko w punkcie projektowym. We wszystkich pozostałych punktach pracy poziom przegrzania jest wyższy.

Im wyższy jest poziom przegrzania czynnika chłodniczego, tym niższa jest maksymalna temperatura uzyskiwana w skraplaczu (por. rys. A.3.1-5). Dodatkowo wzrasta wymagany czas pracy sprężarki, a efektywność pompy ciepła spada.

Rys. A.3.2–3 Przegrzanie



Elektroniczny zawór rozprężny reguluje szybko i dokładnie przepływ czynnika chłodniczego, dzięki czemu poziom przegrzania jest stały w całym zakresie mocy sprężarki. Termostatyczny zawór rozprężny osiąga optymalny poziom przegrzania tylko w punkcie projektowym – w pozostałych punktach pracy poziom przegrzania jest zbyt wysoki.

A.3.3 Wymienniki ciepła

W tym rozdziale opisane zostaną najważniejsze cechy wymienników ciepła stosowanych w pompie ciepła. Różne typy pomp ciepła, które częściowo będą tu wymienione, zostaną opisane w rozdziale A.4.

A.3.3.1 Parownik

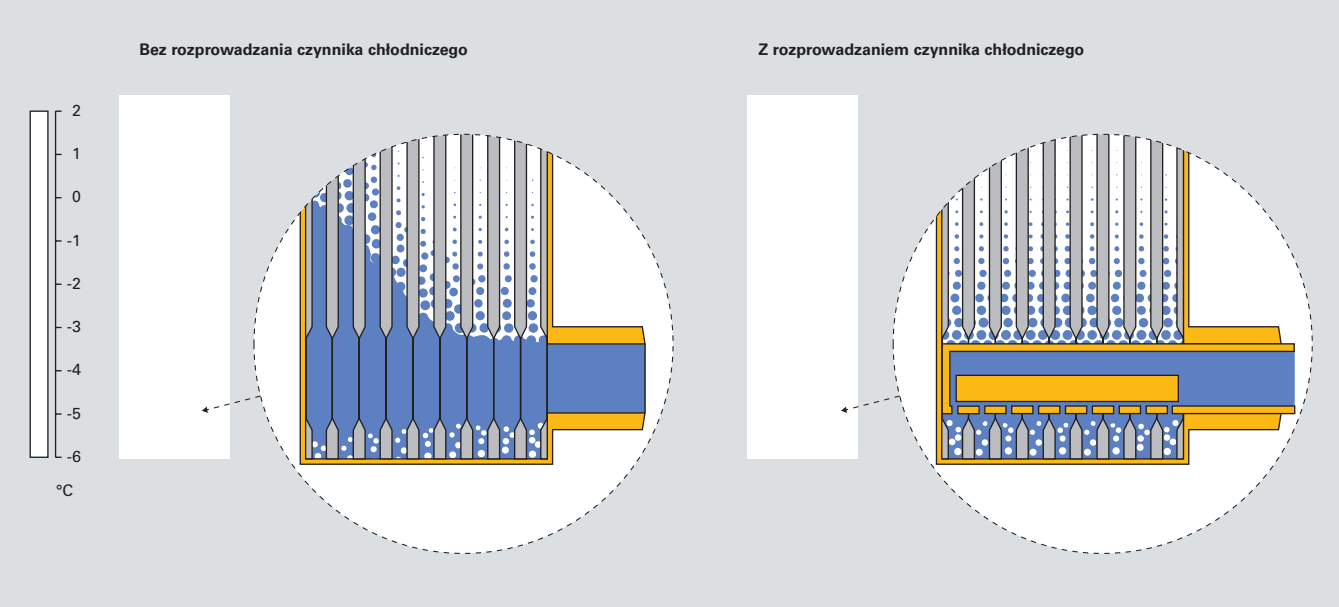
W pompach ciepła solanka/woda i woda/woda jako parownik stosuje się zazwyczaj płytowe wymienniki ciepła, ponieważ przy stosunkowo kompaktowej budowie charakteryzują się one wysoką zdolnością przekazywania ciepła. W wyjątkowych przypadkach w pompach ciepła woda/woda stosuje się również współosiowe wymienniki ciepła. W przypadku zanieczyszczonej wody zapewniają one wysokie bezpieczeństwo pracy. Dla wykorzystania ciepła odpadowego, np. ze ścieków, stosuje się konstrukcje specjalne.

Zwiększenie wydajności płytowych wymienników ciepła można uzyskać poprzez zastosowanie instalacji rozprowadzającej czynnik chłodniczy. Dzięki niej czynnik chłodniczy jest rozprowadzany równomiernie na całej powierzchni odparowania. W ten sposób zapobiega się „przestrzeliwaniu" czynnika chłodniczego tylko w części parownika i zapewnia się optymalne wykorzystanie powierzchni wymiennika.

W pompach ciepła typu powietrze/woda stosuje się lamelowe wymienniki ciepła. Te charakteryzują się bardzo dużą powierzchnią po stronie pierwotnej, ponieważ pojemność cieplna powietrza jest znacznie mniejsza od pojemności, jaką ma woda czy mieszanka wodno-glikolowa.

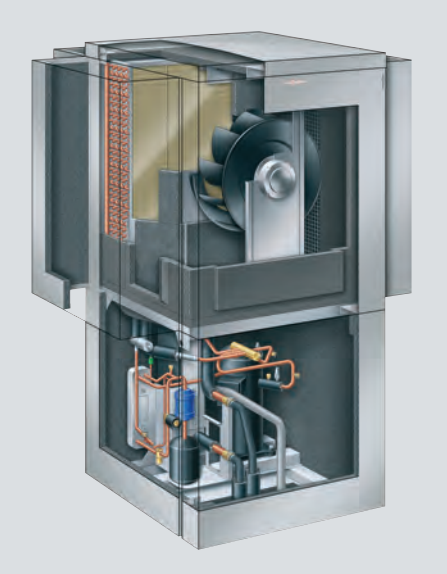
W temperaturze bliskiej punktu zamarzania i poniżej niego para wodna zawarta w powietrzu zamarza na lamelach wymiennika ciepła. Dzięki dużym przerwom między lamelami przedłuża się czas obladzania parownika, któremu nie można jednak całkowicie zapobiec. Zamarznięte wymienniki ciepła powodują wzrost głośności pracy urządzenia oraz wzrost poboru mocy przez wentylator. W związku z tym, muszą być one regularnie rozmrażane. W nowoczesnych pompach ciepła odbywa się to automatycznie, w zależności od potrzeb. Im mniej energii należy zużyć na rozmrażanie, tym efektywniej pracuje pompa ciepła. Lamelowe wymienniki ciepła stosowane przez firmę Viessmann mają specjalne pokrycie, które sprawia, że parownik jest zabezpieczony przed korozją, a woda powstała podczas rozmrażania spływa szybko.

Rys. A.3.3–1 Parownik z i bez instalacji rozprowadzającej



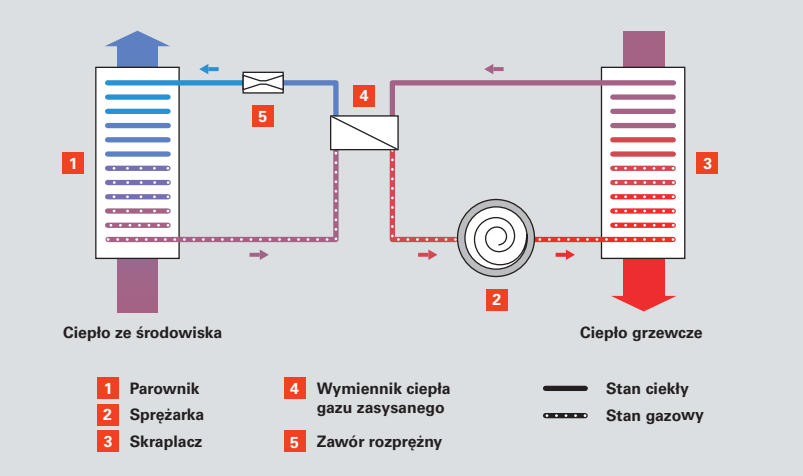
Termografie pokazują działanie instalacji rozprowadzającej czynnik chłodniczy. Bez rozprowadzenia (strona lewa) czynnik chłodniczy może „przestrzeliwać", a wymiennik ciepła jest penetrowany nierównomiernie. Z rozprowadzaniem (strona prawa) możliwa jest równomierna penetracja parownika.

Rys. A.3.3–2 Pompa ciepła powietrze/woda

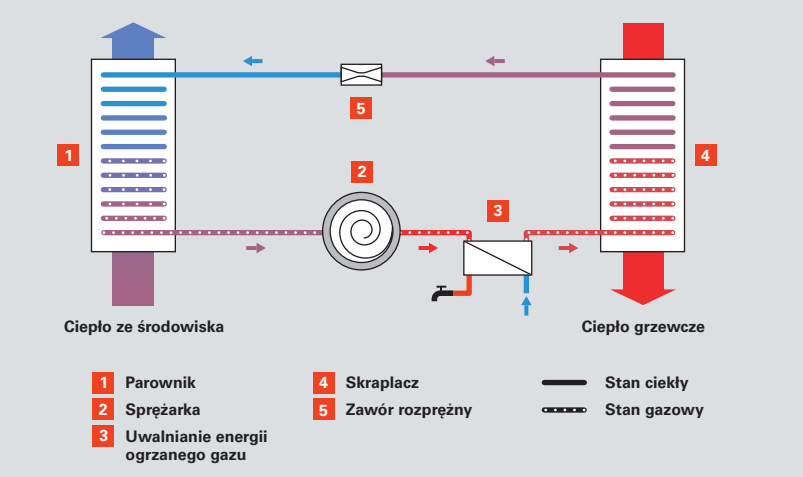


Pompa ciepła Vitocal 350-A

Rys. A.3.3–3 Wymiennik ciepła gazu zasysanego



Rys. A.3.3–4 Uwalnianie energii ogrzanego gazu



A.3.3.2 Skraplacz

Jeśli chodzi o proces skraplania, tu również stosuje się w pierwszej kolejności płytowe wymienniki ciepła, które wyróżniają się wysoką wydajnością przenoszenia ciepła. Wymienniki o innych konstrukcjach stosuje się dopiero w zakresie mocy powyżej 100 kW.

A.3.3.3 Wymienniki ciepła gazu zasysanego

Sterowanie za pomocą zaworu rozprężnego zapewnia przegrzewanie czynnika chłodniczego przed wejściem do sprężarki, co oznacza jego całkowite odparowanie. Szczególnie w przypadku mieszanek czynnika chłodniczego, których części składowe mogą mieć różne temperatury wrzenia, bezpieczeństwo pracy podnosi się dzięki zastosowaniu wymiennika ciepła gazu zasysanego. Zapobiega on występowaniu na sprężarcie cząsek ciekłych czynnika chłodniczego.

A.3.3.4 Uwalnianie energii ogrzanego gazu

Zanim para z czynnika chłodniczego dotrze do skraplacza, cześć energii pochodzącej z gorącego gazu może zostać uwolniona i wykorzystana, głównie do podgrzewania wody. Ilość energii wykorzystywanej w ten sposób wynosi zwykle około 10% całości energii cieplnej. Pozostała część energii na nieco niższym poziomie termicznym jest oddawana za pośrednictwem skraplacza do obiegu grzewczego.

W pompach ciepła firmy Viessmann nie używa się częściowego uwalniania energii z ogrzanego gazu, gdyż, zwłaszcza w przypadku nieregularnego zużycia ciepłej wody użytkowej, istnieje niebezpieczeństwo, że energia z ogrzanego gazu zostanie niewykorzystana. Zwiększony spadek ciśnienia w obiegu chłodniczym spowodowany przez dodatkowy wymiennik ciepła zmniejszałby efektywność pompy ciepła.

A.3.4 Czynnik chłodniczy

Czynnik chłodniczy parując pochłania energię cieplną pochodzącą ze źródła ciepła (powietrza, ziemi lub wody) i dostarcza ją do wymiennika przechodząc ponownie w stan ciekły. Przejścia między tymi fazami są zawsze związane z wydzielaniem energii, dlatego też, teoretycznie każda substancja może być czynnikiem chłodniczym.

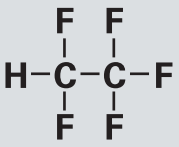
Czynnik chłodniczy używany w pompach ciepła musi wykazywać pewne szczególne właściwości. Musi on posiadać możliwie niski punkt wrzenia, cechować się małą objętością pary po odparowaniu i odpowiednią w stosunku do objętości zdolnością chłodzenia. Poza tym nie może on być szkodliwy dla elementów składowych pompy i zastosowanych w niej smarów, nie powinien być wybuchowy ani łatwopalny, a ponadto powinien być możliwie mało szkodliwy dla otoczenia. Możliwie niski powinien być też jego wpływ na warstwę ozonową (ODP = Ozone deplation potential) i efekt cieplarniany (GWP = Global Warming potential).

Wymagania te najlepiej spełniają częściowo halogenowane fluorowęglowodory (HFC), które są zwykle używane w pompach ciepła. Obok syntetycznych czynników chłodniczych w niektórych przypadkach stosuje się również czynniki naturalne, jak CO_2, propan lub butan. Ponieważ dwa ostatnie są substancjami wybuchowymi ich stosowanie wymaga specjalnych środków bezpieczeństwa.

Oznaczenia dla czynników chłodniczych zdefiniowano w normie DIN 8960. Rozpoczynają się one od litery R (refrigerant). Na podstawie następujących po tej literze cyfr można ustalić ich skład chemiczny (por. rys. A.3.4-1).

Przykład

Organiczny czynnik chłodniczy pentafluoroetan:



Cząsteczka składa się z dwóch atomów węgla (C), jednego atomu wodoru (H) i pięciu atomów fluoru (F). Wzór sumaryczny wiązania to C_2HF_5 (R-125).

Wszystkie czynniki chłodnicze, których ciąg cyfr po literze R rozpoczyna cyfra 4, są mieszaninami różnych czynników chłodniczych, które nie są opisywane zgodnie z podaną wyżej systematyką. Mieszaniny odznaczają się szczególnie dobranymi właściwościami fizykalnymi i są przy tym stosunkowo przyjazne środowisku. Wybór optymalnego czynnika chłodniczego uzależniony jest od warunków pracy pompy ciepła, a więc temperatury źródła i temperatury docelowej.

Wskazówka

Termin „halogenowany" oznacza, że w cząsteczce obok węgla zawarte są tzw. halogeny, czyli fluor, chlor, brom albo jod. Cząsteczka może być halogenowana w całości lub tylko częściowo. Węglowodory halogenowane częściowo zawierają dodatkowo wodór. Ich wpływ na efekt cieplarniany (GWP) jest znacznie słabszy, niż węglowodorów halogenowanych w całości, w sposób nasycony. Węglowodory bezchlorkowe nie niszczą warstwy ozonowej, zatem ich współczynnik ODP wynosi zero.

Rys. A.3.4–1 Wyciąg z normy DIN 8960

a) Pierwsza cyfra od prawej wskazuje liczbę atomów fluoru (F) zawartych w związku.

b) Druga cyfra od prawej jest o 1 większa, aniżeli liczba zawartych w związku atomów wodoru (H).

c) Trzecia cyfra od prawej jest o 1 mniejsza, aniżeli zawarta w związku liczba atomów węgla (C). Jeżeli związek zawiera jeden atom węgla, wówczas wynikającej stąd cyfry 0 nie zapisuje się.

Rys. A.3.4–2 Tabela czynników chłodniczych Viessmann

Czynnik chłodniczy		Typ pompy ciepła		
Typ	Skład	solanka/ woda	woda/ woda	powietrze/ woda
R-410A	50 % R-32 (CH_2F_2, difluorometan) 50 % R-125 (C_2HF_5, pentafluoroetan)	x	x	x
R-407C	25 % R-125 23 % R-32 52 % R-134a (CF_3CH_2F, tetrafluoroetan)	x	x	x
R-134a	100 % CF_3CH_2F, tetrafluoroetan	x	x	

Nie każdy czynnik chłodniczy lub mieszanina czynników chłodniczych nadaje się do danego typu pompy ciepła.

Potencjał źródeł pierwotnych

W powietrzu, ziemi i wodzie zawarte jest ciepło pochodzące z energii słonecznej. Ciepło pochodzące ze środowiska naturalnego jest zatem energią odnawialną, którą wykorzystują pompy ciepła.

Pompy ciepła wykorzystują jako pierwotne źródło ciepła w zdecydowanej części ciepło pochodzące z ziemi, powietrza lub wody. Pompa ciepła może też odzyskać np. niewykorzystane ciepło odpadowe.

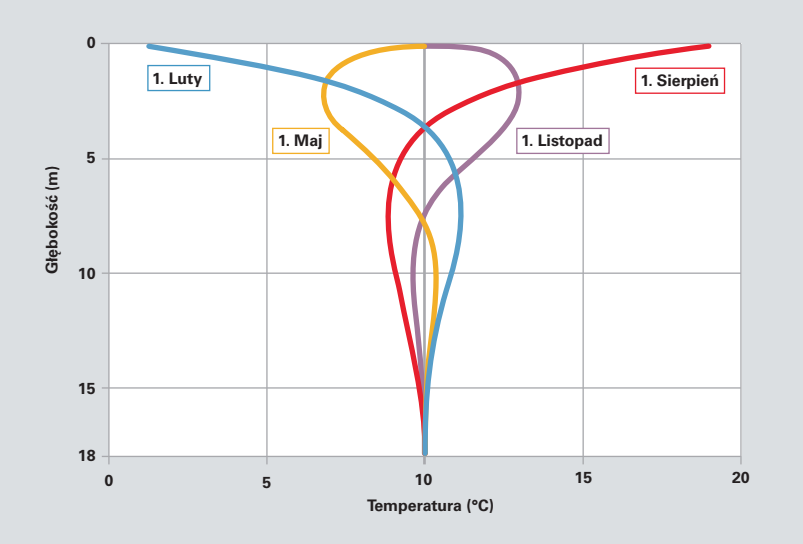
W kolejnych rozdziałach opisane zostaną różne źródła pierwotne i wynikające nich różnice w różnych typach pomp ciepła.

A.4.1 Źródło ciepła – ziemia

Przez „ziemię" rozumie się zewnętrzną warstwę gruntu, będącą stabilnym źródłem energii cieplnej. Przykładowo temperatura na głębokości dwóch metrów utrzymuje się przez cały rok na stosunkowo równym poziomie w zakresie od 7°C do 13°C.

Pozyskiwanie ciepła odbywa się za pośrednictwem wymiennika ciepła, który jest położony w pobliżu ogrzewanego budynku. Ciepło zgromadzone w ziemi jest transportowane w położonych horyzontalnie wielko powierzchniowych kolektorach ziemnych lub umieszczonych pionowo w ziemi sondach, za pośrednictwem medium (solanki) – mieszaniny wody i środka przeciw zamarzaniu – do parownika będącego częścią tzw. pompy ciepła solanka/woda. Nazwa pompy solanka/woda wskazuje na obecność solanki w obiegu pierwotnym i wody w obiegu wtórnym. Kolektory ziemne wykorzystują ciepło, które dostarczone zostało do gruntu w wyniku promieniowania słonecznego, opadów deszczu lub z wodą pochodzącą z roztopów.

Rys. A.4.1–1 Roczny rozkład temperatur w gruncie



A.4.1.1 Kolektor ziemny

W przypadku kolektora ziemnego na głębokości od 1,2 do 1,5 m umieszcza się w przewody z tworzyw sztucznych. Panująca tam temperatura jest przez cały rok wystarczająco stabilna – umieszczanie przewodów na większej głębokości, w celu uzyskania większej ilości ciepła, byłoby nieuzasadnione biorąc pod uwagę nakłady budowlane, a tym samym i finansowe.

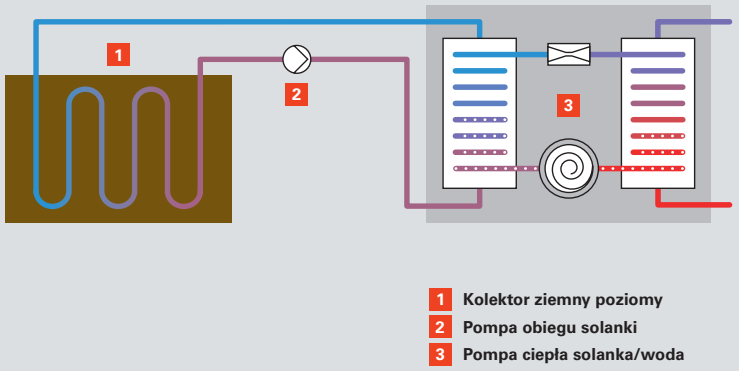
Przewody są w miarę możliwości równych długości, po to aby uzyskać w nich równe spadki ciśnienia oraz przepływy. Przewody nie powinny przekraczać długości 100 m, gdyż występujące spadki ciśnienia wymagałyby zbyt intensywnej pracy pompy obiegowej. Przewody łączą się w położonych wyżej powrotach kolektora (wyposażonych w odpowietrzniki) – umożliwiających zamknięcie każdego z osobna. Solanka jest pompowana przez przewody za pomocą pompy obiegowej pochłaniając zawarte w ziemi ciepło.

Spowodowane działaniem pompy ciepła, występujące okresowo niewielkie oblodzenie ziemi w bezpośrednim sąsiedztwie przewodów rurowych, nie ma negatywnego wpływu na działanie instalacji, ani rosnące na powierzchni rośliny. Dla bezpieczeństwa instalacji, rośliny o głębokich korzeniach nie powinny być sadzone w pobliżu kolektorów ziemnych.

Rys. A.4.1–2 Źródło ciepła – kolektor ziemny poziomy

Kolektor zbudowany jest z ułożonych płasko przewodów z tworzyw sztucznych, które przykrywa się warstwą ziemi grubości od 1,2 do 1,5 m.

Rys. A.4.1–3 Źródło ciepła – kolektor ziemny poziomy



Powierzchnia znajdująca się nad kolektorem ziemnym nie powinna być zabudowana lub zabetonowana, aby umożliwić regenerację schłodzonej ziemi w okresie wiosenno-letnim. Promieniowanie słoneczne i opady zapewniają, że również w kolejnym sezonie grunt będzie stanowił źródło ciepła do celów grzewczych.

Związane z rozłożeniem kolektora prace ziemne są w przypadku nowo powstającego domustosunkowo łatwe do wykonania,źbez konieczności znacznego zwiększania kosztów. W przypadku budynków już istniejących „dozbrojenie" instalacji w pompę ciepła solanka/woda najczęściej nie jest brane pod uwagę ze względu na zwiększone koszty inwestycyjne.

Ilość ciepła użytkowego, a co za tym idzie wielkość niezbędnej powierzchni kolektora, są silnie zależne od fizykalnych i termicznych właściwości gruntu oraz energii napromieniowania, czyli warunków klimatycznych. Decydujące znaczenie dla właściwości gruntu mają udział wody, jak również minerałów, takich jak kwarc czy kalcyt, oraz ilość i wielkość porów. Właściwości magazynujące i zdolność do przewodzenia ciepła są tym lepsze, im więcej wody i składników mineralnych jest w ziemi i im mniej porowaty jest grunt.

Wydajność poboru ciepła z ziemi wynosi od około 10 do 35W/m^2.

Rys. A.4.1–4 Wydajność poboru ciepła z gruntu

Rodzaj podłoża	Specyficzna wydajność poboru ciepła
Podłoże suche i piaszczyste	15–20 W/m^2
Podłoże wilgotne i piaszczyste	15–20 W/m^2
Podłoże suche i gliniaste	20–25 W/m^2
Podłoże wilgotne i gliniaste	25–30 W/m^2
Podłoże z obecnością wód gruntowych	30–35 W/m^2

Możliwa specyficzna wydajność kolektorów ziemnych

A.4.1.2 Sonda pionowa

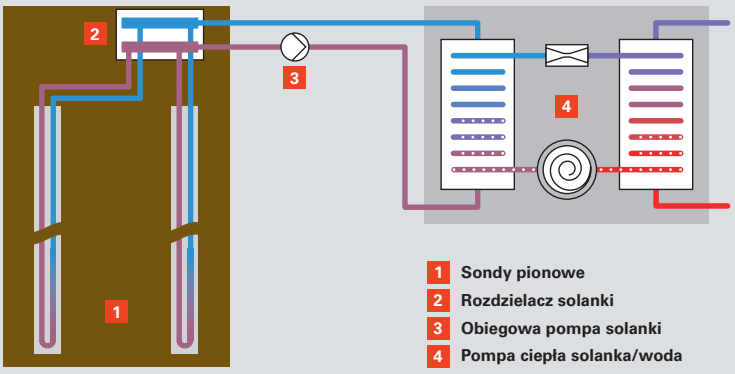
Podczas gdy do położenia poziomego kolektora ziemnego na głębokości 1 m konieczne są prace związane z odsłonięciem dużej warstwy gruntu, zainstalowanie sondy pionowej, dzięki zastosowaniu nowoczesnych maszyn wiertniczych, możliwe jest w ciągu kilku godzin. W przypadku instalacji, w skład których wchodzą sondy pionowe, główną rolę odgrywa odpowiednie rozłożenie i głębokość odwiertów. Dlatego wprowadzaniem sond pionowych zajmują się geolodzy lub wyspecjalizowane firmy wiertnicze ,posiadające odpowiednią wiedzę fachową. Ponadto istnieje możliwość uzyskania od tychże firm pisemnej gwarancji dotyczącej wydajności poboru ciepła. Wysoką pewność planowania zapewniają oferty pakietowe zawierające instalację pompy ciepła wraz z odwiertem i gwarancją wydajności poboru ciepła z gruntu.

W Polsce przed wykonaniem odwiertów pod sondy pionowe o głębokości do 100 m konieczne jest uzyskanie zgody Urzędu Gminy na terenie której wykonuje się odwiert. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innych dokumentacji geologicznych (Dz. U. Nr 282, poz. 1656) zawiera m.in. zestawienie potrzebnych dokumentów do przedłożenia wraz z wnioskiem o zgodę na wykonanie odwiertów.

W przypadku wykonywania odwiertów głębszych niż 100 m obowiązują odpowiednie przepisy dotyczące zakładu górniczego i jego ruchu oraz ratownictwa górniczego. (Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 Prawo geologiczne i górnicze – Dz. U. Nr 163, poz. 981). W otwór wiertniczy wprowadza się wstępnie przygotowaną sondę, a przestrzeń pomiędzy rurą zawierającą sondę, a ściankami odwiertu uzupełnia się substancją wypełniającą.

Koszty wykonania takiego odwiertu, łącznie z sondą, podłączeniem i wypełnieniem, wynoszą w zależności od właściwości gruntu od 70 do 100 zł za metr. W celu właściwego ogrzania typowego domu jednorodzinnego, wybudowanego w technologii niskoenergetycznej, potrzebna będzie pompa ciepła o mocy grzewczej 8 kW, a głębokość odwiertu może wynieść przykładowo ok. 150 m łącznie (np 2 odwierty po 75 m). Całkowity koszt takiej instalacji pompy ciepła wraz z wykona-

Rys. A.4.1–5 Źródło ciepła – sonda pionowa



Rys. A.4.1–6 Prace wiertnicze

Instalacja sondy odbywa się w trzech etapach: nawiercanie otworu, umieszczanie sondy, uszczelnianie wypełniaczem.

Rys. A.4.1–7 Różne rodzaje wierteł

W zależności od rodzaju podłoża i rozmiarów sondy stosuje się różne typy wierteł.

Wskazówka

Thermal Response Test (TRT): Do sondy ziemnej dostarczana jest określona ilość ciepła, temperatura wody wychodzącej z sondy jest mierzona przez wiele dni. TRT umożliwia obliczenie efektywnej przewodności cieplnej gruntu w pobliżu sondy.

niem odwiertów, wprowadzeniem i podłączeniem sond pionowych oraz instalacją grzewczą w domu waha się od 50 tyś do 70 tyś zł.

Podstawowym warunkiem z punktu widzenia planowania instalacji i umieszczenia sondy ziemnej jest dokładna znajomość właściwości gruntu, kolejności warstw geologicznych, oporności gleby, a w przypadku obecności wód gruntowych lub powierzchniowych określenie kierunku przepływu cieków wodnych. Można przyjąć, że średnia wydajność sondy ziemnej wynosi do 50 W na 1 metr długości sondy. Jeżeli sonda znajduje się w bogatej warstwie wodonośnej, możliwe jest uzyskanie wyższej wydajności poboru ciepła.

Doświadczone firmy wiertnicze dobrze znają „swoje" podłoża, a rdzeń pobrany podczas odwiertu pozwala określić spodziewaną wydajność poboru ciepła. Na większych obszarach, gdzie umieszczane są sondy, opłaca się przeprowadzenie odwiertów próbnych w celu uzyskania dokładniejszych danych potrzebnych do planowania instalacji.

Jako medium ciepła w sondach ziemnych, podobnie jak w kolektorach ziemnych, stosuje się solankę. Z rozdzielacza solanka płynie dwiema rurami na dół w kierunku sondy, a kolejnymi dwiema rurami jest odprowadzana z powrotem na górę do przewodu głównego.

Rys. A.4.1–8 Rozdzielacz solanki w sondzie ziemnej

Wydajność średnia poboru ciepła dla sond ziemnych (podwójne sondy w kształcie litery „U") zgodnie z normą VDI 4640.

Rys. A.4.1–9 Wydajność poboru ciepła przez sondy ziemne

Rodzaj podłoża	Wydajność średnia poboru ciepła
Wskaźniki ogólne	
Słabe podłoże (osad suchy)	20 W/m
Zwarta skała (osad nasycony wodą)	50 W/m
Zwarta skała o dużej przewodności cieplnej	70 W/m
Poszczególne rodzaje gleby	
Żwir, piasek, gleba sucha	< 20 W/m
Żwir, piasek, zawierające wodę	55–65 W/m
Glina wilgotna	30–40 W/m
Wapień, (lity)	45–60 W/m
Piaskowiec	55–65 W/m
Magmatyty kwaśne (np. granit)	55–70 W/m
Magmatyty zasadowe (np. bazalt)	35–55 W/m
Gnejs	60–70 W/m

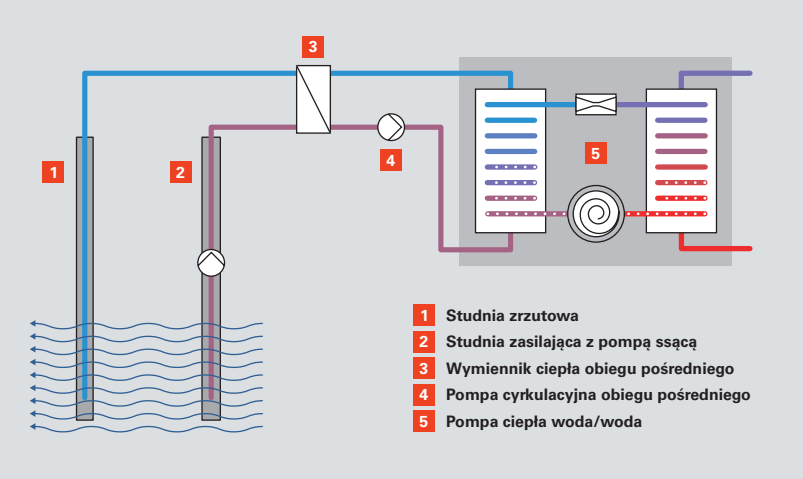
A.4.2 Źródło ciepła – woda

Jako źródło ciepła dla instalacji pomp ciepła nadaje się również woda. Nawet w czasie chłodnych zimowych dni woda gruntowa utrzymuje stałą temperaturę na poziomie od 7°C do 12°C. W celu wykorzystania wody dla potrzeb pompy ciepła jest ona pobierana ze studni zasilającej i transportowana do parownika pompy ciepła woda/woda. Schłodzona woda jest odprowadzana do studni zrzutowej.

Woda powierzchniowa również może być wykorzystana jako źródło ciepła, przy czym należy zauważyć, że w tym przypadku wahanie temperatur związane z porami roku jest większe.

Jakość wody nie może przekraczać wartości granicznych ustalonych przez producenta pompy ciepła - wydajne płytowe wymienniki ciepła są bardzo czułe na jakość wody. Aby uniknąć ewentualnych uszkodzeń, zaleca się stosowanie wymiennika ciepła obiegu pośredniego. Jako dodatkowe wymienniki ciepła sprawdzają się skręcane wymienniki ciepła ze stali szlachetnej, które przenoszą ciepło do obiegu solanki. Dzięki nim pompa ciepła jest prawidłowo chroniona.

Rys. A.4.2–1 Pompa ciepła woda/woda z obiegiem pośrednim



Zastosowanie wymiennika ciepła obiegu pośredniego wymaga dodatkowego przepływu w pompie i zmienia rozpiętość temperatur – wydajność grzewcza i współczynnik COP pompy ciepła są o kilka procent niższe.

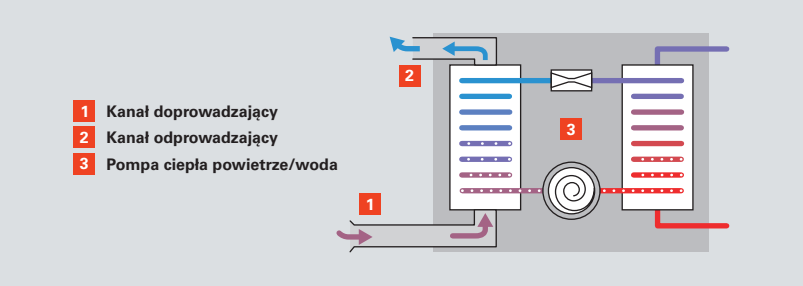
Wykorzystanie wody gruntowej lub powierzchniowej również wymaga zezwolenia odpowiedniego urzędu, z reguły urzędu do spraw gospodarki wodnej.

A.4.3 Źródło ciepła – powietrze

Wykorzystanie powietrza jako źródła ciepła wymaga najmniejszych nakładów inwestycyjnych, jeśli chodzi o uzbrojenie terenu. Powietrze jest zasysane, schładzane w parowniku pompy ciepła, a następnie ponownie odprowadzane do otoczenia.

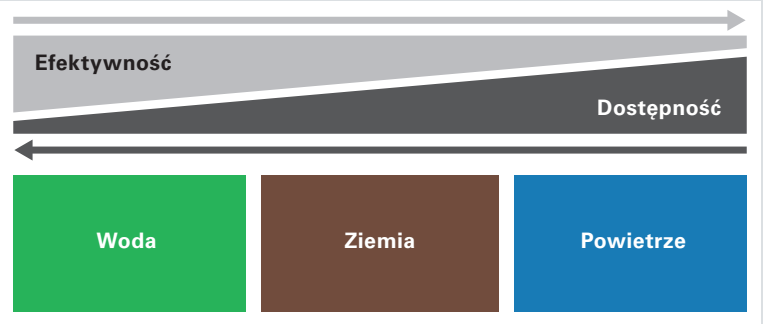
Nowoczesna pompa ciepła powietrze/woda jest w stanie wytwarzać ciepło przy temperaturze powietrza zewnętrznego do –20°C. Nawet przy zoptymalizowanym ustawieniu przy tak niskiej temperaturze pompa nie jest już w stanie pokryć w całości zapotrzebowania na ciepło niezbędne do ogrzania pomieszczeń. Dlatego w bardzo zimne dni wstępnie podgrzana przez pompę woda jest dogrzewana do żądanej temperatury zasilania przez dodatkowe źródło ciepła.

Rys. A.4.3–1 Źródło ciepła – powietrze (ustawienie wewnętrzne)



Ponieważ wymienniki ciepła powietrze/woda przetaczają stosunkowo duże ilości powietrza (3000 do 4500 m^3/h), przy planowaniu usytuowania otworów wlotowych i wylotowych w budynku należy uwzględnić związany z tym poziom hałasu – dotyczy to również pompy ciepłą ustawionej na zewnątrz budynku.

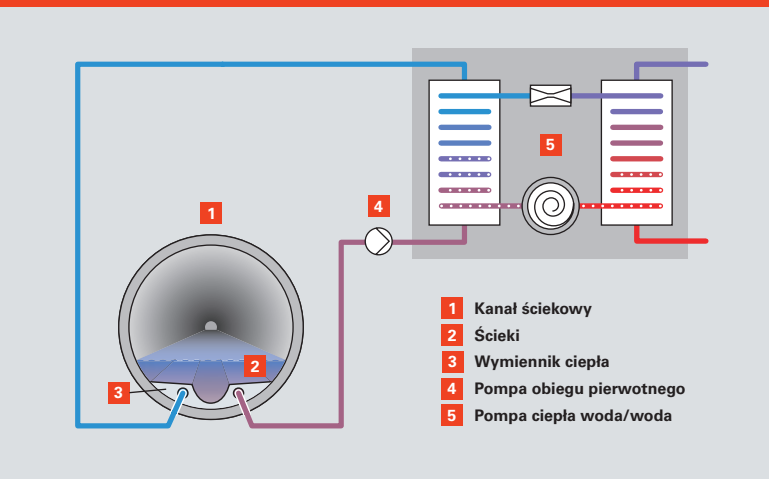
Rys. A.4.4–1 Dostępność i efektywność



A.4.4 Dostępność i efektywność – ocena źródeł pierwotnych

Na rys. A.4.4-1 przedstawiono relację między dostępnością źródeł ciepła, a efektywnością pompy ciepła. Na rysunku widać wyraźnie, że efektywność pompy ciepła jest najwyższa, gdy źródłem ciepła jest woda. Jednocześnie dostępność użytecznej wody gruntowej jest najmniejsza. W przypadku ziemi, jako źródła ciepła stosunek ten jest zrównoważony. W przypadku powietrza, mimo że jego dostępność jest praktycznie nieograniczona, ze względu na wahania temperatury i przeciwstawny cykl – niskie temperatury zewnętrzne i wysokie zapotrzebowanie na ciepło – efektywność pompy spada.

Rys. A.4.5–1 Źródło ciepła – ciepło odpadowe



A.4.5 Źródło ciepła – ciepło odpadowe

Obok powietrza, wody i gruntu, jako źródło ciepła może być też wykorzystywane ciepło odpadowe np. z zużytego powietrza lub ścieków. Podłączanie dopływu ciepła odpadowego jest często tanim sposobem naźdostarczenie ciepła lub zimna. Ciepło odpadowe może mieć stosunkowo wysoką temperaturęźródłową i być stale dostępne. W procesach przemysłowych wykorzystanie ciepła odpadowego może prowadzić do wzrostuźwspółczynnika COP pompy ciepła lub optymalizacji całego procesu, w którym konieczne jest dostarczanie zarówno ciepła, jak i zimna. Przykładowo jeżeli w produkcji środków spożywczych konieczne jest chłodzenie iogrzewanie, możliwe jest właściwe wykorzystanie „obydwu stron" maszyny chłodniczej.

Pobór ciepła ze zużytego powietrza pochodzącego z instalacji wentylacyjnej i jego wykorzystanie do podgrzewania wody przemysłowej lub powietrza wchodzącego daje stosunkowo dobry efekt. Dobrym sposobem odzyskiwania ciepła jest wykorzystanie ścieków. Za pomocą specjalnych wymienników ciepła, ze ścieków pochodzących z gospodarstwa domowego lub procesów przemysłowych, odzyskuje się pewną ilość energii, która została dostarczona w trakcie wcześniejszych procesów.

Rys. A.4.5–2 Wymiennik ciepła w kanale ściekowym

Przy niskim nakładzie inwestycyjnym ścieki mogą być źródłem ciepła o stosunkowo wysokiej temperaturze

A.4.6 Absorbery wspomagane instalacją solarną

Do podwyższenia temperatury po stronie pierwotnej pompy ciepła mogą być też używane kolektory słoneczne lub absorbery nieprzeszklone. W ten sposób energia słoneczna jest bezpośrednio wykorzystywana do poprawy współczynnika sprawności.

Absorbery nieprzeszklone, które wykorzystują jako źródło ciepła temperaturę otoczenia, mogą być podłączone do obiegu parownika. Dzięki promieniowaniu słonecznemu absorbery regenerują się w trakcie pracy, oznacza to, że temperatura jest utrzymywana na wysokim poziomie. Ponieważ promieniowanie słoneczne nie zawsze jest osiągalne na wymaganym poziomie, szczególnie w okresie grzewczym, możliwość poprawy współczynnika wydajności w tej kombinacji jest zależna od pogody, a więc nie ma charakteru stałego. Przy projektowaniu instalacji należy uwzględnić, że w pewnych okresach absorbery są przykryte śniegiem, co sprawia, że promieniowanie słoneczne jest nie jest odbierane.

W przypadku instalacji solarnych wspierających instalacje grzewcze, energia niewykorzystana w obiegu grzewczym, zgromadzona w zbiorniku multiwalentnym lub buforowym, mogłaby być teoretycznie wykorzystana przez pompę ciepła poprzez schłodzanie zbiornika o kilka kelwinów. Stopień wykorzystania pompy ciepła (podwyższona temperatura źródła) oraz kolektorów (niska temperatura powrotu) byłby dzięki temu wyższy.

W praktyce jednak ewentualna korzyść nie równoważy niezbędnych nakładów technicznych i finansowych. Połączenie instalacji solarnej i pompy ciepła umożliwia natomiast wykorzystanie zmiany faz w zasobnikach ciepła.

Rys. A.4.6–1 Źródło ciepła – absorbery nieprzeszklone

Zdjęcie przedstawiające absorbery nieprzeszklone, wykorzystujące jako źródło ciepła promieniowanie słoneczne i temperaturę otoczenia.

A.4.7 Zmiana faz, jako „gromadzenie ciepła“ po stronie pierwotnej

Jeżeli ani woda, ani powietrze, ani ziemia nie mogą być użyte jako jedyne, bezpośrednie źródło ciepła, można zastosować techniki magazynujące.

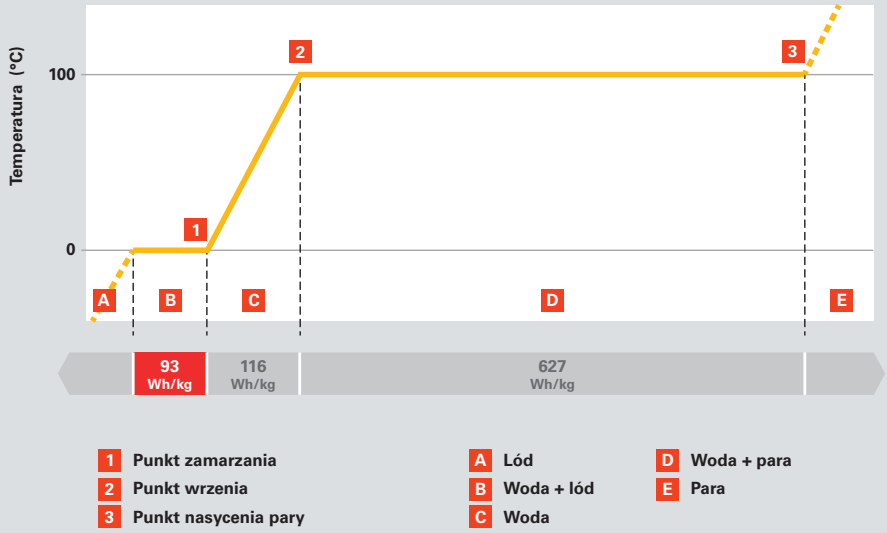
Jako źródło ciepła dla pomp ciepła wykorzystywana jest entalpia krzepnięcia – regeneracja (topnienie) następuje przy udziale ciepła z otoczenia i instalacji solarnej. Obok wody (lodu) można w tym celu zastosować np. parafinę. Zasada jest w obu przypadkach ta sama.

Łańcuch „stan gazowy – stan ciekły“ zostaje uzupełniony w pompie ciepła po stronie źródła o kolejne ogniwo „stan ciekły – stan stały“.

W praktyce okazało się, że wykorzystanie jako „źródła pierwotnego“ kombinacji zasobników ciepła opartych o przemianę fazową oraz absorberów zasilanych energią słoneczną prowadzi do powstania bardzo efektywnych systemów.

Do przemiany fazowej 1 kilograma lodu w wodę przy stałej temperaturze potrzeba energii równej 93 Wh.

Rys. A.4.7–1 Zasobnik ciepła wykorzystujący przemianę fazową



Dzięki złożonemu układowi wymiennika ciepła w zbiorniku ziemnym, przemiana fazowa wody w lód jest wykorzystywana jako źródło ciepła.

Rys. A.4.7–2 Zasobnik ciepła wykorzystujący przemianę fazową

Inne typy pomp ciepła

Pompy ciepła mogą wykorzystywać nie tylko energię uwalnianą w trakcie zmiany stanu fizycznego. Istnieją pompy ciepła, których działanie oparte jest na innych zasadach.

W poprzednich rozdziałach opisane zostały pompy ciepła, wykorzystujące przejście faz między stanem ciekłym i gazowym. Są jednak też inne stany skupienia, których zmiana wiąże się z działaniem energii i dlatego może być wykorzystana w pompach ciepła.

Przykładowo jeśli do naczynia z wodą nasypiemy soli, to sól rozpuści się w wodzie, równomiernie się w niej rozchodząc. Równocześnie woda ulegnie ochłodzeniu. Aby odwrócić ten proces, do roztworu należy tak długo dostarczaj energię, aż woda wyparuje, a sól ulegnie krystalizacji.

W tym rozdziale opisane zostaną pompy ciepła, które przy udziale energii ze środowiska oddzielają ciecz od reszty roztworu i wydobywają ją z ciał stałych.

A.5.1 Kompresyjne pompy ciepła z silnikiem spalinowym

Kompresyjne pompy ciepła mogą być napędzane gazem ziemnym, olejem napędowym lub biomasą (olej rzepakowy i biogaz). Do napędu sprężarki w miejsce silnika elektrycznego stosuje się silnik spalinowy. W tym przypadku konieczne są dodatkowe elementy związane z wytłumieniem hałasu, odprowadzeniem spalin i zaopatrzeniem w paliwo.

Kompresyjne pompy ciepła z napędem spalinowym mogą wykorzystywać proces spalania jako dodatkowe źródło ciepła grzewczego.

A.5.2 Absorpcyjne pompy ciepła

Działanie absorpcyjnych pomp ciepła opiera się na tych samych zasadach fizycznych, co działanie pomp kompresyjnych. Różnica polega na tym, że absorpcyjne pompy ciepła są zwykle napędzane gazem ziemnym, a zamiast sprężarki mechanicznej stosuje się w nich sprężarkę termiczną.

Nakład energii (prądu) związany z zasilaniem pompy rozpuszczalnika jest bardzo mały. Energia potrzebna dla sprężarki termicznej jest dostarczana w postaci ciepła. Zastosowanie mają tu wszystkie rodzaje urządzeń grzewczych – w przypadku określonych par substancji również termiczne instalacje solarne.

Absorpcyjna pompa ciepła jest bardzo efektywna - pomijając pompę rozpuszczalnika nie posiada żadnych ruchomych części i pracuje stosunkowo cicho.

Absorpcyjne pompy ciepła dużej mocy (powyżej 50kW) w formie urządzeń chłodniczych reprezentują obecny stan rozwoju tej technologii. W niższych zakresach mocy do 2 kW urządzenia te są stosowane w napędzanych propanem lodówkach kempingowych. Jeśli chodzi o zastosowane absorpcyjnych pomp ciepła jako urządzeń grzewczych o średnim zakresie mocy, to nie opracowano jeszcze rozwiązań pozwalających na ich seryjną produkcję.

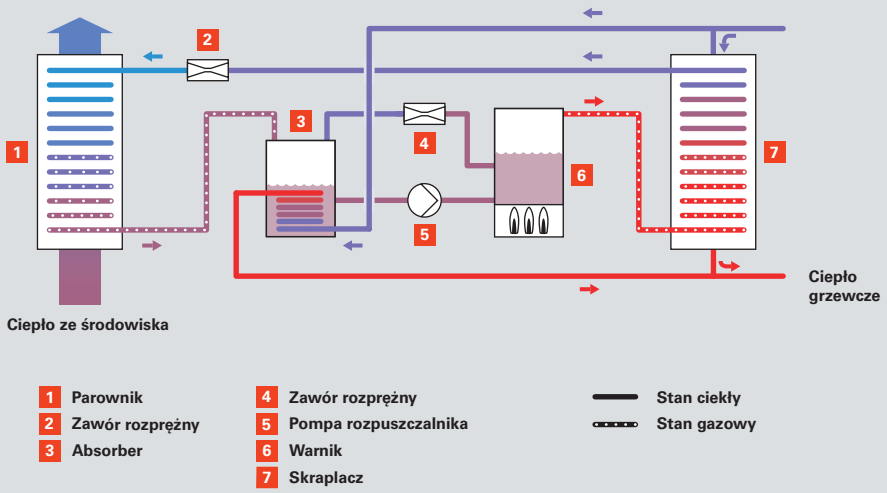
Wskazówka

Pojęciem **„sorpcja“** określa się wszystkie procesy, w których substancja ulega nasyceniu w trakcie fazy lub na powierzchni między fazami.

Absorpcją określa się proces nasycania w trakcie fazy, mówi się tu też o pochłanianiu. W czasie tego procesu substancja przedostaje się do środka ciała stałego lub cieczy.

Adsorpcją określa się proces gromadzenia się substancji na powierzchni między dwiema fazami. Elementy gazowe lub ciekłe gromadzą się na powierzchni stałej – np. węgla aktywnego lub zeolitu.

Rys. A.5.2–1 Sposób działania absorpcyjnej pompy ciepła



Odparowanie
Czynnik chłodniczy (zwykle amoniak) odparowuje pochłaniając ciepło z otoczenia (1).

Absorpcja
Para powstała z odparowania czynnika chłodniczego trafia do absorbera (3) gdzie jest pochłaniana przez rozpuszczalnik (zwykle wodę). Podczas kondensacji powstaje ciepło, które za pośrednictwem wymiennika ciepła jest oddawane do systemu grzewczego.

Sprężanie termiczne
Powstała w absorberze mieszanka czynnika chłodniczego i rozpuszczalnika jest transportowana za pomocą pompy (5) do warnika, czyli sprężarki termicznej (6). Obydwa składniki transportowanej mieszanki mają inną temperaturę wrzenia – temperatura wrzenia rozpuszczonego czynnika chłodniczego jest niższa. W wyniku działania ciepła, pochodzącego np. z palnika gazowego, znajdujący się w roztworze czynnik chłodniczy jest ponowie odparowywany.

Skraplanie (I)
Oddzielony w warniku płynny czynnik chłodniczy, znajdujący się pod wysokim ciśnieniem, jest odprowadzany za pomocą zaworu rozprężnego (4) z powrotem do absorbera. Tu spotykają się rozpuszczalnik i para powstała z odparowania czynnika chłodniczego, co prowadzi do ponownej kondensacji i uwolnienia ciepła.

Skraplanie (II)
Znajdująca się pod wysokim ciśnieniem i mająca wysoką temperaturę para powstała z odparowania czynnika chłodniczego dostaje się do skraplacza (7) oddając ciepło kondensacji do systemu grzewczego.

Rozprężanie
Płynny czynnik chłodniczy ulega rozprężeniu dzięki działaniu zaworu rozprężnego (2) i wraca do pierwotnego poziomu ciśnienia i temperatury, aby na skutek pochłaniania ciepła z otoczenia ponownie odparować.

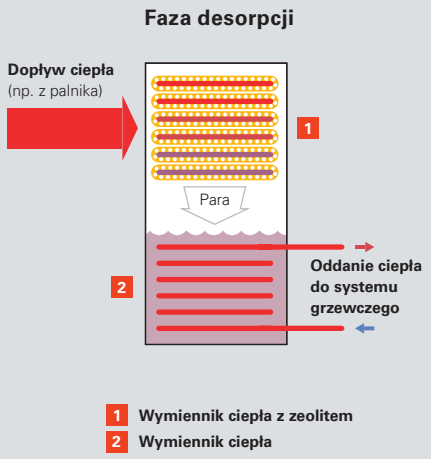
A.5.3 Adsorpcyjna pompa ciepła

Adsorpcyjna pompa ciepła pracuje wykorzystując substancje stałe np. węgiel aktywny, żel krzemionkowy (szkliste silikaty) lub zeolit. Właściwości zeolitu polegają na wyciąganiu i wiązaniu wody (adsorpcja) przy jednoczesnym uwalnianiu energii cieplnej w zakresie sięgającym 300°C. Proces ten określa się mianem reakcji egzotermicznej.

Podobnie jak w opisywanych już pompach ciepła, proces pochłaniania i oddawania ciepła również w przypadku adsorpcyjnej pompy ciepła ma charakter procesu odwracalnego – praca odbywa się jednakże cyklicznie, tzn. w dwóch fazach. W pompach adsorpcyjnych tego typu wymagany jest system próżniowy.

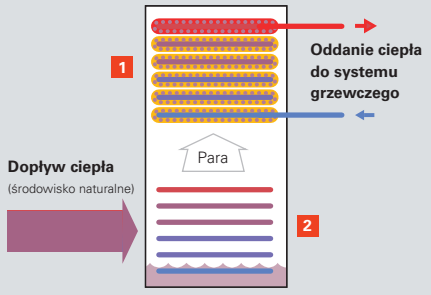
Tak, jak adsorpcyjna pompa ciepła przedstawiona na rys. A.5.2-1, również tego typu konstrukcja jest wykorzystywana jako urządzenie chłodnicze o dużej mocy. W tej chwili trwają prace nad zastosowaniem tego rozwiązania do ogrzewania domów jedno- i dwurodzinnych. Stosunkowo wysoki nakład technologiczny związany z koniecznością zapewnienia próżni.

Rys. A.5.3–1 Sposób działania adsorpcyjnej pompy ciepła



Desorpcja
W pierwszej fazie do wymiennika ciepła (1) pokrytego substancją stałą (żelem krzemionkowym lub zeolitem), dostarczane jest ciepło pochodzące np. z palnika lub instalacji solarnej. Woda związana przez substancję stałą jest uwalniana (ulega desorpcji) i w postaci pary trafia do drugiego wymiennika ciepła (2).

Skraplanie
Drugi wymiennik ciepła działa w tej fazie jako skraplacz. Oddaje on ciepło, uwalniane czasie kondensacji pary, do systemu grzewczego.
Dopływ ciepła ustaje w momencie, gdy zeolit osiągnie żądany stopień wysuszenia – związana wcześniej woda całkowicie wyparuje i ulegnie kondensacji na drugim wymienniku ciepła.



Odparowanie
W drugiej fazie wymiennik ciepła (2) przejmuje funkcję parownika. Za jego pośrednictwem tak długo dostarczane jest ciepło ze środowiska, aż woda całkowicie odparuje.

Adsorpcja
Para wodna przepływa z powrotem w kierunku pokrytego substancją stałą wymiennika ciepła, gdzie woda jest ponownie wiązana przez żel krzemionkowy lub zeolit (ulega adsorpcji). Ciepło oddane w czasie tego procesu przez substancję stałą dociera za pośrednictwem wymiennika ciepła do systemu grzewczego.
Jak tylko para wodna ulegnie całkowitej adsorpcji, ta faza procesu pracy pompy ciepła jest zakończona.

B Warunki ramowe

W trakcie kontaktu z klientem, w związku z planowaną inwestycją w pompę ciepła, zawsze dochodzi do fazy pytań i odpowiedzi. Aby doradztwo było skuteczne, wymagana jest wiedza wykraczająca poza znajomość funkcji urządzeń.

Decyzja dotycząca inwestycji w nową instalację grzewczą uzależniona jest od wielu okoliczności i przyjętych kryteriów. Czy decyzja o wyborze określonego rodzaju paliwa ma charakter przyszłościowy? Czy system odpowiada wszystkim wymogom prawnym? Czy inwestycja jest opłacalna, uwzględniając spodziewane koszty eksploatacyjne?

Na te pytania należy umieć udzielić odpowiedzi również w odniesieniu do pompy ciepła. Inaczej niż przy konwencjonalnych urządzeniach grzewczych, w tym przypadku pojawia się ważne pytanie o dostępność i opłacalność energii elektrycznej, która jest konieczna do zasilania sprężarki.

W tym rozdziale omówione zostaną czynniki ważne z punktu widzenia oceny pompy ciepła.

46 B.1 Czynnik eksploatacyjny „energia elektryczna“

47 B.1.1 Miks energetyczny w Niemczech
49 B.1.2 Bezpieczeństwo zaopatrzenia
51 B.1.3 Smart metering
52 B.1.4 Pompy ciepła i fotowoltaika
53 B.1.5 Konkurencja wokół energii elektrycznej?

54 B.2 Uwarunkowania prawne

55 B.2.1 Pompa ciepła a przepisy dotyczące oszczędzania energii (Energieeinsparverordnung (EnEV))
57 B.2.2 Pompa ciepła a przepisy dotyczące wykorzystania odnawianych źródeł energii do produkcji ciepła (Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)
57 B.2.3 Wytyczne europejskie

58 B.3 Analiza opłacalności

Czynnik eksploatacyjny „energia elektryczna“

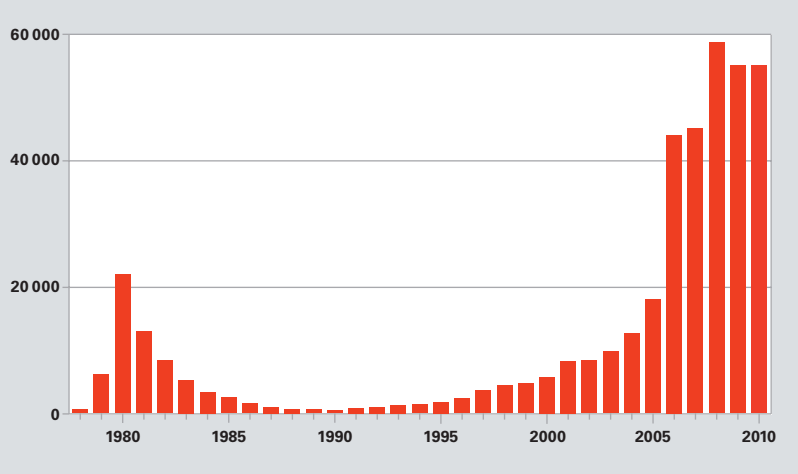
W przypadku pomp ciepła zasilanych energią elektryczną zużycie prądu stanowi główne kryterium oceny. Przedmiotem tego rozdziału jest odpowiedź na pytanie, jak właściwie podchodzić do analizy tego czynnika.

W tradycyjnym podejściu do wykorzystania paliw kopalnych do produkcji ciepła obserwowanym przez ostatnie sto lat następuje ogromna zmiana.

Efekt cieplarniany, zmniejszająca się dostępność i rosnące koszty gazu, ropy i węgla doprowadziły o tego, że obok instalacji solarnych i wykorzystujących biomasę stałe miejsce w ofercie, nie tylko niemieckiej techniki grzewczej, zajęły również pompy ciepła. Od roku 1990 udział pomp ciepła w całej liczbie instalowanych co roku urządzeń grzewczych stale wzrasta.

Sprzedaż pokazuje (podobnie jak sprzedaż termalnych instalacji solarnych i instalacji zasilanych biomasą), że rynek pomp ciepła podlega wpływom tych samych czynników, które powodują wzrost lub spadek zainteresowania tym rodzajem urządzeń grzewczych. Pompa ciepła nie jest jeszcze rozwiązaniem oczywistym, stanowi raczej wyjątek od reguły. Czynnikami hamującymi w odniesieniu do tego rozwiązania są niepewność inwestorów i postrzeganie pompy ciepła jako „ogrzewania elektrycznego". Ten brak pewności co do oceny rozpowszechniony jest też szeroko wśród urzędników. W Niemczech potrzeba było siedmiu lat od rozpoczęcia federalnego programu motywacyjnego (Marktanreizprogramm (MAP)), żeby zaczęto wspierać rozwój technologii pomp ciepła, a więc uznano ją za źródło „energii odnawialnej". Dla szerszego rozpowszechnienia się technologii pomp ciepła konieczna jest dyskusja dotycząca wykorzystania w niej energii elektrycznej.

Rys. B.1–1 Rozwój rynku pomp ciepła



Pierwsza faza dynamicznego rozwoju około 1980 r. związana była z kryzysem naftowym. Wraz ze wzrostem cen ropy od 2000 r. rozpoczął się wyraźny rozwój rynku.

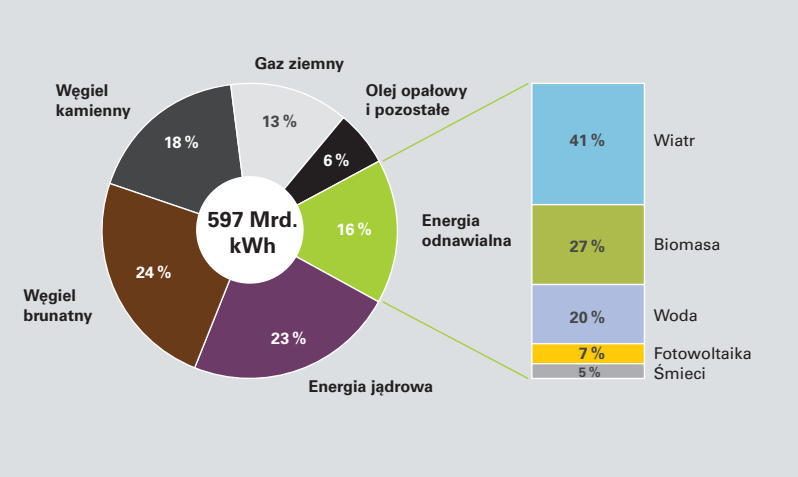
B.1.1 Miks energetyczny w Niemczech

Prąd elektryczny produkowany jest w Niemczech w większości w elektrowniach kondensacyjnych – głównie elektrowniach węglowych i atomowych. Udział źródeł odnawialnych jak woda, wiatr czy energia słoneczna, mimo iż stale wzrasta, wynosi obecnie około 18 procent i stanowi niewielką część miksu energetycznego w Niemczech.

Liczba ta stanowi główny argument przeciwko wykorzystaniu energii elektrycznej do produkcji ciepła – Wydaje się być nieuzasadnionym, aby w elektrowniach węglowych lub jądrowych o niskim współczynniku sprawności produkować prąd elektryczny, wykorzystując do tego energię cieplną, który później jest ponownie przekształcany w ciepło potrzebne do ogrzania budynku.

Argument ten znajduje uzasadnienie w przypadku ogrzewania oporowego (piece akumulacyjne), ale nie w przypadku pompy ciepła. Oprócz energii elektrycznej wykorzystywanej np. przez pompy cyrkulacyjne, pompa ciepła wykorzystuje prąd elektryczny tylko do zasilania sprężarki. To jedyna różnica między pompą ciepła a konwencjonalną techniką grzewczą czy termicznymi instalacjami solarnymi.

Rys. B.1.1–1 Produkcja brutto prądu elektrycznego w Niemczech w 2009 r.



Wraz ze wzrostem udziału energii ze źródeł odnawialnych, w produkcji brutto prądu elektrycznego w Niemczech wzrasta jakość ekologiczna prądu – eksploatacja pompy ciepła staje się coraz bardziej „zielona".

Ponieważ zapotrzebowanie pompy ciepła na prąd elektryczny jest mimo to często wykorzystywane jako argument w dyskusji, temat ten zasługuje na bliższą uwagę.

Dla dokonania oceny energetycznej i porównania pompy ciepła z innymi urządzeniami grzewczymi istotne znaczenie mają dwa pytania:

- Jaki jest stosunek ilości zużytego prądu do wytworzonego ciepła (sezonowy współczynnik efektywności)?
- Jak pod kątem energetycznym należy ocenić zużyty prąd elektryczny?

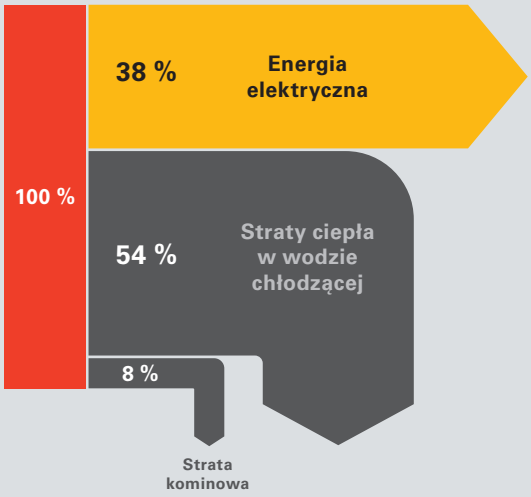
Aby odpowiedzieć na drugie pytanie potrzebny będzie ustalony przez ustawodawcę współczynnik wartości energii pierwotnej. Współczynnik ten wskazuje, jak ocenić pierwotną wartość energetyczną prądu elektrycznego (ale też gazu, oleju i drewna) (zob. rys. B.1.1-2).

Dla określenia współczynnika pierwotnej wartości energetycznej dla całości prądu wytwarzanego w Niemczech pod uwagę bierze się miks energetyczny, a więc średnią ze wszystkich rodzajów produkcji.

Od czasu wprowadzenia w życie przepisów rozporządzenia w sprawie oszczędzania energii (Energieeinsparverordnung (EnEV)) w roku 2000 współczynnik wartości energii pierwotnej był obniżany dwukrotnie – współczynnik był dopasowywany do struktury produkcji prądu w Niemczech. Odzwierciedla to w istocie rosnącą efektywność produkcji prądu, ale przede wszystkim rosnący udział prądu wytworzonego przy udziale energii ze źródeł odnawialnych.

Wciąż rosnący udział w całości miksu energetycznego prądu wytworzonego z odnawialnych źródeł pierwotnych prowadzi do dalszego obniżania współczynnika wartości energii pierwotnej, a co za tym idzie eksploatacja pompy ciepła staje się coraz bardziej „zielona“.

Rys. B.1.1–2 Współczynnik wartości energii pierwotnej



Produkcja prądu w przeciętnej elektrowni kondensacyjnej

Zużyta energia pierwotna	100 %
■ Użyteczna energia elektryczna	38 %
■ Straty ciepła w wodzie chłodzącej	54 %
■ Strata kominowa	8 %

Jeżeli podzielimy zużytą energię pierwotną przez użyteczną energię elektryczną, to otrzymamy współczynnik pozwalający ocenić wartość energii pierwotnej wytworzonego prądu elektrycznego.

W tym przypadku współczynnik energii pierwotnej wynosi 100/38 = 2,6

B.1.2 Bezpieczeństwo zaopatrzenia

Zaopatrzenie w energię elektryczną w Niemczech jest jednym z najbardziej pewnych na świecie. Wysokie bezpieczeństwo zaopatrzenia stanowi dlatego istotną wielkość w procesie decyzyjnym dotyczącym zastosowania pompy ciepła – zwłaszcza że również praca większości urządzeń grzewczych instalowanych w budynkach jest zależna od dostępności prądu elektrycznego (pompy, regulatory itp.).

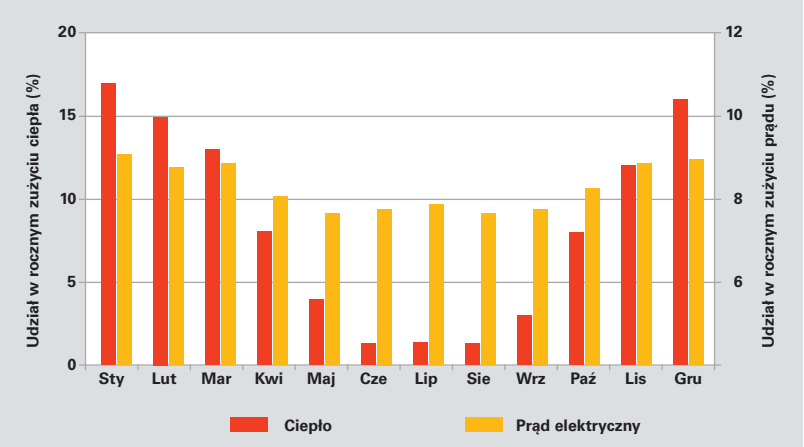
W staraniach o szybszy rozwój technologii pomp ciepła istotne jest, czy na dłuższą metę zapewnione będzie pewne, zrównoważone i opłacalne zaopatrzenie w energię elektryczną.

Najwięcej prądu pompy ciepła zużywają w okresie grzewczym. Dlatego ze swoim profilem zapotrzebowania (w odniesieniu do ilości potrzebnego prądu) pompa ciepła „pasuje" bardzo dobrze np. do profilu produkcji elektrowni wiatrowych.

Dla dalszego rozwoju technologii pomp ciepła duże znaczenie ma, czy eksploatacja pompy ciepła przyczynia się do dodatkowego obciążenia sieci przesyłowej w okresach szczytu dziennego, czy też możliwe jest takie ustawienie instalacji, aby pobierała prąd tylko w okresach najmniejszego obciążenia dziennego.

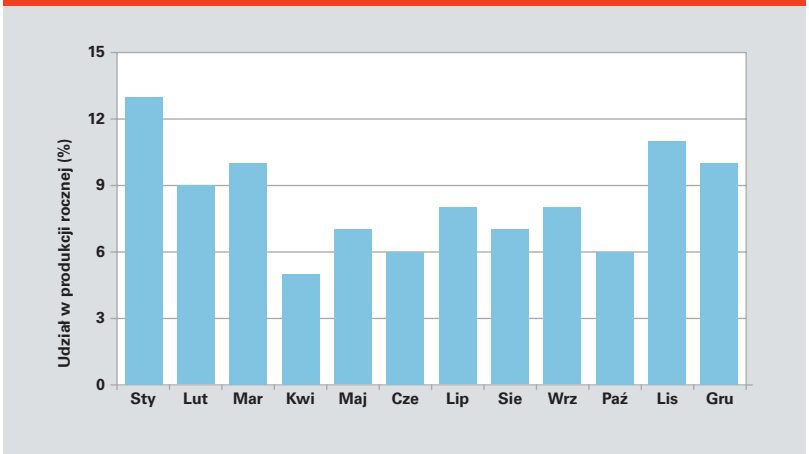
Wraz ze wzrostem udziału pomp ciepła w produkcji ciepła, wzrasta też zapotrzebowanie na prąd w okresie zimowym.

Rys. B.1.2–1 Miesięczny udział zużycia prądu i ciepła w obszarze budynków jednorodzinnych



Wraz z rosnącym udziałem energii wiatrowej w produkcji prądu wykorzystanie pomp ciepła do produkcji ciepła nabiera coraz większego sensu – krzywe produkcji i zużycia w półroczu zimowym coraz bardziej się nakładają.

Rys. B.1.2–2 Ilość prądu z elektrowni wiatrowych wprowadzanego do sieci przesyłowej w ciągu roku



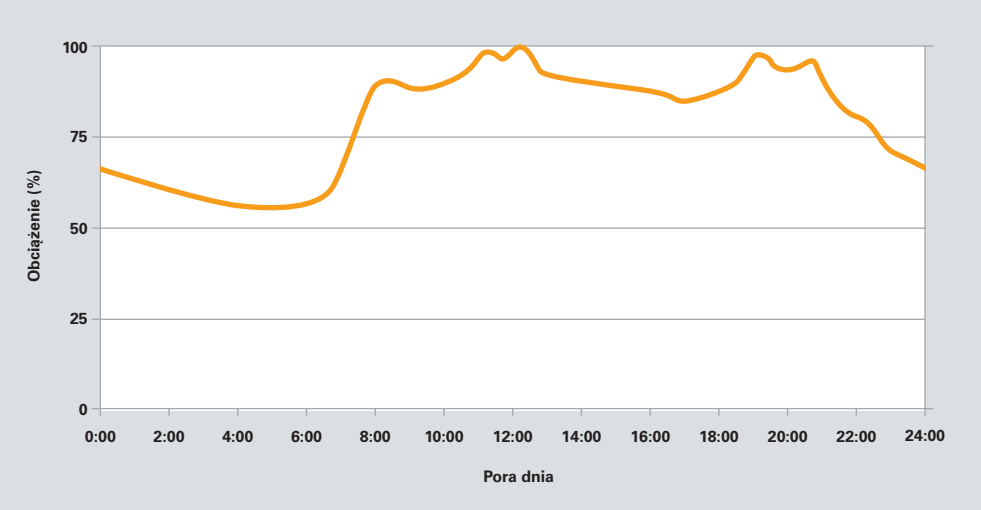
Jeśli przyjrzeć się typowemu przebiegowi obciążenia dziennego sieci elektrycznej (por. rys. B.1.2-3), okazuje się, że ilość dostarczanej mocy (w odniesieniu do sieci elektrycznej i produkcji prądu) osiąga najwyższe wartości w godzinach południowych. W tym okresie najwyższa jest też cena jaką płacą dostawcy energii na giełdzie energii.

W Niemczech sytuacja taka stanowi podstawę do wprowadzenia specjalnych taryf dla energii elektrycznej zużywanej przez pompy ciepła i związane z tym okresy braku dostępu do sieci – dystrybutorzy energii elektrycznej dostarczają klientom tani prąd w okresach niskiego obciążenia sieci, a w zamian za to wykluczają zużycie prądu przez pompę ciepła w pewnych, bardzo krótkich okresach w ciągu dnia.

Takie ekonomiczne podejście ma też swoje konsekwencje techniczne – jeżeli dzięki odpowiedniemu planowaniu urządzenia pracują poza godzinami szczytu, prowadzi to do bardziej równomiernego obciążenia sieci elektrycznej w ciągu dnia.

W celu wyrównania przebiegu dziennego obciążenia sieci, dystrybutorzy energii elektrycznej oferują specjalne taryfy dla pomp ciepła – z niskimi cenami prądu w godzinach małego obciążenia sieci i krótkimi okresami braku dostępu do sieci w godzinach szczytu.

Rys. B.1.2–3 Typowy przebieg obciążenia dziennego sieci elektrycznej



B.1.3 Smart metering

Zwiększający się udział w miksie energetycznym prądu wyprodukowanego na bazie energii odnawialnej wymaga inteligentnego systemu sterowania podażą i popytem. Celem tzw. smart meteringu jest wspieranie takiego systemu sterowania oraz opisywane już dążenie do „wygładzenia" obciążenia sieci w wyniku zużycia prądu. Ponadto nadwyżki prądu z elektrowni wiatrowych i słonecznych powinny być w rozsądny sposób doprowadzone do odpowiednich konsumentów.

Smart metering dba również o to, aby podaż prądu elektrycznego w coraz większym stopniu determinowała popyt, a nie jak dotychczas – podążała za popytem. To ostatnie jest coraz trudniejsze, w związku z rosnącą produkcją prądu w instalacjach wiatrowych i solarnych.

W obliczu tak kompleksowej i zasadniczej restrukturyzacji sieci energetycznej, również pompy ciepła będą odgrywać ważną rolę. Istnieje duża liczba użytkowników, którzy przy stosunkowo niewielkim nakładzie technicznym, mogą być dodatkowo włączeni do tego systemu. Przykładowo lodówki mogą pozostawać wyłączone przez wiele godzin – powszechnie stosowana obecnie izolacja zapobiega krytycznemu wzrostowi temperatury.

Bez inteligentnego zarządzania obciążeniem sieci jest zwykłym przypadkiem, czy urządzenie obciąża sieć w godzinach szczytu, czy też nie. Jeśli natomiast urządzenie „wie", że w sieci jest właśnie duża podaż energii, włącza się automatycznie. W przypadku lodówek oznacza to, że temperatura wewnątrz spada o kilka stopni poniżej wartości zadanej. Różnica ta stanowi rezerwę na czas, kiedy nie jest pobierana energia elektryczna.

Podobnie działa wysterowanie pompy ciepła. Możliwe wahania temperatury pomieszczeń (podczas ogrzewania i chłodzenia), odpowiednie ustawienie zbiorników buforowych i modulowana praca umożliwiają efektywne włączenie pomp ciepła do inteligentnej sieci energetycznej.

Rys. B.1.4–1 Instalacja fotowoltaiczna

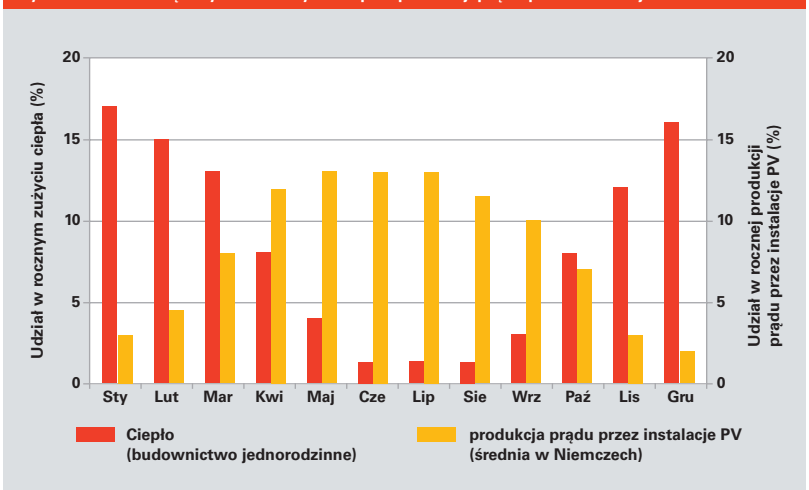
B.1.4 Pompy ciepła i fotowoltaika

Rzeczą zrozumiałą jest montaż obok pompy ciepła dodatkowej instalacji fotowoltaicznej, która w ciągu roku wytwarza prąd elektryczny, zużywany do ogrzewania budynku – dzięki temu pompa ciepła grzeje nie powodując emisji dwutlenku węgla.

Pomimo przedstawionego na rys. B.1.4-2 braku równowagi między produkcją prądu przez instalację fotowoltaiczną (z przewagą w półroczu letnim), a zużyciem ciepła (z przewagą w półroczu zimowym), połączenie pompy ciepła z instalacją solarną, biorąc pod uwagę bilans roczny, jest rozwiązaniem rozsądnym.

Im większym zmianom, opisanym w poprzednim rozdziale, podlega sieć energetyczna, tym łatwiejsze stają się zatem odbiór i dystrybucja wahającej się sezonowo ilości produkowanej energii elektrycznej, tym mniejsze znaczenie ma zbieżność w czasie produkcji i zużycia. Coraz lepiej – pomijając zmiany w miksie energii elektrycznej – wypada też pod tym względem ocena energetyczna pompy ciepła.

Rys. B.1.4–2 Miesięczny udział zużycia ciepła i produkcji prądu przez instalacje PV



Połączenie pompy ciepła z instalacją solarną, biorąc pod uwagę bilans roczny, jest rozwiązaniem rozsądnym.

B.1.5 Konkurencja wokół energii elektrycznej?

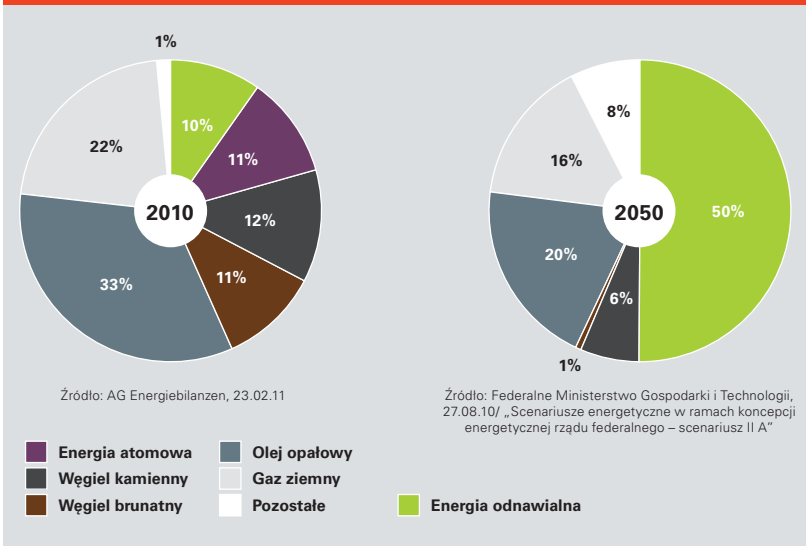
W związku z wykorzystaniem energii elektrycznej w pompach ciepła często zadawane jest pytanie, czy nie bardziej rozsądnym byłoby użycie prądu w innych sektorach energetycznych, czy – pod względem ekologicznym – lepszych efektów nie przyniosłoby wykorzystanie prądu np. dla poprawy mobilności.

Dyskusja ta jest bezcelowa z następujących powodów: Wszystkie scenariusze dotyczące zaopatrzenia w energię mają charakter długookresowy, częściowo zakładają perspektywę do roku 2050 lub nawet do końca stulecia. Taki sposób patrzenia jest konieczny, aby już teraz wytyczyć właściwe kierunki działań, uwzględniające rozwój wydarzeń w przyszłości. Większość z tych scenariuszy zakłada, że pod koniec przyjętego w nich okresu, nasze zapotrzebowanie na energię będzie bądź to wyłącznie, bądź przynajmniej w przeważającej części pokrywane ze źródeł odnawialnych. Ogólne szacunki wskazują też na przypuszczalny procentowy wkład poszczególnych nośników energii odnawialnej. W scenariuszach tych brak jest jednak szczegółowej prognozy mówiącej o sposobach, w jaki wkład ten miałby się dokonywać.

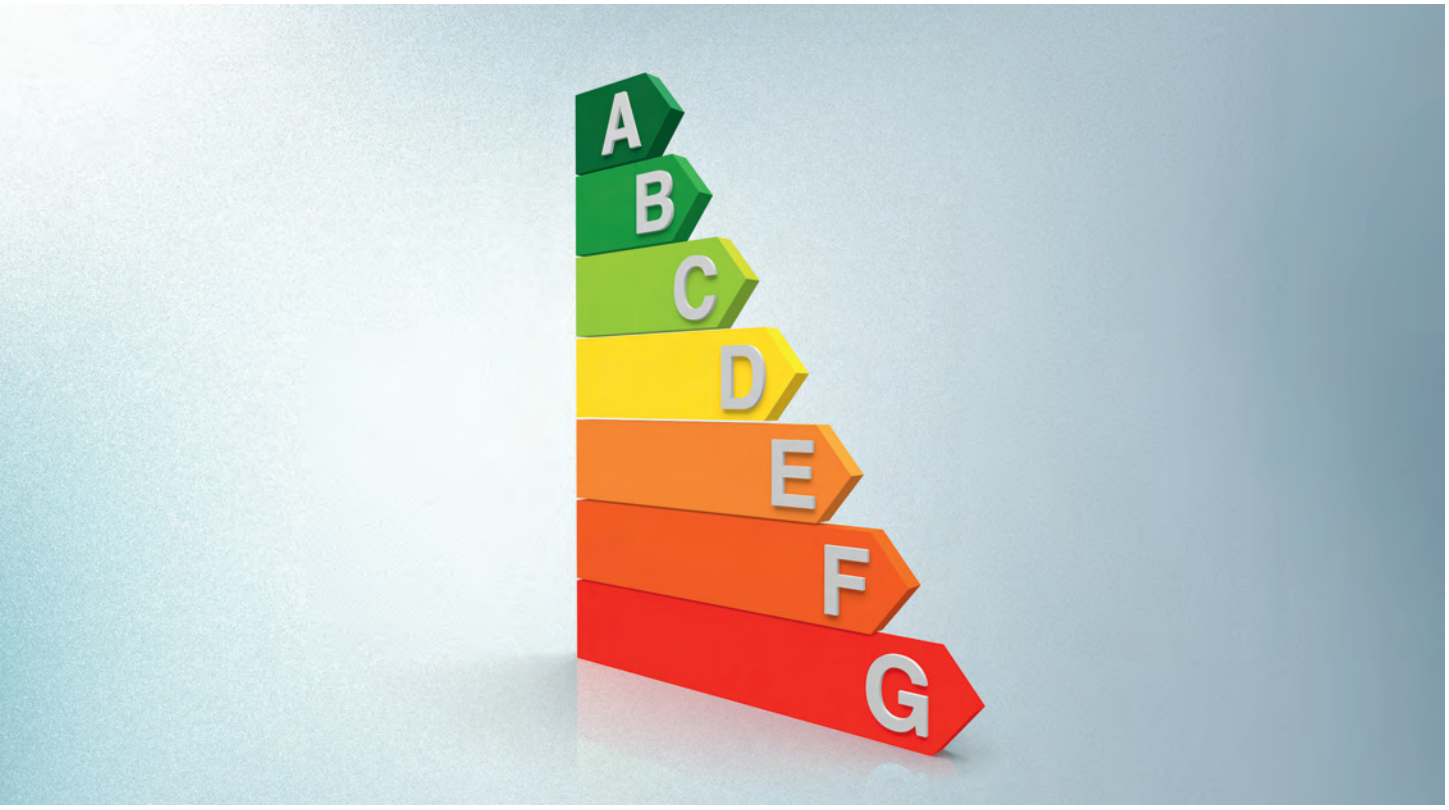
Każdy z sektorów zużycia energii musi sam sobie odpowiedzieć na pytanie, gdzie znajduje się potencjał dla jej oszczędzania i jakie źródła energii można wykorzystać najlepiej dla pokrycia zapotrzebowania. Gdyby już dzisiaj trzeba było podjąć decyzję, jak ma wyglądać za 30 lub 40 lat miks zużycia i produkcji energii, a tym samym miks technologiczny, utrudniłoby to, a nie ułatwiło, postęp techniczny – przykładowo biomasa może być bezpośrednio spalana, rozwadniana lub wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej. Prąd wytworzony z energii odnawialnej może być zużyty bezpośrednio, gromadzony centralnie lub w samym urządzeniu lub instalacji (akumulator samochodowy lub ogrzewany pompą ciepła budynek). Wprawdzie gromadzenie energii i jej przekształcanie odbywa się zawsze kosztem współczynnika sprawności, ale w realistycznym scenariuszu są one nieodzowne.

Ostatecznie nie wiemy też w chwili obecnej, który rodzaj energii i w jakiej formie będzie dostępny w przyszłości. W najbliższych latach jedynie rozsądne spojrzenie na ten problem w odniesieniu do budynków uwzględniać będzie odpowiedź na pytanie: Jakie urządzenie grzewcze – biorąc pod uwagę konkretny obiekt – pozwoli na uzyskanie najwyższej efektywności wykorzystania energii pierwotnej? Pod tym względem pompa ciepła odgrywać będzie bardzo ważną rolę.

Rys. B.1.5–1 Produkcja energii w przyszłości



Zużycie energii pierwotnej w Niemczech wyniosło w roku 2010 14 000 petadżuli (PJ), a prognozy na rok 2050 przewidują zużycie na poziomie 7 000 PJ. Prognoza na rok 2050 została przygotowana na zlecenie Federalnego Ministerstwa Gospodarki i Technologii.



Uwarunkowania prawne

Niemieckie rozporządzenie w sprawie oszczędzania energii (Energieeinsparverordnung (EnEV)), ustawy dotyczące energii cieplnej i oznaczenia energetyczne – efektywność oraz włączanie energii odnawialnych do produkcji ciepła podlegają w coraz większym stopniu ramowym uwarunkowaniom prawnym. W tym kontekście na uwagę zasługują pewne szczególne zalety pompy ciepła.

Udział zużycia energii cieplnej w sektorze budynków w Niemczech stanowi 40% całości zużywanej energii. Tym samym sektor ten zajmuje odpowiednio wysoką pozycję w działaniach z zakresu polityki energetycznej na poziomie krajowym i regionalnym. Rynek techniki grzewczej w Niemczech podlega przez to też coraz większej regulacji prawnej.

B.2.1 Pompa ciepła a przepisy dotyczące oszczędzania energii (Energieeinsparverordnung (EnEV))

W 2002 r. w niemieckim rozporządzeniu w sprawie oszczędzania energii (Energieeinsparverordnung (EnEV) zostały zebrane obowiązujące do tego czasu przepisy z zakresu ochrony cieplnej i techniki instalacyjnej. Obowiązującą w przepisach rozporządzenia (EnEV) miarą służącą do oceny jakości energetycznej budynku jest zapotrzebowanie na energię pierwotną – współczynnik ten był na przestrzeni ostatnich lat, w kolejnych nowelizacjach przepisów, stale obniżany.

Skutkiem obniżenia współczynnika „zapotrzebowanie na energię pierwotną" jest wzrost wymagań w stosunku do samego budynku oraz efektywności instalacji grzewczych. Widać to na przykładzie świadectwa energetycznego (por. rys. B.2.1-2).

Zapotrzebowanie budynku na energię końcową w kWh/(m^2·a) determinowane jest w istocie przez osłonę budynku i straty wentylacyjne. Pewne wartości nie mogą być tutaj przekroczone.

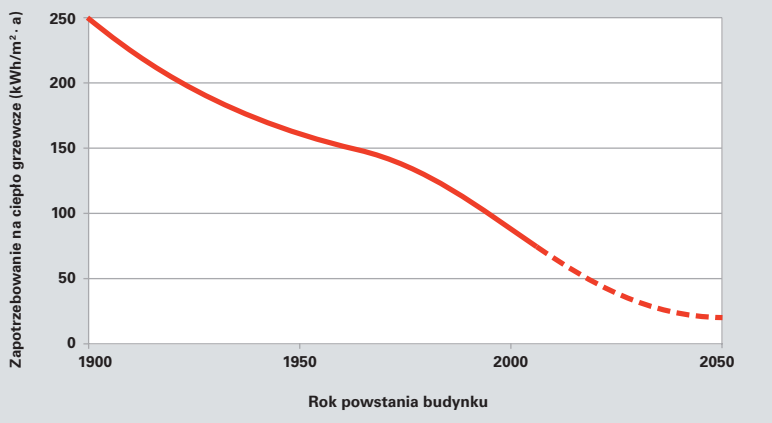
Zapotrzebowanie energetyczne budynku, również wyrażone w kWh/ (m^2·a), wynika z zastosowanego rodzaju ogrzewania, przy czym dla wszystkich możliwych nośników energii przypisywany jest odpowiednio inny współczynnik wartości energii pierwotnej (por. rys. B.2.1-3).

Rys. B.2.1–3 Współczynniki wartości energii pierwotnej

Nośnik energii	Wsp. wartości energii pierwotnej wg EnEV 2009
Olej opałowy	1,1
Gaz ziemny, gaz ciekły	1,1
Drewno	0,2
Prąd elektryczny	2,6
Energia ze środowiska, (Energia słoneczna, energia z otoczenia, …)	0,0

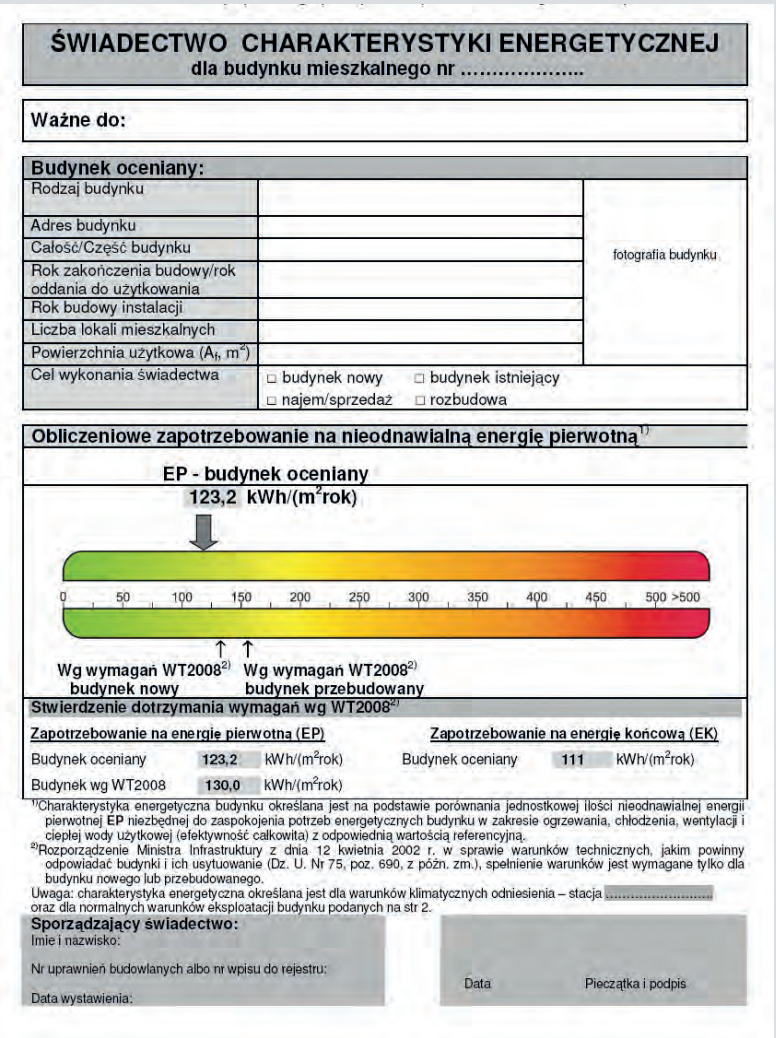
Miarą dla oceny jakości energetycznej budynku jest współczynnik wartości energii pierwotnej.

Rys. B.2.1–1 Zapotrzebowanie budynków na ciepło grzewcze (standard w roku powstania budynku)



Standard budowlany budynków mieszkalnych w odniesieniu do zapotrzebowania na ciepło grzewcze wyraźnie uległ poprawie – tendencja ta utrzymuje się nadal.

Rys. B.2.1–2 Świadectwo energetyczne



ŚWIADECTWO CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ
dla budynku mieszkalnego nr ……..

Ważne do:

Budynek oceniany:

Rodzaj budynku		fotografia budynku
Adres budynku		
Całość/Część budynku		
Rok zakończenia budowy/rok oddania do użytkowania		
Rok budowy instalacji		
Liczba lokali mieszkalnych		
Powierzchnia użytkowa (A_f, m^2)		
Cel wykonania świadectwa	☐ budynek nowy ☐ budynek istniejący ☐ najem/sprzedaż ☐ rozbudowa	

Obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną[1)]

EP - budynek oceniany
123,2 kWh/(m^{2}rok)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 >500

Wg wymagań WT2008[2)] budynek nowy
Wg wymagań WT2008[2)] budynek przebudowany

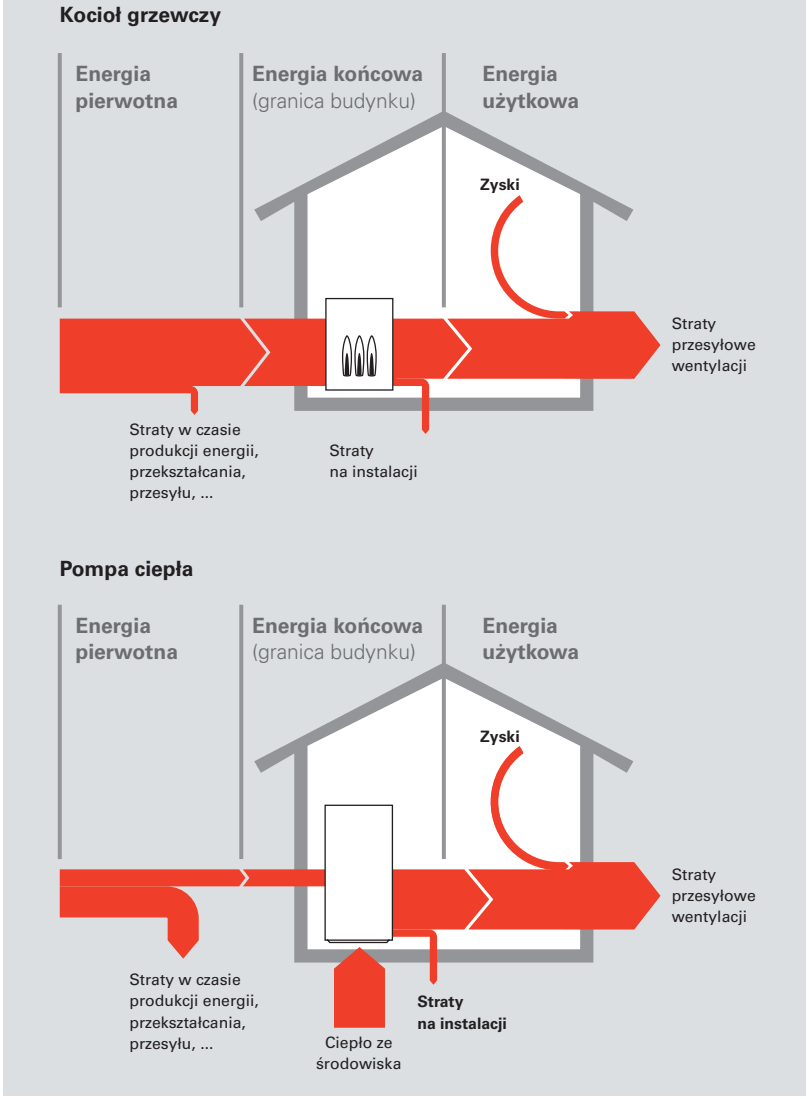
Stwierdzenie dotrzymania wymagań wg WT2008[2)]

Zapotrzebowanie na energię pierwotną (EP)			Zapotrzebowanie na energię końcową (EK)		
Budynek oceniany	123,2	kWh/(m^{2}rok)	Budynek oceniany	111	kWh/(m^{2}rok)
Budynek wg WT2008	130,0	kWh/(m^{2}rok)			

[1)]Charakterystyka energetyczna budynku określana jest na podstawie porównania jednostkowej ilości nieodnawialnej energii pierwotnej **EP** niezbędnej do zaspokojenia potrzeb energetycznych budynku w zakresie ogrzewania, chłodzenia, wentylacji i ciepłej wody użytkowej (efektywność całkowita) z odpowiednią wartością referencyjną.
[2)]Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późn. zm.), spełnienie warunków jest wymagane tylko dla budynku nowego lub przebudowanego.
Uwaga: charakterystyka energetyczna określana jest dla warunków klimatycznych odniesienia – stacja ……
oraz dla normalnych warunków eksploatacji budynku podanych na str 2.

Sporządzający świadectwo:
Imie i nazwisko:
Nr uprawnień budowlanych albo nr wpisu do rejestru:
Data wystawienia:
Data
Pieczątka i podpis

Rys. B.2.1–4 Zapotrzebowanie na energię pierwotną wg EnEV



Przykład

Przeprowadzanie dowodu zgodności dla instalacji grzewczej na bazie pompy ciepła:

Energia pierwotna Q_P =
(zap. na ciepło grzewcze Q_h + ciepła woda Q_w) * współczynniki nakładu e_P + energia chłodnicza $Q_{P,C}$

Zapotrzebowanie na energię pierwotną	Zapotrzebowanie na ciepło grzewcze	Ciepła woda	Współczynnik nakładu	Energia chodnicza
10,811 kWh/a	11,398 kWh/a	4,043 kWh/a		– kWh/a
33,43 kWh/(m²a)	35,24 kWh/(m²a)	12,50 kWh/(m²a)	0,70	– kWh/(m²a)
10,70 kWh/(m³a)	11,28 kWh/(m³a)	4,00 kWh/(m³a)		– kWh/(m³a)

1. Sprawdzanie: Maksymalna strata z powodu transmisji ciepła
$HT' = 0{,}26\ W/(m^2K) \leq HT'max = 0{,}40\ W/(m^2K)$ ⇒ **DOWÓD PRZEPROWADZONY**
Nie jest wymagane dokładniejsze sprawdzenie wartości HT'

2. Sprawdzanie: Maksymalne zapotrzebowanie na energię pierwotną
$Q_P = 33{,}43\ kWh/(m^2a) \leq Q_{P,}\ max = 70{,}63\ kWh/(m^2a)$ ⇒ **DOWÓD PRZEPROWADZONY**
Nie jest wymagane dokładniejsze sprawdzenie wartości Q_P

Obliczanie zapotrzebowania pomp ciepła w budynkach na energię pierwotną

Dla ustalenia zapotrzebowania na energię pierwotną przy ogrzewaniu z użyciem pompy ciepła istotny jest współczynnik wartości energii pierwotnej dla prądu elektrycznego. Wraz z innymi czynnikami specyficznymi dla danej instalacji jako współczynnik nakładu instalacji [e_P], jest on elementem kalkulacji wynikającej z rozporządzenia EnEV.

Współczynnik [e_P] określa efektywność przekształcania energii przez instalację grzewczą, a tym samym w przypadku pompy ciepła zależy bezpośrednio od sezonowego współczynnika efektywności (por. rozdział A.2.4) – im wyższy jest sezonowy współczynnik efektywności, tym niższy jest współczynnik nakładu urządzeń. Sposób obliczania tego współczynnika wygląda następująco:

$$e_{H,g} = \frac{1}{\beta_{WP}}$$

$e_{H,g}$ współczynnik nakładu pompy ciepła
β_{WP} sezonowy współczynnik efektywności pompy ciepła

Przy wyliczaniu sezonowego współczynnika efektywności zgodnie z normą DIN 4701-10 uwzględnia się typ pompy ciepła i zapotrzebowanie na energię dodatkowych urządzeń pomocniczych, jak np. pompa solanki. Pod uwagę bierze się też inne czynniki korygujące odnoszące się do instalacji. Przy planowaniu instalacji na bazie pompy ciepła nie jest konieczne własnoręczne wyliczanie współczynnika nakładu, ponieważ wszystkie istotne dane zawarte są w odpowiednich programach do potwierdzania zgodności z EnEV (por. rozdział.3.2).

B.2.2 Pompa ciepła a przepisy dotyczące wykorzystania odnawianych źródeł energii do produkcji ciepła (Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Niemiecka ustawa w sprawie wspierania odnawialnych źródeł energii w obszarze produkcji ciepła (EEWärmeG) z 1 stycznia 2009 r. wskazuje dla nowych budynków udział energii odnawialnej w całości energii przeznaczonej na ogrzewanie budynku (w niektórych landach obowiązują podobne ustawy dotyczące również budynków remontowanych). Zapisy tej ustawy należy uwzględniać obok zapisów rozporządzenia EnEV. Decydując się na ogrzewanie pompą ciepła trzeba pamiętać, że musi ona dostarczać co najmniej 50% wymaganej energii grzewczej.

W opisywanej ustawie dla używanych urządzeń przewidziano pewne minimalne wymagania dotyczące sezonowego współczynnika efektywności. Obowiązkowy warunek wykorzystania urządzenia uważa się za spełniony jeżeli pompa ciepła powietrze/woda lub powietrze/powietrze osiąga obliczeniowy, sezonowy współczynnik efektywności na poziomie minimum 3,5. Dla pozostałych typów pomp ciepła współczynnik ten wynosi 4.

Jeżeli pompa ciepła jest wykorzystywana również do podgrzewania wody w budynku, sezonowy współczynnik efektywności zmniejsza się o 0,2 punkta.

Instalacje, w skład których wchodzi pompa ciepła, powinny być wyposażone w liczniki ciepła i zużywanej energii elektrycznej.

Praktyka ostatnich lat pokazuje, że pompa ciepła stała się, biorąc pod uwagę wymagania EEWärmeG, jednym z najbardziej efektywnych i tanich rozwiązań.

B.2.3 Wytyczne europejskie

Tak, jak wiele innych obszarów technologicznych, również ogrzewanie budynków jest w coraz większym stopniu regulowane przez wytyczne europejskie, które znajdują odzwierciedlenie w prawodawstwie krajowym. Tak na przykład niemieckie rozporządzenie w sprawie oszczędzania energii (EvEV) ma swoje źródło w dyrektywie unijnej 2002/91/EG w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD = Energy Performance of Buildings Directive).

W przyszłości instalacje grzewcze budynków w UE będą musiały być zgodne z dyrektywą ErP 2009/125/EG (Energy related Products/ Tworzenie produktów zużywających energię z uwzględnieniem środowiska naturalnego). Na tej podstawie, również w tym obszarze, coraz więcej produktów będzie oznakowanych w sposób umożliwiający klientom uzyskanie informacji na temat efektywności energetycznej. W przypadku lodówek i innych urządzeń gospodarstwa domowego praktyka ta znana jest już od dłuższego czasu.

W chwili oddawania do druku tego podręcznika nie było jeszcze do końca wiadomo, jak regulacje te będą w szczegółach realizowane w odniesieniu do instalacji grzewczych. Już teraz można jednak przewidzieć, że pompy ciepła będą zaliczane do urządzeń o najwyższej klasie efektywności.

Analiza opłacalności

Do bezspornych pozytywnych efektów ekologicznych dobrze zaprojektowanej instalacji na bazie pompy ciepła dochodzą też korzyści ekonomiczne.

Inwestycja w pompę ciepła wymaga na początku stosunkowo wysokich kosztów – w przypadku instalacji wykorzystujących jako źródło ciepła grunt, szybko osiągane są kwoty pięciocyfrowe. Wysokim kosztom inwestycyjnym przeciwstawić należy jednak niskie koszty eksploatacyjne.

Fachowe doradztwo dotyczące opłacalności przedsięwzięcia powinno wskazywać na te relacje, ułatwiając klientom tym samym podjęcie decyzji.

W celu przeprowadzenia dokładnej analizy opłacalności instalacji grzewczej warto skorzystać ze sprawdzonej metody, jak ta opisana w wytycznych VDI 2067. Metoda ta gwarantuje, że uwzględnione zostaną wszystkie czynniki istotne dla dokonania poprawnych wyliczeń.

Pompy ciepła wymagają, w porównaniu do konwencjonalnych urządzeń grzewczych i pomimo ewentualnego wsparcia finansowego, stosunkowo wysokich nakładów inwestycyjnych. To sprawia, że niezbędna jest dokładna analiza kosztów. Stosunkowo niskie są natomiast koszty eksploatacyjne – na analizę opłacalności mniejszy wpływ, niż w przypadku urządzeń zasilanych gazem lub olejem, mają przyszłe wzrosty cen energii. W celu ustalenia wymaganych ilości paliwa czy prądu nie jest brany pod uwagę stopień użytkowania (jak w przypadku instalacji kotłowych), ale sezonowy współczynnik efektywności.

Doświadczenie pokazuje, że koszty związane ze zużyciem energii są mniej więcej o połowę niższe, niż w przypadku instalacji wykorzystujących kopalne źródła energii. Niższe są też koszty związane z konserwacją.

Porównanie pompy ciepła z innymi systemami grzewczymi w dużym stopniu zależy od szacowanego zwrotu z kapitału i zakładanego wzrostu cen energii. Dobrym rozwiązaniem jest włączanie do ustalania tych punktów samego klienta. W ten sposób kalkulacja staje się przejrzysta i zrozumiała.

Przykład

Porównanie kosztów eksploatacji oraz opłacalności

Dane dotyczące obiektu

Budynek nowy,
o zapotrzebowaniu na ciepło 6 kW, ogrzewanie (ogrzewanie podłogowe) i ciepła woda

Pompa ciepła

Pompa ciepła solanka/woda, tryb monowalentny, głębokość położenia sondy 100 m, sezonowy współczynnik efektywności 4,4

Rozwiązania alternatywne

Ogrzewanie olejowe (współczynnik sprawności 85%)
Ogrzewani gazowe (współczynnik sprawności 90%)
Ogrzewanie pelletowe (współczynnik sprawności 90%)

Koszty energii

Prąd	**65 gr/kWh**
Olej	**40 gr/kWh**
Gaz	**23 gr/kWh**
Pellet	**19 gr/kWh**

Koszty inwestycyjne

Pompa ciepła (razem z sondą)	**50 000 zł**
Kocioł olejowy (razem ze zbiornikiem)	**20 000 zł**
Kocioł gazowy (razem z przyłączem)	**10 000 zł**
Kocioł pelletowy (razem z zasobnikiem)	**15 000 zł**

Roczne koszty eksploatacyjne (razem z konserwacją itp.)

Pompa ciepła	**1 500 zł**
Ogrzewanie olejowe	**5 000 zł**
Ogrzewanie gazowe	**3 200 zł**
Ogrzewanie pelletowe	**2 400 zł**

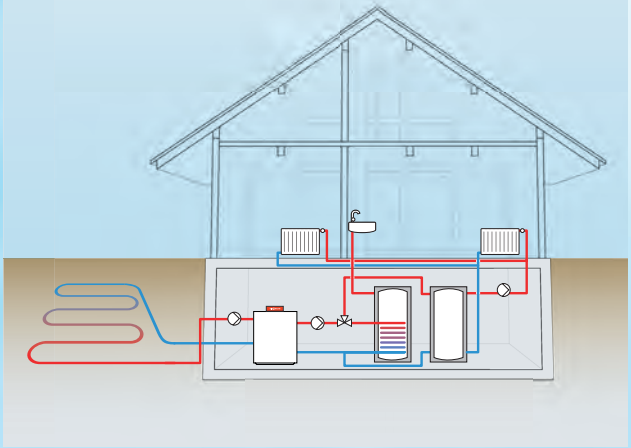
Roczny koszt całościowy*

Pompa ciepła	**5 800 zł**
Ogrzewanie olejowe	**6 700 zł**
Ogrzewanie gazowe	**4 100 zł**
Ogrzewanie pelletowe	**3 700 zł**

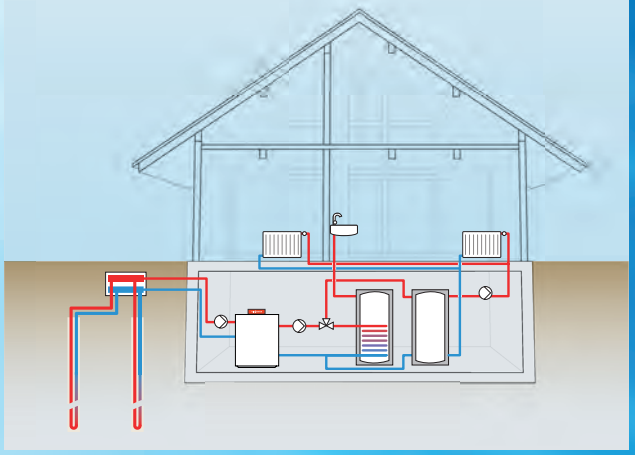
*Koszt łączny: okres: 20 lat, stopa procentowa: 6%, koszty inwestycyjne i roczne koszty eksploatacyjne

Przykładowa kalkulacja kosztów ogrzewania.

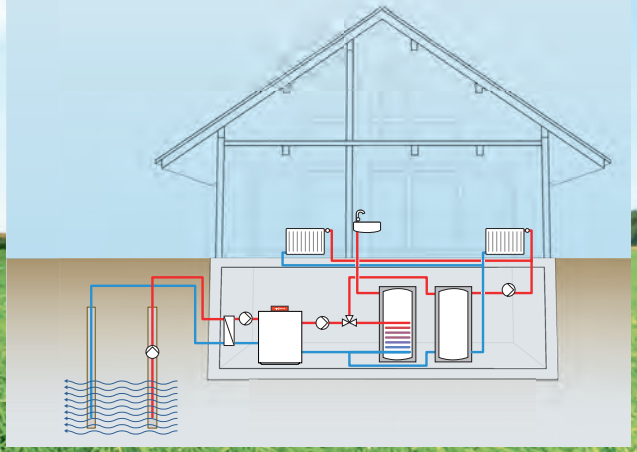
źródło ciepła ziemia (kolektor)



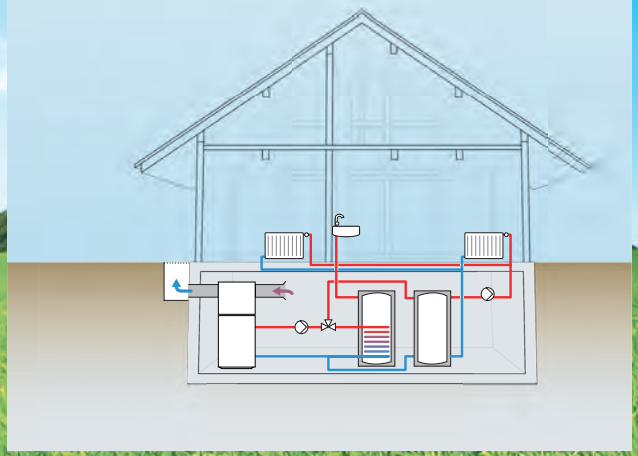
źródło ciepła ziemia (sonda)



źródło ciepła woda gruntowa



źródło ciepła powietrze



C Planowanie i dostosowanie źródeł pierwotnych

Różne źródła energii dla pompy ciepła oraz ich potencjał zostały dokładnie przedstawione w rozdziale A. Ten rozdział poświęcony jest podstawom technicznym wykorzystania tych źródeł.

Różne typy pomp ciepła korzystają z różnych źródeł pierwotnych. Decyzja odnośnie tego, które z tych źródeł jest najbardziej odpowiednie, zależy od miejscowych warunków.

Pompy ciepła solana/woda jako pierwotne źródło ciepła wykorzystują grunt. Obywa się to albo za pomocą kolektorów ziemnych albo sond ziemnych. Jeżeli jako źródło ciepła może być wykorzystana woda, stosuje się pompy ciepła woda/woda. Pompy ciepła powietrze/woda jako źródło pierwotne wykorzystują powietrze z zewnątrz lub powietrze odprowadzane.

Bazą dla efektywnie działającej instalacji na bazie pompy ciepła jest zawsze staranne planowanie i dostosowanie źródła pierwotnego.

62 C.1 Pompy ciepła solanka/woda

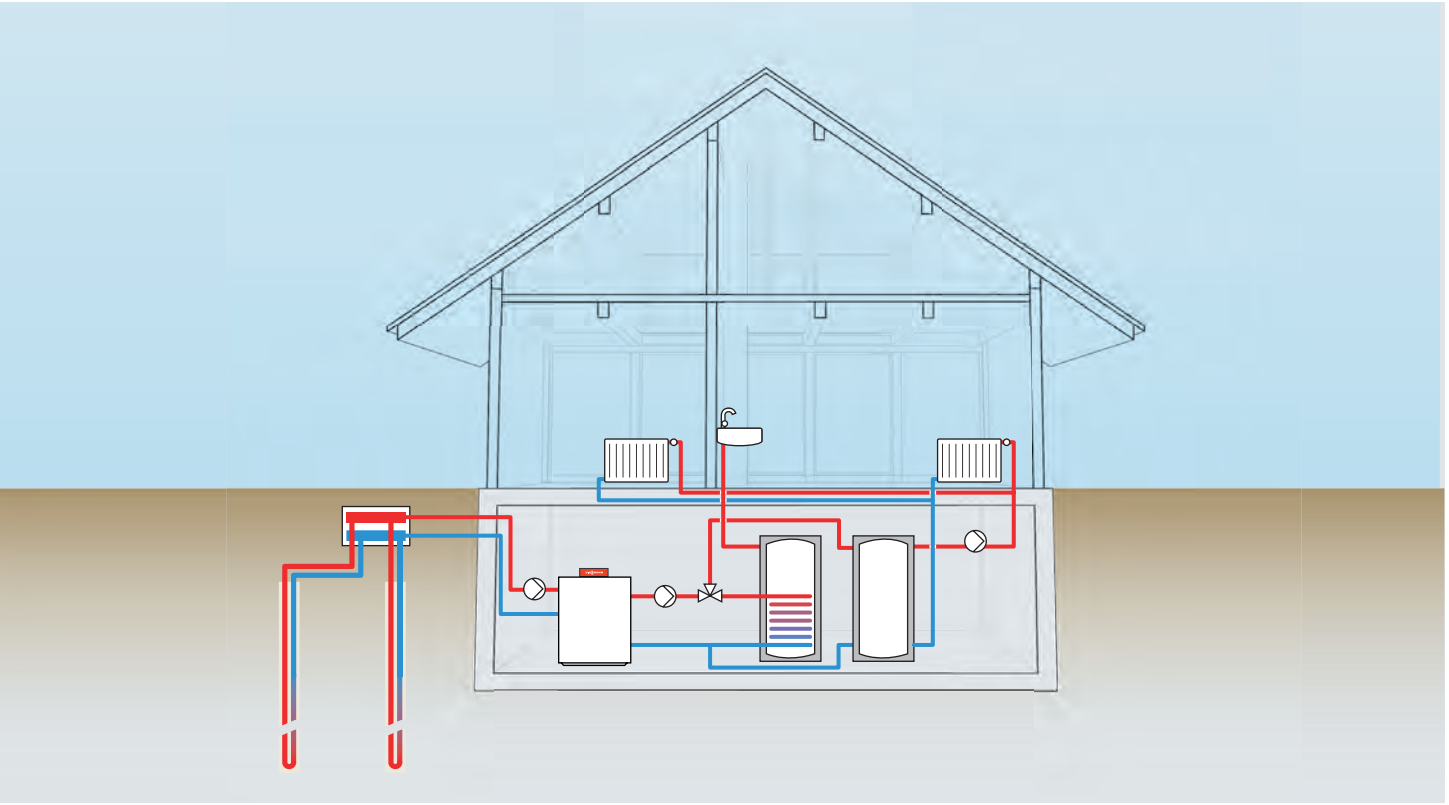
63 C.1.1 Dostosowanie źródła ciepła
66 C.1.2 Medium nośne ciepła
67 C.1.3 Natężenie przepływu i spadek ciśnienia w obiegu solanki

68 C.2 Pompy ciepła woda/woda

69 C.2.1 Wody gruntowe
71 C.2.2 Woda chłodząca

72 C.3 Pompy ciepła powietrze/woda

73 C.3.1 Pompy ciepła powietrze/woda z nieregulowaną sprężarką
73 C.3.2 Projektowanie
75 C.3.3 Projektowanie akustyczne
78 C.3.4 Przepływ powietrza w wewnętrznych pompach ciepła powietrze-woda



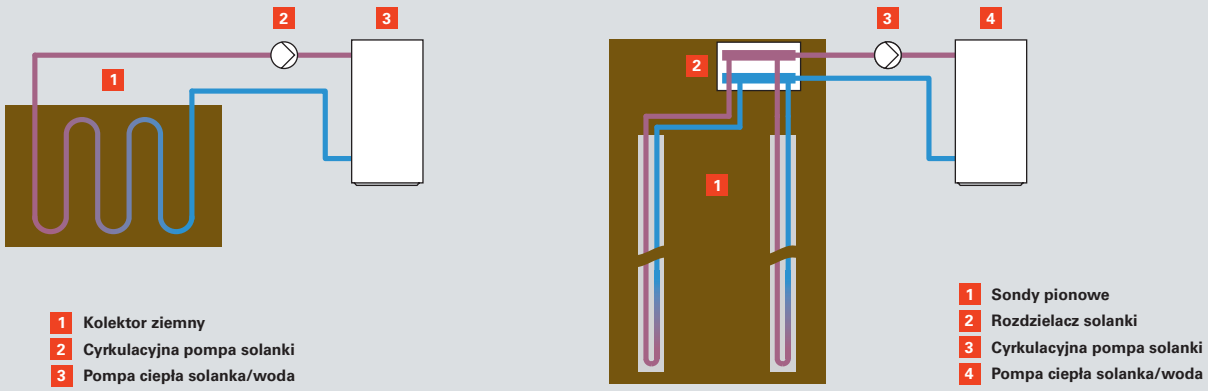
Pompy ciepła solanka/woda

Źródłem ciepła dla pomp ciepła solanka/woda jest głównie grunt. Zastosowanie mają tu kolektory ziemne lub sondy ziemne.

Przy dostosowywaniu źródeł ciepła bierze się pod uwagę wydajność poboru ciepła z danego rodzaju gruntu. Wartością referencyjną nie jest w tym przypadku moc grzewcza pompy ciepła, ale moc chłodnicza. Dane na ten temat znaleźć można w karcie informacyjnej urządzenia.

Wynik przeprowadzonej kalkulacji informuje o wymaganej długości sondy (m) lub powierzchni kolektora ziemnego (m^2). W ten sposób można ustalić długość rur dla wymiennika ciepła (ziemia/solanka) oraz długość przewodów łączących. Oparte na tym wyliczenie spadku ciśnienia i odpowiednie dostosowanie pompy obiegu pierwotnego przebiegają zgodnie z zasadami techniki grzewczej.

Rys. C.1.1–1 Kolektor i sonda ziemna



Pompy ciepła solanka/woda wykorzystują grunt jako źródło ciepła. Zastosowanie znajdują tu kolektory i sondy ziemne.

C.1.1 Dostosowanie źródła ciepła

Do przygotowania sond i kolektorów ziemnych używa się z reguły przewodów z tworzyw sztucznych (PE 80 lub PE 100). Dla potrzeb wyliczeń największe znaczenie ma średnica zewnętrzna, która wpływa na wielkość powierzchni wymiennika, a tym samym na zdolność rury do przesyłu ciepła.

Wielkość średnicy wewnętrznej, która ma decydujące znaczenie dla pojemności i spadku ciśnienia, ustala się następująco:

$$DI = DA - 2 \cdot S$$

DI średnica wewnętrzna w mm
DA średnica zewnętrzna w mm
S grubość ścianki

Podając grubość ścianki, która decyduje o wytrzymałości na ciśnienie, w przypadku rur z tworzyw sztucznych używa się też oznaczenia SDR (standard dimension ratio). Wskazuje ono na stosunek średnicy zewnętrznej do grubości ścianki.

$$SDR = \frac{DA}{S}$$

SDR Standard Dimension Ratio (współczynnik SDR)
DA średnica zewnętrzna w mm
S grubość ścianki w mm

Im mniejszy jest współczynnik SDR, tym bardziej wytrzymała na ciśnienie jest rura. Oznaczenie DN, które zwykle odnosi się do średnicy wewnętrznej, jest wskaźnikiem normatywnym odniesionym do średnich grubości ścianek.

Rys. C.1.1–2 Współczynnik SDR

		Grubość ścianki (mm)	
DN	DA	SDR 11	SDR 7,4
15	20	1,9	2,8
20	25	2,3	3,5
25	32	2,9	4,4
32	40	3,7	5,5
40	50	4,6	6,9
50	63	5,8	8,6

Współczynnik SDR informuje o wytrzymałości na ciśnienie rur z tworzyw sztucznych.

Wskazówka

Przy zamawianiu odwiertu pod sondę pionową w formie usługi, wydajność poboru ciepła powinna być przedmiotem umowy. Firmy Partnerskie Viessmann oferują pompy ciepła w pakiecie wraz z usługą wykonania odwiertów.

W przypadku dużych instalacji należy zlecić firmie zajmującej się projektami geologicznymi przeprowadzenie symulacji wydajności poboru ciepła przez sondy ziemne. Firma Viessmann oferuje tę usługę za pośrednictwem działu Odnawialnych Źródeł Energii. Informacje na ten temat można uzyskać w najbliższym przedstawicielstwie handlowym firmy Viessmann.

C.1.1.1 Dostosowanie sond pionowych

Określenie wydajności poboru ciepła dla sond ziemnych jest silnie uzależnione od występujących miejscowo warstw geologicznych i może się ona wahać w zakresie sięgającym 100%. Jako pierwszą wartość przybliżoną można przyjąć 40 W/m. Za pomocą kart geologicznych możliwe jest dokładniejsze oszacowanie wydajności poboru ciepła dla konkretnej lokalizacji. Zdolność do przewodzenia ciepła poszczególnych warstw skalnych i specyficzne wartości wydajności poboru ciepła zostały opisane w rozdziale A.4.

Szczegółowa kalkulacja i ustalenie długości sondy powinny zostać przeprowadzone przez wyspecjalizowaną firmę. Przy określaniu wymaganej wydajności poboru ciepła, obok mocy pompy ciepła, uwzględnia się też wartość oczekiwanej pracy grzewczej w ciągu roku. Roczna praca grzewcza pompy ciepła w biwalentnym systemie równoległym będzie, przy takiej samej wydajności grzewczej, znacznie większa niż pompy ciepła pracującej w systemie monowalentnym. W takiej sytuacji odpowiednio większe muszą być też rozmiary sondy ziemnej.

W celu dostosowania hydraulicznego przewodów rurowych sondy ziemnej i jej przewodów przyłączeniowych uwzględnić należy następujące czynniki:

- równomierny przepływ we wszystkich sondach
- w instalacjach zawierających powyższej trzech sond, w celu umożliwienia wyrównania hydraulicznego, zastosowanie rozdzielacza z regulowanymi zaworami
- niewielkie spadki ciśnienia w całym układzie sond (wpływa na wymaganą moc elektryczną pompy pierwotnej)
- zastosowany materiał musi być odpowiedni dla używanego medium nośnego

Jeżeli znane są już długości przewodów rurowych, można przystąpić do wyliczenia wartości spadku ciśnienia i parametrów pompy solanki (por. rozdział C.1.3).

C.1.1.2 Dostosowanie kolektorów płaskich

Poziome kolektory ziemne jako źródło ciepła wykorzystują górną warstwę gruntu – dlatego powinny być umieszczone przynajmniej 20 cm poniżej granicy zamarzania gruntu, maksymalnie na głębokości do 1,8 m. Dostępna w tej warstwie ilość ciepła użytkowego jest bardzo uzależniona od termo-fizycznych właściwości gruntu, promieniowania słonecznego i warunków klimatycznych (ilość opadów). Kolektory ziemne nie mogą być zabudowywane a powierzchnia nad kolektorami nie może być zabetonowana.

W celu uzyskania możliwe niewielkich spadków ciśnienia w całej instalacji, zaleca się nie przekraczać 100 m długości rur dla jednego kręgu.

W Polsce stosuję się sposób ustalania wielkości powierzchni kolektora płaskiego zbliżony do niemieckiej metody zgodnej z wytycznymi Związku Niemieckich Inżynierów VDI 4640

Ustalanie wielkości powierzchni kolektora zgodnie z VDI 4640

Część druga wytycznych VDI 4640 dostarcza wskaźników dotyczących możliwej wydajności poboru ciepła w odniesieniu do trzech różnych rodzajów gruntu (por. rys. C.1.1-4).

W celu ustalenia specyficznej długości przewodów rurowych, odstępy między nimi określa się w ten sposób, aby uniknąć całkowitego zamarznięcia gruntu. Zachowując te odstępy mamy pewność, że warstwy lodu, tworzące się wokół rur, nie połączą się ze sobą.

Dla rur PE o średnicy DA 20 (DN 15) zalecany odstęp wynosi 30 cm – oznacza to, że specyficzna długość przewodów rurowych wynosi 3 m na metr kwadratowy powierzchni kolektora (= 3m/m^2).

Przy średnicy DA 25 (DN 20) zalecany odstęp wynosi 50 cm, a specyficzna długość przewodów rurowych 2 m na metr kwadratowy powierzchni kolektora ziemnego (= 2m/m^2).

Liczba kręgów rur wynika z maksymalnej długości poszczególnych kręgów, która wynosi 100 m, specyficznej długości przewodów rurowych i wymaganej całkowitej powierzchni kolektora ziemnego.

$$N_{RK} = \frac{F_E \cdot L_{RL}}{100\ m}$$

N_{RK} liczba kręgów rur
F_E całkowita powierzchnia kolektora
L_{RL} specyficzna długość przewodów rurowych na m^2

Do obliczania wymaganej powierzchni kolektora służy następujący wzór:

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

F_E wymagana całkowita powierzchnia kolektora w m^2
Q_K moc chłodnicza pompy ciepła w W
q_E maksymalna specyficzna względem powierzchni wydajność poboru ciepła w W/m^2

Przykład

Dane dotyczące kompaktowej pompy ciepła Vitocal 333-G BWT 108

Moc grzewcza: 7,8 kW (przy B 0 °C / W 35 °C)
Moc chłodnicza: 6,3 kW (przy B 0 °C / W 35 °C)
Pojemność solanki: 3,9 l
Tryb monowalentny (1 800 h)
Ustalona dla lokalizacji (piasek) wydajność poboru ciepła: 25 W/m^2

Dane te umożliwiają ustalenie całkowitej powierzchni kolektora ziemnego:

Q_K = 6 300 W
q_E = 25 W/m^2
F_E = 6 300 W / 25 W/m^2

Wymagana powierzchnia całkowita kolektora wynosi w zaokrągleniu 250 m^2.

Do budowy odpowiedniej instalacji rurowej wybrano rurę 25 × 2,3 (DA 25).

Na tej podstawie i przy założeniu, że maksymalna długość przewodów rurowych wynosi 100 m, a odstęp między nimi 0,5 m (= specyficzna długość przewodów rurowych 2 m/m^2) dla DA 25 (DN 20), ustalana jest wymagana liczba kręgów rur:

$$N_{RK} = \frac{250\ m^2 \cdot 2\ m/m^2}{100\ m}$$

Liczba kręgów rur wynosi 5.

Rys. C.1.1–3 Odstęp pomiędzy rurami w kolektorach ziemnych

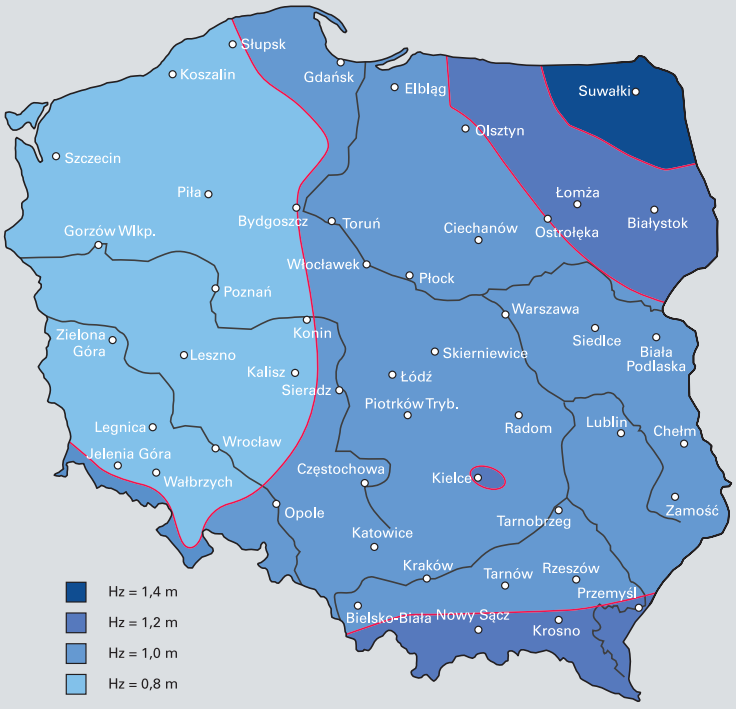
DA	DN	Odstęp pomiędzy rurami cm	Długość rury m/m^2
20	15	30	3
25	20	50	2
32	25	70	1,5

Rys. C.1.1–4 Wydajność poboru ciepła kolektorów ziemnych

Podłoże	Specyficzna wydajność poboru ciepła w ciągu 1800 h	w ciągu 2400 h
Grunt suchy, niespoisty	10 W/m^2	8 W/m^2
Grunt spoisty, wilgotny	20–30 W/m^2	16–24 W/m^2
Piasek, żwir nasycony wodą	40 W/m^2	32 W/m^2

Im bardziej suche jest podłoże, tym mniejsza jest wydajność poboru ciepła kolektorów ziemnych

Rys. C.1.1–5 Strefy przemarzania gruntu w Polsce



Obliczeniowe głebokości przemarzania gruntów w Polsce

C.1.2 Medium nośne ciepła

W celu uniknięcia zakłóceń w działaniu pompy ciepła, w obiegu pierwotnym stosuje się środki przeciw zamarzaniu na bazie glikolu. Muszą one zapewnić ochronę do temperatury –15 °C oraz zawierać odpowiednie inhibitory przeciwdziałające korozji. Gotowe mieszanki gwarantują równomierny rozkład stężenia.

W obiegu pierwotnym zaleca się stosowanie medium „Tyfocor" firmy Viessmann na bazie etylenoglikolu (gotowa mieszanina dla temperatur do –15°C, kolor zielony).

Wymagana ilość medium nośnego

W celu ustalenia wymaganej ilości medium nośnego należy zsumować pojemność poszczególnych sond lub obiegów kolektora ziemnego, przewodów łączących i armatury oraz pompy ciepła.

Poszczególne wartości przedstawiono w tabeli C.1.2-1. W przypadku średnicy rur lub grubości ścianek odbiegających od podanych w tabeli, należy sięgnąć do dokumentacji producenta.

$$V_R = V_{VL} + V_{EK} + V_{WP}$$

V_R wymagana ilość medium nośnego w litrach

V_{VL} pojemność przewodów łączących w litrach

V_{EK} pojemność poszczególnych obiegów kolektora w litrach

V_{WP} pojemność pompy ciepła w litrach

Wskazówka

Przy wyborze medium nośnego należy bezwzględnie przestrzegać zaleceń organu wydającego zezwolenie. Jeżeli organ wydający zgodę dopuszcza stosowanie wyłącznie nośników nie zawierających inhibitorów przeciwdziałających korozji lub stosowanie wyłącznie wody jako medium nośnego, można podjąć następujące działania w celu ochrony instalacji przed działaniem niskich temperatur:

- Zastosowanie dodatkowego rozdzielającego wymiennika ciepła (odpowiednik obiegu pośredniego w pompach ciepła woda/woda)
- Powiększenie powierzchni sondy i napełnienie wodą

Rys. C.1.2–1 Pojemność przewodów rurowych

Średnica zewnętrzna rury × grubość ścianki w mm	DA	DN	Pojemność dla 1 m rury
20 x 2,0	20	15	0,201
25 x 2,3	25	20	0,327
32 x 3,0 (2,9)	32	25	0,531
40 x 2,3	40	32	0,984
40 x 3,7			0,835
50 x 2,9	50	40	1,595
50 x 4,6			1,308
63 x 3,6	63	50	2,445
63 x 5,8			2,070

Przykład

Pojemność przewodów rurowych obejmuje oprócz 5 kręgów rur po 100 m, rura PE 25 × 2,3 (DA 25), również przewód doprowadzający dł. 10 m, rura PE 32 × 3,0 (DA 32).

$V_{EK} = 5 \cdot 100\ m \cdot 0{,}327\ l/m$

$V_{VL} = 10\ m \cdot 0{,}531\ l/m$

$V_{WP} = 3{,}9\ l$

$V_R = 5 \cdot 100\ m \cdot 0{,}327\ l/m + 10\ m \cdot 0{,}531\ l/m + 3{,}9\ l$

Pojemność przewodów rurowych wynosi 172,71 litra.

C.1.3 Natężenie przepływu i spadek ciśnienia w obiegu solanki

Dla efektywności pompy ciepła obok temperatury w obiegu wtórnym bardzo ważne jest właściwe dopasowanie instalacji źródła ciepła, włączając system przewodów rurowych – dotyczy to w szczególności ustalenia natężenia przepływu w obiegu pierwotnym.

Im mniejsza jest różnica temperatur w obiegu solanki, tym wyższa jest temperatura źródła na parowniku – to z kolei podnosi efektywność urządzenia. W przypadku sond i kolektorów ziemnych, do obliczenia natężenia przepływu zaleca się przyjęcie różnicy temperatur na poziomie 3 K – maksymalna dopuszczalna różnica wynosi 5 K.

Przy różnicy temperatur na poziomie 3 K natężenie przepływu dla mieszanki złożonej w 85% z wody i 15% glikolu wynosi 184 l/h.

Wartość ta wskazuje na znaczenie utrzymania możliwie niewielkiego spadku ciśnienia w obiegu pierwotnym dla całościowej efektywności instalacji.

Przykład

Moc chłodnicza pompy ciepła:
6,3 kW (przy B 0°C / W 35°C)

Wielkość przepływu
w obiegu solanki = 6,3 kW · 184 l/(h · kW)

Całkowite natężenie przepływu w obiegu solanki wynosi w zaokrągleniu 1 160 l/h.

Jeżeli znane jest całkowite natężenie przepływu i liczba sond ziemnych lub kręgów kolektora ziemnego, możliwe jest ustalenie za pomocą odpowiednich diagramów całkowitego spadku ciśnienia.

Całkowity spadek ciśnienia wynika z sumy spadku ciśnienia w rurze doprowadzającej i jednym z równoległych kręgów rur.

$$\Delta p = \Delta p_{doprowadzenie} + \Delta p_{krąg\ rur}$$

Δp	Całkowity spadek ciśnienia w mbar
$\Delta p_{doprowadzenie}$	Spadek ciśnienia w rurze doprowadzającej w mbar
$\Delta p_{krąg\ rur}$	Spadek ciśnienia w kręgu rur w mbar

Przykład

Całkowite natężenie przepływu w obiegu solanki wynosi 1 160 l/h. Natężenie przepływu w pojedynczym kręgu rur wynosi, przy 5 kręgach ułożonych równolegle, po 100 m przewodu PE 25 × 2,3 (DA 25) każdy, 1 165/5 = 232 l/h

Spadek ciśnienia w rurze doprowadzającej:
10 m przewodu doprowadzającego PE 32 × 3,0 (DA 32), opór na m: 3,0 mbar, razem 30,0 mbar

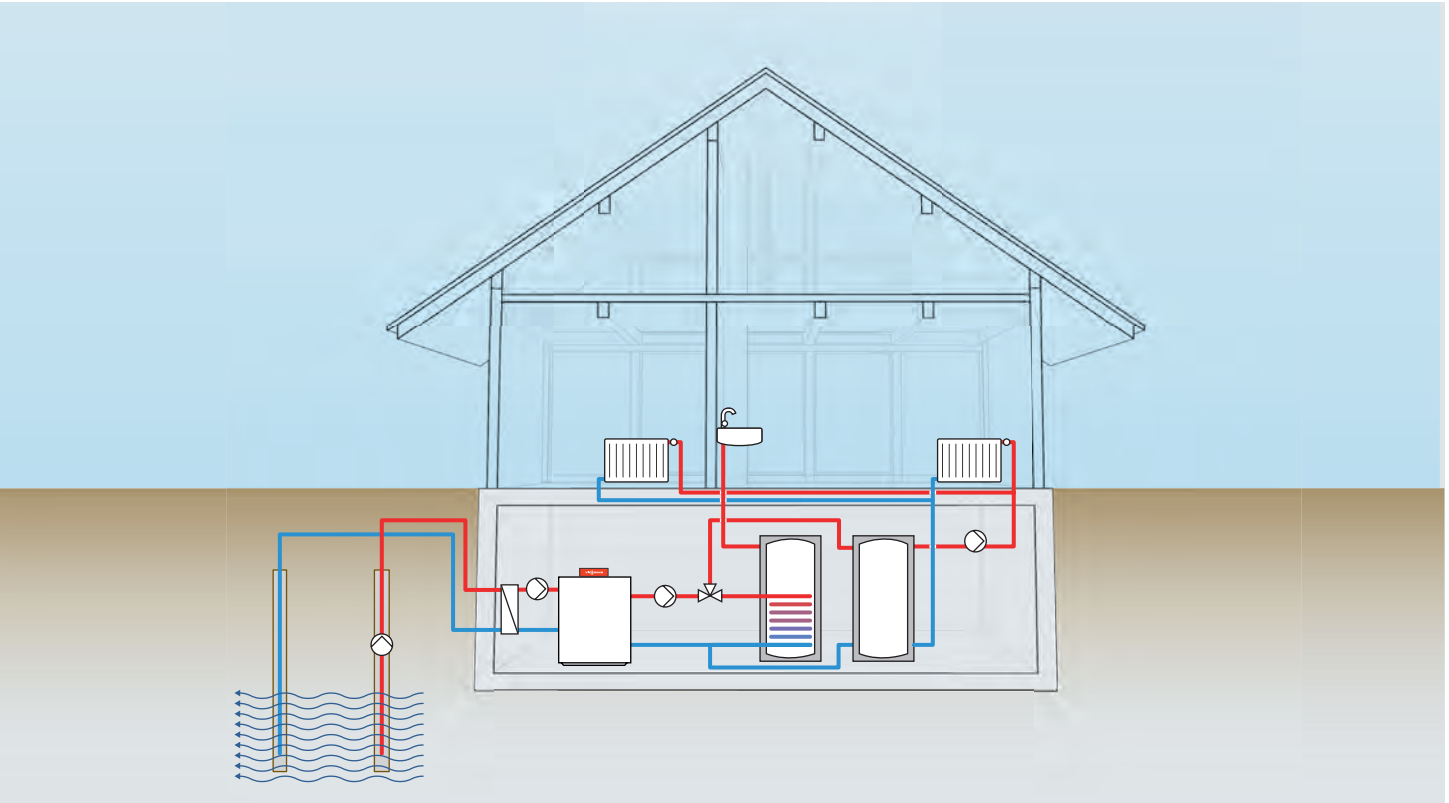
Spadek ciśnienia w kręgu rur:
100 m przewodu PE 25 × 2,3 (DA 25), natężenie przepływu 232 l/h, opór na m: 0,7 mbar, razem 70,0 mbar

Δp = 70,0 mbar + 30,0 mbar

Całkowity spadek ciśnienia wynosi 100 mbar.

W przypadku pomp ciepła z wbudowaną pompą solanki, należy porównać ustalony spadek ciśnienia z dopuszczalnym spadkiem ciśnienia w obiegu pierwotnym. Informacja na ten temat znajduje się w karcie danych urządzenia.

W przypadku pompy ciepła bez wbudowanej pompy solanki, ustalona wartość spadku ciśnienia i natężenia przepływu służą do dostosowania pompy zewnętrznej. Dodatkowo należy uwzględnić spadek ciśnienia po stronie parownika pompy ciepła. Również ta informacja znajduje się w karcie danych urządzenia.



Pompy ciepła woda/woda

Oprócz wody gruntowej pierwotnym źródłem energii może być również woda chłodnicza. Wody powierzchniowe mogą być wykorzystane jako bezpośrednie źródło ciepła tylko w rzadkich przypadkach. Na uwagę zasługuje jakość wody, dlatego zaleca się stosowanie obiegu pośredniego.

Woda gruntowa jest przez cały rok źródłem stałej temperatury na poziomie od 7°C do 12°C. Jest ona pobierana za pośrednictwem studni zasilającej i transportowana do pompy ciepła. Po pobraniu ciepła, schłodzona woda jest odprowadzana za pośrednictwem studni zrzutowej z powrotem do gruntu.

Przy korzystaniu z wody powierzchniowej należy pamiętać, że jej temperatura ulega silniejszym wahaniom za sprawą pór roku. Bez względu na rodzaj pochodzenia wody zasadą jest, że na jej wykorzystanie potrzebna jest zgoda odpowiedniego organu, zazwyczaj urzędu gminy.

Ponieważ jakość wody jest różna, w celu ochrony płytowych wymienników ciepła, znajdujących się wewnątrz pompy ciepła, zaleca się stosowanie wymienników ciepła w obiegu pośrednim. Tu sprawdzają się skręcane wymienniki ciepła ze stali szlachetnej.

C.2.1 Woda gruntowa

W przypadku bezpośredniego wykorzystywania wody gruntowej jako źródła ciepła konieczne są przynajmniej dwie studnie. Projekt i wykonanie tego typu studni powinno zostać przeprowadzone przez zarejestrowaną firmę specjalizującą się w projektowaniu i wierceniu studni. Zgodnie z ustawą o gospodarce wodnej, na korzystanie z wód gruntowych należy posiadać odpowiednie zezwolenie.

Dzięki wysokiej temperaturze pierwotnej, przy należytym projekcie i wykonaniu pompy ciepła typu woda-woda osiągają bardzo wysokie roczne wartości pracy. Na etapie planowania należy jednak uwzględnić różnorodne czynniki:

- Czy woda gruntowa jest dostępna w wystarczającej ilości? Do dyspozycji powinno być stale 205 l/h na kW mocy chłodzenia. Ilość ta powinna zostać potwierdzona testem pompy.
- Maksymalne wahania temperatury wody gruntowej nie powinny przekraczać +/– 6K.
- Należy wziąć pod uwagę skład chemiczny i jakość wody (przewodność elektryczna, zawartość tlenu, żelaza i manganu). W zależności od składu chemicznego istnieje niebezpieczeństwo korozji rur i części instalacji, jak również niebezpieczeństwo odkładania się żelaza studni ssącej i chłonnej. Z tego względu zdecydowanie zalecana jest analiza chemiczna wody gruntowej.

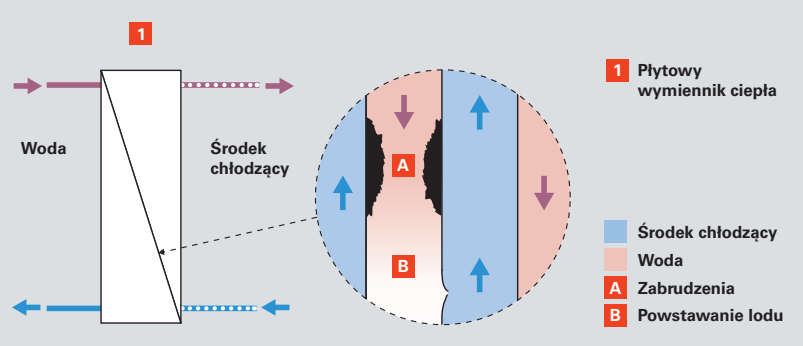
Rozpiętość temperatury w obiegu pierwotnym, podobnie jak w przypadku pomp ciepła solanka/woda, jest bardzo istotna dla efektywności całego systemu. Z powodu nieco wyższej temperatury źródłowej, w przypadku wody jako źródła pierwotnego, zalecany jest strumień objętości na bazie różnicy temperatury wynoszącej 3 K, maksymalna dopuszczalna wartość różnicy temperatury wynos 6K.

W żadnym wypadku nie wolno przekraczać tej maksymalnej wartości. W zimie należy założyć temperaturę wody gruntowej wynoszącą 8°C, wyższe wartości różnicy temperatur mogłyby więc prowadzić do zamarzania wymiennika ciepła.

Obieg pośredni

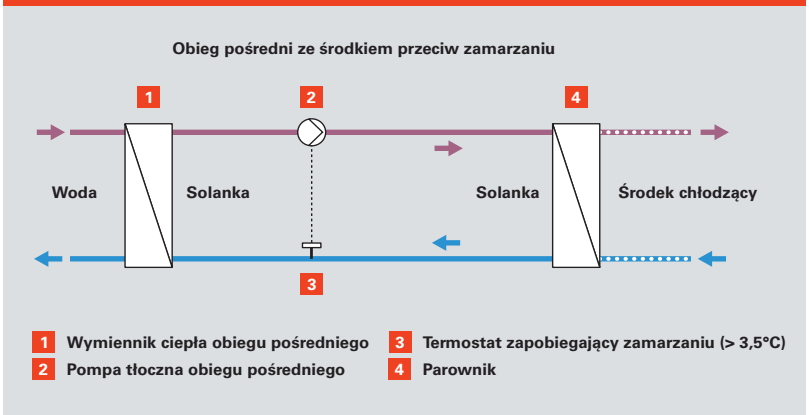
W obecnie produkowanych pompach ciepła na stałe przyjęły się płytowe lutowane wymienniki ciepła, stosowane do przekazywania ciepła z obiegu pierwotnego do obiegu chłodniczego. Wymienniki te wystawione są na wysokie obciążenia energetyczne, znajdując się w stałym kontakcie z danym źródłem ciepła w obiegu pierwotnym. W przypadku pomp ciepła woda-woda źródłem pierwotnym jest woda, w której rozpuszczone są najróżniejsze związki chemiczne. Dlatego też, jak wspomniano powyżej, istnieje wysokie ryzyko korozji i powstawania osadów, zarówno w przypadku miedzianych lutowanych płytowych wymienników ciepła, jak również tych spawanych, wykonanych ze stali szlachetnej oraz lutowanych niklowanych.

Rys. C.2.1–1 Zagrożenie dla płytowego wymiennika ciepła



Miejscowe zanieczyszczenia, poprzez swoje tamujące działanie, powodują częściowe zamarzanie wody pod warstwą osadu. W ten sposób zmniejsza się prędkość strumienia, temperatura wody spada poniżej punktu zamarzania i tworzą się korki lodowe. Może to prowadzić do rozsadzenia wymiennika ciepła, co z kolei pociąga za sobą nieodwracalne uszkodzenia obiegu chłodzenia.

Rys. C.2.1–2 Wymiennik ciepła obiegu pośredniego



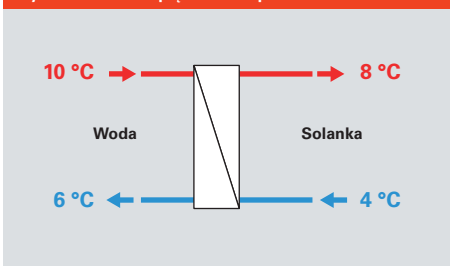
O rzeczywistym potencjale zagrożeń związanych z powstawaniem osadów i korozji decyduje ostatecznie jakość wody. Tak więc obieg pośredni gwarantuje wysokie bezpieczeństwo pracy instalacji – również dlatego, że jakość wody może ulegać zmianie przez cały okres użytkowania instalacji.

W celu skalkulowania wymiennika ciepła obiegu pośredniego zalecane są rozpiętości temperatur pomiędzy 6°C a 10°C (woda) lub pomiędzy 4°C a 8°C (inny nośnik ciepła). Moc przekazu uzależniona jest od mocy chłodzenia zgodnie z kartą danych.

W celu właściwego doboru pompy tłocznej obiegu pośredniego należy ustalić strumień objętości, wynikający z mocy chłodzenia pompy ciepła. Ponadto należy uwzględnić sumę strat ciśnienia wymiennika ciepła obiegu pośredniego, wymiennika ciepła parownika jak również orurowania obiegu pośredniego.

Te zalecane rozpiętości temperatur stanowią podstawę konstrukcji wymiennika ciepła obiegu pośredniego

Rys. C.2.1–3 Rozpiętości temperatur

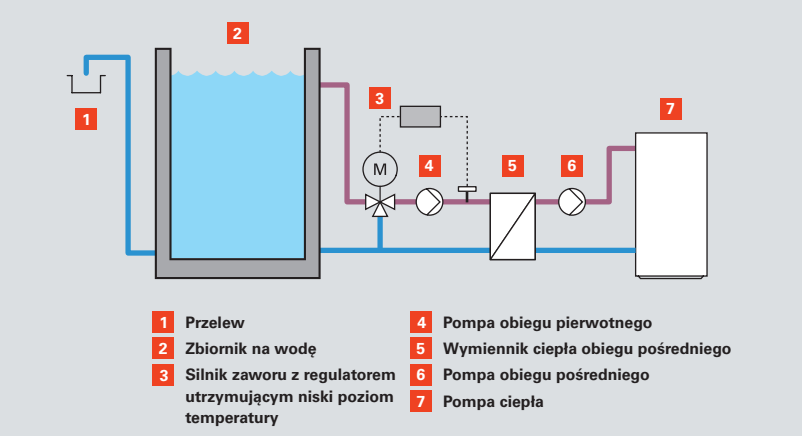


C.2.2 Woda chłodząca

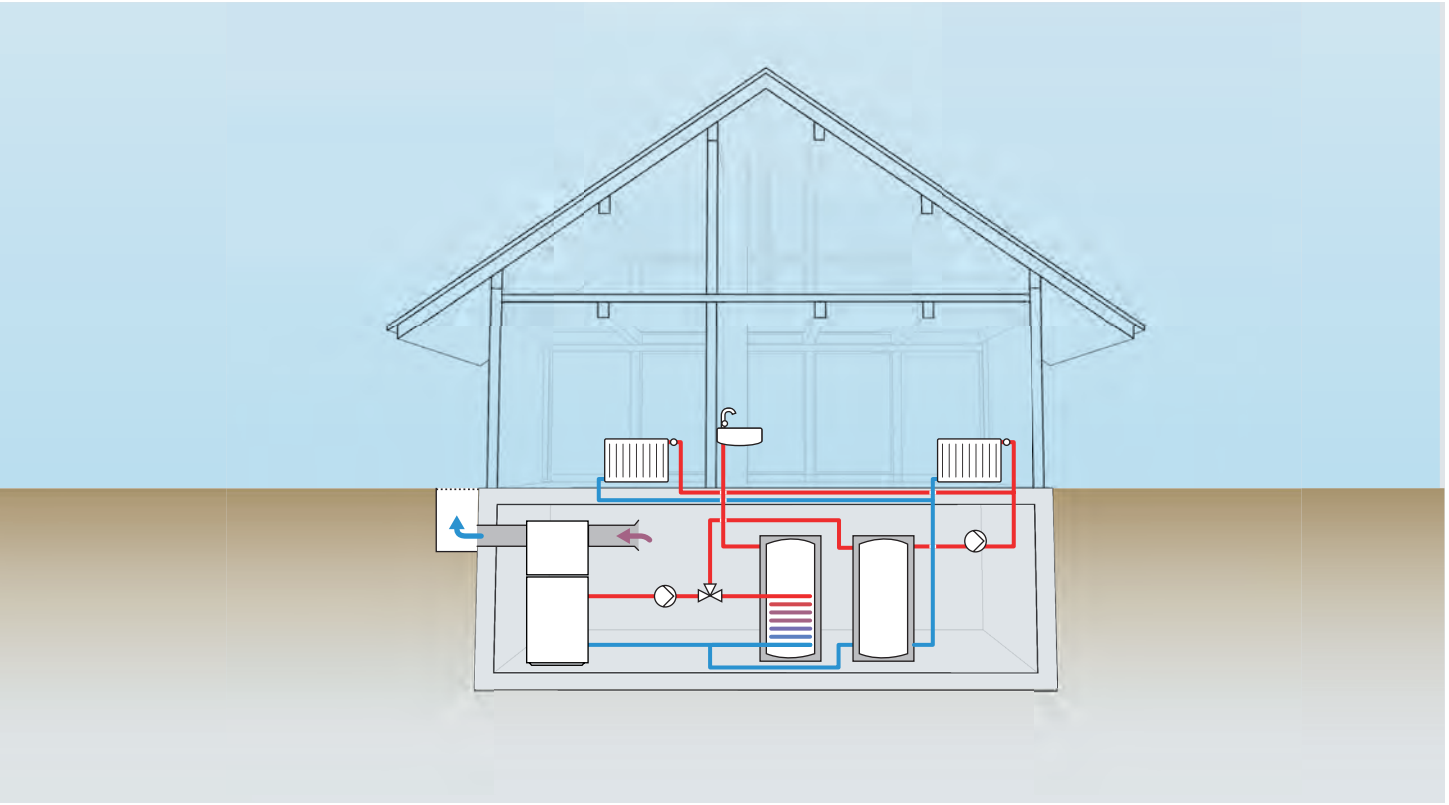
W przypadku zastosowania wody chłodzącej jako źródła ciepła, należy przestrzegać następujących zasad:

- Dostępna ilość wody musi odpowiadać przynajmniej poziomowi minimalnego strumienia objętości.
- Należy unikać przekroczenia maksymalnej temperatury pierwotnej wynoszącej 25°C. Umożliwi to zastosowanie termostatu utrzymującego niski poziom temperatury.
- Również tutaj zalecane jest zastosowanie obiegu pośredniego.

Rys. C.2.2–1 Woda chłodząca jako źródło ciepła



W przypadku wykorzystywania wody chłodzącej jako źródła ciepła, powinna zostać ograniczona temperatura w obiegu pierwotnym.



Pompy ciepła typu powietrze/woda

Wykorzystywanie powietrza jako źródła ciepła wymaga najmniejszego wysiłku. Powietrze jest zasysane, chłodzone w parowniku pompy ciepła, a następnie ponownie oddawane do otoczenia.

Powietrze jako źródło pierwotne ma dwie cechy, na które należy szczególnie zwracać uwagę przy projektowaniu pompy ciepła typu powietrze/woda i które zostaną szczegółowo zaprezentowane w tym rozdziale.

Po pierwsze latem jest ono cieplejsze niż zimą, co wpływa na moc i efektywność urządzenia. Po drugie niezbędne w urządzeniu wentylatory wydają odgłosy, w związku z którymi niezbędna jest ocena miejsca usytuowania instalacji pod względem akustycznym.

C.3.1. Pompy ciepła powietrze/woda z nieregulowaną sprężarką

W zakresie ogrzewania budynków stosowane są zarówno pompy ciepła wyposażone w sprężarki z możliwością regulacji mocy, jak również bez takiej regulacji.

W określonych warunkach pracy nieregulowane sprężarki, typu Fixspeed osiągają lepsze roczne wartości pracy. Przy stałych temperaturach źródłowych (jak na przykład powietrze odprowadzane) lub przy wysokim zapotrzebowaniu na ciepło latem (na przykład przy ogrzewaniu basenu odkrytego), można zrezygnować z zastosowania regulowanych sprężarek. Jednakże aby być wykorzystywane efektywnie, pompy ciepła z nieregulowaną sprężarką do ogrzewania budynków wymagają z reguły dodatkowo zbiornika buforowego. Więcej na temat konstrukcji tego typu zbiorników, patrz rozdział D.2.2.

C.3.2 Projektowanie

C.3.2.1 Moc pompy ciepła

Przy wykorzystaniu powietrza jako źródła ciepła należy uwzględnić fakt, że moc grzewcza pompy wzrasta wraz ze wzrostem temperatury otoczenia oraz spada wraz ze spadkiem tej temperatury. Dla monowalentnego trybu pracy konieczna byłaby zatem bardzo duża instalacja. To zaś oznaczałoby, że zainstalowana pompa ciepła przez większość swojego czasu pracy byłaby zbyt duża. Dlatego też pompy ciepła typu powietrze-woda w większości pracują w trybie biwalentnym. Punkt biwalencyjny powinien leżeć pomiędzy –3°C a –10°C temperatury otoczenia, tak aby pompa ciepła mogła pokryć jak największą część zapotrzebowania swojego rocznego czasu pracy (patrz rozdział D).

W idealnym przypadku obciążenie cieplne budynku przy danej normalnej temperaturze zewnętrznej powinno być zaspokajane przez pompę ciepła na idealnym odpowiednim poziomie. Chociaż ustalone poziomy mocy pomp ciepła Viessmann są bardzo wąskie, to idealne dostosowanie urządzenia do danego obciążenia cieplnego jest rzadko możliwe. Możliwe do ustawienia poziomy mocy znajdują się więc zwykle nieco powyżej lub poniżej danego obciążenia cieplnego.

W celu odpowiedniego doboru w pierwszej kolejności powinna zostać zatem wybrana pompa ciepła, której moc leży poniżej obciążenia cieplnego danego budynku. Następnie drogą symulacji ustalany jest udział dogrzewania. Norma DIN EN15450 ogranicza poziom dogrzewania elektrycznego do maks. 5%. Jeżeli wynik znajdzie się poniżej tego poziomu, można kontynuować projektowanie instalacji z wybraną pompą ciepła.

Przykład:

Obciążenie grzewcze budynku:	15 kW
Normatywna temperatura zewnętrzna:	–14°C
Temperatura systemowa:	45/35°C

Symulacja z urządzeniem o mocy 14 kW wykazuje udział elektrycznego dogrzewania w rocznym okresie pracy na poziomie 2%

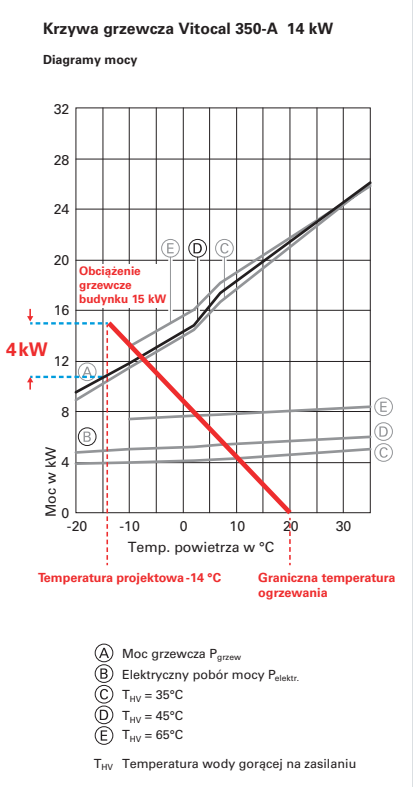
Za pomocą programu symulacyjnego możliwe jest ponadto wyliczenie konicznej mocy dogrzewania elektrycznego. Sposób wyliczenia może zobrazować diagram mocy pompy ciepła, na którym przedstawiona jest zależność mocy od temperatury źródłowej i temperatury zasilania.

Przykład

Na diagramie pompy ciepła o mocy 14 kW zaznaczono krzywą obciążenia grzewczego przykładowego budynku.

Obciążenie grzewcze w obszarze temperatur po lewej od punktu przecięcia obu krzywych nie może już zostać pokryte przy pomocy tej pompy.

Z tego przykładu wynikają ok. 4 kW, które musiałby dostarczyć drugi generator ciepła.



Jeżeli pompa wykorzystywana jest latem do podgrzewu wody użytkowej, w celu ustalenia maksymalnej mocy zakładana jest temperatura powietrza wynosząca 35°C. Przy takim sposobie projektowania można liczyć na różnice temperatur o wartości 10 K.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta t$$

$\dot{Q}$ Moc pompy ciepła w W
$\dot{m}$ Strumień objętości w l/h
c Wydajność cieplna (wody) w Wh/(kg·K)
Δt Rozpiętość temperatury w K

Wzór ten zostaje w następujący sposób przekształcony w celu obliczenia maksymalnego strumienia objętości:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t}$$

Przykład

Moc grzewcza pompy ciepła o mocy 14 kW (przy A 35°C/W 65°C) wynosi maksymalnie 26 kW.

Dla przewodów łączących oznacza to:
Moc pompy ciepła: 26 kW
Rozpiętość temperatur: 10 K

$\dot{Q}$ = 26 000 W
c = 1,16 Wh/(kg·K)
Δt = 10 K

$$\dot{m} = \frac{26\,000\ \text{W}}{1{,}16\ \text{Wh/(kg·K)} \cdot 10\ \text{K}} = 2\,241\ \text{l/h}$$

Przewody rurowe muszą zatem zostać zaprojektowane stosownie do strumienia objętości wynoszącego 2 200 l/h.

C.3.2.2 Wymiarowanie przewodów łączących

Jak wiadomo, moc pomp ciepła typu powietrze-woda uzależniona jest od temperatury zewnętrznej. Z tego względu przewody łączące pompę z systemem grzewczym muszą zostać zaprojektowane szczególnie starannie. Oznacza to, iż przewody hydrauliczne, łączące pompę z systemem ogrzewania powinny zostać w odniesieniu do punktu maksymalnej możliwej mocy grzewczej pompy ciepła. Należy się upewnić, że moc grzewcza wytworzona przez pompę ciepła w bezpieczny sposób zostanie przekazana do podłączonego systemu.

Ponadto przy projektowaniu pomp ciepła typu powietrze-woda bardzo istotne jest rozróżnienie pomp ciepła instalowanych na zewnątrz od tych umieszczanych w pomieszczeniu. W przypadku zewnętrznych pomp ciepła należy przede wszystkim uwzględnić rozchodzenie się dźwięku w otoczeniu, w przypadku pomp wewnętrznych – system wentylacyjny.

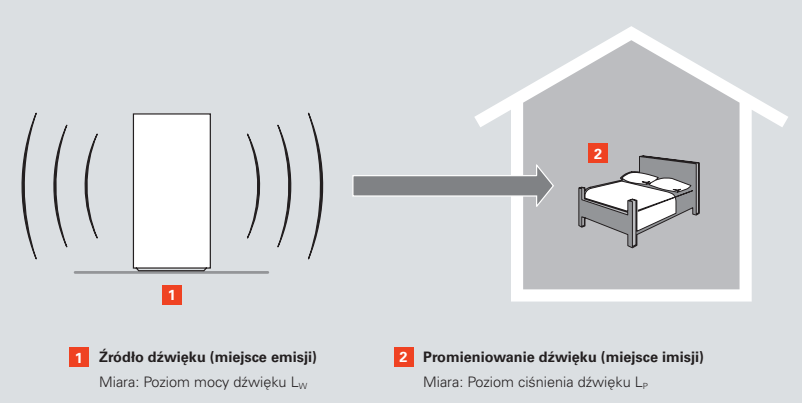
C.3.3 Projektowanie akustyczne

Ocena akustyczna generatorów ciepła i systemów jego rozprowadzania w ramach technologii budowlanej w ostatnich latach znacznie zyskała na znaczeniu. Ze względu na komfort użytkowników unika się wszelkich odgłosów przepływu wody w rurach oraz dźwięków materiałowych, wytwarzanych przez pompy i inne agregaty. Pod tym względem instalacje pomp ciepła nie różnią się niczym od innych generatorów ciepła.

W przypadku wykorzystywania powietrza jako źródła pierwotnego, wentylator jest elementem konstrukcji urządzenia, którego emisje dźwięków wymagają szczególnego uwzględnienia na etapie planowania, zwłaszcza w przypadku zewnętrznych pomp ciepła.

Poziom mocy dźwięku – L_W – oznacza całkowitą emisję dźwięku pompy ciepła, rozchodzącą się we wszystkie strony, niezależnie od warunków otoczenia (odbicia). Poziom mocy dźwięku ustalany jest w warunkach laboratoryjnych i stanowi kryterium oceny pomp ciepła w procesie ich bezpośredniego porównywania.

Rys. C.3.3–1 Poziom ciśnienia dźwięku i poziom mocy dźwięku



Poziom mocy dźwięku opisuje źródło dźwięku, a poziom ciśnienia dźwięku opisuje efekt odczuwalny w uchu.

Poziom ciśnienia dźwięku – L_p – jest miarą, służącą orientacji w odniesieniu do siły dźwięku odczuwalnej w określonym miejscu. Oznacza ona mniej więcej to, co „dobiega" do naszych uszu. Na poziom ciśnienia dźwięku zasadniczo wpływają: odległość od źródła dźwięku oraz warunki otoczenia. Ciśnienie dźwięku można zmierzyć na miejscu – stanowi ono kryterium oceny imisji dźwięku poszczególnych urządzeń na miejscu instalacji. Dostarcza również wskazówek dotyczących odpowiedniego umiejscowienia pompy.

Rys. C.3.3–2 Wartości progowe hałasu

Lp.	Przeznaczenie terenu	Wartość progowa poziomu hałasu wyrażona równoważnym poziomem dźwięku A w dB			
		drogi lub linie kolejowe*		pozostałe obiekty i grupy źródeł hałasu	
		pora dnia (przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom)	pora nocy (przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom)	pora dnia (przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia, kolejno po sobie następującym)	pora nocy (przedział czasu odniesienia równy jednej, najmniej korzystnej godzinie nocy)
1	Obszary A ochrony uzdrowiskowej	60	50	50	45
2	Tereny wypoczynkowo-rekreacyjne poza miastem	60	50	–	–
3	Tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży Tereny zabudowy szpitalnej i domów opieki społecznej	65	60	60	50
4	Tereny zabudowy mieszkaniowej	75	67	67	57

* Wartości określone dla dróg i linii kolejowych stosuje się także dla torowisk tramwajowych poza pasem drogowym.

Lp.	Przeznaczenie terenu	Wartość progowa poziomu hałasu dla startów, lądowań i przelotów statków powietrznych, wyrażona równoważnym poziomem dźwięku A w dB	
		długotrwały, średni poziom dźwięku A, dla długotrwałego przedziału czasu trwającego 6 miesięcy, najmniej korzystnych pod względem akustycznym	
		pora dnia (przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom)	pora nocy (przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom)
1	Obszary A ochrony uzdrowiskowej Tereny zabudowy szpitalnej, domów opieki społecznej oraz zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży	65	55
2	Tereny zabudowy mieszkaniowej Tereny wypoczynkowo-rekreacyjne poza miastem	70	60

Zgodnie z PN-B-02151

Wskazówka

Jeżeli ustalony poziom ciśnienia dźwięku pompy ciepła zbliża się do dopuszczalnych wskaźników TA-Lärm o ponad 3 dB (A), konieczne jest przeprowadzenie dokładniejszej prognozy imisji hałasu (konsultacja akustyczna).

Sprężarkowe pompy ciepła wytwarzają w trybie pracy dźwięki, które mogą mieć konsekwencje dla wyboru miejsca usytuowania pompy. Dlatego też, zwłaszcza w przypadku zewnętrznych pomp ciepła, konieczne jest staranne zaplanowani miejsca usytuowania pompy. Informacje o poziomach mocy dźwięku poszczególnych urządzeń zawarte są w specyfikacjach technicznych ich producentów.

W przypadku pomp ciepła instalowanych na zewnątrz, pomiarowi poddawane są imisje dźwięków pomieszczeń najsilniej na nie narażonych i wymagających ochrony. Dla precyzyjnego ustalenia tych wartości miarodajne są imisje dźwięków na zewnątrz budynku, w odległości 0,5 m od środka otwartego okna. Wskaźniki, których nie należy przekraczać, określa Polska Norma PN-B-02151 (Norma akustyczna).

Zgodnie z Polską Normą PN-B-02151 pomieszczeniami wymagającymi ochrony przed hałasem, są:

- pokoje dzienne i sypialnie
- pokoje dziecięce
- gabinety/biura
- sale lekcyjne i seminaryjne

W celu akustycznej oceny planowanego miejsca usytuowania pompy ciepła należy obliczyć spodziewane poziomy ciśnienia dźwięku w pomieszczeniach wymagających ochrony przed hałasem.

Przy pomocy poniższego wzoru można wyliczyć przybliżoną wartość poziomu ciśnienia dźwięku na podstawie wartości poziomu mocy dźwięku urządzenia, warunków usytuowania pompy oraz odległości od danego pomieszczenia wymagającego ochrony przed hałasem.

$$L_P = L_W + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$

L_P Poziom ciśnienia dźwięku przy odbiorcy (wskaźnik według TA Lärm)
L_W Poziom mocy dźwięku przy źródle dźwięku (Podane w karcie danych technicznych)
Q Współczynnik kierunkowości
r Odległość pomiędzy odbiorcą a źródłem dźwięku

Rys. C.3.3–3 Współczynniki kierunkowe

Współczynnik kierunkowości Q

Wraz ze wzrostem liczby pionowych powierzchni w sąsiedztwie urządzenia (np. ściany) wzrasta poziom ciśnienia dźwięku w stosunku do ustawienia urządzenia na otwartej przestrzeni.

Q = 2 **Ustawienie na otwartej przestrzeni** (rozchodzenie się fal w formie półokręgu)

Q = 4 **Ustawienie przy ścianie zewnętrznej budynku** (rozchodzenie się fal w jednej czwartej całkowitej przestrzeni)

Q = 8 **Ustawienie przy ścianie zewnętrznej budynku, przy wnęce fasady** (rozchodzenie się fal na jednej ósmej powierzchni)

Ustalenie poziomu ciśnienia dźwięku na podstawie poziomu mocy dźwięku

Rys. C.3.3–4 Odległość od źródła dźwięku

Współczynnik kierunkowości Q	Odległość od źródła dźwięku w m								
	1	2	4	5	6	8	10	12	15
	Poziom ciśnienia dźwięku L_P w odniesieniu do poziomu mocy dźwięku L_W przy urządzeniu w dB(A)								
2	-8	-14	-20	-22	-23,5	-26	-28	-29,5	-31,5
4	-5	-11	-17	-19	-20,5	-23	-25	-26,5	-28,5
8	-2	-8	-14	-16	-17,5	-20	-22	-23,5	-25,5

Przykład

Wybrana pompa ciepła 14 kW

Ustawienie urządzenia przy ścianie budynku skutkuje zaistnieniem czynnika kierunkowego Q4. Dom znajduje się na ogólnym terenie mieszkalnym zgodnie z lokalnym planem zagospodarowania, gdzie dopuszczalna wartość imisji przy odbiorcy wynosi w dzień 55 dB(A), a w nocy 40 dB(A).

Moc dźwięku według karty danych:

Vitocal 350-A Typ	14 kW
Poziom mocy dźwięku L_W	
– poziom wentylatora 1	56 dB(A)
– poziom wentylatora 2	57 dB(A)
– poziom wentylatora 1	59 dB(A)

W celu ustalenia minimalnej odległości od pomieszczenia wymagającego ochrony przed hałasem uwzględniany jest poziom mocy dźwięku przy poziomie pracy wentylatora 3 (59 dB(A)) przy ustawieniu urządzenia dla Q4.

Zmniejszenie poziomu ciśnienia dźwięku poprzez zmiany odległości (zgodnie z rys. C.3.3-4)

W dzień
Przy 1 m odległości poziom ciśnienia dźwięku zmniejsza się o 5 dB(A).

59 db(A) – 5 db(A) < 55 db(A)

Pompa ciepła może zostać usytuowana w odległości 1 m od pomieszczenia wymagającego ochrony przed hałasem.

W nocy
Przy 5 m odległości poziom ciśnienia dźwięku zmniejsza się o 19 dB(A).

59 db(A) – 19 db(A) = 40 db(A)

Pompa ciepła może zostać usytuowana w odległości 5 m od pomieszczenia wymagającego ochrony przed hałasem.

Czynnik kierunkowy Q uwzględnia przestrzenne warunki promieniowana przy źródle dźwięku. Jeżeli źródło dźwięku znajduje się na przestrzeni całkowicie otwartej, fale dźwiękowe rozchodzą się w powietrzu we wszystkich kierunkach, kuliście, w równym stopniu. W takim przypadku współczynnik kierunkowości wynosi Q=1.

Jeżeli źródło dźwięku stoi na podłożu, fale dźwiękowe mogą rozchodzić się już tylko w kształcie półkuli, a współczynnik kierunkowości wynosi w tym przypadku Q=2. Im bardziej ostry kąt rozchodzenia się fal (ćwierć lub jedna ósma przestrzeni) tym wyższy jest współczynnik kierunkowości oraz poziom dźwięku przy odbiorcy.

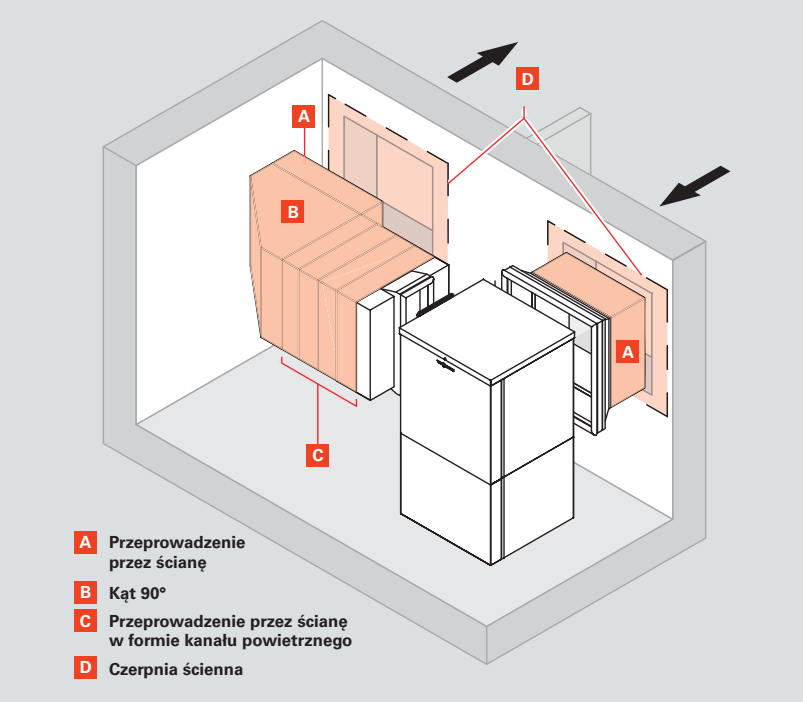
Poziom ciśnienia dźwięku w pomieszczeniach wymagających ochrony przed hałasem zmniejsza się (wychodząc od ustalonego poziomu mocy dźwięku przy urządzeniu) zatem w zależności od odległości oraz współczynnika kierunkowości.

Regulator Viessmann daje możliwość obniżenia poziomu pracy w nocy. Jeżeli funkcja ta zostanie wybrana, można założyć wartość mocy dźwięku odpowiadającą poziomowi pracy wentylatora 2.

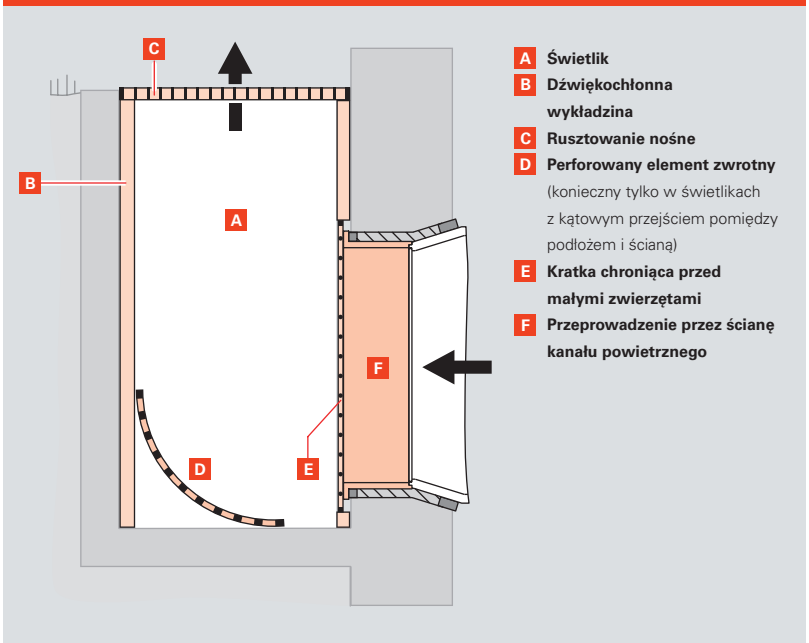
W celu prostego ustalenia poziomu ciśnienia dźwięku oraz minimalnych dopuszczalnych odległości, można skorzystać z tabeli na rys. C.3.3-4 lub z systemu doboru parametrów Viessmann (patrz rys. C.3.3-5).

Więcej informacji na temat systemu doboru parametrów Viessmann znajdą Państwo w rozdziale D.

Rys. C.3.4–1 Przepływ powietrza przy wewnętrznym usytuowaniu pompy



Rys. C.3.4–2 Przepływ powietrza przez świetlik



C.3.4 Przepływ powietrza w wewnętrznych pompach ciepła typu powietrze-woda

W wewnętrznych pompach ciepła powietrze-woda powietrze zewnętrzne, służące pompie jako źródło ciepła doprowadzane jest do niej systemem kanałów. Z tego względu konieczne jest przeprowadzenie obliczenia strat ciśnienia w systemie kanałów.

W kartach danych technicznych pompy ciepła podana jest maksymalna wartość strat ciśnienia, jaką może zniwelować wentylator. Na podstawie tej wartości należy skontrolować planowany system kanałów.

Straty ciśnienia kanałów przepływu powietrza uzależnione są od strumienia objętości powietrza, w kartach danych elementów konstrukcji poszczególnym typom pomp ciepła przyporządkowane są poszczególne wartości oporów powietrza.

$$\Delta p < \Delta p_{verf}$$

Δp Łączna strata ciśnienia w Pa

Δp_{verf} Dopuszczalna wartość straty ciśnienia w Pa

$$\Delta p = \sum \Delta p1 + \sum \Delta p2 + \sum \Delta p3$$

$\sum \Delta p1$ Suma jednostkowych wartości oporu Przeprowadzenie przez ścianę

$\sum \Delta p2$ Suma jednostkowych wartości oporu Kąt 90°

$\sum \Delta p3$ Suma jednostkowych wartości oporu Czerpnia ścienna

W przypadku umiejscowienia połączeń kanałów powietrznych poniżej poziomu gruntu należy zwrócić uwagę na wystarczające przekroje kanałów, aby zminimalizować odgłosy przepływu powietrza. Z tego względu zalecane jest, aby w przypadku przepływu powietrza świetlikiem powietrznym, zwrócić szczególną uwagę na układ zapewniający korzystny opływ (patrz rys. C.3.4-2).

Przykład

Pompa ciepła 14 kW, wewnętrzna

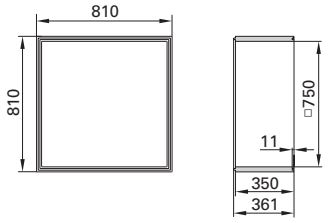
Wartość maksymalnej dopuszczalnej straty ciśnienia, zawarta w karcie danych wynosi 45 Pa.

W celu doprowadzenia powietrza konieczny jest kanał o łacznej długości 3,5 metra.

Kanał zostanie złożony z:

- 10 elementów przeprowadzających przez ścianę o wymiarach 0,35 m = 3,5 m
- kąta 90°
- dwóch czerpni ściennych

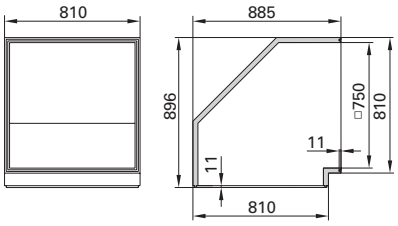
Element przeprowadzający przez ścianę, prosty



Strata ciśnienia na metr kanału

	Vitocal 350-A 14 kW
Strumień obj. powietrza	4000 m³/h
Strata ciśnienia	0,07 Pa

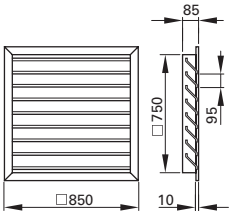
Kanał powietrzny, kąt 90°



Strata ciśnienia na kąt 90°

	Vitocal 350-A 14 kW
Strumień obj. powietrza	4000 m³/h
Strata ciśnienia	2,0 Pa

Czerpnia ścienna



Strata ciśnienia

	Vitocal 350-A 14 kW
Strumień obj. powietrza	4000 m³/h
Strata ciśnienia	20 Pa

Pompa ciepła 350-A, Moc 14 kW

Strumień objętości	4000 m^3/h
Dopuszczalna strata ciśnienia Δp_{verf}	45 Pa
Opór na metr elementu przeprowadzającego przez ścianę:	0,07 Pa
Opór na powietrzny, kąt 90°:	2,0 Pa
Jednostkowa wartość oporu powietrza na czerpnię ścienną:	20 Pa

Łączna strata ciśnienia

$\Delta p = 3{,}5 \cdot 0{,}07\ Pa + 2{,}0\ Pa + 2 \cdot 20\ Pa = 42{,}245\ Pa$

$\Delta p < \Delta p_{verf}$

Projektowany system kanałów może zostać połączony z wybranym urządzeniem.

VITOCAL 300

D Projektowanie instalacji

Po prezentacji różnorodnych źródeł energii dla pomp ciepła, w tym rozdziale skoncentrujemy się na ich współdziałaniu z innymi komponentami. Dopiero właściwy projekt całej instalacji czyni bowiem z efektywnych urządzeń efektywny system.

Efektywność w technologii ogrzewania domu można osiągnąć dzięki optymalnemu współdziałaniu wykorzystanych komponentów. Projekt i budowa systemu grzewczego muszą więc pod tym względem spełniać w zasadzie trzy warunki: gwarantować komfort użytkowników, posiadać bezpieczny sposób pracy oraz wymagać jak najmniejszego wykorzystania energii pierwotnej i pomocniczej.

W tym rozdziale projektanci i instalatorzy znajdą informacje, które są ważne dla właściwego doboru urządzeń i warunków pracy, tak aby możliwe było znaczące wpływanie na efektywność całego systemu od strony pompy ciepła. Na końcu rozdziału znajdują się bliższe informacje na temat wsparcia, jakie Viessmann oferuje swoim partnerom.

82 D.1 Tryby pracy

83 D.1.1 Monowalentny tryb pracy
83 D.1.2 Biwalentny tryb pracy
85 D.1.3 Instalacje kaskadowe
86 D.1.4 Układy złożone

88 D.2 Obieg wtórny

89 D.2.1 Podgrzew ciepłej wody użytkowej
102 D.2.2 Tryb ogrzewania
107 D.2.3 Chłodzenie

112 D.3 Dobór pompy ciepła i wskazówki projektowe

113 D.3.1 Określenie mocy pompy ciepła
114 D.3.2 Materiały pomocnicze do projektowania instalacji pomp ciepła

Tryby pracy

W zależności od rodzaju przeznaczenia i związanych z nim temperatur pompy ciepła mogą pracować w różnych trybach, pojedynczo lub w kombinacji z innymi wytwornicami ciepła

Efektywność pompy ciepła uzależniona jest w dużej mierze od rodzaju połączonego z nią systemu instalacji oraz maksymalnych wymaganych temperatur zasilania. W nowym budownictwie współpracujący z pompą system instalacji z góry może być efektywnie planowany na niskie temperatury zasilania (np. ogrzewanie płaszczyznowe; podłogowe, ścienne). Podczas modernizacji napotyka się natomiast często na systemy instalacji, które trudno jest dostosować do samodzielnego trybu pracy pompy ciepła, lub też które wykazują bardzo wysokie zapotrzebowanie na energię grzewczą. Mimo to efektywne stosowanie pompy jest możliwe – w tym celu konieczne jest jednak dokładne ustalenie trybu pracy pompy ciepła w danej instalacji już na etapie projektowania.

Pompa ciepła może pracować w trybie mono- lub biwalentnym. W ramach trybu biwalentnego wyróżnia się natomiast tryb alternatywny, równoległy i mieszany.

D.1.1 Monowalentny tryb pracy

Pompa ciepła, jako jedyny generator ciepła, pokrywa całe obciążenie grzewcze budynku oraz podgrzewu ciepłej wody użytkowej. Maksymalna niezbędna temperatura systemowa musi być przy tym niższa od maksymalnej temperatury na zasilaniu osiąganej przez daną pompę.

D.1.2 Biwalentny tryb pracy

Oprócz pompy ciepła konieczny jest dodatkowy generator ciepła – który zapewnia część mocy cieplnej, lub też koniecznej wyższej temperatury systemowej. Jeżeli drugą wytwornicą ciepła jest dodatkowa elektryczna grzałka (na przykład przepływowy podgrzewacz wody), tryb taki nosi miano monoenergetycznego trybu pracy.

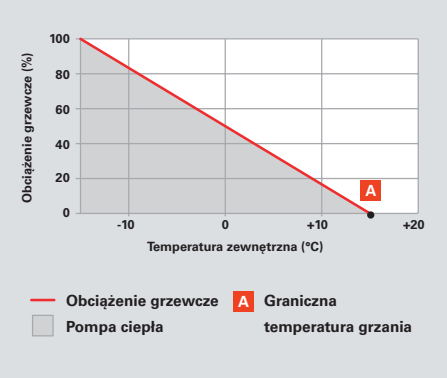
D.1.2.1 Biwalentny, równoległy tryb pracy

Pompa ciepła pokrywa samodzielnie całe obciążenie grzewcze obiektu jedynie do pewnego poziomu temperatury zewnętrznej (punkt biwalencyjny). Poniżej tej temperatury włączany jest dodatkowa wytwornica ciepła.

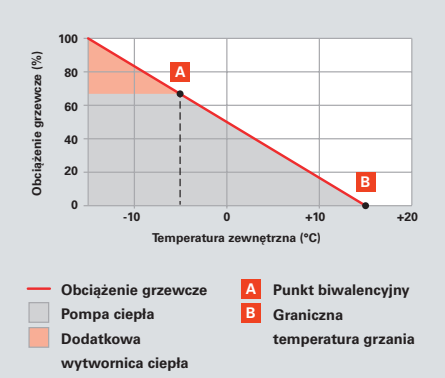
Taki tryb pracy ma konsekwencje dla planowania źródła ciepła: W instalacjach monowalentnych moc pompy ciepła znajduje się w określonym stosunku do pobieranej ilości ciepła. W równoległym trybie pracy zwiększa się okres pracy pompy ciepła, a więc pobiera ona ze źródła ciepła więcej energii. Należy to uwzględniać przy w procesie projektowania, zwłaszcza w przypadku sond i kolektorów płaskich.

Druga wytwornica ciepła zwiększa moc całego systemu. Na podstawie normy DIN 470-10 można wyliczyć udział pompy ciepła w całkowitej pracy grzewczej (patrz rys. D.1.2-4).

Rys. D.1.1–1 Monowalentny tryb pracy



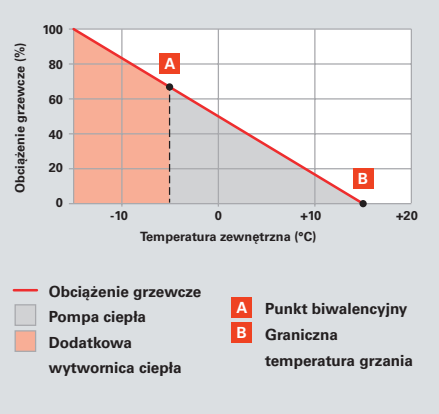
Rys. D.1.2–1 Równoległy tryb pracy



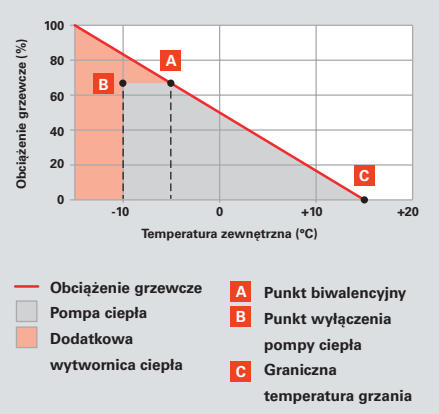
Pompa ciepła może być samodzielnym generatorem ciepła (rys. D.1.1-1) lub też od pewnego poziomu obciążenia grzewczego wspierana jest przez dodatkową wytwornicę ciepła (rys. D.1.2-1).

Dla zaplanowania źródła ciepła decydujący jest wybór jednej z opcji: W momencie osiągnięcia punktu biwalencyjnego pompa ciepła może się wyłączyć (rys. D.1.2-2), lub też pracować równocześnie z dodatkową wytwornicą ciepła.

Rys. D.1.2–2 Alternatywny tryb pracy



Rys. D.1.2–3 Mieszany tryb pracy



D.1.2.2 Alternatywny tryb pracy

Do osiągnięcia punktu biwalencyjnego, pompa ciepła samodzielnie pokrywa obciążenie grzewcze obiektu, przekazując następnie całkowite wytwarzanie ciepła dodatkowej wytwornicy ciepła. Od tego punktu biwalencyjnego pompa ciepła jest wyłączona. Dodatkowa wytwornica ciepła może pokryć całkowite obciążenie cieplne dla dowolnego oczekiwanego poziomu temperatury. Przy tego typu trybie pracy źródło ciepła zostaje zaplanowane stosownie do mocy pompy ciepła.

D.1.2.3 Mieszany tryb pracy

Do osiągnięcia punktu biwalencyjnego pompa ciepła samodzielnie pokrywa obciążenie grzewcze obiektu. Poniżej punktu biwalencyjnego oprócz pompy ciepła dołączana jest dodatkowa wytwornica ciepła. Aż do momentu osiągnięcia maksymalnej temperatury na zasilaniu pompy ciepła, lub zdefiniowanej w automatyce temperatury zewnętrznej, pompa ciepła i drugi generator pracują równocześnie, następnie pompa się wyłącza.

Podobnie jak w przypadku alternatywnego trybu pracy, dodatkowa wytwornica ciepła zostaje zaprojektowana dla całkowitego obciążenia grzewczego budynku. W tego typu trybie pracy źródło ciepła musi zostać zaprojektowane stosownie do ilości energii dostarczanej przez pompę ciepła.

Udział pompy ciepła w pokryciu obciążenia grzewczego został określony w normie DIN 470-10 i służy również jako podstawa obliczenia w normie VDI 4650 (patrz rys. D.1.2-4).

Udział w pokryciu obciążenia w instalacji pracującej w trybie biwalentnym w zależności od wartości punktu biwalencyjnego, udziału w łącznej mocy oraz trybu pracy pompy ciepła.

Rys. D.1.2–4 Udział pompy ciepła w pokryciu zapotrzebowania grzewczego (wyciąg z N 4701 część 10)

Punkt biwalencyjny ϑ_{Biv} [°C]	–10	–9	–8	–7	–6	–5	–4	–3
Udział w łącznej mocy μ [–]	0,77	0,73	0,69	0,65	0,62	0,58	0,54	0,50
Udział w pokryciu zapotrzebowania $\alpha_{H,g}$ [–] przy biwalentnym – równoległym trybie pracy	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
Udział w pokryciu zapotrzebowania $\alpha_{H,g}$ [–] przy biwalentnym – alternatywnym trybie pracy	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,87	0,83

Punkt biwalencyjny ϑ_{Biv} [°C]	–2	–1	0	1	2	3	4	5
Udział w łącznej mocy μ [–]	0,46	0,42	0,38	0,35	0,31	0,27	0,23	0,19
Udział w pokryciu zapotrzebowania $\alpha_{H,g}$ [–] przy biwalentnym – równoległym trybie pracy	0,95	0,93	0,90	0,87	0,83	0,77	0,70	0,61
Udział w pokryciu zapotrzebowania $\alpha_{H,g}$ [–] przy biwalentnym – alternatywnym trybie pracy	0,78	0,71	0,64	0,55	0,46	0,37	0,28	0,19

D.1.3 Instalacje kaskadowe

Pompy ciepła stosowane są obecnie głownie na obszarze budownictwa domów jednorodzinnych. Taki zakres mocy można z reguły pokryć stosując standardowe produkty seryjne. Dodatkowo jednak rozwija się również rynek w zakresie wyższych mocy grzewczych, na przykład dla budownictwa wielorodzinnego czy też w sektorze przemysłowym. Wtym przypadku pompy ciepła stosowane są często do pokrycia zapotrzebowania grzewczego i zapotrzebowania na c.w.u., jak również do chłodzenia.

Obok pomp ciepła projektowanych indywidualnie, dla powyższych celów w ofercie dostępne są również urządzenia produkowane seryjnie. Aby takie pompy ciepła były w stanie efektywnie wytwarzać wyższe moce grzewcze, łączy się je w systemy kaskadowe, składające się z szeregu mniejszych pomp ciepła.

Kaskada posiada istotne zalety: poszczególne pompy ciepła dają się łatwiej instalować na etapie budowy i zapewniają większą swobodę procesu projektowania. Możliwe jest więc łączenie w jednej instalacji pomp ciepła o różnych mocach i temperaturach zasilania. W ten sposób dana instalacja kaskadowa może zostać dopasowana do indywidualnych wymagań danego obiektu.

D.1.3.1 Instalacje kaskadowe o równym poziomie temperatury

Instalacje kaskadowe można zaprojektować w taki sposób, aby zaspokajały zmienne poziomy zapotrzebowania mocy grzewczej w sposób stopniowy, tzn. z wykorzystaniem poszczególnych pomp ciepła o różnych mocach. Odpowiednio do aktualnego poziomu zapotrzebowana na moc grzewczą budynku, regulator kaskadowy włącza pracę właściwej pompy ciepła. Wartością przewodnią jest przy tym z reguły wspólna temperatura wody powrotnej, oraz temperatura zbiornika buforowego wody grzewczej.

D.1.3.2 Instalacje kaskadowe o zróżnicowanych poziomach temperatury

Instalacje, charakteryzujące się występowaniem zróżnicowanych poziomów zapotrzebowania grzewczego w tym samym czasie, również mogą być efektywnie zasilane instalacją kaskadową. Jeżeli na przykład w domu szeregowym równocześnie występują: zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową oraz zapotrzebowanie na cele grzewcze, wysokotemperaturowa pompa ciepła o temperaturze zasilania wynoszącej 70°C może podgrzać zbiornik c.w.u. do temperatury 60°C, zaś inne moduły wchodzące w skład kaskady mogą efektywnie pokryć zapotrzebowanie na cele grzewcze na znacznie niższym poziomie temperatury. Jedno urządzenie nie byłoby w stanie tego zapewnić.

W celu uzyskania wyższych poziomów mocy grzewczej możliwe jest łączenie mniejszych instalacji w systemy kaskadowe.

Rys. D.1.3–1 Instalacja kaskadowa

D.1.4 Układy złożone

W alternatywnym lub równoległym trybie pracy, pompy ciepła mogą być łączone również z innymi źródłami energii odnawialnej. W kombinacji z instalacjami solarnymi wprowadzenie energii z promieniowania słonecznego następuje w pierwszej kolejności, natomiast w przypadku kotłów na biomasę sposób pracy uzależniony jest od specyfiki danego budynku.

D.1.4.1 Pompa ciepła i instalacja solarna

Współpraca pompy ciepła z instalacją solarną daje możliwość połączenia ze sobą dwóch systemów pracujących w oparciu o odnawialne źródła energii. Tak jak w przypadku każdego innego źródła ciepła, instalacje solarne mogą wspierać pompy ciepła w procesach podgrzewu wody użytkowej, ogrzewania pomieszczeń czy podgrzewania wody w basenie. Odpowiednie podstawy wymiarowania zawarte są w Podręczniku projektowania techniki solarnej.

Instalacja solarna umożliwia odciążenie pompy ciepła w procesie podgrzewu c.w.u. (w którym pompa ciepła z zasady pracuje stosunkowo mało efektywnie) przez większą część roku. W celu skojarzenia z instalacją solarną, obok kompaktowych pomp ciepła ze zintegrowanymi solarnymi zbiornikami wody, dostępne są również pojemnościowe podgrzewacze wody z prefabrykowanymi podzespołami solarnymi do dodatkowego montażu (patrz rys. D.1.4-2).

W przypadku pomp ciepła typu powietrze/woda w miesiącach letnich wraz ze wzrostem temperatury zewnętrznej wzrasta wprawdzie efektywność, jednak obowiązuje zasada: Każda jednostka energii pierwotnej, której udało się uniknąć, oznacza jedną pozyskaną jednostkę energii.

Z uwagi na fakt, iż temperatury zasilania instalacji pomp ciepła są najczęściej niskie, dzięki wsparciu ogrzewania dodatkową instalacją solarną możliwe jest osiąganie bardzo dobrych wskaźników pokrycia zapotrzebowania energetycznego.

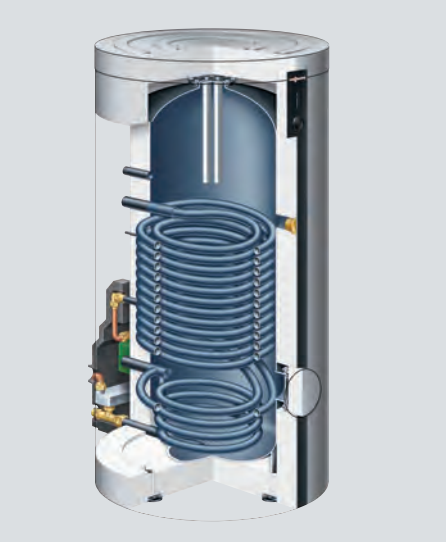
Rys. D.1.4–1 Kompaktowa pompa ciepła

Kompaktowa pompa ciepła typu solanka-woda Vitocal 343-G z możliwością zintegrowania z instalacją solarną

Wprowadzenie do systemu energii solarnej odbywa się poprzez zbiornik buforowy multiwalentny lub oddzielne systemy zbiorników. Zaletą zbiorników buforowych multiwalentnych jest fakt, iż zajmują mniej miejsca i są znacznie prostsze w instalacji.

Połączenie pompy ciepła i instalacji solarnej może być również bardzo korzystne w ogrzewaniu basenu, ponieważ – w zależności od jego budowy – do zaopatrzenia potrzebne są ogromne ilości energii. W takim przypadku pompa ciepła musi pokryć jedynie niewielką część tego zapotrzebowania.

Rys. D.1.4–2 Pojemnościowy podgrzewacz wody



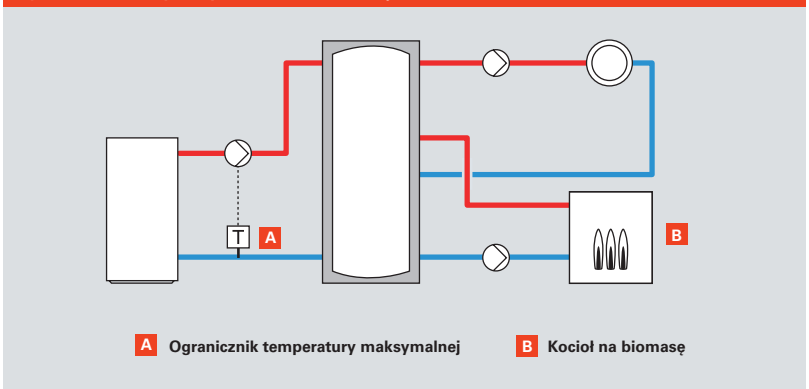
Pojemnościowy podgrzewacz wody Vitocell 100-CVW ze stacją solarną ze zintegrowanym wymiennikiem płytowym.

D.1.4.2 Pompa ciepła i biomasa

Innym sposobem maksymalnego wykorzystania energii odnawialnej jest połączenie pompy ciepła i kotła na biomasę. Mogą to być kotły na pelet, kominki z płaszczem wodnym lub stacjonarne kotły na trociny, wióry i pelet. Mogą to być zarówno urządzenia automatyczne, jak i ręczne.

Hydrauliczne połączenie stanowi tutaj pojemnościowy zbiornik buforowy wody grzewczej. Regulator pompy ciepła kontroluje temperaturę w buforze i odpowiednio do zapotrzebowania steruje pracą pompy ciepła. W przypadku integrowania instalacji na biomasę z pompami ciepła, pompę ciepła należy chronić przed niedopuszczalną, zbyt wysoką temperaturą na powrocie z bufora. Odbywa się to z reguły poprzez zabezpieczający termostat, który przerywa pracę pompy ładowania zbiornika buforowego.

Rys. D.1.4–3 Pompa ciepła i kocioł na biomasę



Połączenie kotła na biomasę z systemem pompy ciepła.

Obieg wtórny

Obok właściwego zaprojektowania źródła ciepła i wyboru odpowiedniego trybu pracy, istotnym czynnikiem decydującym o efektywności pompy ciepła jest sposób zaprojektowania i wykonania obiegu wtórnego.

Maksymalna temperatura zasilania systemu grzewczego, obliczeniowe różnice temperatur, zapotrzebowanie a wodę użytkową oraz schemat hydrauliczny instalacji obiegu wtórnego mają decydujący wpływ na stopień zużycia energii i koszty eksploatacji. Dotyczy to wprawdzie z zasady wszystkich instalacji wyposażonych w nowoczesne źródła ciepła – w przypadku pomp ciepła niewłaściwie zaplanowanie lub wykonanie obiegów grzewczych może skutkować znacznie wyższymi ubytkami efektywności niż przykładowo w przypadku kotłów gazowych, kondensacyjnych. Staranne zaprojektowanie instalacji jest więc koniecznością. Instalacje pomp ciepła od strony obiegu wtórnego powinny pracować przy różnicy temperatur pomiędzy 5 do 10 K. Dzięki temu skraplacz może pracować przy efektywnym, średnim poziomie temperatury skraplania (kondensacji).

W dalszej części rozdziału zostaną szczegółowo scharakteryzowane tryb grzania i podgrzew c.w.u.

D.2.1 Podgrzew ciepłej wody użytkowej

Podgrzew c.w.u. z wykorzystaniem pompy ciepła może odbywać się – w zależności od zapotrzebowania – poprzez następujące systemy:

- Centralny podgrzew c.w.u. poprzez pompę ciepła dla podgrzewu wody użytkowej
- Centralny podgrzew c.w.u. poprzez magazynowanie w pojemnościowym podgrzewaczu wody użytkowej
- Centralny podgrzew c.w.u. poprzez magazynowanie w zbiorniku buforowym oraz oddzielnym module wody pitnej
- Decentralny podgrzew c.w.u. poprzez mieszkaniowe stacje wymiennikowe
- Decentralny podgrzew c.w.u. poprzez elektryczne przepływowe podgrzewacze wody użytkowej

D.2.1.1 Temperatura i higiena

Podczas projektowania instalacji do podgrzewu wody należy spełnić dwa zasadnicze warunki, z których każdy oddzielnie prowadzi do odmiennej parametryzacji komponentów instalacji: Ze względów higienicznych ilość przechowywanej ciepłej wody użytkowej powinna być jak najmniejsza, a zasobnik wody mieć jak najmniejszy rozmiar. Im mniejszy jednak rozmiar zbiornika, tym większa moc źródła ciepła potrzebna do pokrycia zapotrzebowania. Po warunkiem dobrego stopnia modulacji rozwiązanie to jest stosunkowo proste i niedrogie w przypadku konwencjonalnych źródeł ciepła.

Przy ograniczonej mocy źródła ciepła do pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową konieczny jest dobór większego zbiornika. Planowanie podgrzewu c.w.u. w przypadku pomp ciepła wymaga zatem dużej staranności.

DVGW-Arbeitsblatt W551 (Publikacja Niemieckiego Związku Branży Gazowej i Wodnej) wyróżnia pod względem higienicznym małe i duże instalacje. Pod pojęciem małych instalacji podgrzewu c.w.u. rozumiane są instalacje podgrzewu wody w domach jednorodzinnych i bliźniakach – niezależnie od rozmiaru pojemnościowego podgrzewacza wody i pojemności orurowania. Do tej grupy zaliczane są również instalacje z zasobnikami o pojemności 400 l lub mniejszej i pojemności rurociągu wynoszącej 3 l lub mniej pomiędzy przyłączem pojemnościowego podgrzewacza wody użytkowej a punktem poboru wody.

Domy wielorodzinne i obiekty użyteczności publicznej zaliczane są do grupy dużych instalacji, w których pojemność zbiornika przekracza 400 l a pojemność przewodów rurowych na odcinku pomiędzy przyłączem pojemnościowego podgrzewacza wody użytkowej a punktem poboru wody przekracza każdorazowo 3 l.

DVGW-Arbeitsblatt W551 postuluje stały poziom temperatury wody na wyjściu wynoszący przynajmniej 60°C przy zbiorniku. Temperatura wody powrotnej w przewodzie cyrkulacyjnym musi wynosić przynajmniej 55°C.

Zgodnie z tym dokumentem woda użytkowa w zasobnikach wstępnego stopnia podgrzewu przynajmniej raz dziennie powinna zostać podgrzana do temperatury 60°C lub wyższej. W małych instalacjach należy dopilnować stałego utrzymywania temperatury wody na wyjściu na poziomie 60°C .

Tradycyjne pompy ciepła, ze względu na stosowane środki chłodzące, mogą z reguły osiągać maksymalne temperatury na zasilaniu wynoszące 55°C i 65°C. Przy temperaturze na zasilaniu wynoszącej 55°C możliwe jest podgrzanie c.w.u. do temperatury 48°C, zaś przy temperaturze na zasilaniu wynoszącej 65°C – do temperatury maksymalnej 58°C. W celu osiągnięcia takich temperatur w pojemnościowym podgrzewaczu wody użytkowej pompy ciepła pracują z bardzo niskimi wskaźnikami efektywności (COP 2,5-3,3 w zależności od temperatury źródła ciepła).

Aby móc dostosować się do wymogów higienicznych przy pojemnościowych podgrzewaczach wody użytkowej, konieczne jest dogrzewanie ich do poziomu temperatury wypływu 60°C. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu dodatkowego źródła ciepła, specjalnie do tego przystosowanych pomp ciepła z temperaturami zasilania sięgającymi 78°C lub też bezpośrednio drogą elektryczną (grzałka elektryczna).

Polskie przepisy pod tym względem są bardzo zbliżone. Zgodnie z Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.) § 120 zaleca się aby w budynkach, z wyjątkiem jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, w instalacji ciepłej wody był zapewniony stały obieg wody, także na odcinkach przewodów o objętości wewnątrz przewodu powyżej 3 dm^3 prowadzących do punktów czerpalnych. Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać uzyskanie w punktach czerpalnych wody o temperaturze nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C. Ponadto powinna umożliwiać przeprowadzanie ciągłej lub okresowej dezynfekcji metodą chemiczną lub fizyczną (w tym okresowe stosowanie metody dezynfekcji cieplnej), bez obniżania trwałości instalacji i zastosowanych w niej wyrobów. Dla przeprowadzenia dezynfekcji cieplnej niezbędne jest zapewnienie uzyskania w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 70°C i nie wyższej niż 80°C.

D.2.1.2 Ustalanie zapotrzebowania

W celu ustalenia zapotrzebowania istnieje w praktyce kilka metod:

W przypadku budynków mieszkalnych projekt jest często sporządzany zgodnie z normą DIN 4708 część 2. Przy uwzględnieniu wyposażenia sanitarnego poszczególnych mieszkań lub jednostek mieszkalnych, liczby użytkowników oraz współczynników równoczesności określa się współczynnik zapotrzebowania N. Współczynnik ten, wraz z mocą kotła oraz wartości NL zbiornika na wodę, brany jest pod uwagę przy planowaniu podgrzewu wody użytkowej.

Ten sposób projektowania i parametryzacji, stosowany dla kotłów grzewczych, nie znajduje jednak z reguły zastosowania w przypadku pomp ciepła, ponieważ wartości NL pojemnościowych podgrzewaczy dla temperatur zasilania w pracy pomp ciepła są prawie niedostępne.

Z tego względu rozsądniej jest przeprowadzić proces projektowania w oparciu o ilości ciepła potrzebne w danej instalacji. Należy przy tym uwzględnić kilka, wzajemnie się warunkujących, czynników: zapotrzebowanie dzienne i szczytowe, spodziewane straty oraz osiągalna moc grzewcza pompy ciepła w celu dogrzania pojemnościowego podgrzewacza wody.

Konieczna moc podgrzewu wody użytkowej w cyklu grzewczym musi być dostępna w postaci zmagazynowanej ciepłej wody użytkowej lub też mocy grzewczej.

W procesie projektowania w pierwszej kolejności należy ustalić maksymalne dzienne zapotrzebowanie na c.w.u. oraz odpowiedni do niego poziom zużycia. Oprócz rzeczywistych wartości zużycia można się tutaj oprzeć również na średnich profilach rozbioru c.w.u. Profile te zostały przedstawione przykładowo dla trzech grup użytkowników w normie EN 15450, załącznik E, i można je indywidualnie rozszerzać.

W oparciu o profil rozbioru ustalany jest cykl z największym zapotrzebowaniem na moc cieplną. Z wartości zapotrzebowania na moc cieplną wyprowadzana jest z kolei wielkość zbiornika.

Wskazówka

Można założyć przybliżoną wartość średniego zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową na osobę na poziomie 2,9 kWh dziennie. Przy temperaturze magazynowania wynoszącej 60°C odpowiada to 140 litrom wody na osobę dziennie.

Załącznik E normy EN 15450

Rys . D.2.1–1 EN 15450: Zakładane wielkości rozbiorów

Rodzaj rozbioru	Energia kWh	Wielkość l	Pożądana wartość dla $\Delta\theta$ K	Czas trwania rozbioru przy danym strumieniu masy min			
				przy 3,5 l/min	przy 5,5 l/min	przy 7,5 l/min	przy 9 l/min
Niewielki	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
Czyszczenie	0,105	2	45	0,6	0,4	0,3	0,2
Zmywanie naczyń, niewielki	0,315	6	45	1,7	1,1	0,8	0,7
Zmywanie naczyń, średni	0,420	8	45	2,3	1,5	1,1	0,9
Zmywanie naczyń, duży	0,735	14	45	4,0	2,5	1,9	1,6
Duży	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
Kąpiel	3,605	103	30	29,4	18,7	13,7	11,4

Rys. D.2.1–2 EN 15450: średni profil rozbioru dla rodziny (z kąpielami, 200 litrów przy 60°C)

W załączniku E normy EN 15450 podano średnie profile rozbioru dla trzech grup użytkowników. Zawierają one informacje dotyczące momentu i ilości energii, danych rozbiorów c.w.u, które są przydatne podczas projektowania podgrzewu c.w.u. z wykorzystaniem pompy ciepła.

Nr.	Pora dnia gg:mm	Energia na proces rozbioru kW/h	Cykle dla składowych systemów zbiorników		Rodzaj rozbioru	Pożądana wartość dla $\Delta\theta$ (osiągana podczas pobierania) K	Wartość min. θ w momencie startu licznika zużycia energii °C
1	07:00	0,105			niewielki		25
2	07:05	1,400			prysznic		40
3	07:30	0,105			niewielki		25
4	07:45	0,105			niewielki		25
5	08:05	3,605			kąpiel	30	10
6	08:25	0,105			niewielki		25
7	08:30	0,105			niewielki		25
8	08:45	0,105			niewielki		25
9	09:00	0,105			niewielki		25
10	09:30	0,105			niewielki		25
11	10:30	0,105			podłoga	30	10
12	11:30	0,105			niewielki		25
13	11:45	0,105			niewielki		25
14	12:45	0,315			zmywanie naczyń	45	10
15	14:30	0,105			niewielki		25
16	15:30	0,105			niewielki		25
17	16:30	0,105			niewielki		25
18	18:00	0,105			niewielki		25
19	18:15	0,105			czysty		40
20	18:30	0,105			czysty		40
21	19:00	0,105			niewielki		25
22	20:30	0,735			zmywanie naczyń	45	10
23	21:00	3,605			kąpiel	30	10
24	21:30	0,105			niewielki		25
Q_{DP} [kWh]		**11,655**	**11,445**	**4,445**			
t_{DP} [gg:mm]		**14:30**	**13:55**	**1:00**			
					199,8 litra przy 60°C		

W załączniku E normy EN 15450 podano średnie profile rozbioru dla trzech grup użytkowników. Zawierają one informacje dotyczące momentu i ilości energii, danych rozbiorów c.w.u, które są przydatne podczas projektowania podgrzewu c.w.u. z wykorzystaniem pompy ciepła.

Rys. D.2.1–3 EN 15450: średni profil rozbioru dla jednej osoby (36 litrów przy 60°C)

Nr.	Pora dnia gg:mm	Energia na proces rozbioru kW/h	Cykle dla składowych systemów zbiorników		Rodzaj rozbioru	Pożądana wartość dla $\Delta\theta$ (osiągana podczas pobierania) K	Wartość min. θ w momencie startu licznika zużycia energii °C
1	07:00	0,105			niewielki		25
2	07:30	0,105			niewielki		25
3	08:30	0,105			niewielki		25
4	09:30	0,105			niewielki		25
5	11:30	0,105			niewielki		25
6	11:45	0,105			niewielki		25
7	12:45	0,315			zmywanie naczyń	50	0
8	18:00	0,105			niewielki		25
9	18:15	0,105			czyszczenie		45
10	20:30	0,420			zmywanie naczyń	50	0
11	21:30	0,525			duży		45
Q_{DP} [kWh]		**2,1**	**1,78**	**0,945**			
t_{DP} [gg:mm]		**14:30**	**9:00**	**1:00**			
					36 litrów przy 60°C		

Rys. D.2.1–4 EN 15450: średni profil rozbioru dla rodziny (bez kąpieli, 100 litrów przy 60°C)

Nr.	Pora dnia gg:mm	Energia na proces rozbioru kW/h	Cykle dla składowych systemów zbiorników		Rodzaj rozbioru	Pożądana wartość dla $\Delta\theta$ (osiągana podczas pobierania) K	Wartość min. θ w momencie startu licznika zużycia energii °C
1	07:00	0,105			niewielki		25
2	07:15	1,400			prysznic		40
3	07:30	0,105			niewielki		25
4	08:01	0,105			niewielki		25
5	08:15	0,105			niewielki		25
6	08:30	0,105			niewielki		25
7	08:45	0,105			niewielki		25
8	09:00	0,105			niewielki		25
9	09:30	0,105			niewielki		25
10	10:30	0,105			podłoga	30	10
11	11:30	0,105			niewielki		25
12	11:45	0,105			niewielki		25
13	12:45	0,315			zmywanie naczyń	45	10
14	14:30	0,105			niewielki		25
15	15:30	0,105			niewielki		25
16	16:30	0,105			niewielki		25
17	18:00	0,105			niewielki		25
18	18:15	0,105			czyszczenie		40
19	18:30	0,105			czyszczenie		40
20	19:00	0,105			niewielki		25
21	20:30	0,735			zmywanie naczyń	45	10
22	21:15	0,105			niewielki		25
23	21:30	1,400			prysznic		40
Q_{DP} [kWh]		**5,845**	**5,740**	**2,24**			
t_{DP} [gg:mm]		**14:30**	**14:15**	**1:00**			
					100,2 litra przy 60°C		

Przykład

Zabudowa szeregowa

6 domów (6 jednostek użytkowych),
po 3 mieszkańców na dom

W celu zaplanowania podgrzewu c.w.u. z rys. D.2.1-2 należy odczytać cykl rozbioru cechujący się najwyższym stopniem zapotrzebowania na energię

19:00	0,105			niewielki
20:30	0,735			zmywanie naczyń
21:00	3,605			kąpiel
21:30	0,105			niewielki
Q_{DP} [kWh] t_{DP} [gg:mm]	11,655 14:30	11,445 13:55	4,445 1:00	
				199,8 litra

Projektowanie w oparciu o odnośny cykl rozbioru

Cyklem o najwyższym stopniu zapotrzebowania na energię jest okres czasu od godz. 20:30 do godz. 21:30 - w tym czasie każde z mieszkań potrzebuje 4,445 kWh wody gorącej.

Na podstawie tych danych można przeprowadzić poszczególne etapy procesu projektowania.

Wartość łącznego zapotrzebowania energetycznego w cyklu rozbioru zostaje wyliczona w następujący sposób:

$$Q_{DPB} = N_{NE} \cdot Q_{DPB\ NNE}$$

Q_{DPB} Zapotrzebowanie energetyczne w ramach jednego cyklu, w kWh
$Q_{DPB\ NNE}$ Zapotrzebowanie energetyczne jednej jednostki użytkowej podczas cyklu, w kWh
N_{NE} Liczba jednostek użytkowych o takim samym profilu

Przykład

Dla przykładowej instalacji oznacza to:

$Q_{DPB\ NNE}$ = 4,445 kWh
N_{NE} = 6

Q_{DPB}= 6 · 4,445 kWh

Łączne zapotrzebowanie energetyczne w cyklu wynosi 26,67 kWh.

Z wartości łącznego zapotrzebowania energetycznego w cyklu można wyprowadzić również potrzebną ilość ciepłej wody użytkowej.

$$V_{DP} = \frac{Q_{DPB}}{c_w \cdot (t_{soll} - t_{cw})}$$

V_{DP} Wymagana ilość ciepłej wody użytkowej w cyklu, w litrach
Q_{DPB} Zapotrzebowanie eneregtyczne w cyklu, w kWh
c_w Ciepło właściwe wody (= 1,163 Wh/kg · K)
t_{soll} Zadana temperatura podgrzewacza
t_{cw} Temperatura wody zimnej

Przykład

Dla przykładowej instalacji oznacza to:

Q_{DPB} = 26,67 kWh
c_w = 0,001163 kWh/kg·K
t_{soll} = 60 °C
t_{cw} = 10 °C

$$V_{DP} = \frac{26{,}67\ \text{kWh}}{0{,}001163\ \text{kWh/kg·K} \cdot (60\text{-}10)\text{K}}$$

Wymagana ilość ciepłej wody użytkowej w cyklu rozbioru wynosi 459 l.

Przy wyborze podgrzewacza należy uwzględnić następujące rodzaje strat:

- strata w podgrzewaczu spowodowana oddawaniem ciepła przez powierzchnię
- strata spowodowana wymieszaniem z napływającą zimną wodą

Starty ciepła w podgrzewaczach zostały podane w arkuszach danych technicznych producentów.

W celu zniwelowania niewykorzystanej pojemności podgrzewacza spowodowanej mieszaniem z wodą zimną można doliczyć 15-20% pojemności danego zbiornika.

$$V_{Sp\text{-}min} = V_{DP} \cdot 1{,}15$$

$V_{Sp\text{-}min}$ Minimalna pojemność podgrzewacza, w litrach
V_{DP} Wymagana ilość ciepłej wody użytkowej w cyklu, w litrach
1,15 15 % Strata spowodowana mieszaniem

Przykład

Dla przykładowej instalacji oznacza to:

V_{DP} = 459 l
15 % strata spowodowana mieszaniem

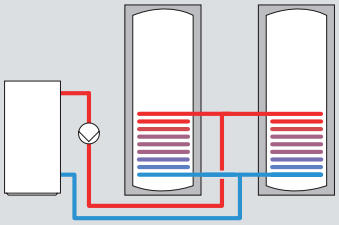
$V_{Sp\text{-}min}$ = 459 l · 1,15

Wymagana minimalna pojemność zbiornika wynosi 528 l
Dla tej wartości możliwy jest wybór dwóch rozwiązań:

Wariant 1:
Podgrzewacz z wewnętrznym wymiennikiem ciepła

Wybrano tutaj dwa pojemnościowe podgrzewacze wody, każdy o pojemności 390 litrów. Zgodnie z ich danymi technicznymi, straty w zbiornikach wynoszą 2,78 kWh/24 h. Wartość straty w podgrzewaczach dla całego cyklu rozbioru zostały wystarczająco uwzględnione dzięki większej pojemności podgrzewaczy.

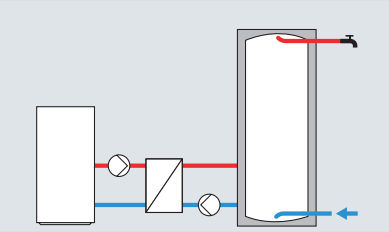
Dzięki elektrycznej grzałce, pojemnościowe podgrzewacze umożliwiają utrzymywanie temperatury wypływu na poziomie 60°C w górnej części.



Dwa podgrzewacze podłączone równolegle

Wariant 2:
Ładowany warstwowo zasobnik z zewnętrznym wymiennikiem ciepła

W tym przypadku wybrano podgrzewacz o pojemności 750 litrów. Zgodnie z arkuszem danych technicznych straty wynoszą 3,2 kW/24h. Również w tym przypadku konieczne jest utrzymanie temperatury wypływu na poziomie 60°C. W zależności od typu pompy ciepła konieczne jest w tym celu dogrzanie zasobnika drugim źródłem ciepła, lub bezpobezpośrednio grzałką elektryczną.



Ładowany warstwowo zasobnik z zewnętrznym wymiennikiem ciepła

Kolejnym krokiem jest ustalenie mocy grzewczej pompy ciepła, niezbędnej w celu podgrzewu c.w.u. Wartość ta stanowi konieczne wyrównanie wartości mocy grzewczej pompy ciepła dla podgrzewu wody użytkowej i jest uzależniona od dostępnych odstępów czasu pomiędzy poszczególnymi cyklami.

$$Q_{WP} = \frac{V_{Sp} \cdot c_w \cdot (t_{soll} - t_{cw})}{T_{aufh}}$$

Q_{WP} Moc grzewcza ompy ciepła niezbędna do podgrzewu wody użytkowej, w kW
V_{Sp} Pojemność ziornika (łączna) w l
c_w Ciepło właściwe wody (= 1,163 Wh/kg · K)
t_{soll} Zadana temperatura podgrzewacza
t_{cw} Temperatura wody zimnej
T_{aufh} Odstępy czasu pomiędzy poszczególnymi cyklami

Przykład

Dla przykładowej instalacji zostało poczynione następujące założenie odnośnie odstępów czasu pomiędzy cyklami

08:45	0,105			niewielki
09:00	0,105			niewielki
09:30	0,105			niewielki
10:30	0,105			podłoga
11:30	0,105			niewielki
11:45	0,105			niewielki
12:45	0,315			zmywanie naczyń
14:30	0,105			niewielki
15:30	0,105			niewielki
16:30	0,105			niewielki
18:00	0,105			niewielki
18:15	0,105			czysty
18:30	0,105			czysty
19:00	0,105			niewielki
20:30	0,735			zmywanie naczyń
21:00	3,605			kąpiel
21:30	0,105			niewielki
Q_{DP} [kWh]	11,655	11,445	4,445	
t_{DP} [gg:mm]	14:30	13:55	1:00	

11,5 godziny pomiędzy cyklami

Dla wariantu pierwszego wynika z tego następujące wyliczenie:

V_{Sp} = 2 · 390 l
c_w = 0,001163 kWh/kg·K
t_{soll} = 60 °C
t_{cw} = 10 °C
T_{aufh} = 11,5 h

$$Q_{WP} = \frac{2 \cdot 390\ \text{kg} \cdot 0{,}001163\ \text{kWh/kg·K} \cdot (60-10)\text{K}}{11{,}5\ \text{h}}$$

Moc grzewcza niezbędna do podgrzewu wody użytkowej wynosi 3,94 kW.

Jeżeli odstęp czasu pomiędzy poszczególnymi cyklami jest bardzo krótki, a w związku z tym moc pompy ciepła niezbędna w celu podgrzewu wody bardzo wysoka, w rachubę wchodzą dwa alternatywne rozwiązania: Albo pojemność zbiornika zostanie zwiększona o wartość odpowiednią dla drugiego cyklu, albo do instalacji dołączony zostanie drugie źródło ciepła do podgrzewu wody użytkowej, pracujące w trybie biwalentnym. Z uwagi na koszty obu rozwiązań, drugie z nich jest korzystniejsze, gdyż pozyskanie energii pierwotnej z pompy ciepła wymaga mniejszych nakładów inwestycyjnych. Rozwiązanie to spotykane jest stosukowo często w domach szeregowych.

Pod koniec procesu projektowania poszczególnych cykli rozbioru zalecane jest przeprowadzenie tekstu racjonalności danego rozwiązania. Moc grzewcza ustalona dla czasu nagrzewania powinna być wyższa niż wyliczona rachunkowo moc niezbędna podczas stałego rozbioru przez cały dzień.

$$Q_{WP} > Q_{DPT} \cdot N_{NE}$$

Q_{WP} Moc grzewcza pompy niezbędna dla podgrzewu wody użytkowej, w kW
N_{NE} Liczba jednostek użytkowych o takim samym profilu
Q_{DPT} Całodzienne zapotrzebowanie a moc w kW

Przykład

Dla przykładowej instalacji oznacza to:

11:45	0,105			niewielki
12:45	0,315			zmywanie naczyń
14:30	0,105			niewielki
15:30	0,105			niewielki
16:30	0,105			niewielki
18:00	0,105			niewielki
18:15	0,105			czysty
18:30	0,105			czysty
19:00	0,105			niewielki
20:30	0,735			zmywanie naczyń
21:00	3,605			kąpiel
21:30	0,105			niewielki
Q_{DP} [kWh]	11,655	11,445	4,445	
t_{DP} [gg:mm]	14:30	13:55	1:00	

Stały rozbiór w ciągu całego dnia

Q_{WP} = 3,94 kW
N_{NE} = 6
Q_{DPT} = 11,445 kWh / 24 h

$$3{,}94\ \text{kW} > 6 \cdot \frac{11{,}445\ \text{kWh}}{24\ \text{h}}$$

3,94 kW > 2,86 kW

Podsumowanie kolejnych kroków ustalania zapotrzebowania na moc:

1. Ustalenie profilu obciążenia
2. Ustalenie zapotrzebowania na energię w najdłuższym cyklu
3. Obliczenie teoretycznej pojemności podgrzewacza w celu pokrycia zapotrzebowania na moc w najdłuższym cyklu
4. Ustalenie rzeczywistej pojemności pogrzewacza w oparciu o współczynniki start spowodowanych oddawaniem ciepła powierzchnią zbiornika i mieszaniem z napływającą wodą zimną
5. Ustalenie niezbędnej mocy grzewczej pompy ciepła
6. Test racjonalności dla zapotrzebowania dziennego
7. Uwzględnienie obciążenia grzewczego dla podgrzewu c.w.u.

Metoda uproszczona

W zakresie domów jednorodzinnych i bliźniaków, posiadających standardowe wyposażenie sanitarne, wartości pożądanej wielkości podgrzewacza oraz mocy grzewczej można ustalić stosując uproszczoną metodę:

Należy założyć dzienne zapotrzebowanie na osobę o wartości 25 litrów (60°C) (patrz rozdział D.2.1.2). W celu określenia wielkości zbiornika dla liczby maksymalnie 10 osób wartość ta zostaje podwojona – w ten sposób otrzymuje się minimalną wymaganą pojemność podgrzewacza. Wartość ta z kolei zostaje przeliczona na rzeczywisty poziom temperatury magazynowania.

$$V_{Sp} = V_{tsoll}$$

$$V_{tsoll} = V_{DP60} \cdot \frac{(60 - t_{cw})}{(t_{soll} - t_{cw})}$$

V_{Sp} Pojemność podgrzewacza (łączna) w l
V_{tsoll} Pojemność c.w.u. przy t_{soll} w l
V_{DP60} Pojemność c.w.u. przy 60°C w l
t_{soll} Zadana temperatura podgrzewacza
t_{cw} Temperatura wody zimnej

Przykład

Dom jednorodzinny, 4 mieszkańców: 4 osoby · 25 l · 2 = 200 l (60°C)

V_{DP60} = 200 l t_{soll} = 50 °C t_{cw} = 10 °C

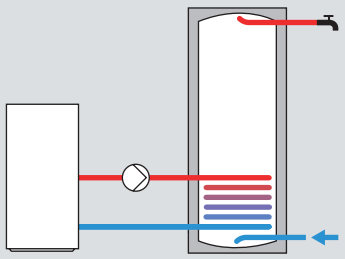
$$V_{tsoll} = 200\ \text{l} \cdot \frac{(60 - 10)\text{K}}{(50 - 10)\text{K}}$$

Przy temperaturze 50°C pojemność podgrzewacza zostaje ustalona na 250 l.

D.2.1.3 Wybór systemów podgrzewu wody użytkowej z zastosowaniem pompy ciepła

Wszystkie tryby pracy opisane w rozdziale D.1 nadają się również do podgrzewu wody użytkowej. Należy jednak przy tym zwrócić uwagę na właściwy stosunek powierzchni wymiennika ciepła do mocy pompy ciepła (patrz Wskazówki na str. 99).

Rys. D.2.1–5 Monowalentny podgrzew wody użytkowej

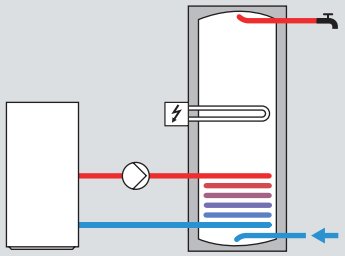


+ prosta konstrukcja systemu
− temperatura zasilania pompy ciepła wynosi 70°C

Monowalentny podgrzew wody użytkowej

Pompa ciepła jako jedyne źródło ciepła pokrywa całe zapotrzebowanie na c.w.u. Zaletą tego rozwiązania jest prosta konstrukcja systemu. Jednak w celu umożliwienia podgrzania wody do temperatury 60°C pompa ciepła musi uzyskać temperaturę na zasilaniu wynoszącą 70°C.

Rys. D.2.1–6 Monoenergetyczny podgrzew wody użytkowej

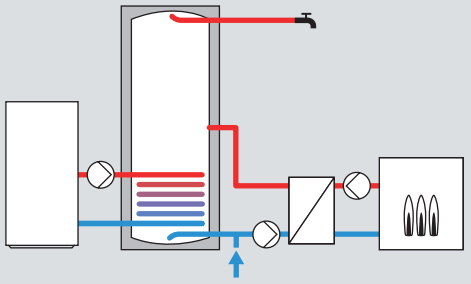


+ bardzo tanie rozwiązanie
− temperatura c.w.u. na poziomie 60°C tylko z grzałką

Monoenergetyczny podgrzew wody użytkowej

Pompa ciepła pokrywa całe zapotrzebowanie na c.w.u do momentu osiągnięcia maksymalnej temperatury na zasilaniu. Pozostała część zapotrzebowania pokrywana jest bezpośrednio przez grzałkę elektryczną. W przypadku tego, korzystnego cenowo, rozwiązania, ewentualnie potrzebną, bądź też zadaną temperaturę c.w.u. na poziomie 60°C można osiągnąć korzystając z grzałki.

Rys. D.2.1–7 Biwalentny podgrzew wody użytkowej



+ wysoka efektywność pompy ciepła plus wysoka moc grzewcza c.w.u. (60°C)
− wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne (konserwacja)

Biwalentny podgrzew wody użytkowej

Pompa ciepła pokrywa główne zapotrzebowanie, zaś drugie źródło ciepła obszar, w którym pompa pracuje nieekonomicznie. To rozwiązanie oferuje bardzo efektywną pracę pompy ciepła przy równoczesnym bardzo wysokim poziomie mocy podgrzewu c.w.u, także do wysokich temperatuy (60°C). Jego wadą są jednaj stosunkowo wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne (konserwacja).

Centralny podgrzew c.w.u. z wykorzystaniem pompy ciepła

Pompy ciepła do podgrzewu wody użytkowej stanowią sensowne i proste w instalacji uzupełnienie, zwłaszcza dla źródeł ciepła pracujących w trybie przerywanym. Z tego względu stosowane są głównie z zakresie modernizacji.

Nowoczesne pompy ciepła do podgrzewu c.w.u. mogą wykorzystywać zawartość energetyczną powietrza w pomieszczeniu. W celu przekazania energii do pompy ciepła, wentylator zasysa powietrze z pomieszczenia i kieruje na parownik pompy ciepła. Wysoki poziom temperatury, niezbędny w celu podgrzewu wody użytkowej, osiągany jest dzięki procesom pompy ciepła – sprężarka i środek chłodzący są zoptymalizowane pod tym kątem, nawet do 65°C osiągane są tylko pompą ciepła, bez użycia grzałek elektrycznych.

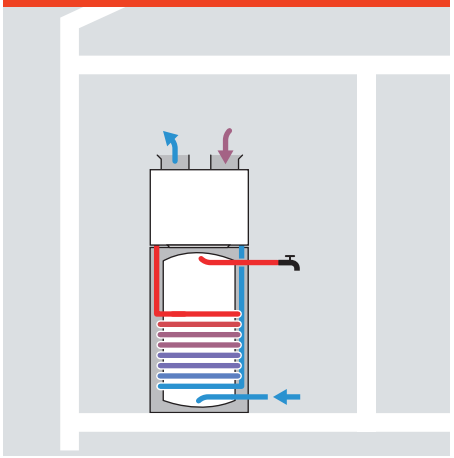
Pompy ciepła do podgrzewu c.w.u. mogą być stosowane jako pompy wykorzystujące powietrze obiegowe bądź odprowadzane (patrz rys. D.1.2-9 i D.1.2-10).

W trybie pracy z wykorzystaniem powietrza obiegowego pompa schładza powietrze z otoczenia i przenosi energię cieplną na wodę użytkową. W przypadku tego rozwiązania przy wyborze miejsca ustawienia pompy należy wziąć pod uwagę konieczną wielkość wolnej przestrzeni wokół urządzenia. Zalecane jest przynajmniej 15 m^3 na 1 kW mocy instalowanej pompy ciepła. Pozytywnym efektem ubocznym może być w tym przypadku ewentualne osuszanie otoczenia np. piwnicy.

Pompa ciepła do podgrzewu wody użytkowej pracująca w trybie z wykorzystaniem powietrza odprowadzanego zapewnia prosty system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Powietrze usuwane celowo jest zasysane z toalety, łazienki, kuchni i innych pomieszczeń i wykorzystywane do podgrzewu c.w.u. Powietrze nawiewane kierowane jest do domu otworami nawiewnymi, regulowanymi pod względem wilgotności.

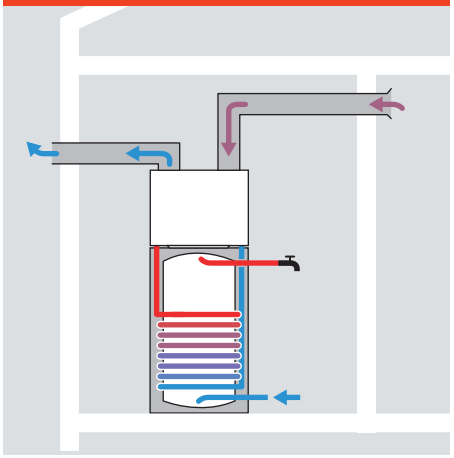
D.2.1–8 Pompa ciepła do podgrzewu wody użytkowej Vitocal 161-A

Rys. D.2.1–9 Pompa ciepła do podgrzewu wody użytkowej (powietrze obiegowe)



Pompy ciepła do podgrzewu wody użytkowej w trybie pracy z wykorzystaniem powietrza obiegowego pobierają ciepła z powietrza otoczenia, wysuszając je przy tym poprzez kondensację wilgotności powietrza

Rys. D.2.1–10 Pompa ciepła do podgrzewu wody użytkowej (powietrze odprowadzane)



W trybie pracy z wykorzystaniem powietrza odprowadzanego pompy ciepła do podgrzewu wody użytkowej działają równocześnie jak proste systemy wentylacji mechanicznej.

Pojemnościowe podgrzewacze wody użytkowej

Podgrzewacze pojemnościowe muszą spełniać kilka warunków, aby można je było w efektywny sposób stosować w instalacjach z pompami ciepła. Powierzchnia wymiennika ciepła powinna być na tyle duża, aby moc grzewcza pompy ciepła mogła być przekazywana również pod koniec ładowania. Pompy ciepła pracują na niższych temperaturach niż kotły grzewcze, więc różnica temperatur w wymienniku ciepła, jak również przekazywana moc, jest stosunkowo niewielka.

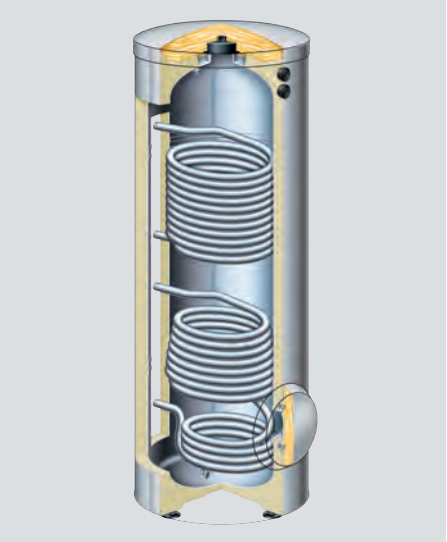
Obowiązuje zasada: na każdy przekazywany kilowat mocy grzewczej powinna być dostępna powierzchnia wymiennika wielkości 0,25 m^2. W przypadku pomp ciepła typu powietrze-woda bez dopasowania mocy (brak modulacji) należy założyć maksymalną moc grzewczą w okresie letnim. Ponadto niezbędna jest duża część pojemności zbiornika o charakterze zapasowym, na wypadek wysokich rozbiorów, ponieważ z reguły przekazywana jest mała moc. (por. D.2.1.2. Projektowanie).

Z tego względu wymiennik ciepła nie jest umieszczany w górnej części zbiornika, ponieważ w przeciwnym razie pompa ciepła schładzałaby wodę użytkową w pierwszym etapie ładowania, zmniejszając w ten sposób wydajność.

Uzyskanie możliwie dużej powierzchni wymiennika ciepła umożliwiają również biwalentne zbiorniki (solarne). Oba wymienniki ciepła zostają połączone szeregowo. Zapasowa część pojemności zbiorników jest jednak w tym przypadku mniejsza niż w specjalnych podgrzewaczach współpracujących z pompami ciepła.

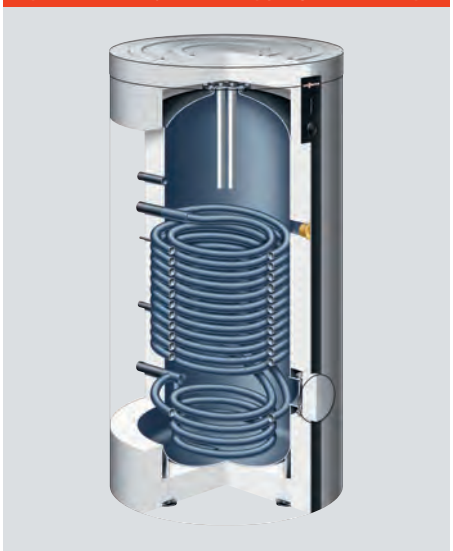
W kompaktowych pompach ciepła pojemność zbiornika oraz powierzchnia wymiennika ciepła zostały dostosowane do mocy pompy – co upraszcza proces projektowania.

Rys. D.2.1–12 Biwalentny pojemnościowy podgrzewacz wody użytkowej



Pojemnościowy podgrzewacz wody Vitocell 300-B

Rys. D.2.1–11 Pojemnościowy podgrzewacz wody



Rys. D.2.1–13 Kompaktowa pompa ciepła

Rys. D.2.1–11
Pojemnościowy podgrzewacz wody Vitocell 100-V, typ CVW

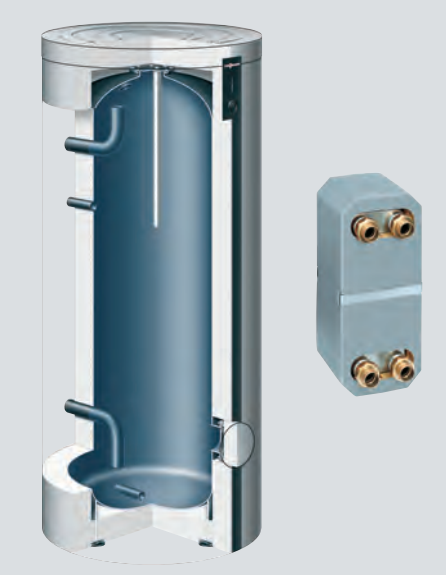
Rys. D.2.1–13
Kompaktowa pompa ciepła typu solanka-woda do podgrzewu wody użytkowej Vitocal 222-G

Systemy ładowania

W razie konieczności osiągania szczytowych poziomów mocy lub też zastosowania dużych pomp ciepła, zasadne jest stosowanie zasobników z systemem ładowania we współpracy z zewnętrznymi wymiennikami ciepła. Zaletą zewnętrznych wymienników ciepła jest możliwość wyboru dowolnej wielkości powierzchni wymiennika. Dzięki temu możliwe jest przekazywanie dużych mocy bez dużych spiętrzeń temperatur.

Do pracy z pompą ciepła zasobniki z systemem ładowania muszą być wyposażone w tak zwane lance ładowania. Zastosowanie lancy ładowania pozwala na zmniejszenie prędkości wlotowej podgrzanej wody – w ten sposób zostaje utrzymane uwarstwienie termiczne w zbiorniku. Jest to konieczne, gdyż pompy ciepła z powodu małej rozpiętości temperatury w skraplaczu umożliwiają tylko niewielkie skoki temperatur.

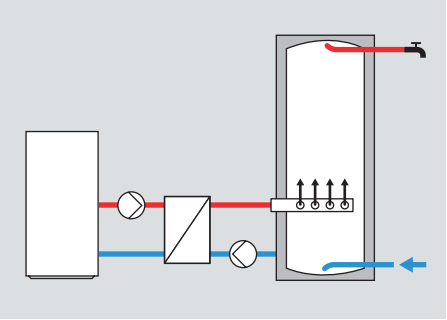
Rys. D.2.1–14 Zasobnik z systemem ładowania z lancą ładującą



Vitocall 100-L z lancą ładującą

Lanca ładowania zmniejsza strumień wlotowy, chroniąc w ten sposób uwarstwienie termiczne w zbiorniku

Rys. D.2.1–15 Zasada funkcjonowania lancy ładowania



Projektowanie wymienników ciepła
W systemach ładowania stosowane są często płytowe wymienniki ciepła. Ich zaletą jest możliwość rozmieszczenia bardzo dużej powierzchni wymiennika ciepła na stosunkowo niewielkiej przestrzeni.

Wielkość płytowych wymienników ciepła jest decydująca dla wartości maksymalnej osiągalnej temperatury c.w.u. Zalecane jest utrzymanie możliwie niewielkich skoków temperatur pomiędzy obiegiem pierwotnym i wtórnym. Na rys. 2.1-16 przedstawione są dopuszczalne różnice temperatur dla wymienników ciepła współpracujących w systemach ładowania wody użytkowej. Podczas projektowania należy uwzględnić fakt, iż rozpiętość po stronie pierwotnego źródła energii zależy od pompy ciepła i może się zmieniać tylko w wąskim zakresie. Wielkość płytowego wymiennika ciepła może zostać obliczona przez odpowiedni program. Ustalone strumienie objętości i straty ciśnienia są konieczne przy wyborze pomp obiegowych.

Rys. D.2.1–16 Projektowanie wymiennika ciepła

Moduły świeżej wody nadają się szczególnie dobrze do pokrycia wysokiego zapotrzebowania

Projektowanie pomp obiegowych w systemach ładowania wody użytkowej
Na podstawie wartości przepływów, oraz strat ciśnienia obliczonych przy projektowaniu wymiennika ciepła, możliwy jest dobór zarówno pompy ładującej po stronie zasobnika jak i pompy obiegowej po stronie pompy ciepła

Dzięki systemowi regulacji obrotów pompy obiegowej po stronie wody użytkowej możliwe jest znaczne zwiększenie wydajności systemy ładowania zbiornika. W przypadku wystąpienia zapotrzebowania, pompa obiegowa po stronie wody użytkowej zasobnika załączana jest najpierw na bardzo niskich obrotach, wynikiem czego są małe strumienie o wysokich temperaturach. Pod koniec ładowania pompa pracuje na najwyższych obrotach. W ten sposób możliwe jest przekazywanie mocy grzewczej pompy ciepła przy bardzo wysokiej temperaturze – bez częstego załączania i wyłączania się.

Wskazówka

Ponieważ w zbiornikach buforowych oraz zbiornikach multiwalentnych przechowywana jest głównie woda grzewcza, istnieje przekonanie, iż nie jest konieczne przestrzeganie wytycznej zawartej w normie DIN 1988 lub w DVGW-Arbeitsblatt W551 dotyczącej minimalnej temperatury na poziomie 60°C. Faktem jest jednak, iż część zbiorników multiwalentnych podlega tym samym wymaganiom.
W modułach świeżej wody decydująca jest pojemność w rurociągu pomiędzy miejscem ujścia a miejscem poboru wody użytkowej (<3l).

Zbiorniki multiwalentne

Często istnieje potrzeba stosowania do ogrzewania lub podgrzewu wody użytkowej oprócz pompy ciepła dodatkowych źródeł ciepła, takich jak kominki, instalacje solarne, i inne. Możliwość realizacji takich rozwiązań oferuję zbiorniki tzw. mutliwalentne – są to zasobnikowe podgrzewacze wody użytkowej i grzewczej w jednym. Ich zaletą są niewielkie wymagania przestrzeni do montażu.

W grupie zbiorników mutliwalentnych wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje:

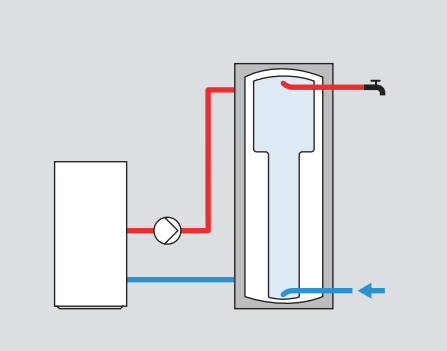
- **system tzw. zbiornik w zbiorniku**
- **zbiornik mutliwalentny z przepływowym ogrzewaniem wody użytkowej.**

Dla integracji zbiorników multiwalentnych z systemami pomp ciepła obowiązują szczególne wytyczne:

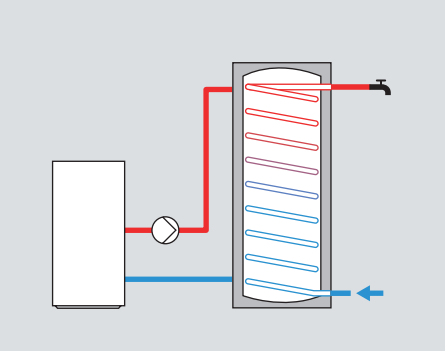
Ponieważ temperatury docelowe w multiwalentnych zbiornikach buforowych muszą być wyższe niż w podgrzewaczach wody użytkowej, w związku z niskimi temperaturami zasilania osiągalne moce podgrzewu c.w.u., są bardzo niskie.

Zwłaszcza podgrzewacze ze zintegrowanym zbiornikiem wewnętrznym nadają się z reguły jedynie do podgrzewu bardzo niewielkich ilości, ponieważ ładowanie (podobnie jak w zbiornikach dwupłaszczowych) odbywa się poprzez stosunkowo niewielką powierzchnię zbiornika wewnętrznego jako wymiennika ciepła.

Rys. D.2.1–17 System zbiornik w zbiorniku



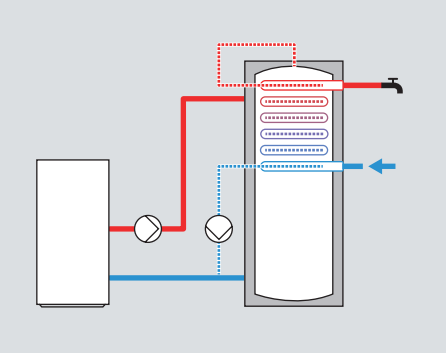
Rys. D.2.1–18 Zintegrowana funkcja przepływu



Zbiorniki multiwalentne służą równocześnie jako zbiorniki buforowe wody grzewczej i podgrzewacze wody użytkowej.

Specjalnie z myślą o współpracy z pompami ciepła opracowano jednak również zbiorniki multiwalentne z dostosowaną funkcją przepływu. Są to dwufazowe wymienniki ciepła typu booster, które w momencie zwiększonego zapotrzebowania na wodę użytkową, zostają dodatkowo uruchomione przy pomocy dodatkowej pompy obiegowej. W ten sposób moc wymiennika ciepła może zostać znacznie zwiększona również przy niewielkich różnicach temperatury pomiędzy wodą grzewczą a żądaną temperaturą wody użytkowej.

Rys. D.2.1–19 Dwufazowy wymiennik ciepła booster



Przy większym zapotrzebowaniu na ciepłą wodę użytkową lub też przy mniejszych różnicach temperatur moc wymiennika zostaje zwiększona dzięki dodatkowej pompie obiegowej.

Systemy świeżej wody

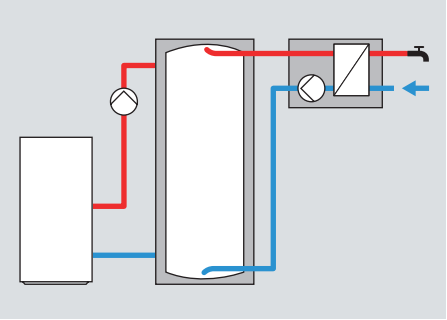
Kolejną możliwość podgrzewu wody użytkowej oferują tak zwane systemy świeżej wody, Składają się one ze zbiorników buforowych oraz jednego lub kilku modułów świeżej wody. W tego typu systemach woda grzewcza przechowywana jest w zasobniku buforowym i przekazywana przez płytowy wymiennik ciepła do instalacji wody użytkowej.

Z reguły moduły świeżej wody stanowią gotowe segmenty konstrukcyjne, zawierające pompy, zawory i płytowe wymienniki ciepła. Regulacja przepływu po stronie pierwotnej umożliwia szybką i precyzyjną regulację zadanej temperatury wody. Regulacja przepływu uzupełniana jest dodatkowo elektronicznym systemem pomiaru wielkości przepływu wody po stronie wtórnej.

W celu pokrycia większego zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową możliwe jest równoległe połączenie kilku modułów.

Zaletą systemu świeżej wody jest możliwość zaspokajania dużych zapotrzebowań na wodę bez konieczności jej magazynowania. Należy przestrzegać zasady, iż temperatura zbiornika buforowego, tak jak w przypadku zbiorników multiwalentnych, powinna być wyższa od żądanej temperatury wody użytkowej o obliczeniowe różnice temperatury pracy wymienników ciepła.

Rys. D.2.1–20 Zbiornik buforowy z modułem świeżej wody



D.2.2 Tryb ogrzewania

D.2.2.1 Wymogi dla hydrauliki grzewczej

Aby sprężarka mogła pracować bez zakłóceń, konieczne jest zachowanie minimalnego czasu pracy pompy ciepła. W ten sposób, np. w przypadku sprężarek typu Scroll, zapewnione zostaje należyty obieg oleju. Minimalny czas pracy sprężarki zostaje zapisany w regulatorze pompy ciepła. W tym czasie należy zabezpieczyć stałą możliwość przekazywania ciepła wytworzonego przez pompę do systemu grzewczego, gdyż w przeciwnym razie mogłoby dojść do zakłóceń związanych ze zbyt wysokim ciśnieniem.

Z wartości minimalnego czasu pracy wynikają: wymagana objętość wody oraz minimalny przepływ. Ten ostatni zawsze zawarty jest w dokumentacji producenta i należy go bezwzględnie przestrzegać.

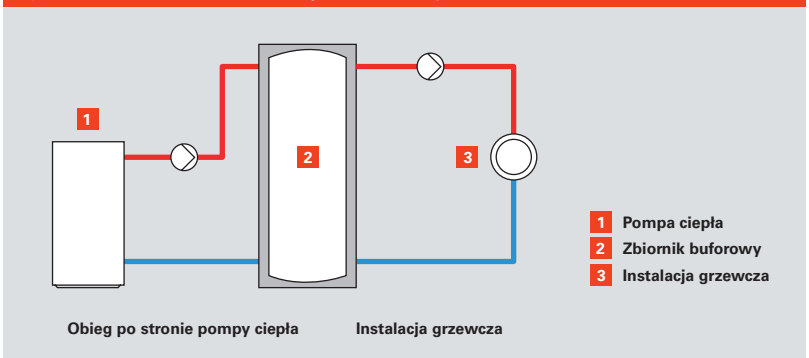
Minimalna potrzebna objętość wody w przewodach rozprowadzających uzależniona jest od maksymalnej mocy grzewczej pompy ciepła. W przypadku pomp ciepła Viessmann minimalna wymagana objętość wody wynosi 3 l/kW mocy grzewczej. W pompach ciepła typu powietrze-woda jako maksymalną moc grzewczą pompy należy brać wartość z okresu letniego.

Jeżeli objętość wody w obiegu grzewczym nie jest wystarczająca, aby zapewnić minimalny przepływ dla przewidzianego minimalnego czasu pracy, stosuje się zbiorniki buforowe wody grzewczej.

Wskazówka

Minimalna objętość wody w rurach musi być wystarczająco duża, aby zapewnić minimalny przepływ. Viessmann zaleca minimalną objętość wody wynoszącą 3l/kW mocy grzewczej).

Rys. D.2.2–1 Zbiorniki buforowe włączone równolegle



Zbiorniki buforowe włączone równolegle pełnią również funkcję sprzęgła hydraulicznego o dużej pojemności.

W instalacjach o większym zładzie wody, jak na przykład ogrzewanie podłogowe lub ścienne, możliwa jest również praca pompy ciepła bez zbiornika buforowego. W takim przypadku w celu utrzymania minimalnego przepływu do instalacji włączany jest zawór bypass. Konieczne jest jednak zachowywanie wymaganej objętości wody i zachowanie wystarczającej odległości od pompy ciepła (pojemność rur).

D.2.2.2 Zbiorniki buforowe

W instalacjach pomp ciepła zbiorniki buforowe mogą pełnić dwie funkcje:

- służą hydraulicznemu zabezpieczeniu i optymalizacji czasu pracy pompy ciepła
- utrzymują ciepło w przypadku przerw w dostawie prądu.

Zbiorniki buforowe mogą być instalowane jako zbiorniki szeregowe albo równoległe.

Zbiorniki buforowe łączone równolegle

Zbiorniki buforowe włączone równolegle odsprzęglają pompę ciepła od obiegu grzewczego, spełniając tym samym funkcje sprzęgła hydraulicznego o dużej pojemności.

Odsprzęglenie hydrauliczne konieczne jest zawsze w przypadku łączenia kilku obiegów grzewczych. Takie połączenie jest najbezpieczniejszą metodą uniknięcia błędów hydraulicznych. Równoległa praca zbiorników zapewnia konieczny minimalny przepływ dla pompy ciepła, niezależnie od przepływu w obiegu grzewczym.

W celu zwymiarowania rurociągów oraz pomp obiegowych zakłada się maksymalną możliwą moc grzewczą pompy ciepła i różnicę temperatur o wartości 5-7 K (Obliczenie patrz D.3, Wskazówki projektowe). Wartość przepływu w obiegu pompy ciepła należy zaplanować jako większą niż sumę przepływów po stronie obiegów grzewczych. Regulacja temperatury w zbiorniku buforowym odbywa drogą ustalenia wartości zadanej poprzez żądane najwyższej temperatury z wszystkich obiegów grzewczych.

Zalety:
- Bezpieczny system hydrauliczny
- Odsprzęglenie hydrauliczne obiegu grzewczego i obiegu pompy ciepła
- Kilka obiegów grzewczych może pracować równolegle

Wady:
- Konieczna jest dodatkowa pompa obiegowa dla obiegu pompy ciepła (dodatkowa energia robocza)
- Ponieważ obieg grzewczy określa temperaturę docelową swoim najwyższym poziomem temperatury, pompa ciepła pracuje na nieco wyższych temperaturach zasilania. Oznacza to wyższe straty ciepła niż w przypadku seryjnie połączonych zbiorników buforowych w obiegu powrotu (patrz D.2.2–3).

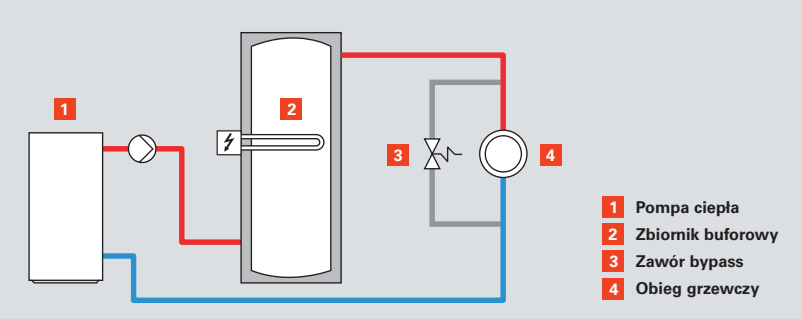
Zbiorniki buforowe łączone szeregowo

Korzystniejsze pod względem energetycznym, lecz bardziej wymagające od strony hydraulicznej są zbiorniki buforowe łączone szeregowo. Służą one zwiększeniu objętości systemu grzewczego. W zależności od lokalizacji w obrębie systemu wyróżnia się zbiorniki buforowe zasilania i powrotu. Ponieważ zbiorniki te łączone są hydraulicznie w szeregu, minimalny przepływ można zabezpieczyć poprzez wbudowanie zaworu bypass. Zawór ten zostaje ustawiony w taki sposób, aby zapewnić minimalny przepływ przy zamknięciu wszystkich obiegów grzewczych.

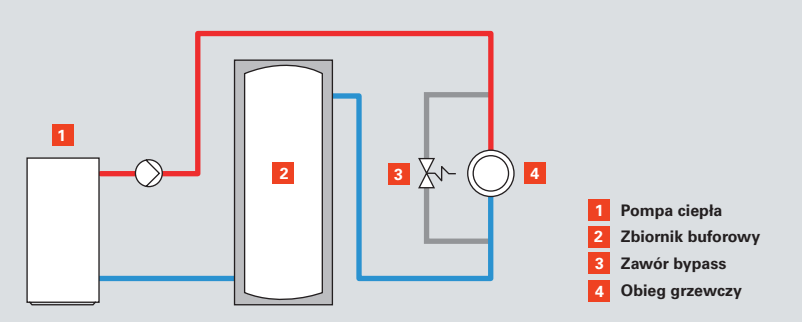
Systemy takie zalecane są jedynie w instalacjach z jednym obiegiem grzewczym. Zaletą włączenia zbiornika buforowego w obieg zasilania jest możliwość zintegrowania ze zbiornikiem elektrycznego wkładu grzejnego jako dodatkowego źródła ciepła.

Usytuowanie w obiegu powrotu wiąże się wprawdzie z mniejszymi stratami ciepła, jednak nie ma możliwości dogrzewania zbiornika. Zbiorniki buforowe powrotu stosowane są jedynie w celu zwiększenia objętości instalacji oraz wydłużenia czasu pracy sprężarki.

Rys. D.2.2–2 Zbiorniki buforowe włączone szeregowo (obieg zasilania)



Rys. D.2.2–3 Zbiorniki buforowe włączone szeregowo (obieg powrotu)



Zbiorniki buforowe włączone szeregowo są korzystniejsze pod względem energetycznym, wymagają jednak zaworu bypass zabezpieczającego minimalny przepływ.

Projektowanie zbiorników buforowych

Projektowanie zbiorników buforowych odbywa się w zależności od ich przeznaczenia, albo pod kątem zapewnienia ciepła w przypadku przerw w dostawie prądu, lub też pod kątem utrzymywania minimalnego przepływu.

Jeżeli zbiornik buforowy projektowany jest pod kątem utrzymywania ciepła w przypadku przerw w dostawie prądu, wynikiem jest tak duża objętość, iż zbiornik spełnia również inne funkcje.

Zbiorniki buforowe zapewniające minimalny przepływ
Minimalna pojemność instalacji gwarantująca bezpieczną pracę pompy ciepła wynosi 3 l/kW. Dotyczy to obiegów grzewczych opartych o grzejniki niskotemperaturowe, również bez odbioru ciepła, a więc przy zakręconych termostatach. W przypadku ogrzewania płaszczyznowego decydująca jest objętość rur pomiędzy źródłem ciepła i przewodami rozprowadzającymi.

Zbiorniki buforowe optymalizujące czas pracy
Pracę pomp ciepła można zoptymalizować poprzez możliwie długie czasy pracy i związane z nimi długie czasy przerwy. Parametry dla takiego trybu pracy można ustawić za pomocą regulatora pompy ciepła.

Jeżeli przepływ jest na poziomie minimalnym, ogrzewanie płaszczyznowe nie wymaga żadnych dodatkowych zbiorników optymalizujących czas pracy pompy ciepła, ponieważ pojemność powierzchni grzewczych jest wystarczająco duża. W przypadku instalacji grzejnikowych dłuższe przerwy w pracy pompy ciepła mogą prowadzić do wychłodzenia powierzchni grzejników (mniejsza masa, mniejsza zawartość wody). W tym przypadku zalecany jest więc zbiornik buforowy o objętości przynajmniej 20l/kW mocy grzewczej pompy ciepła.

$$V_{HP} = Q_{WP} \cdot V_{HP\ min.}$$

V_{HP} Pojemność zbiornika buforowego w litrach
Q_{WP} Znamionowa moc grzewcza pompy ciepła, w kW
$V_{HP\ min.}$ Minimalna zalecana objętość na 1 kW mocy grzewczej, w litrach

Przykład

Sposób obliczenia wymaganej objętości zbiornika buforowego dla pompy ciepła o mocy 15 kW i instalacji grzejnikowej

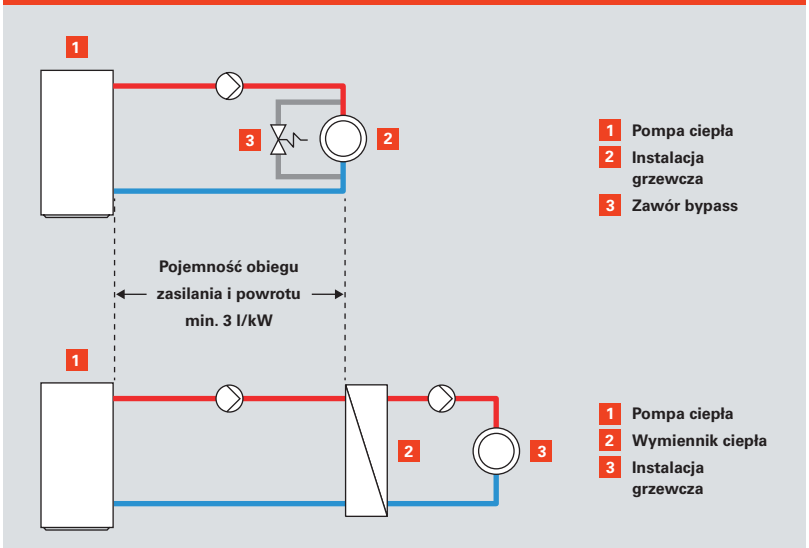
Q_{WP} = 15 kW
$V_{HP\ min.}$ = 20 l

V_{HP} = 15 kW · 20 l/kW

Obliczona pojemność buforowego zbiornika wody grzewczej wynosi 300 l.

W celu utrzymania minimalnego przepływu, konieczne jest utrzymywanie minimalnej objętości w rurociągach.

Rys. D.2.2–4 Minimalna pojemność obiegu grzewczego



Zbiorniki buforowe zapewniające ciepło w przypadku przerw w dostawie prądu
Niemieckie taryfy elektryczne dla pomp ciepła często przewidują możliwość przerw w zaopatrywaniu instalacji w energię elektryczną (patrz rozdział B, dotyczy DE). Przerwy te z reguły nie trwają dłużej niż dwie godziny. Takie uregulowane umową przerwy nie tylko należy uwzględnić przy parametryzacji mocy pompy ciepła. Wymagają one również zabezpieczenia pracy zbiornika na ten okres. W przypadku ogrzewania podłogowego, masa zbiornika jest z reguły na tyle duża, aby zabezpieczyć funkcjonowanie instalacji na ten czas. W przypadku instalacji grzejnikowych lub ogrzewania podłogowego w zabudowie suchej zbiornik buforowy jest konieczny.

Nie jest konieczne dostosowywanie go do wartości maksymalnej łącznej ilości energii, która jest potrzebna w budynku podczas przerwy w dostawie energii. W budynkach mieszkalnych sprawdziła się wartość 60 l zbiornika buforowego na 1 kW mocy grzewczej w okresie dwugodzinnej przerwy w dostawie energii.

$$V_{HP} = Q_{WP} \cdot V_{HP\ Sperr}$$

V_{HP} Pojemność zbiornika buforowego w litrach

Q_{WP} Znamionowa moc grzewcza pompy ciepła, w kW

$V_{HP\ Sperr}$ Zalecana minimalna objętość na 1 kW mocy grzewczej na czas maksymalnie 2 godzin, w litrach

Przykład

Sposób obliczenia wymaganej objętości zbiornika buforowego dla pompy ciepła o mocy 15 kW i instalacji grzejnikowej.

Q_{WP} = 15 kW
$V_{HP\ Sperr}$ = 60 l

V_{HP} = 15 kW · 60 l/kW

Obliczona pojemność buforowego zbiornika wody grzewczej wynosi 900 l.

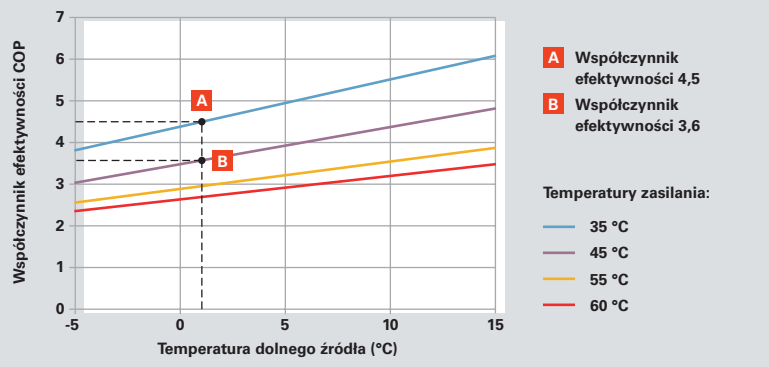
D.2.2.3 Oddawanie ciepła

W procesie projektowania instalacji obowiązuje zasada: Temperatury systemowe należy zaplanować na tak niskich poziomach, jak to możliwe. Obniżenie temperatury zasilania o 1K może podnieść współczynnik efektywności COP aż o 2,5%. Z tego względu planowanie powierzchni grzewczych wymaga szczególnej uwagi – w momencie pierwszego uruchomienia i wyregulowania instalacji krzywe grzewcze, a zatem również temperatury zasilania, należy optymalnie dostosować do specyfiki systemu.

W celu osiągania niskich temperatur oprócz ogrzewania płaszczyznowego możliwe jest również stosowanie grzejników nawiewowych. Różnica temperatur powinna wynosić 7 K przy ogrzewaniu płaszczyznowym, 10 K przy instalacji grzejnikowej oraz między 5 a 10 K przy grzejnikach. W nowym budownictwie wartości te można z reguły osiągnąć bez problemu.

Również przy modernizacji starszych systemów należy próbować utrzymać temperaturę systemową na możliwie najniższym poziomie (patrz też rozdział D.1). Wprawdzie pompy ciepła są jak najbardziej w stanie osiągnąć temperatury zasilania sięgające 70°C, należy je jednak ograniczać jedynie do podgrzewu wody użytkowej. W przypadku pomp ciepła pracujących w trybie monowalentnym należy unikać temperatur systemowych przekraczających 55°C. W istniejących budynkach posiadających instalacje o wyższych temperaturach systemowych, istnieje szereg różnych podejść dotyczących planowania instalacji pompy ciepła. Jeżeli modernizacji instalacji grzewczej towarzyszy również większy proces renowacji budynku, jest jak najbardziej możliwe, że istniejące grzejniki będą w stanie pokryć zredukowane wskutek remontu zapotrzebowanie grzewcze na niższych temperaturach zasilania. Jeżeli jednak zapotrzebowania tego nie da się obniżyć wcale, lub też będzie ono niewystarczające, konieczna jest wymiana grzejników na większe przy monowalentnym trybie pracy pompy ciepła.

Rys. D.2.2–5 Temperatura zasilania obiegu grzewczego a efektywność



Przy tej samej temperaturze dolnego źródła współczynnik efektywności znacznie spada przy wyższych temperaturach zasilania obiegu grzewczego.

Ogrzewanie płaszczyznowe

Z uwagi na wymagane niskie temperatury ogrzewanie płaszczyznowe szczególnie dobrze współpracuje z pompami ciepła. Stosowane jest ono z reguły w postaci ogrzewania podłogowego lub ściennego. Ponadto możliwe jest również ogrzewanie kompletnych elementów budowlanych. Stosunkowo niskie temperatury powierzchni, dzięki promieniowaniu cieplnemu, zapewniają przyjemny klimat pomieszczenia. Specjalnie z myślą o modernizacji zostały opracowane także systemy ogrzewania podłogowego, charakteryzujące się wyjątkowo mała wysokością konstrukcji, dzięki czemu możliwe jest instalowanie ich na już istniejących podłogach.

Konwektory wentylatorowe

Tradycyjne grzejniki przekazuję ciepło poprzez promieniowanie i naturalną konwekcję do pomieszczenia. W przypadku konwektorów wentylatorowych przekazywanie ciepła zostaje znacznie zwiększone poprzez konwekcję wywołaną wymuszonym obiegiem powietrza, w związku z czym temperatury zasilania można odpowiednio obniżyć. Wymuszony obieg wywołują zintegrowane wentylatory. W zależności od rodzaju konstrukcji konwektory wentylatorowe nadają sięzarówno do ogrzewania, jak też do chłodzenia pomieszczeń. W trybie chłodzenia konieczne jest odprowadzanie kondensatu.

Rys. D.2.2–6 Ogrzewanie płaszczyznowe

Ogrzewanie podłogowe umożliwia ustawienie korzystnych dla pomp ciepła, niskich temperatur zasilania obiegu grzewczego

Rys. D.2.2–7 Grzejnik niskotemperaturowy

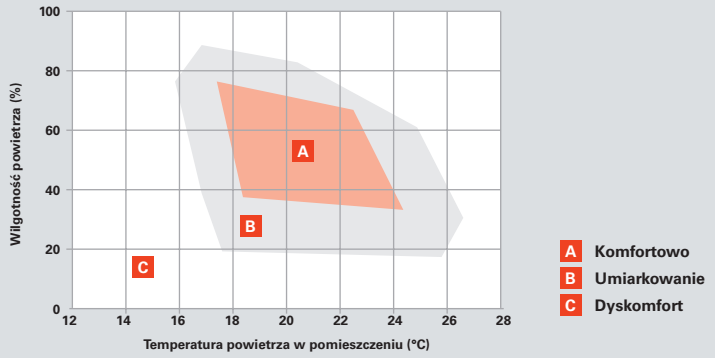
Również konwektory wentylatorowe, dzięki intensywniejszemu przekazywaniu ciepła, umożliwiają niższe temperatury zasilania

D.2.3 Chłodzenie

Klimatyzatory mogą spełniać bardzo różne wymogi dotyczące klimatu pomieszczenia. Najważniejszy wymóg spełnia urządzenie, jeżeli zapewnia ono tak zwane uczucie komfortu odnośnie temperatury i wilgotności powietrza. Zakres odczucia komfortu odnosi się do klimatu pomieszczenia, w którym człowiek z jednej strony czuje się najlepiej, pozostając przy tym z drugiej strony najbardziej produktywnym.

W przypadku klimatyzacji pomieszczeń należy zwrócić uwagę na fakt, iż zadana temperatura pomieszczenia ustawiana jest w zależności od temperatury zewnętrznej. Temperatura powietrza w pomieszczeniu nie powinna być niższa od temperatury zewnętrznej o więcej niż 5K. Większe różnice temperatur mogłyby prowadzić do problemów związanych z aklimatyzacją. Na klimat pomieszczenia mają wpływ następujące czynniki: temperatura powietrza, wilgotność powietrza, ruchy powietrza, temperatura powierzchni ścian, stopień aktywności i ubiór osób znajdujących się w pomieszczeniu, jak również czystość powietrza.

Rys. D.2.3–1 Klimatyzacja pomieszczenia



Rys. D.2.3–2 Obciążenie chłodnicze

Wartości empiryczne umożliwiające ustalenie obciążenia chłodniczego dla rejonu Europy środkowej

Typ pomieszczenia	Obciążenie chłodnicze w odniesieniu do wielkości pomieszczenia
Pomieszczenia mieszkalne	30 – 40 W/m^3
Pomieszczenia biurowe	50 W/m^3
Pomieszczenia handlowe	50 – 60 W/m^3
Pomieszczenia przeszklone	do 200 W/m^3

D.2.3.1 Podstawy

W celu doprowadzenia powietrza pomieszczenia do stanu zapewniającego uczucie komfortu, zostaje ono schłodzone i osuszone. Planowanie i projektowanie systemu chłodzenia wymaga obliczenia wartości obciążenia chłodniczego oraz uwzględnienia punktu rosy (patrz poniżej).

Obciążenie chłodnicze

Termin obciążenia chłodniczego odnosi się do strumienia ciepła, które należy odprowadzić, aby utrzymać pożądany stan powietrza pomieszczenia.
Na obciążenie chłodnicze wpływają następujące czynniki:

- czynniki zewnętrzne, takie jak promieniowanie słoneczne i transmisja
- czynniki wewnętrzne, takie jak liczba osób, oświetlenie, urządzenia elektryczne
- ewentualne czynniki zakłócające (np. napływ powietrza zewnętrznego)

Podstawą obliczenia obciążenia chłodniczego jest norma EN ISO 13790, uproszczone postępowanie umożliwia norma VDI 2067.

Dokonanie przybliżonych obliczeń umożliwiają programy obliczeniowe (patrz rozdział D.3.2). Umożliwiają one obliczenie obciążenia chłodniczego w oparciu o wymiary geometryczne pomieszczenia, rozmieszczenie powierzchni okiennych, proste dane budowlane oraz informacje o wewnętrznych obciążeniach.

W celu wstępnego oszacowania obciążenia chłodniczego pojedynczych pomieszczeń można się posłużyć również danymi empirycznymi.

Punkt rosy

Termin temperatura punktu rosy odnosi się do punktu, po przekroczeniu którego rozpoczyna się kondensacja pary wodnej. W punkcie rosy względny poziom wilgotności powietrza wynosi 100%. Jeżeli temperatura powierzchniowa ciał jest niższa od temperatury rosy powietrza w pomieszczeniu, dochodzi do kondensacji pary wodnej.

Jeżeli temperatura spadnie poniżej punktu rosy, na powierzchniach zbiera się skondensowana woda a powietrze pomieszczenia zostaje osuszone.

D.2.3.2 Rodzaje instalacji

Różnica między poszczególnymi typami instalacji pompy ciepła z funkcją chłodzenia polega tym, czy sprężarka bierze udział w pracy na chłodzenie (aktywne chłodzenie), czy wykorzystywane jest wyłącznie źródło pierwotne bez pracy sprężarki grunt lub woda (naturalne, pasywne chłodzenie)

Pasywne chłodzenie

Chłodzenie pasywne określane jest również jako „natural cooling". Funkcja ta polega na odbiorze ciepła z pomieszczenia i oddaniu go do źródła pierwotnego. Podczas takiej eksploatacji sprężarka pozostaje wyłączona. Rozdzielenie układu odbywa się poprzez dodatkowy wymiennik ciepła.

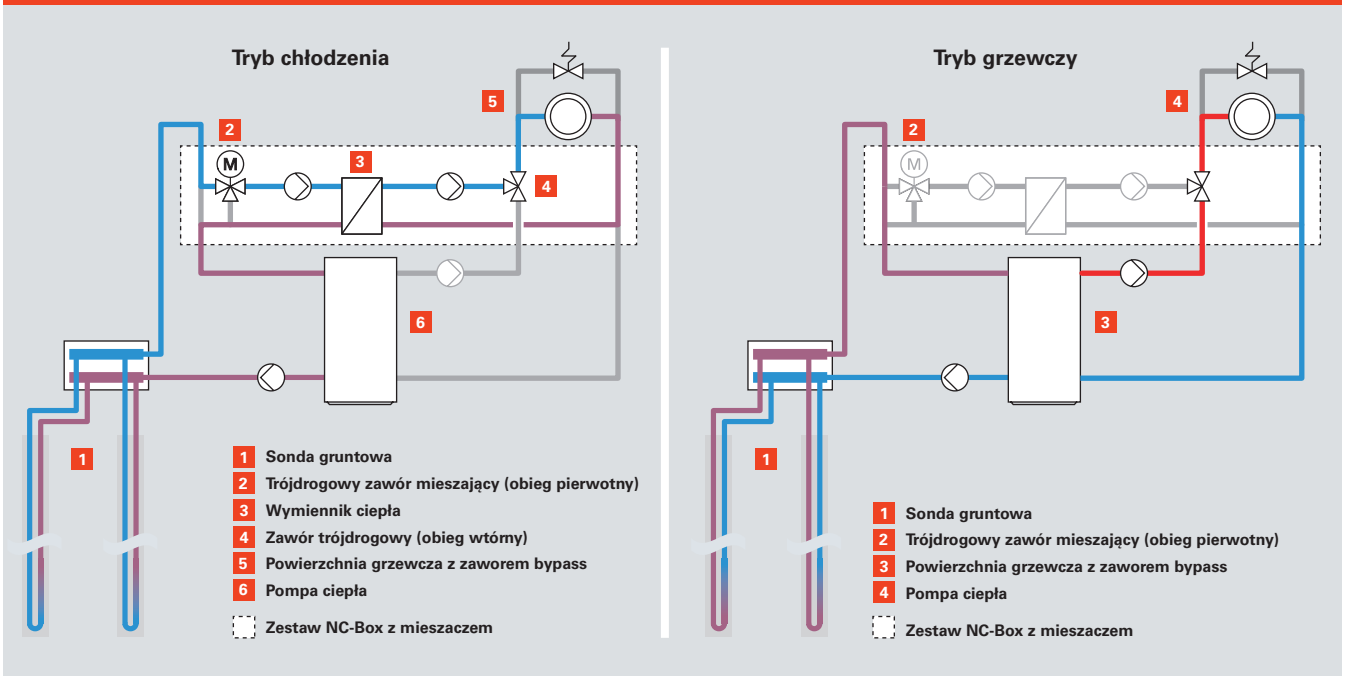
W funkcji natural cooling w pompach ciepła typu solanka/woda, tryb chłodzenia jest bardzo efektywny, ponieważ zasilane pozostają zaledwie dwie pompy obiegowe. Pompa ciepła zostaje włączona jedynie do podgrzewu ciepłej wody użytkowej. Dzięki podgrzanemu czynnikowi roboczemu wzrasta temperatura pierwotna, co prowadzi w rezultacie do poprawy rocznego współczynnika efektywności w trybie przygotowania c.w.u. Do zastosowania funkcji Natural Cooling w pompach ciepła firmy Viessmann służą gotowe moduły.

Do realizacji funkcji „natural cooling" można zastosować następujące systemy:

- Ogrzewanie podłogowe
- Konwektory wentylatorowe
- Stropy chłodzące

Osuszenie powietrza w pomieszczeniach w trybie „natural cooling" jest możliwe jedynie poprzez zastosowanie konwektorów wentylatorowych z odpływem kondensatu. W funkcji chłodzenia za pomocą innych systemów, instalacja jest regulowana w taki sposób, aby uniknąć kondensacji, czyli przekroczenia punktu rosy na powierzchniach grzewczych.

Rys. D.2.3–3 Chłodzenie pasywne



Aktywne chłodzenie

Podczas pracy pompy ciepła w funkcji aktywnego chłodzenia („active cooling") sprężarka pozostaje włączona. Funkcje wymienników parownika i skraplacza zamieniane są za pomocą zaworów przełączających. Pompa ciepła schładza budynek dzięki stale dyspozycyjnej wydajności chłodniczej, uzależnionej od mocy pompy ciepła. Wydajność chłodnicza w aktywnym chłodzeniu jest znacznie wyższa, niż w trybie chłodzenia „natural cooling".

Przełączanie trybów grzewczego i chłodzącego może być realizowane poza pompą ciepła lub poprzez zawór czterodrogowy zintegrowany w obiegu chłodniczym.

Pompy ciepła solanka/woda
W pompach ciepła solanka/woda przełączanie trybów grzewczego i chłodzącego odbywa się z reguły poprzez układ zaworów. W aktywnym chłodzeniu obieg chłodniczy podejmuje pracę – jednakże nie do celów grzewczych. Automatyka odwraca funkcjami wymiennik typu skraplacz i parownik, przez co ciepło z budynku odprowadzane jest w sposób czynny do sondy gruntowej. W samym obiegu grzewczym płynie jedynie schłodzona woda grzewcza. Odprowadzone w ten sposób ciepło z pomieszczeń może być wykorzystane bezpośrednio do podgrzania c.w.u. lub ogrzewania basenu.

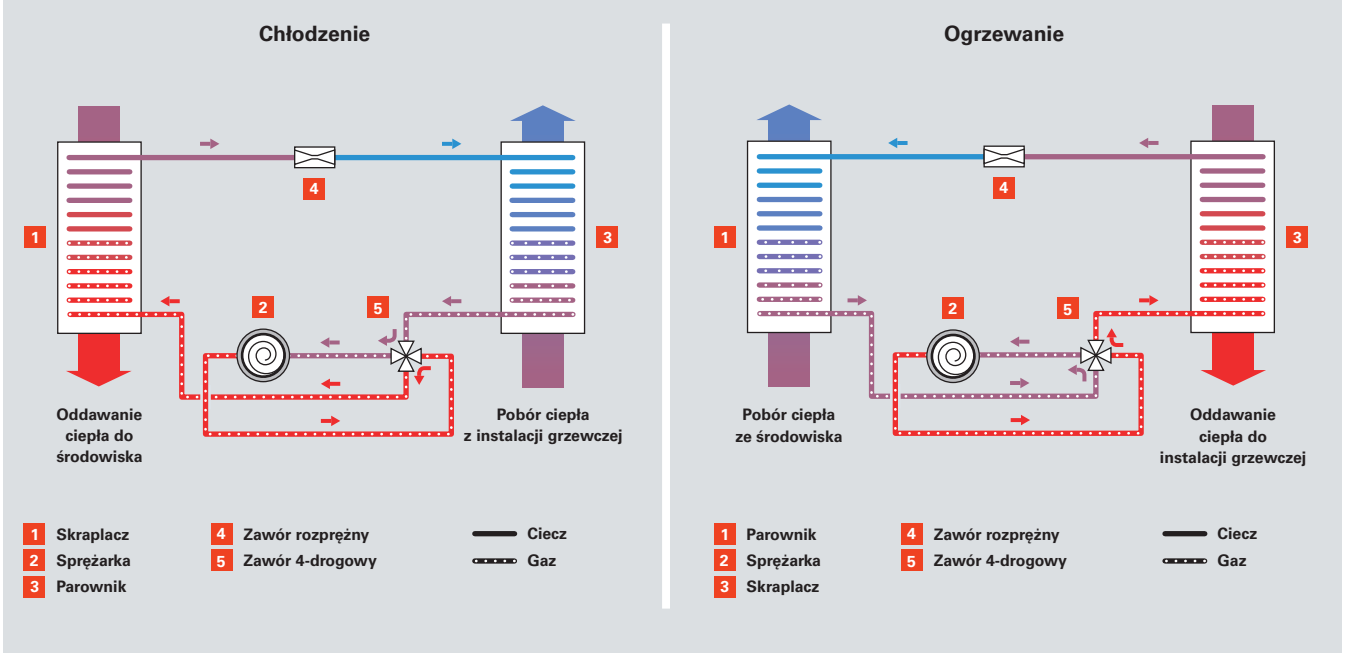
Pompy ciepła powietrze/woda
W pompach ciepła typu powietrze/woda przełączanie trybów grzewczego i chłodzącego realizowane jest poprzez zawór czterodrogowy w obiegu chłodniczym. Sprężarka pracuje niezmiennie, zawór odwraca kierunek przepływu czynnika roboczego.

W trybie grzewczym wymiennik ciepła powietrze/czynnik przejmuje rolę parownika, a wymiennik czynnik/woda – skraplacza. W trybie chłodzenia zawór czterodrogowy odwraca funkcję tych dwóch wymienników – wymiennik powietrze/czynnik roboczy staje się skraplaczem, a wymiennik czynnik/woda pełni funkcję parownika. Dzięki temu przepływająca woda grzewcza zostaje schłodzona.

Wskazówka

W trybie chłodzenia ciepło oddawane jest do sond lub kolektora gruntowego. Kwestią dyskusyjną jest pytanie, czy ciepło to może być „zmagazynowane" w gruncie do celów grzewczych, aby w ten sposób zwiększyć współczynnik COP pompy oraz zmniejszyć koszty inwestycyjne (krótsze sondy). Takie rozwiązanie nie jest możliwe do zastosowanie w mniejszych instalacjach – jedynie w przypadku dużej ilości sond gruntowych regeneracja dolnego źródła poprzez chłodzenie znajduje uzasadnienie, które wymaga jednak każdorazowo oceny geologicznej.

Rys. D.2.3–4 Aktywne chłodzenie



D.2.3.3 Oddawanie chłodu

Chłód może być oddawany do pomieszczenia za pomocą różnych systemów. Podczas planowania i doboru odpowiedniego rozwiązania, należy uwzględnić uwarunkowania budowlane (ogrzewanie podłogowe), jak i żądane parametry powietrza w pomieszczeniu (wilgotność, temperatura).

Chłodzenie płaszczyznowe

W systemach chłodzenia płaszczyznowego obniżana jest temperatura skrajnych powierzchni pomieszczeń (sufit, podłoga, lub ściany). Stosowane rozwiązania w budownictwie to stropy chłodzące, systemy termicznego uaktywnienia elementów betonowych budynku, czy też chłodzenie poprzez ogrzewanie podłogowe. We wszystkich tych systemach temperatura schładzanych powierzchni nie może spaść poniżej wartości punktu rosy, aby nie dochodziło do powstawania kondensatu. Osuszanie powietrza przy chłodzeniu płaszczyznowym nie jest możliwe, w tym celu należy zastosować inne rozwiązania.

Jeśli powietrze nie jest osuszane, wzrasta jego wilgotność przy spadającej temperaturze w pomieszczeniu, co może powodować poczucie dyskomfortu w pomieszczeniu.

Systemy chłodzenia płaszczyznowego określane są również mianem „cichego chłodzenia", ponieważ w wielu przypadkach działają bez wsparcia wentylatorów, dzięki którym możliwe jest osiągnięcie wyższej sprawności chłodniczej.

W mniejszych obiektach wykorzystuje się często ogrzewanie podłogowe jako system chłodzenia. W rozwiązaniu tym zimna woda pompowana jest do przewodów ogrzewania podłogowego, w skutek czego schładza się podłoże, a w rezultacie także pomieszczenie. W systemie tym uzyskana wydajność chłodnicza wynosi do 25 W/m^2, co odpowiada, w zależności od instalacji, ok. ¼ – ½ całego obciążenia chłodniczego.

Chłodzenie poprzez konwektory wentylatorowe

Dla uzyskania większego odczucia komfortu w pomieszczeniu, w systemie chłodzenia poprzez konwektory wentylatorowe istnieje możliwość zarówno chłodzenia, jaki i osuszania powietrza. Do konwektora wpływa zimna woda o temperaturze poniżej punktu rosy i przepływa następnie przez wymiennik rurowy. Powietrze doprowadzane jest do wymiennika za pomocą wentylatora, tam schładza się, oddając ciepło przepływającej przez wymiennik wodzie. Ważne: przewody przyłączeniowe konwektora muszą posiadać izolację zapobiegającą dyfuzji pary wodnej, a więc powstawaniu kondensatu na ich powierzchni.

Konwektory wentylatorowe występują w wersji dwu- i czterorurowej. W urządzeniach dwururowych przez ten sam wymiennik w trybie chłodzenia przepływa zimna woda, natomiast w trybie grzania – woda ciepła. W wersji czterorurowej konwektor posiada dwa niezależne wymienniki – jeden do chłodzenia, jeden do grzania.

Duże znaczenie przy wymiarowaniu i doborze konwektorów wentylatorowych odgrywają żądana temperatura pomieszczenia oraz temperatura zimnej wody na wejściu do konwektora. Im większa jest różnica między tymi dwiema wartościami, tym większą wydajność chłodniczą musi zapewnić konwektor. I na odwrót: przy małej różnicy między temperaturą zimnej wody na wejściu do konwektora, a temperaturą pomieszczenia, stosuje się najczęściej mniejsze urządzenie.

Chłodzenie poprzez wentylację

Kolejnym z możliwych rozwiązań jest chłodzenie poprzez instalację wentylacji mechanicznej. Możliwa wydajność chłodnicza dla danego pomieszczenia jest jednak ograniczona temperaturą powietrza nawiewanego. Temperatura powietrza nawiewanego nie powinna spadać poniżej 14°C, aby uniknąć nieprzyjemnego zjawiska przeciągu. Osiągana wydajność chłodnicza w tym systemie to ok. 5 W na 1 m^3/h strumienia powietrza nawiewanego.

W tego typu rozwiązaniu urządzenie wentylacyjne wyposażone jest w chłodnicę, która schładza przepływające powietrze. W funkcji osuszania powietrza obiegowego, temperatura na powierzchni chłodnicy utrzymuje się poniżej punktu rosy – dzięki czemu z przepływającego strumienia powietrza wykrapla się woda. Koniecznymi elementami do zastosowania w takich instalacjach są separator kondensatu oraz ewentualnie nagrzewnica dogrzewająca w centrali wentylacyjnej. Dodatkowym aspektem są podwyższone wymogi higieniczne podczas wykonywania czynności konserwacyjnych urządzenia.

Z tego też względu, w przypadku urządzeń do kontrolowanej wentylacji pomieszczeń, rezygnuje się z zastosowania funkcji osuszania powietrza.

Dobór pompy ciepła i wskazówki projektowe

Dobór wymaganej mocy grzewczej pompy ciepła przeprowadza się w taki sam sposób, jak w przypadku każdej innej wytwornicy ciepła. Przy monowalentnej lub monoenergetycznej eksploatacji, pompa ciepła jest projektowana jako jedyne źródło ciepła zgodnie z DIN EN 12831.

Projektując instalację pompy ciepła, w sposób szczególny należy uwzględnić okresy blokady dostaw prądu, występujące w ramach specjalnych taryf energetycznych (DE).

Dla obliczenia mocy pompy ciepła firma Viessmann oddaje do dyspozycji swoim Partnerom program do projektowania, za pomocą którego można dobrać zarówno pompę ciepła, jak i odpowiedni zasobnik c.w.u.

Kolejną pomocą w opracowaniu koncepcji są kalkulatory doboru i wymiarowania systemów z pompami ciepła firmy Viessmann oraz przeglądarka z bazą schematów hydraulicznych, które umożliwiają krok po kroku zaprojektowanie efektywnych instalacji pomp ciepła.

D.3.1 Określenie mocy pompy ciepła

Sposób obliczania zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową oraz uwarunkowania przekazywania ciepła do pomieszczeń zostały opisane w rozdziale D.2.

Do obliczenia wymaganej mocy pompy ciepła, należy jeszcze uwzględnić, oprócz obciążenia cieplnego i zapotrzebowania na c.w.u., ewentualne przerwy w dostawie energii elektrycznej ze strony zakładu energetycznego (DE).

W Niemczech w ramach specjalnych taryf energetycznych dla pomp ciepła, dostawca energii elektrycznej ma prawo do trzech dwugodzinnych przerw w dostawie prądu (DE) – okresy te muszą być wliczone w dzienny bilans energetyczny budynku.

Wielkość pompy ciepła w instalacjach monowalentnych obliczana jest w dwóch etapach:

Krok 1: określenie dziennego zapotrzebowania na ciepło w odniesieniu do danej instalacji grzewczej
Krok 2: podział dziennego zapotrzebowania na ciepło przez liczbę realnych godzin pracy systemu grzewczego

Przykład (dotyczy: DE)

Obciążenie cieplne budynku wynosi 12 kW. Blokady dostaw prądu to łącznie trzy dwugodzinne przerwy.

Realna liczba godzin pracy systemu grzewczego:
24 h – 6 h blokady = 18 h

Dzienne zapotrzebowanie na ciepło budynku:
12 kW · 24 h = 288 kWh

Moc grzewcza pompy ciepła:
288 kWh / 18 h = 16 kW

Dodatek do przygotowania wody użytkowej uwzględnia się przy doborze mocy pompy ciepła tylko wówczas, gdy wymagana moc dla przygotowania ciepłej wody (patrz rozdział D.2.1) jest wyższa niż 20% całkowitego obciążenia cieplnego budynku.

Przykład

Obciążenie cieplne budynku wynosi 12 kW.
Moc dla przygotowania c.w.u. wynosi 2 kW.

20 % obciążenia cieplnego: 12 kW · 0,2 = 2,4 kW

2 kW < 2,4 kW

Nie jest wymagany dodatek na podgrzew c.w.u.

Wskazówka

W odniesieniu do panujących warunków klimatycznych w Niemczech, nie uwzględnia się w praktyce dodatków mocy pompy ciepła, jeśli przerwy w zasilaniu wynoszą do 2 godzin dziennie. Pompa ciepła projektowania jest jedynie na podstawie obciążenia cieplnego budynku. Tym samym istnieje wprawdzie teoretyczna możliwość nieutrzymania zadanej temperatury we wszystkich pomieszczeniach, jednakże przy typowej eksploatacji grzewczej budynku, jest to mało prawdopodobne.

D.3.2 Materiały pomocnicze do projektowania instalacji pomp ciepła

Rys. D.3.2–1 Program do projektowania instalacji pomp ciepła firmy Viessmann

Rys. D.3.2–2 Przykładowe zastosowanie programu do projektowania instalacji pomp ciepła

Program do projektowania instalacji pomp ciepła Vito-WP

Program do projektowania instalacji pomp ciepła pozwala na opracowanie obliczeniowej i schematycznej koncepcji systemów pomp ciepła. Wymagana moc urządzenia obliczana jest w przypadku budynków istniejących na podstawie faktycznego zużycia, natomiast dla nowych budynków, w oparciu o obliczeniowe obciążenie cieplne. Program dobiera odpowiednią pompę ciepła i dopasowany do systemu zasobnik c.w.u.

Wynik doboru może być porównany z innymi systemami grzewczymi za pomocą kalkulatora kosztów energii. Program pozwala poza tym na obliczenie rentowności systemu.

Oprócz rocznego stopnia pracy zgodnie z VDI 4650, program oblicza również procentowy udział energii odnawialnej w globalnym bilansie przygotowania energii cieplnej. Wynik tych obliczeń można przyjąć jako wartość do obliczeń zgodnie z rozporządzeniem EnEV, lub też jako potwierdzenie spełnienia wymogów prawnych.

Niektóre wyniki doboru przedstawione są w programie w formie graficznej i mogą być wykorzystane jako materiał poglądowy w procesie sprzedaży.

Program jest dostępny dla wszystkich Partnerów Handlowych firmy Viessmann, na stronie internetowej www.viessmann.pl.

Kalkulator doboru elementów instalacji pomp ciepła

Kalkulator doboru elementów instalacji pomp ciepła służy jako materiał pomocniczy do określenia średnicy rur, doboru zasobnika i obliczenia poziomu hałasu.

Średnice rurociągów wymiarowane są na podstawie założonej różnicy temperatur od 5 K do max. 10 K w obiegu wtórnym (patrz rozdział D.2). Obliczyć można również straty ciśnienia. Kalkulator ten może służyć także firmom instalatorskim jako szybka pomoc obliczeniowa do zintegrowania poszczególnych elementów w jeden system.

Za pomocą kalkulatora można określić poziom ciśnienia akustycznego (patrz rozdział C.3.3) w zależności od odległości od miejsca ustawienia urządzenia, dzięki czemu stosunkowo szybko można oszacować spodziewany poziom emisji hałasu, szczególnie w przypadku urządzeń typu powietrze – woda.

Kalkulator dostępny jest jako program online lub też w formie przenośnej pamięci USB na stronie Akademii Viessmann pod adresem: www.viessmann-szkolenia.pl.

Rys. D.3.2–3 Kalkulator doboru elementów instalacji pomp ciepła Viessmann

Rys. D.3.2–4 Przykładowe zastosowanie kalkulatora

Rys. D.3.2–5 Przeglądarka Schemen-Browser firmy Viessmann

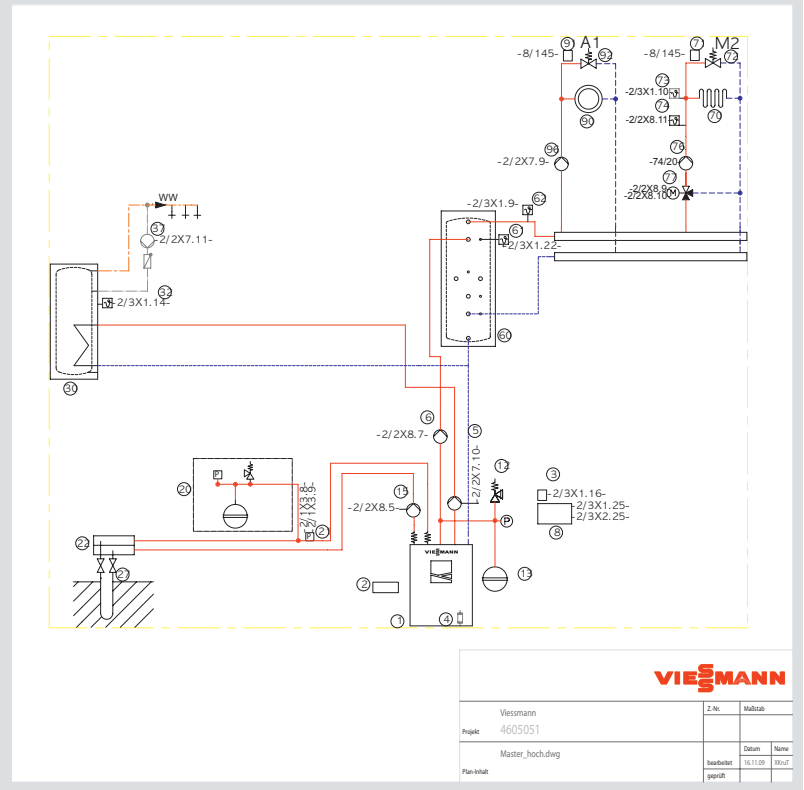
Przeglądarka Schemen-Browser

Przeglądarka wytycznych projektowych firmy Viessmann zawiera bazę kompletnych schematów hydraulicznych, elektrycznych wraz z opisami funkcji dla wszystkich urządzeń grzewczych w typowych układach. Prosta obsługa przeglądarki umożliwia w kilku krokach znalezienie odpowiedniego schematu. Rysunki udostępnione są w formie opracowanych plików w formacie dwg lub PDF.

Schematy hydrauliczne zawierają wszystkie główne elementy systemu. Projekt musi być uzupełniony jedynie o właściwą dla konkretnej instalacji armaturę odcinającą i odpowietrzającą, czy też urządzenia zabezpieczające. Schematy są z reguły niezwymiarowane, to znaczy nie uwzględniają mocy granicznych poszczególnych produktów.

Dlatego też podczas doboru należy zweryfikować, czy wszystkie komponenty systemu są odpowiednie do zakładanych mocy, jak na przykład zasobnik z wewnętrznym wymiennikiem ciepła. W takim przypadku należy posłużyć się innym schematem, w którym zastosowano na przykład układ podgrzewu c.w.u. z systemem ładowania zasobnika.

Rys. D.3.2–6 Przykład – Przeglądarka wytycznych projektowych



Przy wszystkich elementach głównych oraz czujnikach znajdują się czytelne oznaczenia poszczególnych wtyków w regulatorze.

FD TT 983

Aneks

Niniejszy aneks zawiera wskazówki przydatne w praktycznym projektowaniu, jako uzupełnienie istotnych informacji technicznych.

Jest to krótki przegląd najważniejszych i niezbędnych kroków w skutecznym zaplanowaniu oraz instalacji systemu. Dodatkowo opracowanie zawiera streszczenie punktów, które należy uwzględniać każdorazowo podczas projektowania.

Aby mieć pewność, iż pompa ciepła spełnia wymogi i oczekiwania, zalecana jest regularna kontrola oraz optymalizacja systemu. Istotę zagadnienia przybliżają wskazówki dotyczące kontroli i optymalizacji.

Wykaz haseł zawiera wszystkie istotne pojęcia przytoczone w poradniku, co czyni ją przydatnym kompendium wiedzy w codziennej pracy.

120 Droga do efektywnych instalacji pomp ciepła

126 Indeks haseł

Droga do efektywnych instalacji pomp ciepła

Kompetentna odpowiedź na pytanie o ekonomiczny aspekt instalacji pompy ciepła, jest niejednokrotnie tak samo ważna, jak zagadnienia techniczne.

1. Diagnoza potrzeb i doradztwo

Podjęcie przez Klienta decyzji o instalacji pompy ciepła warunkuje kompetentne i wyczerpujące doradztwo ze strony Partnera Handlowego – dotyczy to szczególnie modernizacji. Wymagane minimum inwestycyjne w przypadku pompy ciepła jest z reguły wyższe od nakładów finansowych w przypadku tradycyjnych urządzeń grzewczych. Jak pokazuje doświadczenie, tak samo wysokie są również oczekiwania potencjalnych Inwestorów wobec efektów ekologicznych i ekonomicznych planowanej instalacji. Z tych też względów, podczas rozmowy z Klientem musi znaleźć się czas na szczegółowe omówienie oczekiwań, jak również na określenie ram technologicznych inwestycji. Pompy ciepła są urządzeniami wytwarzającymi ciepło, których oszczędność w dużej mierze uzależniona jest od warunków eksploatacyjnych. Im wcześniej i dokładniej Klient zostanie zapoznany z ramowym kształtem swojej inwestycji, tym łatwiej uniknąć późniejszych rozczarowań.

Udzielenie profesjonalnej porady wymaga w przypadku modernizacji szczegółowego zapoznania się z budynkiem, a więc zarówno z jego właściwościami ogólnobudowlanymi, jak i istniejącym systemem grzewczym. Należy tutaj pamiętać w szczególności o wielkości powierzchni grzewczych, temperaturach zasilania i średnicach rurociągów. Na podstawie średniego rocznego zużycia energii oraz za pomocą programu do projektowania instalacji pomp ciepła można opracować wstępny zarys wariantów systemu, oszacować koszty i możliwe oszczędności.

Szczegółowe informacje na temat obliczenia rentowności znajdują się w rozdziale B.3.

2. Obliczanie obciążenia cieplnego

Planowanie instalacji rozpoczyna się od ustalenia obciążenia cieplnego, co jest warunkiem koniecznym dla optymalnego zwymiarowania instalacji z pompą ciepła, zarówno w przypadku nowo powstałych, jak i modernizowanych obiektów.

Podstawą obliczeniową obciążenia cieplnego jest norma DIN EN 12831, wynik tych obliczeń stanowi maksymalne obciążenie cieplne budynku, które musi zostać pokryte przez moc grzewczą wytwornicy ciepła.

W ustaleniu obciążenia cieplnego nie można powoływać się na wartości określone w świadectwie energetycznym EnEV.

Dokument ten określa między innymi zapotrzebowanie na energię końcową. Parametr ten można porównać z wynikami obliczeń sond gruntowych dolnego źródła pompy ciepła.

Dla nowych budynków, w przypadku których nie ma danych o zużyciu energii, zapotrzebowanie na energię końcową określone w świadectwie energetycznym, służy jako podstawa projektowa do obliczenia zarówno mocy, jak i ilości ciepła do pozyskania z dolnego źródła.

3. Ustalenie temperatury systemowej w obiegu grzewczym

Im niższa temperatura systemu, tym efektywniejsza jest praca systemu grzewczego. Każdy wzrost temperatury zasilania o 1 K pogarsza współczynnik COP pompy ciepła o 2,5%.

W instalacjach z pompą ciepła w nowym budownictwie, projektuje się z reguły systemy ogrzewania płaszczyznowego dla uzyskania możliwie niskich temperatur systemowych, i tym samym wysokich współczynników efektywności.

Instalacje grzejnikowe z pompą ciepła charakteryzują się niższymi wartościami COP, w skutek czego wykazują również mniejszy roczny współczynnik efektywności, ponieważ temperatury na zasilaniu układu są wyższe niż w przypadku ogrzewania płaszczyznowego. Aby osiągnąć maksymalną efektywność w obiektach modernizowanych, należy podjąć następujące czynności w celu utrzymania temperatury zasilania poniżej 55°C:

- Należy ponownie przeliczyć powierzchnie grzewcze.
- Temperatury zasilania poszczególnych powierzchni grzewczych muszą zostać wyrównane.
- Należy wymienić lub uzupełnić poszczególne powierzchnie grzewcze o wysokich wymogach temperaturowych.

Elementami składowymi każdej oferty modernizacji systemu grzewczego powinny być obliczenia obiegu grzewczego i zrównoważenie hydrauliczne instalacji.

Znajomość obciążenia cieplnego, rocznego zapotrzebowania na energię i temperatur systemowych jest nieodzowną bazą dla dalszego projektowania.

4. Analiza i wybór dolnego źródła pompy ciepła

Przed ustaleniem dolnego źródła pompy ciepła należy sprawdzić jego specyficzne uwarunkowania w odniesieniu do projektowanej instalacji.

Powietrze
Możliwość zastosowania pompy ciepła typu powietrze/woda jest uzależniona od miejsca jej usytuowania. W celu uniknięcia obciążeń związanych z emisją dźwięków, muszą być zachowane wytyczne instrukcji technicznej dotyczącej ochrony przed hałasem.

W przypadku pomp ciepła do ustawienia wewnątrz budynku, miejsce instalacji musi być dobrane w taki sposób, aby za pomocą możliwie krótkiego systemu kanałów, dostarczyć do pompy odpowiednią ilość powietrza.

Solanka
Podstawą planowania instalacji z gruntowym wymiennikiem ciepła jest wydajność oraz ilość ciepła możliwego do pobrania z dolnego źródła. Do prawidłowego zwymiarowania takiego źródła ciepła konieczne jest profesjonalne wsparcie doświadczonych firm wiertniczych. Źródło pierwotne jakim jest grunt, nie może być "ogólnie" oszacowane, konieczne są dokładne rachunki.

Konieczne jest obliczenie odległości pomiędzy miejscem instalacji sond gruntowych lub kolektora poziomego, a pompą ciepła. Im większa jest ta odległość, tym większa musi być wydajność pompy solankowej.

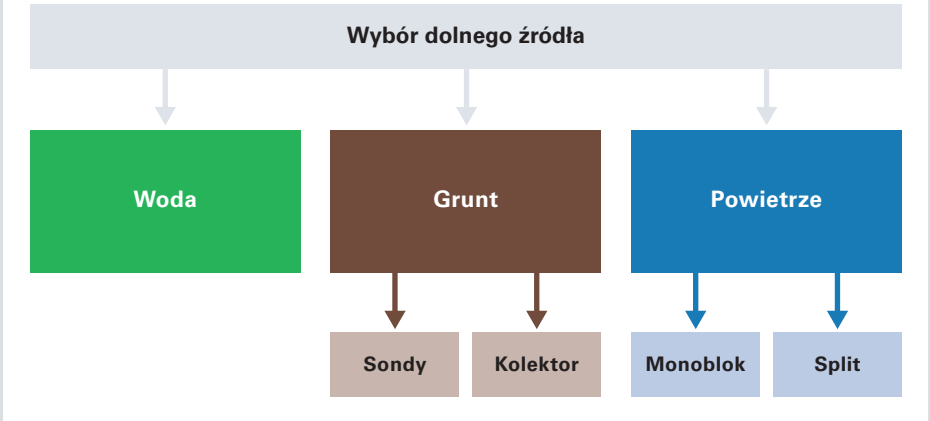
Instalacja sond gruntowych wymaga uzyskania zezwolenia Urzędu Gminy (w przypadku odwiertów do 100 m) lub tez Urzędu Górniczego. Należy również sprawdzić, czy podejmowane prace nie naruszają istniejących przepisów prawnych.

Do wykonania wymiennika do pozyskiwania ciepła z ziemi stosuje się sprzęt ciężki, dlatego też już na etapie projektowania należy uwzględnić wystarczającą ilość terenu pod odwierty oraz jego dostępność.

Woda
Wykorzystanie wody gruntowej jako źródła ciepła wymaga ustalenia jej odpowiedniej ilości i jakości. W instalacjach dla domów jednorodzinnych poziom wód gruntowych powinien znajdować się na głębokości powyżej 15 m, ażeby ilość energii elektrycznej potrzebnej do zasilenia pompy głębinowej mieściła się w dopuszczalnych normach.

Szczegółowe informacje na temat doboru dolnego źródła pompy ciepła znajdują się w rozdziale C.

Wybór dolnego źródła pompy ciepła



5. Dobór systemu podgrzewu ciepłej wody użytkowej

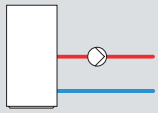
Decydującym czynnikiem dla doboru sposobu przygotowania c.w.u. jest zapotrzebowanie. W budownictwie mieszkaniowym zastosowane rozwiązanie systemowe określa się w oparciu o wydajność stałą, maksymalny pobór wody w obciążeniu szczytowym oraz przepisy higieniczne. Prawidłowo obliczone powierzchnie wymienników ciepła w stosunku do delty T i mocy pompy ciepła, mogą zapobiec najczęściej popełnianym błędom podczas projektowania.

W przypadku obiektów użyteczności publicznej, jak na przykład budynki biurowe, należy dokładnie sprawdzić opłacalność zastosowania centralnego układu przygotowania c.w.u. Przy niewielkim zapotrzebowaniu na ciepłą wodę nie ma potrzeby magazynowania wody użytkowej, ponieważ straty związane z magazynowaniem i cyrkulacją wiążą się ze zbędnymi cyklami ładowania zasobnika. Biorąc pod uwagę stosunkowo niski współczynnik COP pompy ciepła podczas przygotowania c.w.u., rozwiązaniem efektywniejszym w takich przypadkach może okazać się decentralny elektryczny system podgrzewu.

Szczegółowe informacje na temat przygotowania c.w.u. znajdują się w rozdziale D.2.

6. Planowanie instalacji

Przegląd istotnych punktów planowania instalacji

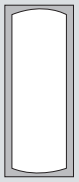


Pojemność rurociągów zasilania i powrotu w instalacjach bez zasobnika buforowego

min. 3 l/kW

Powierzchnia wymiennika ciepła pojemnościowego podgrzewacza wody

min. 0,25 m²/kW



Pojemność zasobnika buforowego

25 l/kW (optymalnizacja czasu pracy)
60 l/kW (magazynowanie ciepła przy korzystaniu z licznika 2-taryfowego)

Po ustaleniu wydajności i rodzaju dolnego źródła, kolejnym czynnikiem decydującym o wyborze monoawalentnego lub biwalentnego trybu pracy są temperatury systemowe. Ponieważ biwalentny tryb pracy wiąże się albo z dodatkowymi nakładami inwestycyjnymi, lub też (przy dodatkowym ogrzewaniu elektrycznym) wpływa negatywnie na efektywność systemu, dobór odpowiedniego rozwiązania można opierać jedynie na symulacyjnej koncepcji instalacji.

Punkt biwalentny powinien wynosić między –3°C a –7°C. W eksploatacji monoenergetycznej udział grzałki elektrycznej powinien być jak najmniejszy, to znaczy punkt biwalentny powinien mieć jak najniższą wartość.

Pozostałe obliczenia instalacji rurociągów przeprowadza się według tych samych zasad, co w przypadku zastosowania konwencjonalnych źródeł ciepła. Dotyczy to także opracowania pełnej dokumentacji projektowej.

7. Instalacja i pierwsze uruchomienie

O ile nie jest wymagane wykonanie prac przy obiegu chłodniczym, wytyczne dotyczące montażu pompy ciepła przez wykwalifikowany personel są takie same, jak w przypadku instalacji innych urządzeń grzewczych.

Montaż przewodów chłodniczych w pompach ciepła typu Split może być przeprowadzony przez wykwalifikowany personel zgodnie z przepisami krajowymi. Firma Viessmann oferuje odpowiednie szkolenia dla firm instalatorskich.

Efektywność instalacji sprawdza się w codziennej eksploatacji. Dlatego też podczas pierwszego uruchomienia konieczna jest kontrola funkcjonowania wszystkich zaprojektowanych elementów układu:

- wyrównanie hydrauliczne pierwotnego i wtórnego obiegu grzewczego oraz sprawdzenie zakładanych przepływów
- kontrola zadanej temperatury ciepłej wody użytkowej
- nastawa krzywych grzewczych zgodnie z zaprojektowanymi temperaturami systemowymi
- ustawienie parametrów regulacyjnych układu hydraulicznego
- sprawdzenie czynnika grzewczego, czyli np. stężenie solanki w układach pompy ciepła typu solanka/woda

8. Instruktaż

Nowoczesne pompy ciepła są bezpieczne w eksploatacji, a ich obsługa nie nastręcza więcej trudności, niż w przypadku tradycyjnych urządzeń grzewczych.

Optymalnie efektywna praca systemu wymaga jednak pewnej orientacji i ostrożności podczas obsługi, szczególnie w odniesieniu do temperatur systemowych. Zmiany poszczególnych parametrów pracy instalacji mogą wpływać na jej efektywność – użytkownik musi być o tym jasno poinformowany. Zaleca się, aby podczas instruktażu parametry takie jak żądana temperatura lub okresy blokady zasilania, ustawić na regulatorze wspólnie z użytkownikiem instalacji.

Bliżej wyjaśnione powinny być poniższe zasady obsługi systemu, mające bezpośredni związek z utrzymaniem jego efektywnej eksploatacji:

- regulacja całego układu w systemach biwalentnych odbywa się poprzez regulator pompy ciepła,
- sterowanie układu za pomocą termostatów pokojowych, czy głowic termostatycznych powinno być drugorzędne,
- czasy załączania podgrzewu ciepłej wody użytkowej powinny być ustawione optymalnie do zużycia.

Indeks haseł

Absorber solarny 31
Absorpcja 41
Absorpcyjna pompa ciepła 41
Active Cooling 109
Adsorpcja 41
Adsorpcyjna pompa ciepła 43
Agregat chłodniczy 18
Aktywne chłodzenie 109
Amortyzacja 59

Biomasa 87

Carnot 15
Charakterystyka poboru c.w.u. 90
Chłodnica 111
Chłodzenie 107
    poprzez konwektory wentylatorowe 110
    poprzez wentylację 111
Chłodzenie płaszczyznowe 110
Ciche chłodzenie 110
Ciepło kondensacji 17
COP 19
Czynniki chłodnicze 29
    Naturalne czynniki chłodnicze 29

Desorpcja 43
Diagram log p,h 18
DIN 4701-10 84
Dobór
    Powietrze zewnętrzne 78 f.
    Kolektory gruntowe 63 ff.
    Sondy gruntowe 63 ff.
    Wody gruntowe 69 f.
    Woda schłodzona/chłodnicza? 71
    Źródła pierwotne 61 ff.
Dobór pompy ciepła 112 ff.
Dodatkowy wtrysk pary 25

EEWärmeG 57
Eksploatacja 82 ff.
    Alternatywna 84
    Biwalentna 83
    Mieszana 84
    Monowalentna 83
    Równoległa 83
Eksploatacja niezależna od przerw w dostawie prądu 104
EN 15450 90
Energia zasilania, elektryczna 46
Entalpia 18
Entalpia krzepnięcia 38
Entalpia parowania 17
EPDB (Energy Performance of Buildings Directive) 57
ErP (Energy related Products) 57
EVI (Enhanced Vapourized Injection) 25

Folowoltaika 52

Glikol etylenowy 66
Grzejnik 83
Grzejniki niskotemperaturowe 106
Gwarancja wydajności dolnego źródła 33

Halogeny 29
Higiena c.w.u. 89
Hydraulika instalacji grzewczej 102

Instalacja solarna 86
Instalacje kaskadowe 85
Instruktaż 124
Isotherm 17

Jakość wody 35

Kalkulator doboru elementów instalacji pomp ciepła 115
Kanał powietrzny 78 f.
Kelvin 15
Klimatyzacja pomieszczenia 107
Kolektor gruntowy 31 f.
Kompresyjna pompa ciepła 41
Kontrola 119 ff.
Konwektor wentylatorowy 106
Koszty inwestycyjne 59
Koszty zużycia 59
Krzywe grzewcze 105

Lanca systemu ładowania podgrzewacza 99

Maszyna parowa 14
Miks energetyczny 47
Minimalne odstępy 79
Minimalny przepływ objętościowy (podgrzewacze buforowe) 104
Moc 19
Montaż 124

Natężenie przepływu czynnika roboczego 26
Natural Cooling 108
Nośnik ciepła 66

Obciążenie chłodnicze 107
Obieg chłodniczy 17 f.
Obieg pierwotny 22
Obieg pośredni 68 f.
Obieg wtórny 88 ff.
Obliczenie zapotrzebowania (ciepła woda użytkowa) 90 ff.
Oblodzenie 27
Ocena energetyczna 48
Oddawanie chłodu 110 f.
Oddawanie ciepła 105
Odwierty 33
Ogrzewanie płaszczyznowe 106
Ogrzewanie podłogowe 106
Okres odniesienia? 93
Optymalizacja czasu pracy 104
Osuszanie 108

Parowanie 17 f.
Parownik 27
Pasywne chłodzenie 108
Perkins 15
Planowanie instalacji 81 ff.
Planowanie uwarunkowań akustyczno – technicznych 75 ff.
Pobór energii czynnika roboczego 28
Podgrzew c.w.u. 89
Podgrzewacz buforowy 102 ff.
Podgrzewacz buforowy typu kombi 100
Podgrzewacze buforowe w układach kaskadowych 103
Podgrzewacze c.w.u. 98
Pojemnościowe podgrzewacze z systemem ładowania 99
Pokrycie zapotrzebowania chłodniczego 110
Pompa ciepła do podgrzewu c.w.u. 97
Pompa ciepła powietrze/woda 35
Projektowanie 72 ff.
Pompa ciepła solanka/woda 31
Projektowanie 62 ff.
Pompa ciepła woda/woda 35
Projektowanie 68 ff.
Pompa ładowania podgrzewacza 100
Poziom ciśnienia akustycznego LP 75
Poziom mocy akustycznej LW 75
Proces sprężania termicznego 42
Profil obciążenia 90

Program do projektowania
instalacji pomp ciepła 114
Prowadzenie powietrza 78
Przeglądarka schematów 116
Przepływ strumieniowy (obieg solarny) 67
Przerwy w dostawie prądu 50
Przerwy w dostawie prądu 105
Przygotowanie ciepłej wody użytkowej 96 ff.
Eksploatacja biwalentna 96
Eksploatacja monoenergetyczna 96
Ekploatacja monowalentna 96
Punkt biwalentny 83
Punkt rosy 107

Regulacja mocy 24
Rentowność 58
Roczny stopień pracy 20
Rozprężanie 18
Rozporządzenie
o oszczędności energii (EnEV) 55
Rozwój pompy ciepła na rynku 47

Schematy hydrauliczne 116
Schematy okablowania 116
Skraplacz 28
Skraplanie 17 f.
Smart Metering 51
Solanka 31
Sonda gruntowa 33 f.
Sorpcja 41
Sprężanie 18
Sprężarka 23
Sprężarka Fixspeed 73
Sprężarka typu scroll 23
Sprzęt elektroniczny 26
Standard Dimension Ratio (wartość SDR) 63
Stopień efektywności ? 56
Stopień obciążenia energetycznego 50
Stopień pokrycia
zapotrzebowania energetycznego 84
Stopień sprawności 19
Stopnie podgrzewu wstępnego 89
Strata ciśnienia (obieg solanki) 67
Studnia chłonna 35
Studnia czerpalna 35
Systemy ładowania podgrzewania 99
Systemy Tank In Tank 100
Systemy wody pitnej 101

Świadectwo energetyczne 55

Taryfa energetyczna dla pomp ciepła 50
Technologia wykorzystania inwertera 24
Temperatura powietrza nawiewanego 111
Temperatury systemowe 105
Temperatura zasilania 105
Termostatyczny 26
Thermal Response Test (TRT) 34
Tryb grzania 102 ff.
Tryb pracy na powietrze obiegowe 97
Tryb pracy na powietrze wylotowe 97

Uruchomienie 124

VDI 4640 64
VDI 4650 84

Węglowodór fluorowany 29
Wskazówki projektowe 112 ff.
Współczynnik energii pierwotnej 48
Współczynnik kierunkowości 76
Współczynnik nakładu instalacji 56
Woda gruntowa 35
Wody powierzchniowe 35
Wydajność poboru ciepła 31
Wymiennik ciepła 27
Koaksjalny wymiennik ciepła 27
Lamelowy wymiennik ciepła 27
Płytowy wymiennik ciepła 27
Wymiennik ciepła gazu zasysanego 28
Wymiennik ciepła typu „booster" 101
Wymiennik do odzysku ciepła ze ścieków 36
Wytyczne DVGW W 551 89
Wytyczne Ökodesign 57

Zabezpieczenie dostaw 49 f.
Zapotrzebowanie na energię końcową 55
Zapotrzebowanie na energię pierwotną 55
Zawór bezpieczeństwa 103
Zawór rozprężny 24

Zawór rozprężny 26
Zbiorniki buforowe
łączone równolegle 102 ff.
Zbiornik ciepła oparty
o przemianę fazową 38
Zeolit 43
Zużycie prądu 46

Źródło ciepła 31 ff.
Ciepło odpadowe 36
Powietrze zewnętrzne 35
Grunt 31 ff.
Absorber wspomagany solarnie 37
Woda 35
Źródła pierwotne 30 ff.

	Kotły olejowe do 116 MW ciepła lub do 120 t/h pary	Kotły gazowe do 116 MW ciepła lub do 120 t/h pary	Instalacje solarne i systemy fotowoltaiczne
Domy jednorodzinne			
Domy wielorodzinne			
Obiekty przemysłowe i użytkowe			
Lokalne sieci ciepłownicze			

Indywidualne rozwiązania w ramach efektywnych systemów grzewczych

Kompletna oferta firmy Viessmann oferuje indywidualne rozwiązania w ramach efektywnych systemów dla wszystkich obszarów zastosowań i wszystkich nośników energii. Viessmann, jako wiodący w skali światowej producent, oferuje inteligentne, komfortowe i efektywne systemy ogrzewania, chłodzenia, klimatyzowania, wentylacji i decentralnego wytwarzania prądu. Produkty i systemy Viessmann cechują się najwyższą efektywnością i niezawodnością.

Kompletna oferta obejmuje najnowocześniejsze technologie i wytycza nowe standardy. Przez skoncentrowanie się na oszczędnym wykorzystywaniu energii przyczynia się do obniżki kosztów i poszanowania zasobów naturalnych i środowiska.

Wszystko z jednej ręki
Viessmann posiada odpowiednie kompletne systemy grzewcze dopasowane do różnorodnych potrzeb. Oferta obejmuje systemy grzewcze z kotłami wiszącymi lub stojącymi dla domów jednorodzinnych, dużych budynków, obiektów przemysłowych oraz wytwornice ciepła dla lokalnych sieci ciepłowniczych. W modernizowanych, czy też nowych instalacjach zaopatrujących w ciepło, parę, chłód czy prąd – Viessmann jest zawsze właściwym partnerem.

Bogaty program Grupy Viessmann toruje naszym Firmom Partnerskim drogę ku perfekcyjnym rozwiązaniom. A paletę naszych usług dopełnia nasza obszerna oferta serwisowa.

Technika opalania drewnem, kogeneracja i wytwarzanie biogazu
do 50 MW

Pompy ciepła:
solanka, woda i powietrze

do 2 MW

Komponenty systemowe

Technika chłodnicza

Kompletny program firmy Viessmann – indywidualne rozwiązania w ramach efektywnych systemów, dla wszystkich nośników energii i wszystkich obszarów zastosowań

Oferta dla wszystkich surowców energetycznych i zakresów mocy:

- Kotły na olej lub gaz do 116 MW ciepła lub 120 t/h pary
- Instalacje solarne
- Systemy fotowoltaiczne
- Pompy ciepła do 2 MW
- Instalacje grzewcze opalane drewnem do 50 MW
- Systemy skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej do 30 MW_{el}
- Instalacje do wytwarzania biogazu od 18 kW_{el} do 20 MW_{gaz}
- Instalacje uzdatniania biogazu do 3000 m^3/h
- Komponenty systemów grzewczych
- Technika chłodnicza

Konserwacja i serwis

Pierwsze uruchomienia urządzeń, przeglądy okresowe czy też rozwiązywanie problemów serwisowych - w Grupie Viessmann nasze Firmy Partnerskie mogą liczyć na kompetentne wsparcie. Pod telefonem, a także osobiście stoją dla nich do dyspozycji nasi pracownicy. Cenną pomoc stanowią także narzędzia online, dzięki który można również otrzymać niezbędne części zamienne już następnego dnia.

Szkolenia

Akademia Viessmann oferuje wiedzę w różnych formach, poczynając od seminariów on-line, aż do szkoleń ściśle technicznych w Przedstawicielstwach. Dzięki temu nasze Firmy Partnerskie mogą zawsze dysponować najnowszą wiedzą.

Kompletny program firmy Viessmann

	Domy jednorodzinne	Domy wielorodzinne	Obiekty przemysłowe i użytkowe	Lokalne sieci ciepłownicze
Kotły olejowe niskotemperaturowe i kondensacyjne	Dom Architekta, Bad Füssing, Niemcy	Zakon Sióstr Elżbietanek Nysa, Polska	Hangar Ameco A380, Pekin, Chiny	Parlament Europejski, Sztrasburg, Francja
Kotły gazowe niskotemperaturowe i kondensacyjne	Dom jednorodzinny, Kevelaer, Niemcy	Dom Zdrojowy Sopot, Polska	Lotnisko „Ławica", Poznań, Polska	Parlament Europejski, Bruksela, Belgia
Instalacje solarne i systemy fotowoltaiczne	Heliotrop, Freiburg, Niemcy	Hotel Bulwar, Toruń, Polska	Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, Częstochowa, Polska	The Palm Jumeirah, Dubai
Technika opalania drewnem, kogeneracja i wytwarzanie biogazu	Dom jednorodzinny, Wiesloch, Niemcy	Ośrodek Szkolno–Wychowawczy Żardeniki, Polska	Szpital MSWiA Rzeszów, Polska	Klasztor Św. Otylii, Niemcy
Pompy ciepła: solanka, woda i powietrze	Dom Na Wodzie Wrocław, Polska	Zespół Turystyczno–Wypoczynkowo-Rehabilitacyjny Caritas, Kamień Śląski, Polska	Miejskie Wodociągi i Oczyszczalnia, Grudziądz, Polska	Sanktuarium Św. Jacka Kamień Śląski, Polska

Kompletny program firmy Viessmann – indywidualne rozwiązania w ramach efektywnych systemów grzewczych dla wszystkich nośników energii i obszarów zastosowań

Technika grzewcza, która wytrzyma próbę czasu i spełni wszystkie wymagania

Światowe zużycie energii od 1970 roku podwoiło się, a do 2030 roku ulegnie potrojeniu. W konsekwencji tego rozwoju zasoby paliw kopalnych – oleju i gazu zmniejszają się, ceny energii rosną, a zbyt wysoka emisja CO_2 wywiera wpływ na nasz klimat. Nie można więc absolutnie zrezygnować ze stałego dążenia do uzyskiwania coraz większej efektywności energetycznej, jeśli chcemy zabezpieczyć naszą przyszłość.

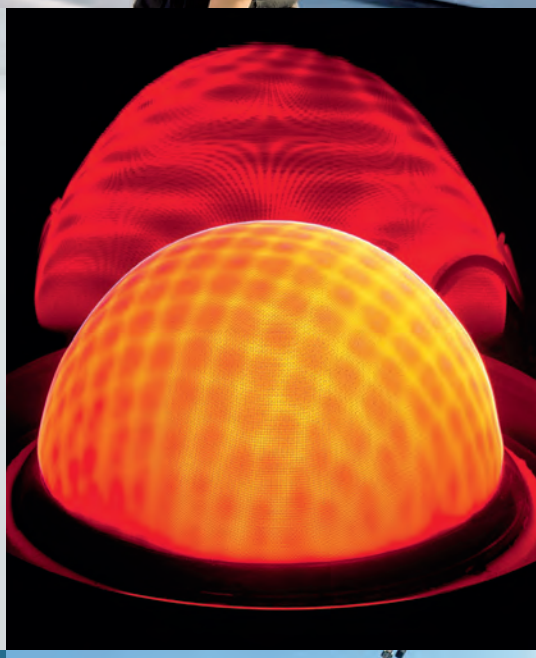
W prawie wszystkich państwach uprzemysłowionych na zaopatrzenie w ciepło mieszkań i obiektów przemysłowych przypada największa część zużywanej energii – tym samym jest to największy potencjał w drodze do oszczędności. Nowoczesne, efektywne energetycznie systemy grzewcze firmy Viessmann są na świecie wykorzystywane nie tylko w wielu gospodarstwach domowych, lecz również i w licznych, dużych obiektach międzynarodowych. W ten sposób wnoszą one ważny wkład w oszczędne obchodzenie się z zasobami naturalnymi.

W ramach tego rozwoju firma Viessmann, ze swoimi innowacyjnymi rozwiązaniami, z niezmiennym powodzeniem podejmuje najróżnorodniejsze wyzwania związane z zastosowaniem efektywnej techniki grzewczej – od pomników historii poprzez nowoczesne obiekty przemysłowe, aż po rozległy obszar rynku mieszkaniowego i zakładów pracy.

Miasto jutra, Malmö, Szwecja.

VIESSMANN

VIESSMANN



VIESSMANN
VIESSMANN

Audi
VIESSMANN

Viessmann – climate of innovation

Viessmann jest jednym z wiodących na świecie producentów inteligentnych, komfortowych i efektywnych systemów ogrzewania, klimatyzacji i wentylacji, chłodzenia oraz lokalnego wytwarzania energii elektrycznej. Jako przedsiębiorstwo rodzinne, prowadzone już w trzeciej generacji przez właścicieli, Viessmann od dziesiątek lat dostarcza szczególnie efektywne i niskoemisyjne systemy grzewcze.

Silna marka stwarza zaufanie
Obok logo marki, międzynarodowym znakiem rozpoznawczym jest nasze główne motto – „climate of innovation". Ma ono trzy wymiary: jest opowiedzeniem się za kulturą innowacji, obietnicą wysokich właściwości użytkowych produktu i równocześnie zobowiązaniem do ochrony klimatu.

Zrównoważone działanie
Przyjęcie odpowiedzialności oznacza dla firmy Viessmann wdrożenie w praktyce zrównoważonego działania, czyli doprowadzenie do takiego zharmonizowania ekologii, ekonomii i odpowiedzialności społecznej, by zaspokajać dzisiejsze potrzeby bez uszczerbku dla podstaw egzystencji przyszłych pokoleń.

Istotnymi dziedzinami działalności przedsiębiorstwa, zatrudniającego na całym świecie 10 600 pracowników, jest ochrona klimatu, poszanowanie środowiska naturalnego i efektywne wykorzystywanie zasobów naturalnych.

Przykład dobrej praktyki
Przez strategiczny projekt zrównoważonej gospodarki „Efektywność Plus" Viessmann pokazał na przykładzie zakładu macierzystego w Allendorf/Eder, że wytyczone do roku 2050 cele polityki energetycznej i klimatycznej można osiągnąć już dzisiaj, stosując dostępną na rynku technikę. Efekty mówią same za siebie:

- Rozszerzenie wykorzystania energii odnawialnych aż do 60 % udziału.
- Zmniejszenie emisji CO_2 o 80 %.

Długoterminowym celem jest pokrycie zapotrzebowania energii cieplnej w przedsiębiorstwie w całości z własnych źródeł odnawialnych.

Za swoje zaangażowanie w dziedzinie ochrony klimatu i efektywnego wykorzystania zasobów naturalnych firma Viessmann w latach: 2009, 2011 i 2013 została wyróżniona Niemiecką Nagrodą Zrównoważonego Rozwoju.

Za szczególnie efektywne wykorzystanie energii dzięki innowacyjnej centrali odzyskiwania ciepła w swojej siedzibie w Allendorf/Eder firma Viessmann została wyróżniona nagrodą Energy Efficiency Award 2010.

Viessmann Werke GmbH & Co. KG

Dane o przedsiębiorstwie
- Rok założenia: 1917
- Liczba pracowników: 11 500
- Obroty grupy: 2,2 miliarda euro
- Udziały zagraniczne: 56 %
- 22 zakładów w 11 krajach
- Spółki dystrybucyjne i przedstawicielstwa w 74 krajach
- 120 Przedstawicielstw Handlowych na całym świecie

Spektrum usług
- Urządzenia kondensacyjne na olej i gaz
- Systemy skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej
- Pompy ciepła
- Instalacje grzewcze opalane drewnem
- Instalacje biogazowe
- Systemy solarne
- Systemy fotowoltaiczne
- Osprzęt dodatkowy
- Chłodnictwo

climate of innovation

Viessmann sp. z o.o.
ul. Karkonoska 65
53-015 Wrocław
tel. 71/ 36 07 100
fax 71/ 36 07 101
www.viessmann.pl

Infolinia serwisowa:
tel. 801/ 0801 24
tel. 32/ 22 20 370

Podręcznik architekta, projektanta i instalatora – pompy ciepła

VIESSMANN