

PORADNIK

POMPY CIEPŁA

2020



Spis treści

Jakie dolne źródło pompy ciepła dla konkretnej inwestycji?	4
Pompy ciepła Bosch. Po prostu rewolucyjne!	10
Wpływ doboru pompy ciepła powietrze/woda na koszty eksploatacyjne instalacji grzewczej ..	14
Pompa ciepła powietrze-woda, gruntowa czy powietrze-powietrze? Dobierz odpowiednie urządzenie grzewcze	26
Analiza techniczno-ekonomiczna wyboru pomp ciepła dla zaspokojenia potrzeb cieplnych w budynku jednorodzinym	30
HEWALEX – EKONTROL diagnostyka. Bezcenna pewność, że wszystko jest w porządku	44
Powietrzne pompy ciepła w ciekawych zastosowaniach	48
Technologia pompy ciepła	56
Ogrzewanie budynków gruntową pompą ciepła	62
Racjonalne koszty, czyli dom energooszczędny z pompą ciepła	66
Przyczyny i skutki przeciążenia dolnego źródła gruntowej pompy ciepła	70
Sekrety monoblokowej powietrznej pompy ciepła	80
Pompy ciepła – nietypowe realizacje	82
Science City w Hönggerbergu – innowacyjna koncepcja ogrzewania i chłodzenia	86
Pompy ciepła – przegląd innowacyjnych rozwiązań	90
Katalog firm	100



Partnerzy publikacji



Redakcja



ADRES REDAKCJI
ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 512 60 75
faks 22 810 27 42
www.rynekinstalacyjny.pl

REDAKCJA E-BOOKA
Magdalena Szewczyk
mszewczyk@rynekinstalacyjny.pl
Przy opracowywaniu e-booka wykorzystano materiały
zamieszczone w portalu rynekinstalacyjny.pl

REKLAMA
mdzierzawa@medium.media.pl
ezgutka@rynekinstalacyjny.pl



Grupa MEDIUM
Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.k.
ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 810 21 24, faks 22 810 27 42
ISBN 978-83-64094-12-5

Jakie dolne źródło pompy ciepła dla konkretnej inwestycji?

Ideą pompy ciepła jest pobieranie ogólnodostępnego ciepła niskotemperaturowego obecnego w otoczeniu (powietrzu, wodzie, gruncie – źródłach odnawialnych) i efektywne przekształcenie go w użyteczną energię ciepłą. O wydajności pompy ciepła decyduje wiele czynników, ale jednym z ważniejszych jest źródło dolne.



Jakie dolne źródło pompy ciepła dla konkretnej inwestycji?

Fot. pixabay.com

Źródło dolne w ogrzewaniu pompą ciepła

Źródło dolne to instalacja umożliwiająca pobieranie energii przez pompę ciepła z odnawialnego źródła energii – powietrza, wody lub gruntu. Najlepsze z punktu widzenia wydajności pompy ciepła i możliwych oszczędności energii są źródła dolne, które:

- mają stałą temperaturę;
- zapewniają małą różnicę temperatury między źródłem dolnym a górnym (instalacją odbierającą ciepło).

Znaczenie obu tych czynników poglądowo odzwierciedla COP (współczynnik wydajności – Coefficient Of Performance), dla każdego urządzenia wyznaczany pomiarowo:

$$\text{COP} = Q_{\text{HP}}/E_{\text{el}}$$

gdzie:

Q_{HP} – ciepło przekazane w trakcie pomiaru [J],

E_{el} – zużycie energii elektrycznej w trakcie pomiaru [J].

COP zależy od temperatury źródła dolnego i górnego, np. COPA7W35 oznacza COP dla pompy ciepła powietrze/woda o temperaturze powietrza (A) $t_A = 7^\circ\text{C}$ oraz temperaturze wody grzewczej (W) $t_W = 35^\circ\text{C}$. Wartości znamionowe COP dla poszczególnych rodzajów pomp ciepła podaje norma PN-EN 14511-2.

Tabela. Minimalna wartość współczynnika pCOP według normy PN-EN 14511-2

Źródło dolne/górne	Typ pompy ciepła/symbol	Temperatura źródła [°C]		m.in. COP
		dolnego	górnego	
Solanka/woda	B0/W35	0	35	4,30
Woda/woda	W10/W35	10	35	5,10
Powietrze/woda	A2/W35	4	35	3,10
Odparowanie w gruncie/woda	E4/W35	2	35	4,30

Najlepiej wykorzystać jako dolne źródło ciepła grunt, który cechuje się po pierwsze stałą, a po drugie wysoką temperaturą – w warunkach polskich jest to ok. 10°C ($7\text{--}12^\circ\text{C}$) przez cały rok. Wyzwanie polega jednak na tym, że nie na każdej działce da się zastosować to rozwiązanie.

Woda gruntowa

Do pracy z wodą gruntową jako dolnym źródłem przystosowane są pompy woda/woda. Grunt i wody w nim się znajdujące na głębokości ok. 10 m mają stałą temperaturę ok. 10°C , niezależnie od pory roku. Temperatura wody na mniejszych głębokościach może być zmienna w zależności od pory roku i warunków terenowych. Dlatego pompy gruntowe woda/woda z sondą pionową są praktycznie odporne na sezonową zmienność temperatur. Cechują się więc najwyższym i najbardziej stabilnym współczynnikiem COP. Potrzebne są dwie studnie – czerpalna do poboru wody i chłonna do jej odprowadzania po przejściu przez pompę ciepła. Odległość pomiędzy tymi studniami nie powinna być mniejsza niż 15 m, gdyż woda może nie zdążyć się ogrzać na drodze od zrzutu do ujęcia. Najbardziej opłacalne jest dowiercanie się do warstwy wodonośnej położonej nie głębiej niż 6 m pod poziomem terenu, ale takie warunki nie występują zbyt często. Ponadto mamy od kilku lat problem z obniżaniem się poziomu wód gruntowych. Niejednokrotnie wykorzystanie wody gruntowej jest utrudnione lub niemożliwe.

Po pierwsze, na działce może nie być warstwy wodonośnej na odpowiedniej głębokości, a wykonywanie głębszych odwiertów jest zbyt kosztowne. Poza tym, jeśli studnia ma być głębsza niż 30 m, potrzebne jest pozwolenie wodnoprawne, do czego wymagana jest odpowiednia dokumentacja – jej przygotowanie bywa żmudne, długotrwałe i kosztowne. **Po drugie**, warstwa wodonośna nie zawsze ma odpowiednią wydajność czy bezpieczny dla pomp ciepła skład chemiczny. Woda gruntowa może zawierać duże ilości związków żelaza i manganu, które w zetknięciu z tlenem wytrącają się i są szkodliwe dla instalacji i pomp oraz wymienników. Każdy producent określa „swoje” graniczne parametry wody – np. jak dla wody pitnej, tj. $<0,2$ mg/l dla żelaza oraz $<0,1$ mg/l dla manganu. Jeśli te substancje wytrącają się z wody to mogą zatkać wymiennik czy studnię chłonną. Niektórzy producenci oferują (inwestycyjnie bardziej kosztowne) rozwiązania z podzespołami pompy ciepła odpornymi na złą jakość wody.

Przed decyzją o zastosowaniu na swojej działce pompy ciepła z wodą gruntową należy przeprowadzić badanie parametrów wody gruntowej – głębokości jej położenia, wydajności warstwy wodonośnej i przede wszystkim jakości. Innym rozwiązaniem wykorzystania ciepła z wody są poziome kolektory na dnie stawu – do tego celu musimy jednak własnym, odpowiednio dużym zbiornikiem wodnym. Ciepło nie jest przejmowane bezpośrednio od wody, lecz od wody krążącej w wymienniku rurowym zanurzonej w wodzie. Układ jest bardzo wydajny energetycznie.

Grunt – kolektor poziomy lub pionowy

Stosunkowo wysoką wartością COP charakteryzują się też pompy ciepła tzw. gruntowe. Korzystają one z wymienników poziomych lub pionowych. W przewodach tych wymienników krąży czynnik odbierający ciepło z gruntu. Tradycyjnie czynnikiem tym była solanka (brine) – stąd nazwa takich pomp. Obecnie najczęściej stosuje się glikol. Taki zamknięty wymiennik gruntowy jest niezawodny i odporny na ewentualne zanieczyszczenia jak w przypadku pomp woda/woda (sole, związki żelaza, manganu itp.).

W gruncie na głębokości 1,5–1,8 m (czyli poniżej granicy przemarzania) umieszcza się poziomy wymiennik – odpowiednio ułożone rury z tworzywa sztucznego. Działanie takiego kolektora gruntowego opiera się na tym, że choć temperatura gruntu na tej głębokości spada zimą, to latem następuje regeneracja dzięki ogrzewaniu przez promienie słoneczne, a przede wszystkim – przepływającą do gruntu ciepłą wodę deszczową. Poziomy kolektor gruntowy uważa się jednak za jedno z najtrudniejszych źródeł dolnych dla pomp ciepła. Wymaga bowiem odpowiednio dużej powierzchni działki (szacuje się, że ok. 1,5 razy większej niż ogrzewana powierzchnia domu). Nie można jej pokryć kostką czy betonem, nie powinna też być zadrzewiona lub znajdować się w cieniu budynku, lub drzew, bo to skraca okres regeneracji. Powierzchnia ta musi być takiego kształtu, by

rury można było ułożyć w kilku pętlach, między którymi odległości wyniosą co najmniej 0,5–0,8 m. Jeśli odcinki rur będą za długie, energia zużyta przez pompę obiegową „zje” zyski uzyskane dzięki pobieraniu ciepła z gruntu. Jeśli natomiast odległości między rurami będą zbyt małe, możliwości gruntu nie zostaną w pełni wykorzystane. Grunt gliniasty i wilgotny oddaje ok. 1,5–2 razy ciepła więcej niż grunt piaszczysty i suchy. Należy też mieć na uwadze, że przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych grunt może się nadmiernie wychłodzić w zimie, zbyt wolno odzyskiwać wyjściową temperaturę latem, przez co w kolejnym sezonie grzewczym okaże się mniej efektywny. Inwestycyjnie bardziej kosztowną (2–3 razy droższą niż dla kolektora poziomego) i bardziej skomplikowaną odmianą kolektora gruntowego jest kolektor pionowy – U-kształtne rury z glikolem umieszcza się w pionowych odwiertach. W tym przypadku odwierty (sondy głębinowe) wykonuje się na głębokości 30–150 m, przez co inwestycja wymaga pozwolenia wodnoprawnego. Takie duże głębokości wynikają z tego, że dopiero poniżej 10 m temperatura gruntu jest stabilna – można na tym oprzeć wiarygodne obliczenia. Liczba i długość sond głębinowych (czyli głębokość odwiertów) zależą od rzeczywistych warunków geologicznych i zapotrzebowania na energię budynku.

Inną odmianą kolektora gruntowego jest kolektor z odparowaniem bezpośrednim – wówczas w rurach wymiennika płynie nie glikol, a właściwy czynnik chłodniczy pracujący w pompie ciepła. To oznacza, że kolektor musi być wykonany z miedzi z warstwą polietylenu. W układzie z odparowaniem bezpośrednim nie ma pompy obiegowej i wymiennika ciepła, koniecznych przy tradycyjnym kolektorze gruntowym, co pozwala na dodatkowe poprawienie sprawności układu.

Powietrze Najłatwiej zainstalować pompę ciepła powietrze/woda. Rozwiązanie to korzysta z powietrza zewnętrznego, które jest wszędzie dostępne i tym samym nie wymaga specjalnej budowy źródła dolnego. Zatem działka nie musi spełniać specjalnych warunków, co sprawia, że pompy ciepła powietrze/woda są najczęściej wybierane, także jako rozwiązanie przy modernizacji systemu ogrzewania. Ta technologia pomp ciepła – pobierająca ciepło z powietrza – cechuje się najniższą wartością współczynnika COP. Wynika to z tego, że temperatura powietrza zmienia się w ciągu roku, a u szczytu sezonu grzewczego – zimą – jest zwykle najniższa. Co więcej, poniżej 2–5°C (zależnie od wyrobu) rozpoczyna się proces odmrażania wymiennika ciepła – pochłania to dodatkową energię. W instalacji z pompą ciepła powietrze/woda często jest konieczne drugie, szczytowe, źródło ciepła.

Całość działa jako układ biwalentny – do temperatury granicznej (punktu biwalentnego – wartość określana przez dostawcę lub projektanta, np. -8°C) pracuje tylko pompa ciepła, poniżej tej temperatury urządzenia pracują razem, a przy kolejnym punkcie granicznym (np. -15°C) ogrzewanie przejmuje kocioł, ponieważ pompa ciepła staje się nieefektywna (za dużo energii pochłania odmrażanie wymiennika ciepła). W nowych budynkach, a zwłaszcza domach jednorodzinnych budowanych w standardzie niemal zeroenergetycznym, a nawet plusenergetycznym – dzięki wykorzystaniu domowej instalacji fotowoltaicznej powietrzne pompy ciepła mogą być jedynym źródłem

ciepła dla c.o. i c.w.u. Zimą, gdy powietrze zewnętrzne jest na tyle chłodne, że pompa nie pracuje efektywnie, wykorzystywana jest grzałka elektryczna. Jest to ekonomiczne dzięki temu, że latem z domowej instalacji PV energia jest przekazywana do sieci energetycznej, a zimą jest odbierana. Pompy ciepła powietrze/woda są też często używane tylko do produkcji c.w.u. albo do podgrzewania wody w basenie zamiast kolektorów słonecznych.

Inwestorzy pytają czasem, czy nie można zastosować pomp ciepła powietrze/woda, które będą pobierały ciepło z powietrza wewnętrznego. Jak odpowiadają, producenci i instalatorzy – tylko dla szczególnych zastosowań, np. wyłącznie do wytwarzania c.w.u. lub do wspierania klimatyzacji.

Ciekawe źródła dolne... nie dla inwestorów indywidualnych


Dla pełnego obrazu warto wspomnieć, że pompa ciepła może wykorzystywać także inne dolne źródła ciepła – np. w Norwegii takim źródłem są dna fiordów. Mogą to być ścieki, woda powrotna w ciepłownictwie czy płyny (ciecze i gazy) ogrzewane w procesach technologicznych. Zwykle jednak takie rozwiązania są dostępne w przemyśle czy w pompach ciepła stosowanych w gminnych systemach ciepłowniczych. Sytuacje, w których mogą skorzystać z nich inwestorzy indywidualni, są bardzo rzadkie.

Joanna Ryńska

Po prostu. Rewolucyjne. Oszczędne.

Powietrzne pompy ciepła Bosch Compress 7000i AW
Korzystanie z energii odnawialnej może być bardzo łatwe

 **Ponadprzeciętna efektywność!***

 **52% Oszczędność miejsca!**



 **JUNKERS**

 **BOSCH**

Bosch Compress 7000i AW – kompaktowe urządzenia, zajmujące niewiele przestrzeni.

- ▶ wyjątkowa efektywność energetyczna (współczynnik COP do 5,1)
- ▶ rewolucyjny design
- ▶ łatwa i komfortowa obsługa – możliwość sterowania przez internet
- ▶ wyjątkowo cicha praca
- ▶ dla nowego budownictwa, modernizowanych obiektów oraz na wymianę dotychczasowego urządzenia

www.junkers.pl

Produkty zawierają fluorowane gazy cieplarniane. Szczegółowe dane w tym zakresie, zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 517/2014, są dostępne na stronie www.junkers.pl.

* Dane te odnoszą się do średniej w branży dla pomp ciepła powietrze/woda o mocy grzewczej wynoszącej około 8 kW (A-7 / W35).

Pompy ciepła Bosch. Po prostu rewolucyjne!

Pompy ciepła są coraz bardziej popularnym sposobem ogrzewania budynków. Są nie tylko energooszczędne, ale również wpisują się w trend ekologiczny. W czasie pracy pomp ciepła nie zachodzi żaden proces spalania, a zatem nie ma emisji spalin, co sprawia, że urządzenia tego typu nie przyczyniają się do powstawania efektu smogu.



Bosch oferuje różne typy pomp ciepła. W ofercie można znaleźć m.in. pompę ciepła powietrze-woda o nazwie Bosch Compress 7000i AW, składającą się z dwóch elementów. Jeden z nich jest umieszczony na zewnątrz budynku. To w nim następuje odbiór energii z powietrza i przeniesienie jej na wyższy poziom temperaturowy, który pozwala efektywnie zasilać instalację grzewczą. Drugi element znajduje się wewnątrz budynku. Dostępne są 4 wersje, które wyposażone są w sterowanie, pompy obiegowe, elementy zabezpieczające instalację grzewczą.

Bosch Compress 7000i AW to urządzenie wyróżniające się pod wieloma względami. Z punktu widzenia klienta, na pewno bardzo interesujący jest atrakcyjny design. Przedni front urządzenia jest zupełnie płaski i wykonany z hartowanego szkła, a jego górne i dolne krawędzie są zaokrąglone. Dostępne są dwa kolory: biały i czarny. Na szklanej tafli umieszczone są symbole, przedstawiające stan



pracy pompy ciepła. Pod szklaną obudową znajduje się główny regulator pompy ciepła HPC400. Na panelu regulatora, można programować pracę urządzenia pod kątem centralnego ogrzewania, chłodzenia, ciepłej wody, współpracy z instalacją fotowoltaiczną, instalacją solarną czy podgrzewaniem basenu. Każdy model wyposażony jest standardowo w moduł do zdalnej komunikacji. Jeśli do urządzenia zostanie podłączona sieć internetowa, to za pomocą aplikacji Bosch EasyRemote, można dokonywać zmian w ustawieniach za pomocą smartfona lub tabletu.

Kolejnym rozwiązaniem w grupie powietrznych pomp ciepła jest **Bosch Compress 3000 AWS**.

W odróżnieniu od urządzenia Compress 7000i AW jest ono skonstruowane w technologii split, co oznacza, że część pompy ciepła znajduje się na zewnątrz budynku, a część wewnątrz. Compress 3000 AWS pozwala zaoszczędzić bardzo dużo energii, ponieważ moc pompy ciepła jest modulowana zależnie od zapotrzebowania, dzięki zastosowaniu technologii inwerterowej. Produkcja ciepła zachodzi przy bardzo wysokiej efektywności – współczynnik COP przy temperaturze powietrza zewnętrznego +7°C wynosi nawet 4,81, co bezpośrednio wpływa na obniżenie kosztów eksploatacji. Zintegrowana pompa obiegowa i nowy regulator pompy ciepła



HPC400, który pozwala na doskonałe współdziałanie z instalacją fotowoltaiczną, wpływają również na energooszczędność. Opcjonalnie dostępny jest także moduł internetowy, umożliwiający zdalne mobilne sterowanie systemem za pośrednictwem aplikacji Bosch EasyRemote.

Gruntowe pompy ciepła tj. takie, które czerpią ciepło z gruntu za pomocą glikolu, reprezentują typoszeregi **Bosch Compress 6000 LWM** oraz **Compress 6000 LW**. Urządzenia przeznaczone są do ogrzewania obiektów jedno- lub wielorodzinnych, a także do mniejszych obiektów użyteczności publicznej oraz do podgrzewania wody użytkowej. Urządzenia cieszą się dużą popularnością dzięki innowacyjnej konstrukcji. Dodatkowo typoszereg urządzeń Compress **6000 LWM** łączy zalety dwóch urządzeń: pompy ciepła i zasobnika ciepłej wody, ponieważ oba znajdują się w jednej obudowie. Zasobnik wody ma pojemność 185 litrów, jest wykonany ze stali nierdzewnej i dodatkowo ma wbudowaną anodę inercyjną.

System optymalizacji pracy **Dynamic Pump Control** podczas działania pompy ciepła dba o to, aby uzyskiwała ona jak najwyższy



współczynnik COP. Dzięki wysokiemu współczynnikowi wydajności (COP) urządzenie pracuje oszczędniej, co przynosi się na konkretne korzyści finansowe dla użytkownika. Wg normy EN 14511 w warunkach 0/35 pompy osiągają współczynniki COP o wartości nawet do 4,8! Dodatkowo pompy Compress 6000 wyposażone zostały w elektroniczne pompy obiegowe klasy A dolnego i górnego źródła, które wpływają na obniżenie zużycia energii przez całe urządzenie. System sterowania w pompach ciepła oparty jest na regulacji pogodowej. Oznacza to, że urządzenia dostosowują temperaturę w instalacji grzewczej do warunków pogodowych, z czego również wynikają wymierne oszczędności.

* * *

Marka Bosch stawia na rozwiązania przyszłościowe, które będą spełniały oczekiwania klientów pod względem komfortu, oszczędnej eksploatacji oraz ekologii. Jakość urządzeń marki Bosch jest dodatkowo wsparta przez gwarancję, która obejmuje okres do 5 lat.

Robert Bosch Sp. z o.o.
ul. Jutrzenki 105, 02-231 Warszawa
infolinia: 801 600 801
www.junkers.pl



Wpływ doboru pompy ciepła powietrze/woda na koszty eksploatacyjne instalacji grzewczej

Odpowiedni dobór mocy pompy ciepła powietrze/woda jest bardzo istotny z uwagi na późniejsze koszty eksploatacyjne. Powszechnie zauważalnym problemem jest niedowymiarowanie urządzeń i tym samym nadmierne zużycie energii elektrycznej przez grzałkę w okresie niskich temperatur w sezonie grzewczym. Z kolei przewymiarowanie powoduje nie tylko wyższe koszty inwestycyjne, ale i eksploatacyjne przy występowaniu umiarkowanych temperatur.

Moc grzewcza oraz chwilowa wartość współczynnika efektywności (COP) pomp ciepła powietrze/woda zależą od wielu czynników. Najważniejszymi są parametry dolnego oraz górnego źródła, przede wszystkim temperatura powietrza zewnętrznego oraz temperatura zasilania instalacji centralnego ogrzewania. Głównym problemem w eksploatacji tych urządzeń jako źródła ciepła jest jednak niekoherentność (niespójność) zapotrzebowania budynku na ciepło oraz generowanej mocy grzewczej. Wraz ze zmniejszającą się temperaturą powietrza zewnętrznego rośnie obciążenie cieplne budynku. Jednocześnie jednak spada maksymalna moc pompy ciepła, która wykorzystuje powietrze zewnętrzne jako dolne źródło ciepła. Obniżeniu ulega również wskaźnik COP, a więc główny parametr określający efektywność urządzenia, która bezpośrednio przekłada się na koszty ogrzewania.

Zauważalnym problemem jest zazwyczaj dobór urządzenia o zbyt małej mocy. Skutkuje to zwiększeniem udziału grzałki elektrycznej w wytworzeniu energii cieplnej i dodatkowym pogorszeniem wartości COP przy niskich temperaturach powietrza zewnętrznego. Natomiast problem przewymiarowania pompy ciepła postrzegany jest głównie przez pryzmat nadmiernych kosztów inwestycyjnych. Okazuje się jednak, że również dobór pompy ciepła o zbyt dużej mocy w wielu przypadkach niekorzystnie wpływa na osiągnięte wartości COP.

Metody doboru mocy pompy ciepła powietrze/woda

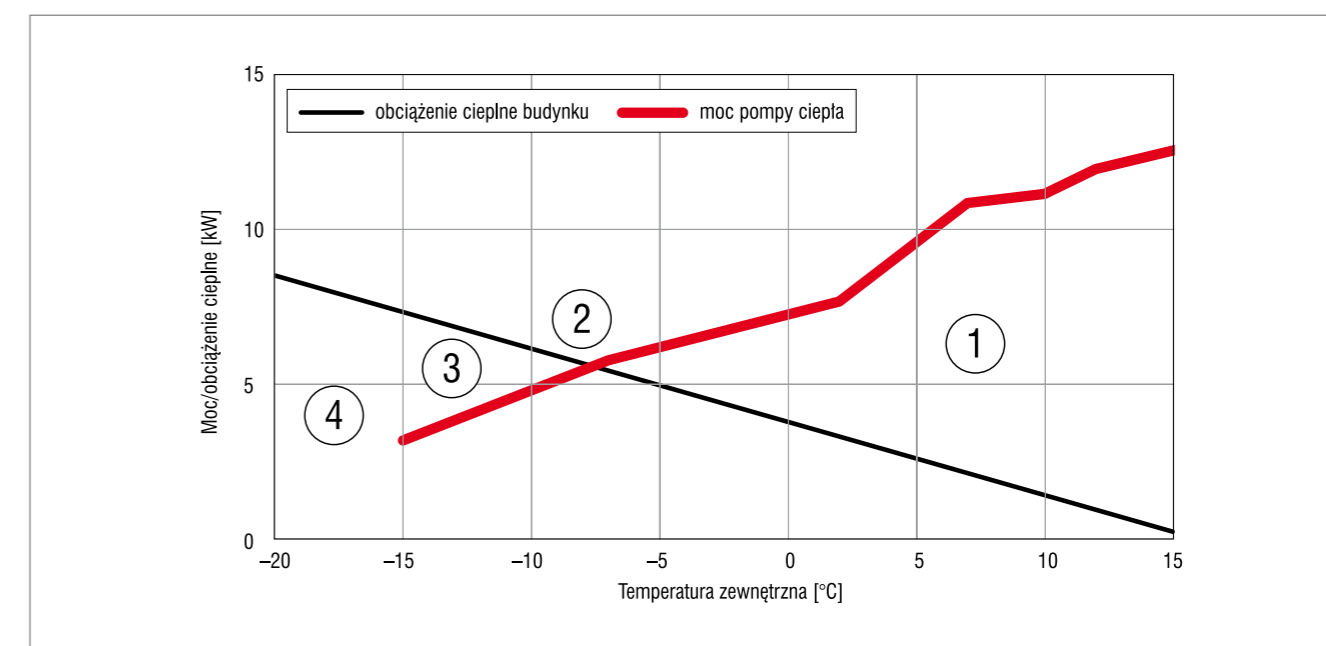
Ze względu na brak krajowych wytycznych doboru mocy pomp ciepła w praktyce najczęściej stosuje się w tym celu metody opisane przez producentów urządzeń. W przypadku pomp ciepła powietrze/woda zazwyczaj określa się tzw. punkt biwalentny. Jest to taka wartość temperatury zewnętrznej (dolnego źródła), dla której maksymalna moc pompy ciepła na potrzeby grzewcze (dla wymaganej temperatury zasilania) jest w przybliżeniu równa obciążeniu cieplnemu budynku. Oznacza to, że w przypadku wystąpienia temperatury zewnętrznej niższej od tej wartości konieczne

jest wspomaganie pracy sprężarki urządzenia grzałką elektryczną, która dla pomp ciepła powietrze/woda jest zwykle elementem niezbędnym. W teorii zbyt niska wartość temperatury biwalentnej oznacza przewymiarowanie pompy ciepła, co znacząco zwiększa koszty inwestycyjne instalacji oraz negatywnie wpływa na pracę urządzenia ze względu na obciążenie częściowe występujące przez większą część sezonu grzewczego. Zbyt wysoka wartość punktu biwalentnego oznacza z kolei częsty niedobór mocy i konieczność uruchamiania grzałki elektrycznej, co zwiększa koszty eksploatacyjne.

Przy wyborze urządzenia należy również wziąć pod uwagę jego minimalną temperaturę pracy. Typowe rozwiązania gwarantują poprawną pracę pompy ciepła przynajmniej do temperatury zewnętrznej -15°C , częściej -20°C . Dostępne są jednak również urządzenia ze specjalną konstrukcją sprężarki (np. z dodatkowym wtryskiem gorących par czynnika), umożliwiające pracę do temperatury -25°C lub niższej. Dla odpowiedniego doboru mocy grzewczej pompy ciepła uwzględnić należy również lokalizację budynku. Budynek zlokalizowany w chłodniejszej części kraju (np. Suwałki, Zakopane itd.) jest narażony na częstsze występowanie tak niskich temperatur i zastosowanie innowacyjnych rozwiązań obniżających minimalną temperaturę pracy bywa niezbędne.

Poszczególne obszary pracy pompy ciepła powietrze/woda w zależności od temperatury powietrza zewnętrznego zostały schematycznie zobrazowane na rys. 1.

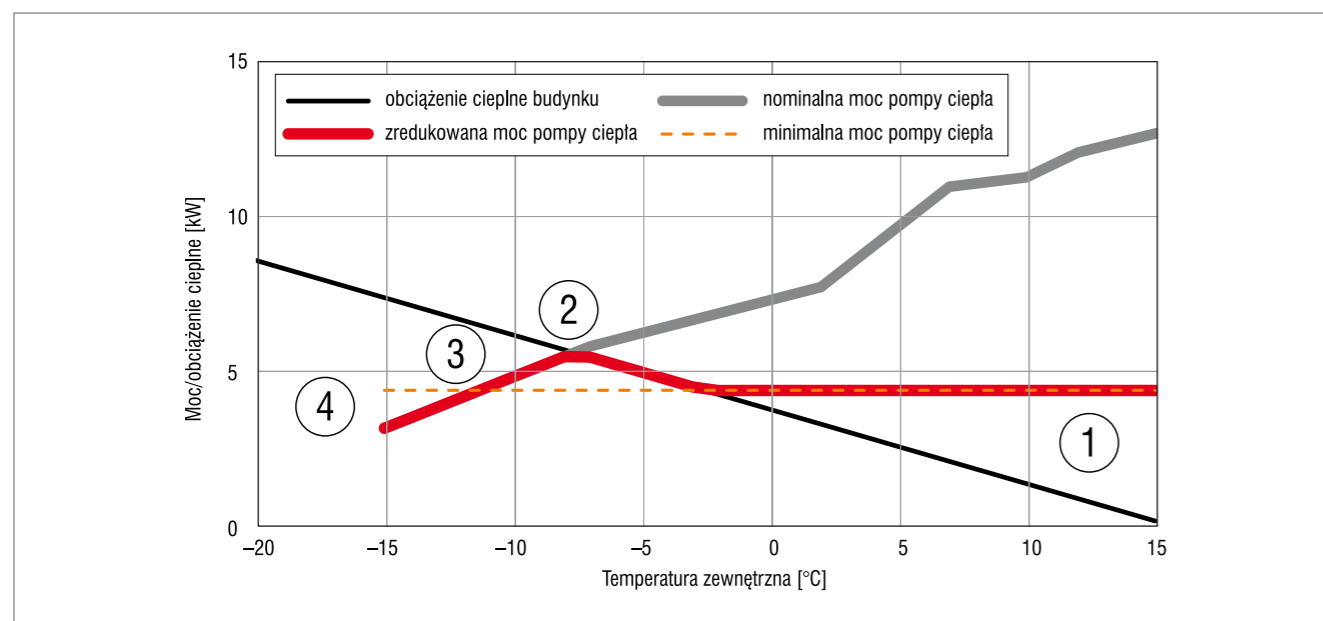
Większość nowoczesnych pomp ciepła powietrze/woda wyposażonych jest w inwerter częstotliwości pracy sprężarki, który pozwala na zredukowanie w pewnym zakresie generowanej przez urządzenie mocy grzewczej. Zmiana obrotów sprężarki nie pozostaje bez wpływu na jej osiągi energetyczne, choć producenci rzadko udostępniają dane konieczne do uwzględnienia tego zjawiska



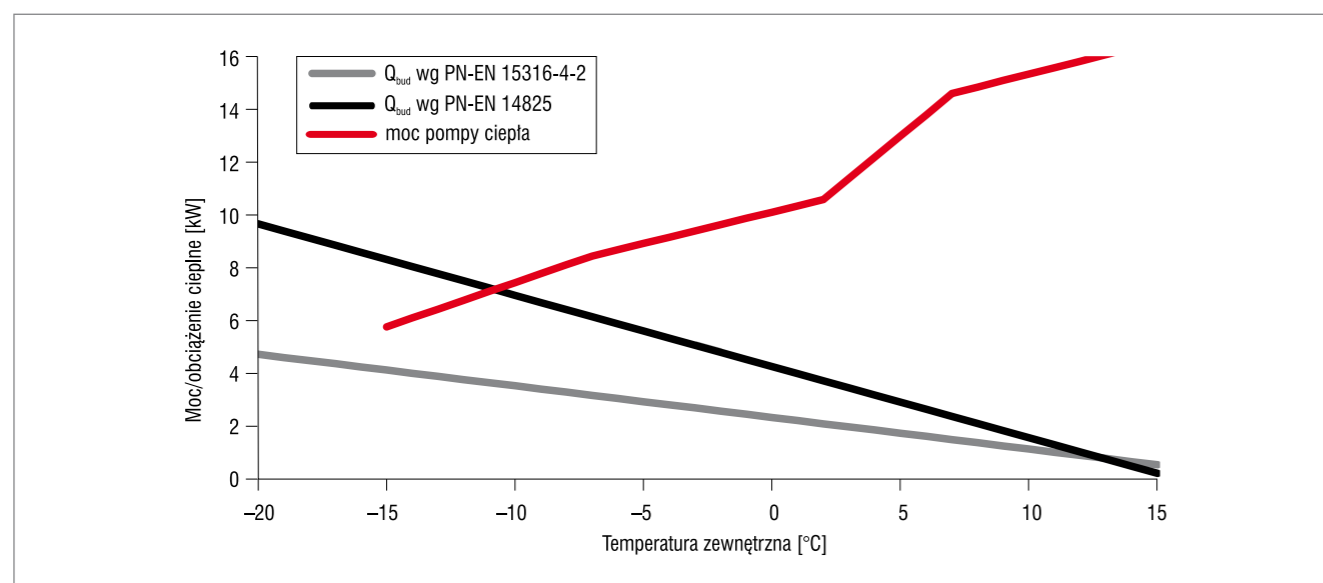
Rys. 1. Przykładowy dobór pompy ciepła powietrze/woda regulowanej on/off i obszary jej pracy: 1 – praca z nadmiarem mocy, 2 – punkt biwalentny, 3 – niedobór mocy urządzenia i wspomagająca praca grzałki elektrycznej, 4 – ogrzewanie wyłącznie grzałką elektryczną

w analizach energetycznych. Możliwość regulacji generowanej mocy grzewczej znacząco zmniejsza jednak obszar pracy z obciążeniem częściowym. Dzięki zastosowaniu sprężarek z inwerterem redukcja COP związana z dużym niedopasowaniem mocy, a zatem z koniecznością cyklicznego włączania i wyłączania urządzenia, następuje dopiero dla obciążenia cieplnego mniejszego od maksymalnie zredukowanej mocy pompy ciepła. Obszary pracy dla tego typu urządzeń zobrazowano schematycznie na rys. 2.

Wybór pomp ciepła tego typu jest szczególnie zalecany w przypadku ich bezpośredniego połączenia z instalacją grzewczą. Rozwiązanie takie jest możliwe w przypadku instalacji o niewielkiej



Rys. 2. Przykładowy dobór pompy ciepła powietrze/woda z inwerterem i obszary jej pracy: 1 – praca z nadmiarem mocy, 2 – punkt biwalentny, 3 – niedobór mocy urządzenia i wspomagająca praca grzałki elektrycznej, 4 – ogrzewanie wyłącznie grzałką elektryczną



Rys. 3. Obciążenie cieplne budynku i moc pompy ciepła w zależności od metody analizy

mocy z ogrzewaniem płaszczyznowym pod warunkiem zapewnienia minimalnego przepływu wody grzewczej przez pompę ciepła, np. poprzez zastosowanie odpowiedniego zaworu różnicy ciśnień typu by-pass. Ze względu na minimalny przepływ czynnika przez pompę ciepła oraz minimalny czas pracy po uruchomieniu sprężarki instalacje wyposażone w standardowe grzejniki (o mniejszej pojemności wodnej) należy wyposażyć w bufor wody grzewczej.

Rozważając dobór pompy ciepła powietrze/woda w kontekście współpracy z systemem c.o., należy mieć na uwadze, że wykres zależności obciążenia cieplnego budynku od temperatury powietrza zewnętrznego konstruowany jest w oparciu o projektowe obciążenie cieplne. Jest to zgodne z zaleceniami normy PN-EN 14825 [1] i typową praktyką inżynierską. W rzeczywistości wartość chwilowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku będzie prawdopodobnie niższa na skutek wpływu zysków ciepła wewnętrznych oraz od nasłonecznienia. Zgodnie z normą PN-EN 15316-4-2 [2] do analizy pracy pompy ciepła zalecane jest wykorzystanie profilu obciążenia cieplnego budynku skonstruowanego w oparciu o wartość zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania. Chwilowe zapotrzebowanie budynku na moc grzewczą jest wtedy nawet o połowę niższe niż w przypadku wykorzystania do tego celu projektowego obciążenia cieplnego.

Którą z tych wartości należy więc wykorzystywać do doboru urządzenia? Wydaje się, że tę wynikającą z projektowego obciążenia cieplnego. Warto jednak mieć na uwadze konsekwencje, jakie niesie ze sobą prawdopodobnie mniejsze zapotrzebowanie na moc grzewczą w rzeczywistym budynku, wynikające zarówno z wpływu zysków ciepła, jak i związane z sezonem grzewczym, który może być znacząco cieplejszy od statystycznego. Na rys. 3 pokazano przykładowe rozbieżności pomiędzy przebiegiem wartości obciążenia cieplnego wynikającym z obliczeń według obu norm. Wraz ze spadkiem temperatury zewnętrznej rozbieżności stają się coraz większe i w punkcie obliczeniowej temperatury zewnętrznej różnica wynosi ponad 125%.

Po naniesieniu na wykres katalogowej charakterystyki pompy ciepła widoczne są również wady metody zaproponowanej w PN-EN 15316-4-2. Równomierne rozłożenie zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania na wszystkie godziny trwania sezonu grzewczego powoduje zaniżenie obciążenia cieplnego budynku, szczególnie przy niskich temperaturach zewnętrznych. W rzeczywistości zyski ciepła od promieniowania słonecznego przez przegrody zewnętrzne (stanowiące w tym budynku prawie 95% całkowitych zysków ciepła) wykazują zdecydowanie większy wpływ w okresach ciepłych i niemal zerowy w momencie występowania temperatur bliskich obliczeniowym. W wyniku tego uproszczenia w analizowanym przypadku dla profilu obciążenia cieplnego wg PN-EN 15316-4-2 nie występuje punkt biwalentny. W praktyce oznacza to brak uwzględnienia pomocniczej pracy grzałki elektrycznej aż do momentu wyłączenia pompy ciepła przy temperaturze granicznej. Jest to jedna z przyczyn zaniżania pobranej energii elektrycznej przy wykonywaniu analiz tą metodą. Z drugiej strony stosowanie zaleceń normy PN-EN 14825 nie pokazuje zmniejszonego

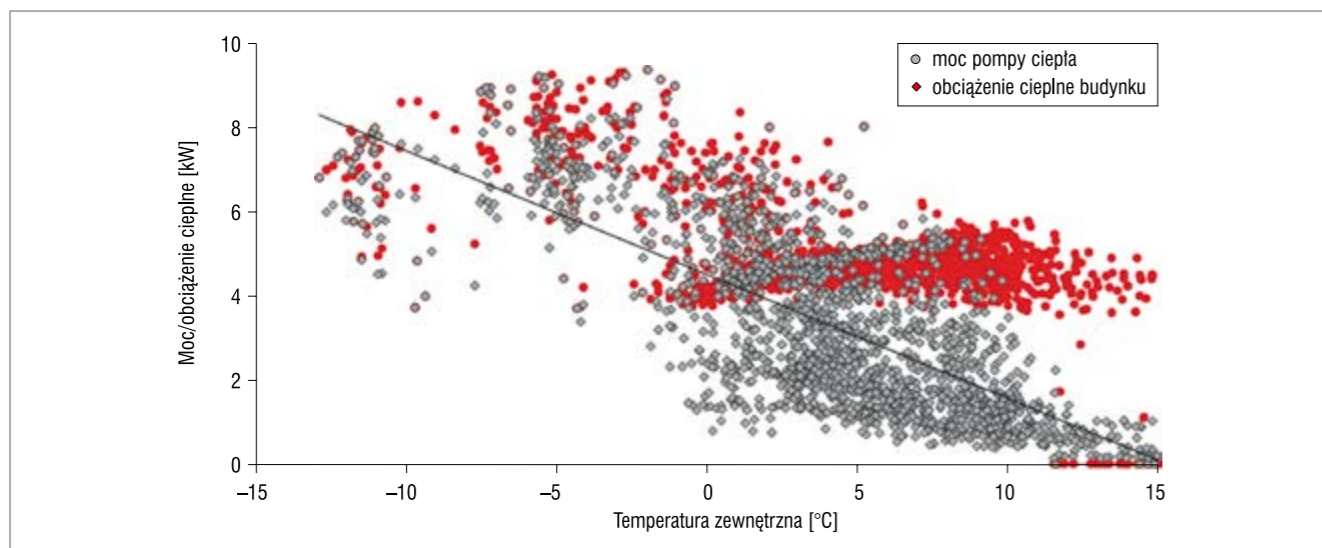
zapotrzebowania na ciepło w okresach cieplejszych, a zatem problemów wynikających z niedopasowania mocy.

Żeby dokładniej przybliżyć ten problem, w następnej części artykułu przedstawiono wyniki pomiarów parametrów pracy pompy ciepła w rzeczywistej instalacji oraz przeprowadzono symulacje obrazujące wpływ mocy pompy ciepła na wartość SCOP oraz na koszty eksploatacji.

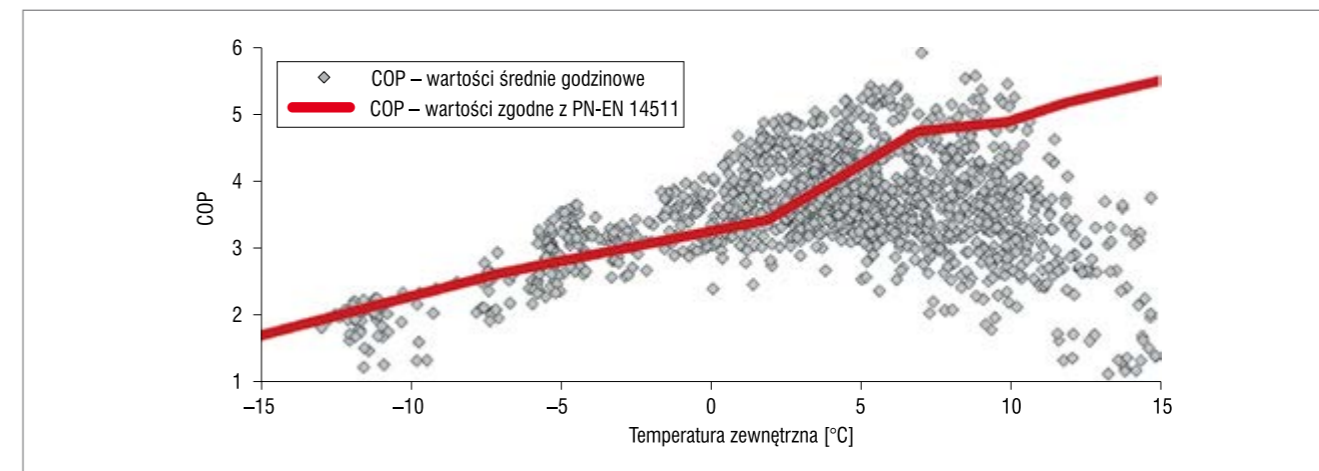
Rzeczywista praca instalacji z pompą ciepła

Na pracę pompy ciepła w rzeczywistej instalacji grzewczej wpływa bardzo wiele parametrów. Oprócz oczywistych, jak temperatura powietrza zewnętrznego i zasilania oraz powrotu instalacji grzewczej (temperatury dolnego i górnego źródła), jako znaczące można wymienić stosunek mocy pompy ciepła do obciążenia cieplnego budynku (obciążenie częściowe), wilgotność powietrza zewnętrznego czy obecność bufora wody grzewczej. Na rys. 4 zestawiono godzinowe dane pracy pompy ciepła powietrze/woda w budynku biurowym zlokalizowanym w II strefie klimatycznej, o projektowym obciążeniu cieplnym wynoszącym 9,7 kW, obliczonym zgodnie z normą PN-EN 12831. Instalacja wyposażona jest w pompę ciepła o mocy nominalnej 10,6 kW (A2/W35), która połączona jest bezpośrednio z instalacją ogrzewania podłogowego. Powierzchnia ogrzewana wynosi ok. 400 m².

Na rys. 4 zestawiono chwilową moc grzewczą pompy ciepła oraz obciążenie cieplne budynku w sezonie grzewczym. Ze względu na wyposażenie urządzenia w sprężarkę z regulowaną mocą w okresie temperatur zewnętrznych poniżej 0°C zaobserwować można dobre dopasowanie mocy grzewczej do obciążenia cieplnego budynku. Zagęszczenie godzin pracy widoczne jest jednak przede wszystkim w zakresie mocy ok. 5,0 kW. Oznacza to przeważającą pracę urządzenia z maksymalnie zredukowaną mocą, często i tak przekraczającą zapotrzebowanie na ciepło instalacji grzewczej. Sytuacja taka



Rys. 4. Dopasowanie mocy pompy ciepła do obciążenia cieplnego budynku



Rys. 5. Rzeczywiste oraz katalogowe (wg PN-EN 14511) wartości COP badanej pompy ciepła

wymusza pracę pompy ciepła w trybie cyklicznych włączeń i wyłączeń (on/off). Zbiór tych czynników (redukcji obrotów sprężarki oraz jej włączeń i wyłączeń) znacząco wpływa na rzeczywistą wartość COP urządzenia. Na rys. 5 przedstawiono godzinowe wartości COP dla tego samego okresu pracy instalacji z naniesioną charakterystyką katalogową zgodną z normą PN-EN 14511 [3].

Porównując wartości COP średnie godzinowe z pomiarów z charakterystyką katalogową, wyraźnie widać obszar obniżonej efektywności energetycznej. Wbrew oczekiwaniom COP dla stosunkowo wysokich (większych od ok. 6°C) temperatur zewnętrznych były niskie i wykazywały tendencję spadkową wraz ze wzrostem temperatury dolnego źródła (powietrza zewnętrznego). Stoi to w sprzeczności z charakterystyką katalogową.

Główną przyczyną tej sytuacji jest widoczne na rys. 4 znaczne niedopasowanie mocy urządzenia do zapotrzebowania na ciepło budynku. Jest ono tym większe, im wyższa jest temperatura powietrza zewnętrznego. Wpływ cyklicznych włączeń i wyłączeń sprężarki urządzenia jest znaczący, dlatego powinien być uwzględniany przy doborze urządzenia. Z tego powodu, oprócz zachowania zasad ustalenia punktu biwalentnego, do poprawy jakości doboru pompy ciepła niezbędne są analizy współpracy z instalacją grzewczą. Prowadzą one do wyznaczenia sezonowego wskaźnika efektywności energetycznej pompy ciepła SCOP (seasonal coefficient of performance). Wartość ta oznacza uśredniony wskaźnik efektywności dla pracy pompy ciepła w całym sezonie grzewczym i jest najlepszym parametrem porównawczym przy wyborze urządzenia. Dokładność oszacowania tej wartości zależy od przyjętej metody obliczeniowej i dostępności danych wejściowych związanych z budynkiem, instalacją, temperaturą zewnętrzną oraz pompą ciepła.

Metoda analizy współpracy pompy ciepła z budynkiem

Jednym ze sposobów przeprowadzania stosunkowo dokładnej analizy współpracy pompy ciepła z instalacją grzewczą budynku jest metoda opisana w normie PN-EN 14825. Choć procedura ta

stosowana jest przede wszystkim do wykonywania etykiet energetycznych pomp ciepła, z powodzeniem może być wykorzystywana do analiz energetycznych na potrzeby projektowe, co podkreślono w normie oraz publikacjach [1, 4, 5]. Metoda bazuje na kroku temperaturowym, tzn. analizy przeprowadzane są w krokach zmian temperatury zewnętrznej (np. co 1°C). Możliwe jest wprowadzenie dowolnych danych klimatycznych, np. danych statystycznych dla wybranych stacji meteorologicznych w Polsce (zamieszczonych na stronie Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju). Szczegółowy opis przeprowadzania analiz tą metodą opisano w artykułach [6, 7].

Głównym problemem przy wykonywaniu symulacji tego typu, również przy wykorzystaniu metody opisanej w PN-EN 14825, jest brak części wymaganych danych wejściowych. Przy obliczaniu obniżenia COP pompy ciepła w stosunku do wartości katalogowej w wyniku pracy z obciążeniem częściowym kluczowym parametrem jest wartość współczynnika redukcji C_c . Parametr ten często nie figuruje w karcie danych katalogowych pomp ciepła, a sam sposób jego zdefiniowania i badania budzi w literaturze naukowej wątpliwości [4,5]. Choć norma w przypadku braku danych dla konkretnej pompy ciepła zaleca przyjmować $C_c = 0,9$, najczęściej spotykane wartości dla przetestowanych urządzeń wynoszą ok. 0,97–0,99. Z kolei źródła literaturowe oraz badania autorów sugerują, że dopiero przyjęcie wartości ok. 0,8 daje rezultaty zbliżone do rzeczywistej pracy urządzenia w instalacji grzewczej. W celu pokazania różnic wynikających z przyjęcia wartości tego parametru, analizy przeprowadzono dla trzech wartości współczynnika C_c : 0,8; 0,9 oraz 0,97.

Tabela 1. Podstawowe dane mocy oraz COP porównywanych pomp ciepła dla testowanych parametrów dolnego źródła (temperatury zewnętrznej t_{zew})

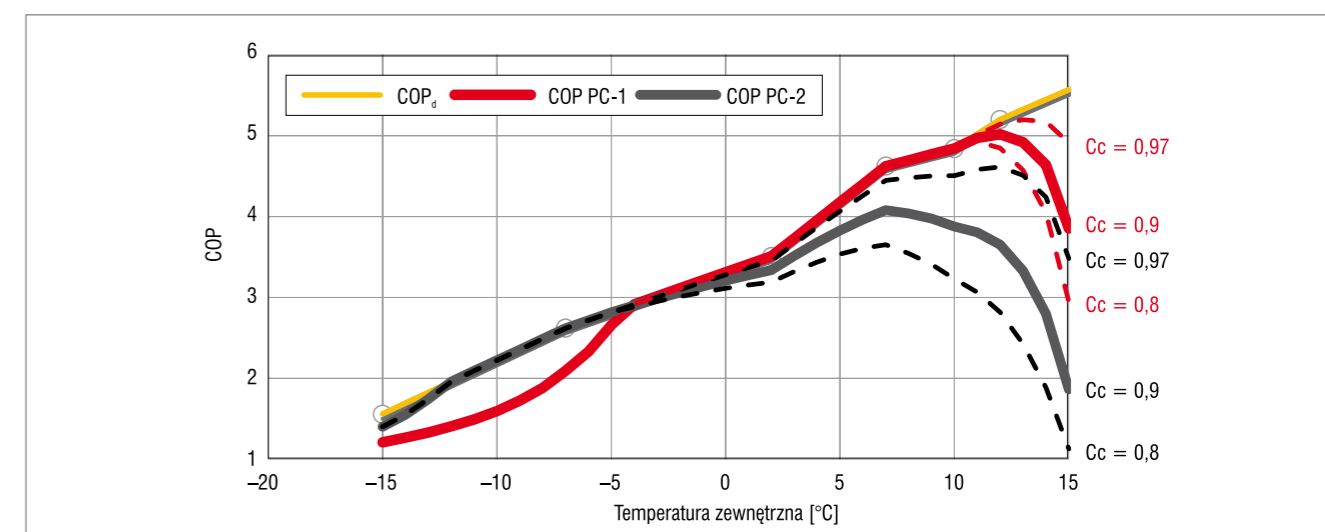
t_{zew} °C	Q, kW		COP
	PC-1	PC-2	
-15	3,40	5,80	1,55
-7	4,60	8,47	2,61
2	5,60	10,60	3,50
7	8,00	14,60	4,62
10	8,20	14,80	4,84
12	8,50	15,82	5,20
20	9,90	17,90	6,18

Obliczenia wykonano dla dwóch przykładowych pomp ciepła powietrze/woda o różnej mocy z jednego typoszeregu. Urządzenia są wyposażone w inwerter częstotliwości, a minimalna generowana moc cieplna Q_{min} jest różna (dla PC-1 $Q_{min} = 1,30$ kW, dla PC-2 $Q_{min} = 5,0$ kW). Konstrukcja sprężarki umożliwia pracę jednostki do temperatury powietrza zewnętrznego -15°C . Dla lepszego pokazania wpływu doboru odpowiedniej mocy urządzenia przyjęto, że charakterystyki COP są takie same. Podstawowe dane wykorzystane w analizie zestawiono w tabeli 1.

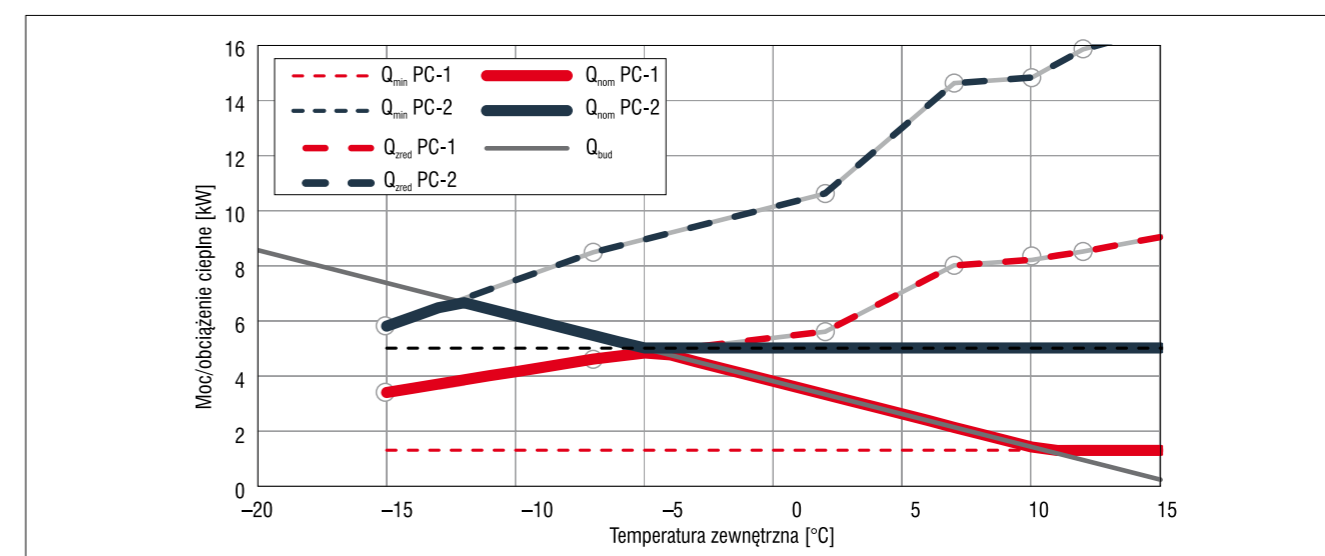
W celu zachowania podobieństw do rzeczywistego obiektu pomiarowego opisanego w poprzednim rozdziale, analizy wykonano dla przykładowego budynku o projektowym obciążeniu cieplnym wynoszącym 9,5 kW, zlokalizowanego w trzech zróżnicowanych pod względem klimatycznym miejscowościach: Kołobrzegu, Wrocławiu i Suwałkach. Założono wyposażenie w instalację ogrzewania płaszczynowego o temperaturze zasilania 35°C , połączoną bezpośrednio z pompą ciepła powietrze/woda.

Wyniki analizy współpracy pompy ciepła z budynkiem

Wyniki przeprowadzonej analizy zestawiono na rys. 6, 7 oraz w tabeli 2. Na rys. 6 przedstawiono zmiany deklarowanych katalogowych charakterystyk COP_d urządzeń (opracowane wg danych uzyskanych zgodnie z testami opisanymi w normie PN-EN 14511) pracujących w analizowanym



Rys. 6. Redukcja deklarowanej wartości COP_d wg PN-EN 14511 przy różnych wartościach wskaźnika C_c dla analizowanych pomp ciepła



Rys. 7. Zmiany mocy pomp ciepła w zależności od temperatury zewnętrznej i obciążenia cieplnego budynku

budynku zlokalizowanym we Wrocławiu dla trzech wartości współczynnika Cc (zgodnie z tabelą 2). Dla niskich temperatur powietrza zewnętrznego zauważalny jest spadek COP wynikający ze wspomaganie pracy pompy ciepła grzałką elektryczną. Taka konieczność występuje w mniejszej pompie ciepła (PC-1) znacznie wcześniej niż w przypadku PC-2 o większej nominalnej mocy grzewczej. Skutkiem będzie większy pobór energii elektrycznej przez pompę PC-1. Z drugiej jednak strony, w przypadku wystąpienia wyższych temperatur powietrza zewnętrznego urządzenie PC-1 wykazuje znacznie mniejsze obniżenie chwilowych wartości COP. Wynika to przede wszystkim z możliwości większej niż dla PC-2 redukcji mocy grzewczej, aż do 1,3 kW, co znacząco zawęży obszar pracy pompy ciepła z obciążeniem częściowym.

Zmiany mocy cieplnych obu urządzeń w zależności od temperatury dolnego źródła przedstawiono na rys. 7. Stopień redukcji w tym przypadku zależy nie tylko od ogólnej mocy pompy ciepła, ale w znacznym stopniu od stopnia jej redukcji oraz współczynnika Cc. Na rysunku zaznaczono zredukowaną moc urządzeń Q_{zred} oraz nominalną wg PN-EN 14511 – Q_{nom} dla obu pomp ciepła na tle obciążenia cieplnego budynku Q_{bud} .

Choć dla wszystkich lokalizacji budynku charakterystyki zmian mocy i COP przedstawione na rys. 6 i 7 będą bardzo zbliżone, liczba godzin występowania danych temperatur zewnętrznych w trakcie trwania sezonu grzewczego znacząco się różni. Skutkiem tego będą istotne różnice w energii elektrycznej pobranej przez pompę ciepła, co widoczne jest w zróżnicowanych wartościach sezonowej efektywności energetycznej SCOP. Wyniki tych analiz przedstawiono w tabeli 2. Praca urządzeń z obciążeniem częściowym ma największy wpływ w przypadku cieplejszych lokalizacji, takich jak np. Kołobrzeg. Znacznie mniejszy jest natomiast wpływ niewystarczającej mocy pompy ciepła w niższych temperaturach powietrza zewnętrznego, które występują w ciągu sezonu grzewczego sporadycznie.

Tabela 2. Wyniki analizy doboru pompy ciepła powietrze/woda z inwerterem częstotliwości

Miasto	Kołobrzeg						Wrocław						Suwałki					
	PC-1			PC-2			PC-1			PC-2			PC-1			PC-2		
Cc	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80
Udział grzałki	0,76%			0,00%			5,97%			0,75%			9,73%			3,59%		
SCOP	3,75	3,75	3,75	3,77	3,64	3,47	3,04	3,03	3,03	3,31	3,22	3,10	2,62	2,62	2,62	2,84	2,77	2,68
Koszty eksploatacyjne	0%			+3,0%			+6,2%			0%			+5,8%			0%		

Tabela 3. Wyniki analizy doboru pompy ciepła powietrze/woda bez inwertera częstotliwości

Miasto	Kołobrzeg						Wrocław						Suwałki					
	PC-1			PC-2			PC-1			PC-2			PC-1			PC-2		
Cc	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80
SCOP	3,64	3,4	3,11	3,53	2,99	2,46	2,98	2,84	2,66	3,15	2,76	2,35	2,58	2,49	2,37	2,73	2,45	2,14
Zmiana ^{*)}	-3%	-9%	-17%	-6%	-18%	-29%	-2%	-6%	-12%	-5%	-14%	-24%	-2%	-5%	-10%	-4%	-12%	-20%

^{*)} zmiana wartości SCOP względem wartości odpowiadającej danej pompie ciepła i danej lokalizacji zawartej w tabeli 2.

Dla cieplejszych lokalizacji mniejsza pompa ciepła PC-1 osiąga w związku z tym wyższe wartości SCOP, generując niższe koszty eksploatacyjne. Istotny jest również niższy koszt zakupu urządzenia. Warto również zwrócić uwagę, że dla budynku o projektowym obciążeniu cieplnym 9,5 kW zasadny jest w tym przypadku dobór pompy ciepła powietrze/woda o mocy znamionowej 5,6 kW. W nieco chłodniejszej lokalizacji, reprezentowanej w zestawieniu przez Wrocław, właściwy byłby wybór urządzenia o większej mocy (PC-2). Spowodowane jest to większą częstotliwością występowania niskich temperatur powietrza zewnętrznego, co dla PC-1 skutkuje znaczącym zużyciem energii elektrycznej przez grzałkę, o wartości ok. 6% całkowitej energii elektrycznej pobranej przez pompę ciepła w trakcie sezonu grzewczego. Urządzenie o większej mocy jest w stanie zapewnić wymaganą moc grzewczą dla niższych temperatur dolnego źródła, w związku z czym udział ten spada do mniej niż 1%. Widoczne jest to również w wartości SCOP, wyraźnie wyższej dla pompy ciepła PC-2.

Dla lokalizacji najzimniejszych, jak np. Suwałki, w związku z dużą liczbą godzin występowania bardzo niskich temperatur zewnętrznych, większe znaczenie ma ograniczenie czasu pracy wspomagającej grzałki elektrycznej. Z tego powodu bardziej zasadny wydaje się wybór pompy ciepła o większej mocy (PC-2). Nawet dla tego urządzenia szacowane wartości SCOP będą stosunkowo niskie, w zakresie 2,68–2,84, w zależności od rzeczywistej wartości współczynnika Cc. Spowodowane jest to w dużej mierze wciąż znaczącym udziałem energii elektrycznej pobranej na potrzeby pracy grzałki elektrycznej. W celu uniknięcia tej sytuacji zasadny byłby wybór urządzenia pracującego do niższych wartości temperatury dolnego źródła, np. do –20°C. Dla takich lokalizacji ogólne zapotrzebowanie na energię cieplną jest większe, stąd nawet niewielkie zwiększenie efektywności energetycznej pompy ciepła przełożyć się może na znaczące oszczędności w trakcie eksploatacji systemu grzewczego.

W tabeli 2 przedstawiono procentowe różnice w kosztach eksploatacyjnych między urządzeniami dla analizowanych lokalizacji i wartości SCOP dla parametru Cc = 0,9. Pokazana została różnica w stosunku do bardziej korzystnego rozwiązania. Należy zwrócić uwagę, że oszczędności będą tym większe, im wyższe będzie zużycie energii elektrycznej na potrzeby grzewcze.

Należy podkreślić, że stosowanie pomp ciepła powietrze/woda bez sprężarki z inwerterem częstotliwości jako urządzenia grzewczego dla instalacji bez bufora będzie miało negatywny wpływ na wartość SCOP. Dla analizowanego przypadku wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3. Dla pomp ciepła o współczynniku redukcji 0,9 będzie to spadek efektywności od –5 do –18%, w zależności od mocy urządzenia i lokalizacji. Zmiana wartości współczynnika redukcji znacząco wpływa na wynik. Niższa wartość tego współczynnika pogłębia problem.

W trakcie analizy pracy urządzenia należy zwrócić uwagę na problem poruszony powyżej, czyli prawdopodobnie niższe zapotrzebowanie na moc na cele ogrzewania budynku w rzeczywistym sezonie grzewczym, wynikające z wyższych temperatur powietrza zewnętrznego oraz wpływu zysków ciepła. Współpraca wybranych do analizy pomp ciepła z budynkiem o profilu obciążenia cieplnego

o 30% niższym od obliczeniowego skutkować będzie obniżeniem SCOP pompy ciepła o większej mocy (PC-2) i zwiększeniem efektywności pomp ciepła o mocy mniejszej (PC-1). Jest to bardzo istotny aspekt doboru urządzenia, na który projektanci często nie zwracają uwagi. Typowe jest przeprowadzanie obliczeń jedynie dla jednego profilu mocy i założenie, że cieplejszy sezon grzewczy poprawi efektywność pompy ciepła. Będzie tak jedynie w przypadku, gdy pompa ciepła nie została przewymiarowana. Dobór urządzenia na punkt biwalentny poniżej -10°C przyniesie prawdopodobnie wręcz przeciwnie rezultaty, szczególnie w regionach cieplejszych (takich jak np. Kołobrzeg). Wyniki takiej symulacji zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki analizy doboru pompy ciepła powietrze/woda z inwerterem dla obniżonego profilu zapotrzebowania na moc grzewczą

Miasto	Kołobrzeg						Wrocław						Suwałki					
	PC-1		PC-2		PC-1		PC-2		PC-1		PC-2		PC-1		PC-2			
Cc	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80	0,97	0,90	0,80
SCOP	3,82	3,81	3,80	3,69	3,42	3,09	3,31	3,30	3,29	3,28	3,08	2,83	2,83	2,82	2,82	2,81	2,66	2,46
Zmiana ^{*)}	2%	2%	1%	-2%	-6%	-11%	9%	9%	9%	-1%	-4%	-9%	8%	8%	8%	-1%	-4%	-8%

^{*)} zmiana wartości SCOP względem wartości odpowiadającej danej pompie ciepła i danej lokalizacji zawartej w tabeli 2.

Widoczne spadki efektywności dla większej z pomp ciepła (PC-2) wynoszą od -1 do -11% , w zależności od lokalizacji i wartości współczynnika redukcji (Cc). Najwyższe spadki wartości SCOP dla większej pompy ciepła uzyskano w przypadku Kołobrzegu, co dodatkowo uzasadnia konieczność prowadzenia uważnych analiz obszaru pracy pompy ciepła z obciążeniem częściowym w cieplejszych lokalizacjach. Na wartość SCOP (a tym samym na koszty eksploatacji) wpływa bowiem zarówno udział grzałki elektrycznej w bilansie mocy, jak i wartość współczynnika redukcji pompy ciepła i czas pracy urządzenia z częściowym obciążeniem.

Podsumowanie

Odpowiedni dobór mocy pompy ciepła powietrze/woda jest bardzo istotny z uwagi na efektywność energetyczną tych urządzeń. Wpływ działań projektanta jest największy w przypadku instalacji grzewczych bez buforów wody grzewczej. Szczególnie w takiej sytuacji należy koniecznie unikać doboru urządzeń na podstawie jedynie mocy znamionowej czy nawet punktu biwalentnego układu. Należy mieć świadomość, że zainstalowanie urządzenia o nadmiernej mocy grzewczej rzeczywiście chroni użytkownika przed wyższymi kosztami ogrzewania budynku w okresie bardzo niskich temperatur powietrza zewnętrznego, jednak równocześnie naraża go na znacząco wyższe koszty, zarówno inwestycyjne, jak i eksploatacyjne, przy umiarkowanych temperaturach sezonu grzewczego. Podsumowując, warto podkreślić wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz:

1. Dobór pompy ciepła powietrze/woda o zbyt dużej mocy grzewczej w stosunku do potrzeb ma często bardzo niekorzystny wpływ na koszty eksploatacyjne układu grzewczego.
2. Dla obszarów cieplejszych (strefa klimatyczna I, II) czas pracy grzałki elektrycznej będzie stosunkowo niewielki i dobór urządzenia o zbyt dużej mocy grzewczej jest nieuzasadniony. Rozwiązanie takie może znacząco zwiększyć koszty eksploatacyjne w związku ze spadkiem efektywności w wyniku częstej pracy z obciążeniem częściowym.
3. W przypadku obszarów szczególnie narażonych na występowanie bardzo niskich temperatur zewnętrznych (strefa IV, V) należy zwrócić uwagę na minimalną temperaturę dolnego źródła danej pompy ciepła. Stosowanie sprężarek z rozwiązaniami obniżającymi tę temperaturę do nawet -25°C może się okazać korzystne.
4. Stosowanie buforów wody grzewczej nie eliminuje potrzeby precyzyjnego doboru mocy pompy ciepła powietrze/woda, a jedynie ogranicza jego niekorzystne skutki. Generuje jednak w stosunku do układów bez bufora dodatkowe straty ciepła i obniżenie efektywności energetycznej.
5. Szczególnie w przypadku układów bez bufora wody grzewczej korzystne jest zastosowanie urządzeń wyposażonych w inwerter częstotliwości pracy sprężarki regulujący generowaną moc grzewczą.
6. Wykonanie symulacji energetycznych współpracy pompy ciepła z konkretnym budynkiem w określonej lokalizacji powinno być podstawą doboru odpowiedniego urządzenia. Kierowanie się w tym celu mocą znamionową czy klasą energetyczną prowadzić może do poważnych problemów i nadmiernych kosztów eksploatacji systemu.

mgr inż. Krzysztof Piechurski, mgr inż. Ewelina Stefanowicz

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska

Literatura

1. PN-EN 14825:2014-02 *Klimatyzatory, ziębiarki cieczy i pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym, do grzania i ziębienia. Badanie i ocena w warunkach niepełnego obciążenia oraz obliczanie wydajności sezonowej.*
2. PN-EN 15316-4-2:2017 *Charakterystyka energetyczna budynków. Metoda obliczania zapotrzebowania na ciepło przez instalację i sprawności układu. Część 4-2: Źródła ciepła w pomieszczeniach, instalacje z pompami ciepła.*
3. PN-EN 14511-1:2013 *Klimatyzatory, ziębiarki cieczy i pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym, do grzania i ziębienia.*
4. Dongellini M., Naldi C., Morini G.L., *Seasonal performance evaluation of electric air-to-water heat pump*, „Applied Thermal Engineering” 90, 2015, p. 1072–1081.
5. Dongellini M., Naldi C., Morini G.L., *Climate influence on seasonal performances of air-to-water heat pumps for heating*, „Energy Procedia” 81, 2015, p. 100–107.
6. Piechurski K., Szulgowska-Zgrzywa M., *Obliczanie rocznej efektywności pomp ciepła powietrze/woda*, „Rynek Instalacyjny” nr 6/2016, s. 35–40.
7. Piechurski K., Szulgowska-Zgrzywa M., *Wpływ warunków klimatycznych i obciążenia cieplnego budynku na efektywność energetyczną pomp ciepła powietrze/woda z płynną regulacją mocy*, „Rynek Instalacyjny” nr 10/2016, s. 21–26.

Pompa ciepła powietrze-woda, gruntowa czy powietrze-powietrze? Dobierz odpowiednie urządzenie grzewcze

Pompy ciepła stanowią przyjazne dla środowiska źródło ciepła i chłodu, wykorzystujące energię znajdującą się w gruncie, powietrzu lub wodzie. Ze względu na niskie koszty eksploatacji oraz fakt, że do działania wymagają jedynie prądu elektrycznego, z roku na rok stanowią coraz większy udział w rynku urządzeń grzewczych.

Pompa ciepła jest urządzeniem zdolnym do transportu energii z bezpośredniego otoczenia budynku i wykorzystania jej do celów ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Źródłem tej energii może być np. powietrze atmosferyczne lub grunt. Siłą napędową tego procesu jest sprężarka – serce pompy ciepła, która jest zasilana energią elektryczną. Tym, co wyróżnia pompy ciepła, na tle innych urządzeń jest fakt, że ilość energii pobranej z otoczenia jest kilkukrotnie wyższa od zużytej energii elektrycznej potrzebnej do napędu sprężarki. Decydując się na pompę ciepła do budynku, należy najpierw stanąć przed wyborem odpowiedniej technologii.

Z tego artykułu dowiesz się:

- jakie są różnice pomiędzy poszczególnymi technologiami pomp ciepła,



- na co zwrócić uwagę podczas wyboru pompy ciepła,
- jakie są różnice w kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych pomiędzy poszczególnymi rodzajami pomp ciepła.

Powietrzne pompy ciepła

Pompy ciepła wykorzystujące powietrze atmosferyczne jako źródło energii są aktualnie najbardziej dynamicznie rozwijającym się segmentem rynku. Rozróżnia się dwa rodzaje technologii pomp powietrznych.

Pierwszym z nich są pompy typu powietrze-woda. Pompy te pobierają energię z powietrza atmosferycznego, a następnie przekazują ją do instalacji wodnej centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku. Przykładem takiego rozwiązania jest Vaillant aroTHERM split.

Podobne rozwiązanie stanowią pompy typu powietrze-powietrze. Tu jednakże energia przekazywana jest nie do instalacji centralnego ogrzewania, a bezpośrednio do powietrza wewnątrz



budynku. Najpopularniejszym przykładem tej technologii są powszechnie znane klimatyzatory naścienne.

O ile pompy ciepła typu powietrze-powietrze stanowią doskonałe rozwiązanie w zakresie chłodzenia budynku, o tyle w przypadku ogrzewania lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie pompy typu powietrze-woda. Wykorzystanie instalacji wodnej centralnego ogrzewania pozwoli nie tylko na jednoczesne ogrzewanie budynku i przygotowanie ciepłej wody użytkowej, ale również na wykorzystanie pojemności cieplnej elementów konstrukcyjnych obiektu. Dzięki akumulacji ciepła np. w posadzkach poprzez instalację ogrzewania podłogowego, ciepło do budynku może być dostarczane w sposób bardziej zrównoważony i ekonomiczny. W okresie letnim tego typu urządzenia mogą być wykorzystane również do chłodzenia poprzez posadzki lub instalację klimakonwektorową.

Solankowe pompy ciepła

Pompy ciepła typu solanka-woda np. flexoTHERM exclusive czerpią energię z gruntu lub z wody. Energia z gruntu może być przekazywana poprzez kolektory umieszczone w pionowych odwiertach lub ułożone w płaszczyźnie poniżej strefy przemarzania. Energia wody może być odbierana z wód gruntowych za pośrednictwem studni lub wód powierzchniowych poprzez kolektory umieszczone w dnach stawów, rzek, etc. Najbardziej rozpowszechnionym rozwiązaniem jest zastosowanie pionowych odwiertów w gruncie o głębokości ok. 80–100 m. Grunt stanowi stabilne źródło energii, ponieważ jego temperatura od głębokości 10–15 m jest stała. Energia pobrana z gruntu przekazywana jest do pompy ciepła za pośrednictwem cieczy nieamarzającej – zwanej inaczej solanką. Następnie może być wykorzystana do celów ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Przy zastosowaniu kolektorów pionowych, w okresie letnim gruntowa pompa ciepła może być wykorzystana również do chłodzenia budynku. Rozróżniamy tu 2 technologie:

- Chłodzenie aktywne – z wykorzystaniem sprężarki pompy ciepła. Odwracany jest obieg pompy ciepła, energia pobrana z budynku przekazywana jest do gruntu.



- Chłodzenie pasywne – z pominięciem sprężarki pompy ciepła. Energia odebrana z instalacji c.o. budynku przekazywana jest do gruntu za pośrednictwem wymiennika ciepła. Jest to metoda mniej wydajna od chłodzenia aktywnego, lecz pozwala o obniżenie temperatury o 2–3°C przy niewielkich kosztach eksploatacji związanych jedynie z napędem pomp obiegowych.

Powietrze czy grunt – którą technologię wybrać?

Zarówno pompy powietrzne, jak i gruntowe stanowią ekologiczne i wydajne źródło ciepła dla budynku. Zastosowanie pompy gruntowej będzie się wiązało z wyższymi kosztami inwestycyjnymi ze względu na dodatkowy koszt wykonania dolnego źródła. Ponieważ jednak pracują one przez cały rok w stabilnych warunkach otoczenia, uzyskują wyższą sprawność średnioroczną od pomp powietrznych. Wiąże się z tym nawet do 30% niższe koszty eksploatacji. Stabilne warunki pracy przekładają się również na ich wyższą żywotność. Pompy powietrzne zyskują coraz większą popularność, ponieważ są tańsze w zakupie i szybsze w montażu. Nie wymagają również dodatkowej powierzchni działki na wykonanie dolnego źródła. Szczególnie w przypadku pomp powietrznych, ale również gruntowych warto przemyśleć zastosowanie instalacji fotowoltaicznej (np. Vaillant auroPOWER). Może to pozwolić nawet na całkowite zredukowanie rachunków za ogrzewanie.



Vaillant Saunier Duval Sp. z o.o.,
ul. 1 Sierpnia 6A, budynek C
02-134 Warszawa



Analiza techniczno-ekonomiczna wyboru pomp ciepła dla zaspokojenia potrzeb cieplnych w budynku jednorodzinnym

Przeprowadzona analiza wskazuje, że mimo iż nakłady inwestycyjne w przypadku instalacji z pompami ciepła przewyższają koszty budowy kotłowni na paliwa konwencjonalne, pompy ciepła mogą być korzystnym ekonomicznie rozwiązaniem alternatywnym, zwłaszcza tam, gdzie nie ma dostępu do sieci gazowej.

Wymagania prawne w Polsce i w krajach Unii Europejskiej są ukierunkowane na coraz większe wykorzystywanie energii ze źródeł odnawialnych. Dyrektywy UE określają zasady, zgodnie z którymi państwa członkowskie muszą zapewnić osiągnięcie co najmniej 20-proc. udziału energii odnawialnej w zużyciu energii ogółem w UE do 2020 roku [1, 2].

Z punktu widzenia inwestora najważniejszą kwestią jest wybór takiego sposobu zasilania budynku w ciepło oraz podgrzewania ciepłej wody użytkowej, który zapewni najniższe koszty eksploatacyjne. Do podjęcia właściwej decyzji konieczne jest przeprowadzenie szczegółowej analizy kosztów inwestycyjnych, przyszłej eksploatacji, aspektów ochrony środowiska oraz możliwości lokalizacyjnych dla danego źródła ciepła z uwzględnieniem magazynu paliwa. W artykule przedstawiono analizę zastosowania pomp ciepła do ogrzewania budynku jednorodzinnego.

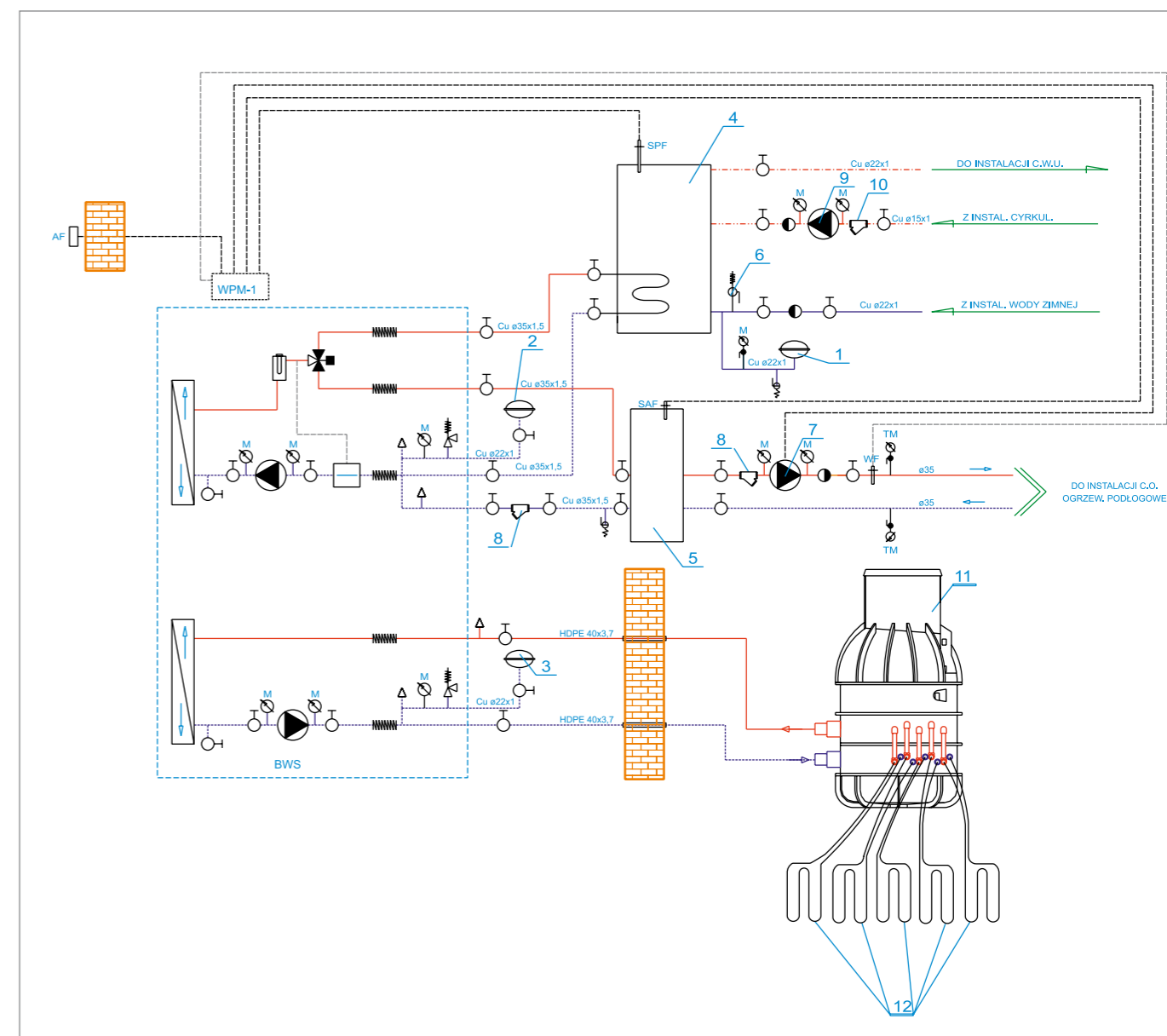
Opis analizowanego budynku

Jest to budynek wolnostojący, parterowy i niepodpiwniczony. Wykonany został w technologii tradycyjnej, jest murowany i bardzo dobrze izolowany cieplnie. Powierzchnia użytkowa ogrzewana wynosi 162,5 m², a projektowe obciążenie cieplne 8,9 kW. Budynek zamieszkują trzy osoby. Przewidziane jest w nim ogrzewanie podłogowe o parametrach czynnika grzewczego 35/28°C. Miejscowość nie ma dostępu do gazu ziemnego sieciowego. Budynek zlokalizowany jest w IV strefie klimatycznej.

Analiza ma na celu pokazanie rozwiązań technicznych zastosowania w budynku jednorodzinnym pomp ciepła typu solanka/woda i powietrznej oraz wybór rozwiązania najkorzystniejszego pod względem nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji.

Opis analizowanych rozwiązań technicznych wykorzystujących pompy ciepła

Analizie techniczno-ekonomicznej poddano trzy rozwiązania wykorzystujące pompy ciepła.



Rys. 1. Schemat technologiczny zastosowania pompy ciepła typu solanka/woda z wymiennikiem gruntowym poziomym w układzie monowalentnym w budynku jednorodzinnym [1]. Oznaczenia: 1 – przeponowe naczynie wzbiorcze c.w.u. typu DD 12 dm³, 10 barów; 2 – przeponowe naczynie wzbiorcze c.o. typu NG 35 dm³, 6 barów; 3 – przeponowe naczynie wzbiorcze typu S 12 dm³, 10 barów; 4 – zasobnik ciepłej wody SEW-1 – 288 dm³; 5 – zasobnik buforowy SPU-1 – 200 dm³ (rozdzielający); 6 – zawór bezpieczeństwa podgrzewacza wody typu SYR 2115 3/4"; 7 – pompa obiegowa serii MAGNA 25–60 typu H = 2,7 msw, Q = 1,4 m³/h; 8 – filtr skośny siatkowy DN 32; 9 – pompa cyrkulacji STAR-Z NOVA C; 10 – filtr skośny siatkowy DN 15; 11 – studnia z rozdzielaczem 5-sekcyjnym NEW BRADO z rotametrami; 12 – pięć wymienników poziomych HDPE 32x3 L = 125 m; BWS – pompa ciepła solanka/woda BWS-1-10; WPM-1 – sterownik pompy ciepła WPM-1 z modulem obsługowym BM; SPF – czujnik temperatury wody w zasobniku; SAF – czujnik temperatury wody w zbiorniku buforowym; AF – czujnik temperatury zewnętrznej; WF – czujnik temperatury wody zasilania instalacji c.o.; TM – termomanometr 0–120°C, 0–0,6 MPa; M – manometr 0–0,6 MPa

- **I wariant** – pompa ciepła typu solanka/woda z wymiennikiem **gruntowym poziomym** w układzie monowalentnym;
- **II wariant** – pompa ciepła typu solanka/woda z wymiennikiem **gruntowym pionowym** w układzie monowalentnym;
- **III wariant** – pompa ciepła powietrzna w układzie biwalentnym alternatywnym, współpracująca z kominkiem z płaszczem wodnym.

Przy założeniu, że zapotrzebowanie na moc cieplną na cele c.w.u. we wszystkich analizowanych wariantach pokrywane będzie przez pompę ciepła, która realizuje priorytetowy podgrzew c.w.u., wykonano obliczenia w celu doboru pozostałych urządzeń technologicznych i zabezpieczających.

Wariant I:

pompa ciepła typu solanka/woda z wymiennikiem gruntowym poziomym

Na rys. 1 przedstawiono rozwiązanie technologiczne zakładające wykorzystanie pompy ciepła typu solanka/woda pracującej w układzie monowalentnym z wymiennikiem gruntowym poziomym do pokrycia zapotrzebowania na ciepło na cele c.o. i przygotowania c.w.u.

W wariantcie tym założono system monowalentny, gdzie pompa ciepła pokrywa w 100% zapotrzebowanie na energię cieplną, w całym zakresie przyjętych do obliczeń temperatur zewnętrznych i wewnętrznych. Dla zabezpieczenia zapotrzebowania na ciepło budynku i potrzeby podgrzewu ciepłej wody użytkowej dobrano pompę ciepła typu BWS-1-10 o wydajności cieplnej 10,8 kW i wydajności chłodniczej 8,5 kW.

Zaprojektowana pompa ciepła typu solanka/woda zasilana jest z dolnego źródła – gruntu poprzez wymiennik gruntowy poziomy. Taki wymiennik ciepła jest jedną z najprostszyc form wykorzystywania energii zgromadzonej w gruncie. Zmiany temperatury warstw przypowierzchniowych mają istotny wpływ na wielkość strumienia cieplnego, a głębokość i struktura gruntu na pozyskaną ilość ciepła. Stąd obliczenia doboru wymiennika gruntowego poziomego przeprowadzono, zakładając, że wydajność dolnego źródła wynosi średnio 17 W/m² dla warstwy gruntu związłego, wilgotnego, przy pracy sprężarki $T_{sp} = 2400$ h/rok (ogrzewanie i podgrzew c.w.u.) [3, 4].

W celu zapewnienia wymaganej mocy dolnego źródła ciepła należy wykonać poziomy wymiennik gruntowy z rur polietylenowych o średnicy 32×3 mm (rury HDPE 100 RC PN 16 32×3). Wymiennik zaprojektowano w postaci pięciu obwodów po 125 m każdy, odstęp między przewodami wynosi 0,8 m. Wymiennik należy ułożyć na głębokości 1,9 m, poniżej strefy przemarzania. Wymagana minimalna powierzchnia kolektora poziomego wynosi 500 m². Zaprojektowano studzienkę zbiorczą z rozdzielaczem pięciosekcyjnym łączącym wszystkie obiegi, w wersji z rotametrami. Do połączenia rozdzielacza z pompą ciepła dobrano rury HDPE 100 RC PN 16 40×3,7.

Po przeprowadzeniu próby szczelności całą wewnętrzną instalację dolnego źródła należy zaizolować otuliną o grubości 19 mm typu AC. Po wykonaniu wszystkich robót ziemnych i instalacyjnych dolne źródło będzie wypełnione płynem termalnym na bazie glikolu propylenowego o stężeniu 40%. Parametry zastosowanego płynu: temperatura krystalizacji -15°C, temperatura wrzenia 103°C, pH 8,0–9,5, ciężar właściwy 1,02 g/cm³, lepkość (20°C) 3,15 mPa·s.

Dla pokrycia zapotrzebowania na ciepło na potrzeby przygotowania c.w.u. dobrano zasobnik ciepłej wody SEW-1W-300 o pojemności 288 dm³. Po stronie dolnego źródła dobrano naczynie wzbiorcze typu S 12 o pojemności 12 litrów. Zawór bezpieczeństwa o średnicy 15 mm i ciśnieniu otwarcia 3 bary jest fabrycznie na wyposażeniu pompy ciepła.

Przy projektowaniu wymiennika gruntowego poziomego należy przestrzegać zachowania wymaganych odległości pomiędzy przewodami [3] i prawidłowego doboru powierzchni wymiennika, tak żeby w okresie wiosenno-letnim grunt mógł się całkowicie zregenerować. Na podstawie przeprowadzonych badań eksploatacyjnych kilkuletniej pracy wymiennika gruntowego poziomego [4], przy stosunkowo małej powierzchni czynnej dolnego źródła ciepła, wynoszącej 253 m², w stosunku do potrzeb grzewczych budynku (obciążenie cieplne 9 kW) i zbyt małych odstępach między sekcjami wymiennika spiralnego, wynoszących 0,1 m, zaobserwowano coroczne wychładzanie się gruntu dolnego źródła ciepła na głębokości 1,9 m, spowodowane pracą pompy ciepła. Praca gruntowego poziomego wymiennika ciepła wpłynęła na okresową zmianę parametrów agrotermicznych gleby. Dla badanego przypadku opóźnienie okresu wegetacji nad poziomym wymiennikiem pompy ciepła wynosiło około dwa tygodnie i było spowodowane późniejszym rozmarzaniem gruntu zaobserwowanym na poziomie 0,05 m [4].

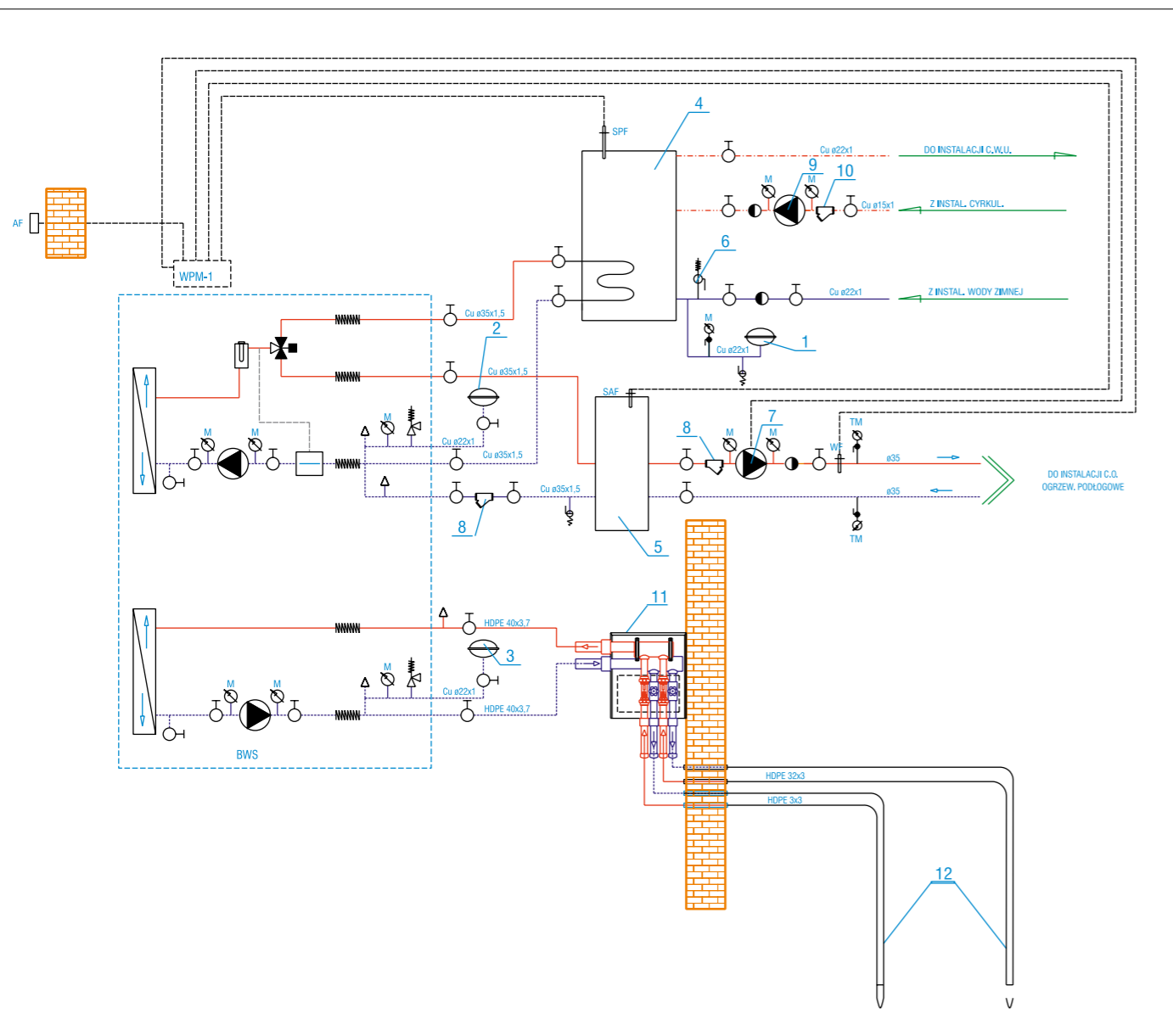
Wariant II:

pompa ciepła solanka/woda z wymiennikiem gruntowym pionowym

W wariantcie tym założono system pracy pompy ciepła monowalentny w całym zakresie przyjętych do obliczeń temperatur zewnętrznych. Dla pokrycia zapotrzebowania na ciepło budynku i podgrzewu ciepłej wody użytkowej dobrano pompę ciepła typu BWS-1-10 o wydajności cieplnej 10,8 kW i wydajności chłodniczej 8,5 kW. Zaprojektowana pompa ciepła typu solanka/woda zasilana jest z dolnego źródła – gruntu poprzez wymiennik gruntowy pionowy.

Obliczenia doboru sondy gruntowej przeprowadzono, zakładając, że podłożem jest grunt związły, wilgotny i że wydajność dolnego źródła wynosi 40 W/m długości sondy przy pracy sprężarki $T_{sp} = 2400$ h/rok (ogrzewanie i podgrzew c.w.u.) [3, 5]. W celu zapewnienia wymaganej mocy dolnego źródła ciepła należy wykonać dwa odwierty pionowe o głębokości 100 m każdy, założono odstęp między sondami gruntowymi 10 m.

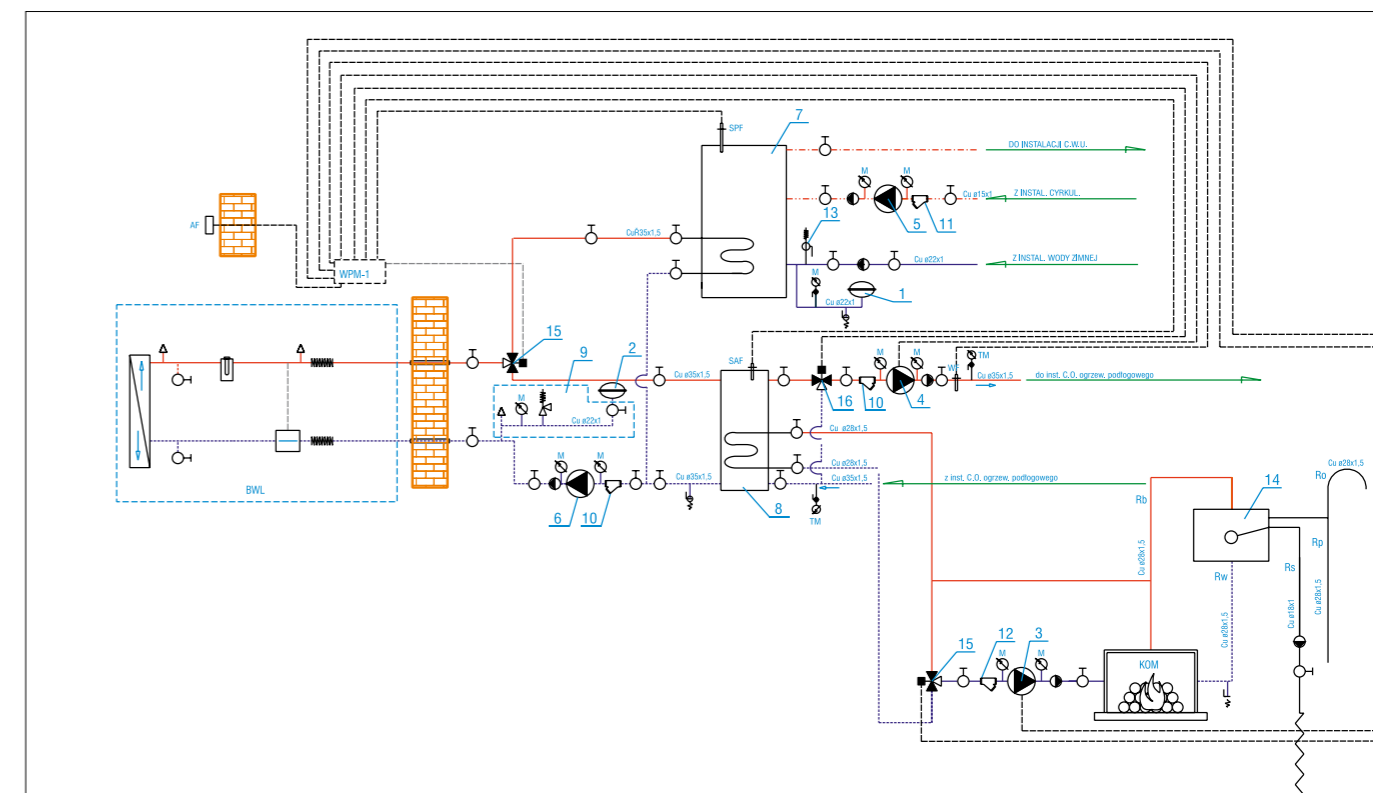
Przyjęto sondy pionowe wykonane z polietylenu sieciowanego o średnicy 32×3 mm typu Geo DWD/FF zakończone głowicą. Głowica sondy nie ma połączenia zgrzewanego, sonda wykonana jest z jednego wygiętego fabrycznie odcinka rury, miejsce wygięcia umieszczone jest w osłonie z żywicy poliestrowej wzmocnionej włóknem szklanym, zakres temperatury użytkowania od -40 do 95°C.



Rys. 2. Schemat technologiczny zastosowania pompy ciepła typu solanka/woda z **wymiennikiem gruntowym pionowym** w układzie monowalentnym w budynku jednorodzinnym [1]. Oznaczenia: 1 – przeponowe naczynie wzbiornicze c.w.u. typu DD 12 dm³, 10 barów; 2 – przeponowe naczynie wzbiornicze c.o. typu NG 35 dm³, 6 barów; 3 – przeponowe naczynie wzbiornicze typu S 12 dm³, 10 barów; 4 – zasobnik ciepłej wody SEW-1 – 288 dm³; 5 – zasobnik buforowy SPU-1 – 200 dm³ (rozdzielający); 6 – zawór bezpieczeństwa podgrzewacza wody typu SYR 2115 3/4"; 7 – pompa obiegowa serii Magna 25–60 typu H = 2,7 msw, Q = 1,4 m³/h; 8 – filtr skośny siatkowy DN 32; 9 – pompa cyrkulacji STAR-Z NOVA C; 10 – filtr skośny siatkowy DN 15; 11 – rozdzielacz szafkowy REGA 2-sekcyjny z rotametrami; 12 – dwie sondy pionowe GEO DWD/FF L = 120 m; BWS – pompa ciepła solanka/woda BWS-1-10; WPM-1 – sterownik pompy ciepła WPM-1 z modulem obsługowym BM; SPF – czujnik temperatury wody w zasobniku; SAF – czujnik temperatury wody w zbiorniku buforowym; AF – czujnik temperatury zewnętrznej; WF – czujnik temperatury wody zasilania instalacji c.o.; TM – termomanometr 0–120°C, 0–0,6 MPa; M – manometr 0–0,6 MPa

Do wypełnienia otworów wiertniczych dobrano materiał Thermocem o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \approx 2,0 \text{ W/(mK)}$. Do połączenia obwodów geotermalnych dobrano rozdzielacz dwusekcyjny Rega2 w wersji z rotametrami, do montażu wewnątrz. Instalację dolnego źródła należy wypełnić roztworem glikolu propylenowego o stężeniu odpowiadającym temperaturze krzepnięcia -15°C.

Dla osiągnięcia optymalnej długości cyklu pracy pompy ciepła i związanego z tym lepszego wskaźnika pracy rocznej zastosowano zasobnik buforowy SPU-1-200 o pojemności 200 dm³. Zapewnia on oddzielenie hydrauliczne strumieni objętościowych w obiegu pompy ciepła i obiegu grzewczym, a tym samym bardziej wyrównaną pracę pompy ciepła w momentach, gdy jej moc grzewcza nie jest identyczna z chwilowym zapotrzebowaniem. Po stronie dolnego źródła dobrano naczynie wzbiornicze typu S 12 o pojemności 12 litrów. Zawór bezpieczeństwa o średnicy 15 mm i ciśnieniu otwarcia 3 bary jest fabrycznie na wyposażeniu pompy ciepła.



Rys. 3. Schemat technologiczny zastosowania **pompy ciepła powietrznej** w układzie bivalentnym alternatywnym z kominkiem z płaszczem wodnym w budynku jednorodzinnym [1]. Oznaczenia: 1 – przeponowe naczynie wzbiornicze c.w.u. typu DD 12 dm³, 10 barów; 2 – przeponowe naczynie wzbiornicze c.o. typu NG 35 dm³, 6 barów; 3 – pompa obiegowa serii Alpha 25–40 typu H = 2,5 msw, Q = 0,6 m³/h; 4 – pompa obiegowa serii Magna 25–60 typu H = 2,7 msw, Q = 1,4 m³/h; 5 – pompa cyrkulacji STAR-Z NOVA C; 6 – pompa obiegowa H = 7 msw dostarczona wraz z pompą ciepła; 7 – zasobnik ciepłej wody SEW-1 – 288 dm³; 8 – zasobnik buforowy SPU-1W – 200 dm³; 9 – grupa bezpieczeństwa do pompy BWL-1-10-A; 10 – filtr skośny siatkowy DN 32; 11 – filtr skośny siatkowy DN 15; 12 – filtr skośny siatkowy DN 25; 13 – zawór bezpieczeństwa podgrzewacza wody typu SYR 2115 3/4"; 14 – naczynie wzbiornicze przelewowe z pływakiem o pojemności 25 dm³; 15 – zawór trójdrogowy przełączający z siłownikiem; 16 – zawór trójdrogowy mieszający DN 32 z siłownikiem; BWL – pompa ciepła powietrze/woda BWL-1-10-A; KOM – kominek z płaszczem wodnym PL190 Mini Pryzma 12; WPM-1 – sterownik pompy ciepła WPM-1 z modulem obsługowym BM; SPF – czujnik temperatury wody w zasobniku; SAF – czujnik temperatury wody w zbiorniku buforowym; WF – czujnik temperatury wody zasilania instalacji c.o.; AF – czujnik temperatury zewnętrznej, TM – termomanometr 0–120°C, 0–0,6 MPa; M – manometr 0–0,6 MPa

Na rys. 2 przedstawiono rozwiązanie technologiczne zakładające wykorzystanie pompy ciepła typu solanka/woda z dolnym źródłem w postaci sond pionowych, pracującej na cele c.o. i c.w.u.

Wariant III: powietrzna pompa ciepła współpracująca z kominkiem z płaszczem wodnym

W wariantcie tym dobrano powietrzną pompę ciepła pracującą w układzie biwalentnym alternatywnym z kominkiem z płaszczem wodnym. Pompa ciepła pokrywa potrzeby cieplne budynku do temperatury zewnętrznej 0°C (punkt biwalentny), przy temperaturach niższych potrzeby te zaspokaja kominek z płaszczem wodnym.

Dla zabezpieczenia zapotrzebowania na moc na cele c.o. i c.w.u. przyjęto zewnętrzną pompę ciepła powietrzną typu BWL-1-10-A o wydajności cieplnej 9,6 kW. Współczynnik efektywności COP przy parametrach B2/W35 wynosi 3,7. Z pompą ciepła współpracuje kominek z płaszczem wodnym o mocy 11,4 kW i sprawności 72,8%. Zabezpieczenie kominka przed przyrostem objętości czynnika grzewczego stanowi otwarte naczynie przelewowe z pływakiem o pojemności 25 dm³.

Tabela 1. Nakłady inwestycyjne wariantu I – wykonania kotłowni z pompą ciepła typu solanka/woda z wymiennikiem gruntowym poziomym [1]

Lp.	Wyszczególnienie	Ilość	Koszt całkowity, zł (brutto)
1	Pompa ciepła solanka/woda np. typu BWS-1-10 o mocy grzewczej 10,8 kW i mocy chłodniczej 8,5 kW, współczynnik efektywności COP = 4,7 (B0/W35)	1 kpl.	35 600
	Zbiornik buforowy o poj. 200 dm ³ , np. SPU-1-200		
	Zasobnik ciepłej wody użytkowej typu SEW-1-300 o poj. 288 dm ³		
	Sterownik WPM-1 wraz z czujnikami temperatury		
2	Naczynie przeponowe NG 35 (górne źródło)	1	220
3	Naczynie przeponowe DD 12 (instalacja c.w.u.)	1	240
4	Naczynie przeponowe S 12 (dolne źródło)	1	160
5	Pompa obiegu grzewczego Gp = 1,4 m ³ /h, Hp = 2,7 msw, np. Magna 25-60	1	1800
6	Pompa cyrkulacyjna Gp = 0,4 m ³ /h, Hp = 0,2 msw, np. Star-Z NOVA-C	1	580
7	Filtr siatkowy FS 1-32	1	190
8	Filtr siatkowy FS 1-15	1	160
9	Wymiennik gruntowy HDPE 100 RC PN 16 30x3,0 (5 obwodów po 125 m każdy)	625 m	4 980
10	Wymiennik gruntowy HDPE 100 RC PN 16 40x3,7	20 m	250
11	Glikol P 20P15 (glikol propylenowy o temp. krystalizacji -15°C)	355 dm ³	2 180
12	Studnia z rozdzielaczem 5-sekcyjnym New Brado z przepływomierzami	1	5 500
13	Wykonanie wykopu wraz z zasypaniem – pod wymiennik gruntowy	400 m ²	10 700
14	Materiały instalacyjne	kpl.	2 500
15	Koszty robocizny (montaż kotłowni)	-	7 000
RAZEM			72 060

Dobrano również zbiornik buforowy SPU-1W-200 o pojemności 200 dm³ z wbudowaną dodatkowo węzownicą. Dla pokrycia zapotrzebowania na ciepło na cele c.w.u. dobrano zasobnik ciepłej wody typu SEW-1W-300.

Na rys. 3 przedstawiono rozwiązanie technologiczne zakładające wykorzystanie powietrznej pompy ciepła współpracującej z kominkiem na drewno do pokrycia zapotrzebowania na ciepło na cele c.o. i c.w.u.

Nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne

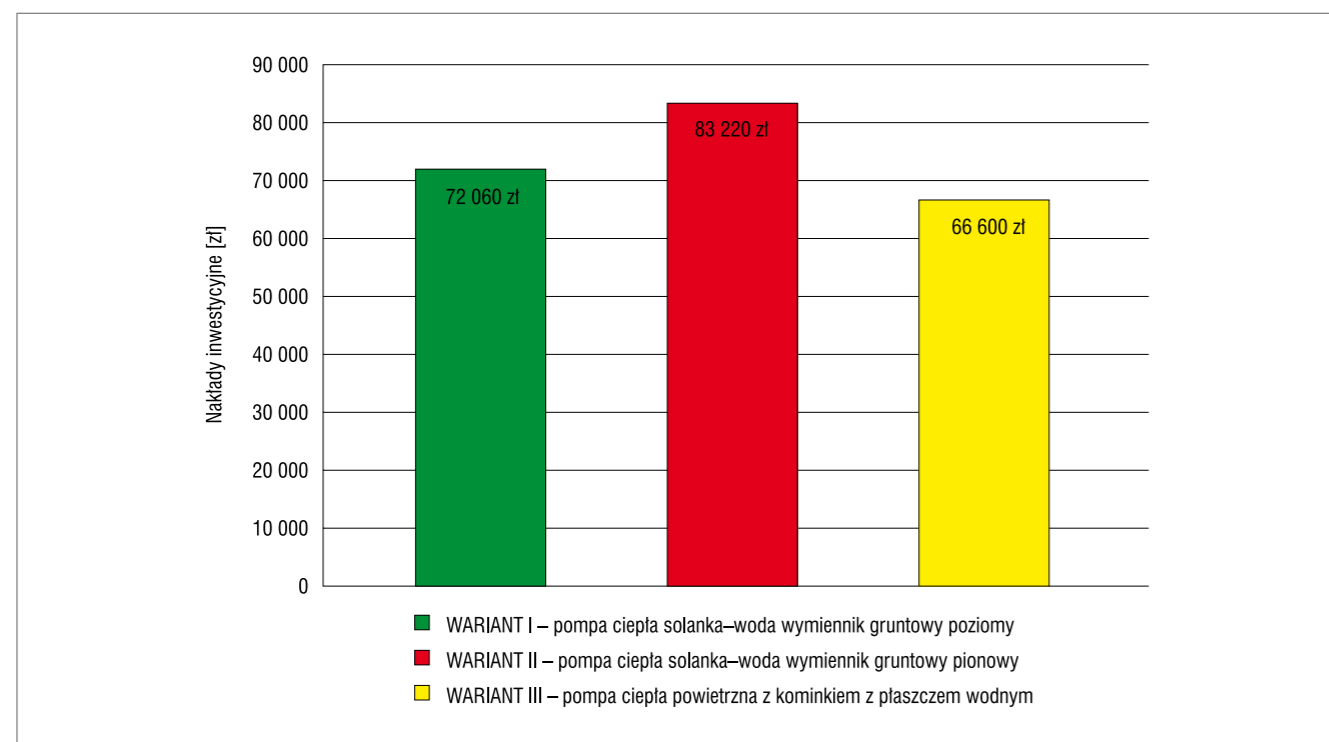
Nakłady inwestycyjne

Dotyczą wykonania kotłowni z pompą ciepła i nie uwzględniają kosztów wykonania istniejących instalacji wewnętrznych w budynku, tj. c.o. i c.w.u. Nakłady zestawiono w oparciu o aktualne cenniki

Tabela 2. Nakłady inwestycyjne wariantu II – wykonania kotłowni z pompą ciepła typu solanka/woda z sondami pionowymi, pracującej na cele centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej [1]

Lp.	Wyszczególnienie	Ilość	Koszt całkowity, zł (brutto)
1	Pompa ciepła solanka/woda, np. typu BWS-1-10 o mocy grzewczej 10,8 kW, mocy chłodniczej 8,5 kW, współczynnika efektywności COP = 4,7 (B0/W35)	1 kpl.	35 600
	Zbiornik buforowy o poj. 200 dm ³ , np. SPU-1-200		
	Zasobnik ciepłej wody użytkowej typu SEW-1-300 o poj. 288 dm ³		
	Sterownik WPM-1 wraz z czujnikami temperatury		
2	Naczynie przeponowe NG 35 (górne źródło)	1	220
3	Naczynie przeponowe DD 12 (instalacja c.w.u.)	1	240
4	Naczynie przeponowe S 12 (dolne źródło)	1	160
5	Pompa obiegu grzewczego Gp = 1,4 m ³ /h, Hp = 2,7 msw, np. Magna 25-60	1	1 800
6	Pompa cyrkulacyjna Gp = 0,4 m ³ /h, Hp = 0,2 msw, np. Star-Z NOVA-C	1	580
7	Filtr siatkowy FS 1 o średnicy DN 32	1	190
8	Filtr siatkowy FS 1 o średnicy DN 15	1	160
9	Rozdzielacz dolnego źródła szafkowy Rega2 w wersji z rotametrami do montażu wewnątrz	1	2 500
10	Sondy pionowe Geo DWD/FF o długości L = 220 m	2	4 830
11	Wykonanie odwiertu wraz z ułożeniem sondy i wypełnieniem (np. 2 odwierty po 100 m każdy), 200 m · 100 zł/m	200 m	20 000
12	Glikol P 20P15	260 m ³	1 600
13	Materiał wypełniający odwiert Thermocem plus	2,4 t	5 840
14	Materiały instalacyjne	kpl.	2 500
15	Koszty robocizny (montaż kotłowni)	-	7 000
RAZEM			83 220

producentów urządzeń i armatury. W tabeli 1 zestawiono nakłady wariantu I, w tabeli 2 – wariantu II, a w tabeli 3 – wariantu III. Porównanie całkowitych nakładów inwestycyjnych w analizowanych wariantach w postaci graficznej przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Całkowite nakłady inwestycyjne w poszczególnych wariantach

Najniższe nakłady zostaną poniesione przy zastosowaniu pompy powietrznej współpracującej z kominkiem wodnym, czyli w wariantcie III, ponieważ nie ponosimy tutaj kosztów związanych z wykonaniem dolnego źródła ciepła w postaci wymiennika gruntowego poziomego lub pionowego. Natomiast najwyższe koszty inwestycyjne zostaną poniesione przy wyborze kotłowni z pompą ciepła z wymiennikiem gruntowym pionowym – wariant II.

Koszty eksploatacyjne

Koszty eksploatacyjne w poszczególnych wariantach stanowią:

- w wariantcie I i II koszty zużycia energii elektrycznej na cele c.o. i c.w.u.,
- w wariantcie III koszty zużycia energii elektr. i drewna opałowego na cele c.o. i c.w.u.

Do analizy przyjęto następujące ceny brutto paliw, podane przez lokalnych dystrybutorów: drewno (dąb kominkowy) – 200 zł/mp.; energia elektryczna według grupy taryfowej G-11.

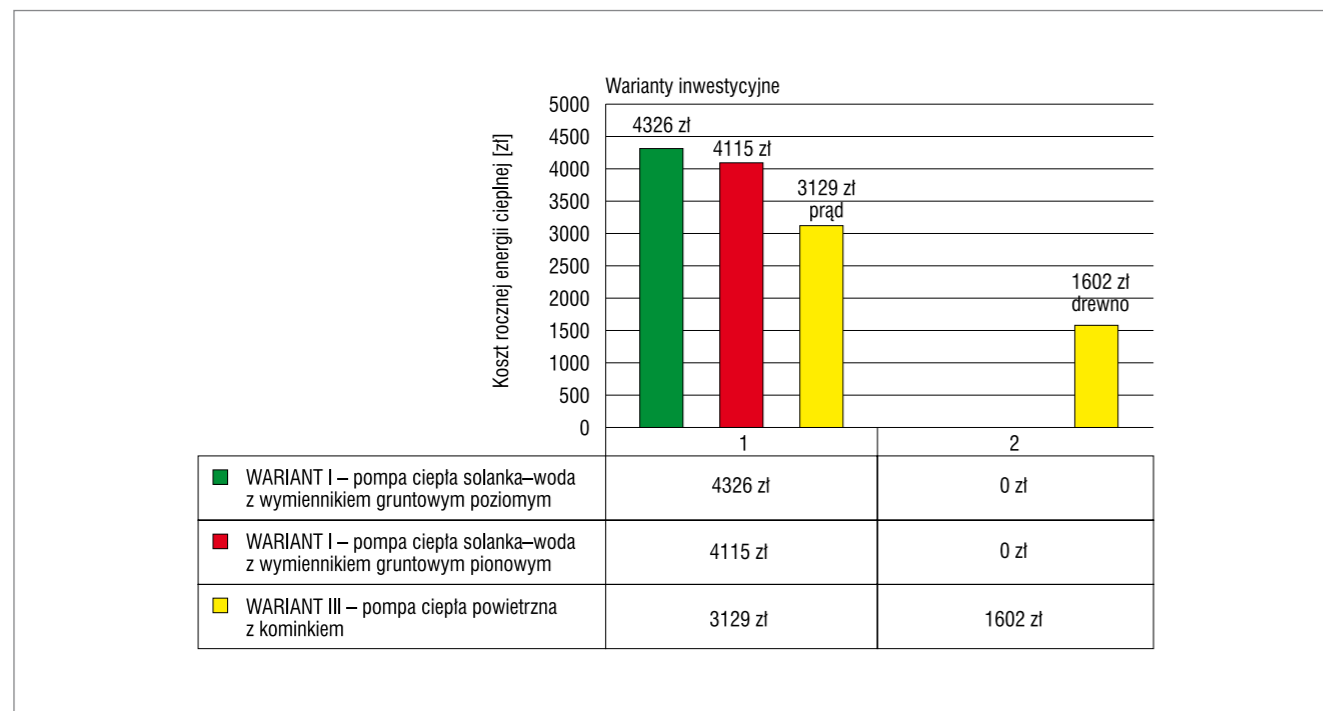
Przyjęte średnie sprawności eksploatacyjne: pompa ciepła solanka/woda i wymiennik gruntowy poziomy COP = 3,8; pompa ciepła solanka/woda i wymiennik gruntowy pionowy COP = 4,0; pompa ciepła powietrzna COP = 3,0; kominek z płaszczem wodnym opalany drewnem opałowym – 63%. Wartość opałową drewna przyjęto jako 8350 MJ/m³ (przy obliczeniach dla wariantu III).

Tabela 3. Nakłady inwestycyjne wariantu III – montażu pompy ciepła powietrznej wraz z kominkiem z płaszczem wodnym, pracującej na cele centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej [1]

Lp.	Wyszczególnienie	Ilość	Koszt całkowity, zł (brutto)
1	Pompa ciepła zewnętrzna powietrze/woda o mocy grzewczej 9,6 kW, współczynnika efektywności COP = 3,7 (B2/W35), np. BWL-1-10A	1 kpl.	44 300
	Zbiornik buforowy o poj. 200 dm ³ , np. SPU-1-200		
	Zasobnik ciepłej wody użytkowej typu SEW-1-300 o poj. 288 dm ³		
	Sterownik WPM-1 wraz z czujnikami temperatury		
	Zawór trójdrogowy z siłownikiem DN 32		
2	Kominek z płaszczem wodnym o mocy 11,4 kW i sprawności cieplnej 72,8%, np. PL190 Mini Pryzma 12	1	5 720
3	Rura preizolowana COBRAC PN 16 40/90 (łącząca pompę ciepła z kotłownią), 6 mb. · 110 zł/mb.	1	660
4	Naczynie przeponowe NG 35 (górne źródło)	1	220
5	Naczynie przeponowe DD 12 (instalacja c.w.u.)	1	240
6	Naczynie wzbiorcze przelewowe o poj. 25 dm ³	1	430
7	Grupa bezpieczeństwa	1	380
8	Pompa obiegu kominka Gp = 0,6 m ³ /h, Hp = 2,5 msw, np. Alpha 2 25-60	1	560
9	Pompa obiegu grzewczego Gp = 1,4 m ³ /h, Hp = 2,7 msw, np. Magna 25-60	1	1950
10	Pompa cyrkulacyjna Gp = 0,4 m ³ /h, Hp = 0,2 msw, np. Star-Z NOVA-C	1	630
11	Filtr siatkowy FS 1-32	1	190
12	Filtr siatkowy FS 1-25	1	180
13	Filtr siatkowy FS 1-15	1	160
14	Zawór trójdrogowy przełączający	1	660
15	Zawór trójdrogowy mieszający z siłownikiem DN 32	1	820
16	Materiały instalacyjne	kpl.	2 500
17	Koszty robocizny (montaż kotłowni)	–	7 000
RAZEM			66 600

Całkowite zużycie energii cieplnej na ogrzanie budynku w obliczeniowym sezonie grzewczym i na cele podgrzewu c.w.u. wynosi 26 970 kWh/rok. W wariantcie I i II realizowane będzie całkowicie przez pompę ciepła solanka/woda. W wariantcie III przez pompę ciepła powietrzną w ilości 15 256 kWh/rok i kominek z płaszczem wodnym w ilości 11 715 kWh/rok. Pompa ciepła powietrzna pokrywać będzie potrzeby cieplne budynku do temperatury 0°C. Wyliczona liczba godzin z temperaturą poniżej 0°C wynosi 1951 h = 82 dni.

Na podstawie obliczeń na rys. 5 zestawiono koszty eksploatacyjne w poszczególnych wariantach. Najwyższymi kosztami wyróżnia się wariant III, w którym zastosowano pompę powietrzną współpracującą z kominkiem z płaszczem wodnym opalany drewnem. Koszt energii elektrycznej niezbędnej do zasilania pracy pompy ciepła do temperatury zewnętrznej 0°C wynosi w tym wariantcie



Rys. 5. Koszty eksploatacyjne w analizowanych wariantach

3129 zł, a koszt drewna spalonego w kominku 1602 zł, łącznie 4731 zł. Najniższe koszty eksploatacyjne ma wariant II z pompą ciepła z wymiennikiem gruntowym z sondami pionowymi – wynoszą one 4115 zł.

Ocena efektywności ekonomicznej trzech wariantów

Opłacalność zastosowania pomp ciepła jako głównego źródła ciepła została wyznaczona poprzez obliczenie czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych dla trzech wariantów i porównanie ich z kosztami eksploatacyjnymi, w których uwzględniono tylko przychód wynikający z różnicy rocznych kosztów alternatywnego paliwa i energii zużytej przez poszczególne pompy ciepła, potrzebnej do pokrycia zapotrzebowania na ciepło oraz drewna w przypadku wariantu III.

Prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych określono z zależności:

$$SPBT = \frac{N}{\Delta K} \text{ [lata]} \quad (1)$$

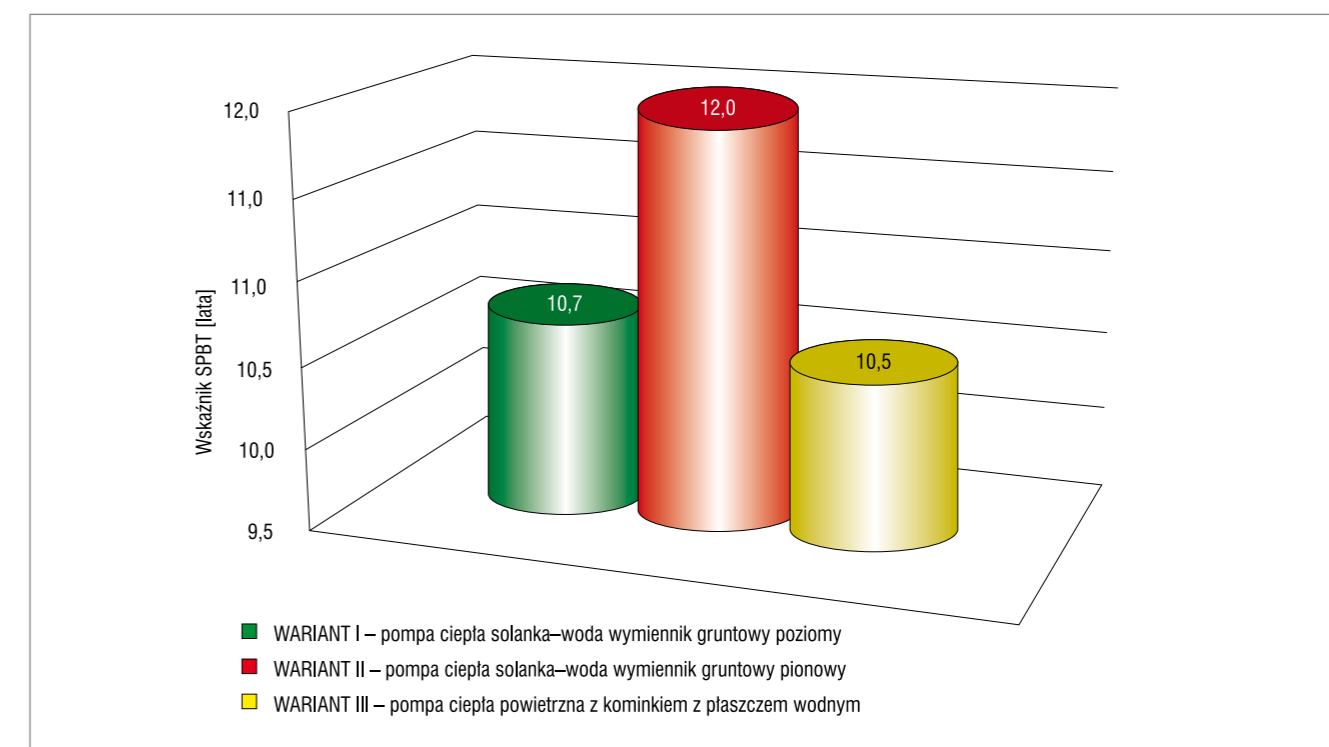
gdzie:

N – łączny nakład inwestycyjny na kotłownię z pompą ciepła, zł;

ΔK – roczne oszczędności w trakcie eksploatacji [zł/rok].

Jako źródło odniesienia przyjęto kotłownię bezobsługową na olej opałowy ze względu na lokalizację inwestycji i brak dostępu do sieci gazowej. Roczne zapotrzebowanie na olej opałowy w budynku wynosi ok. 3514 dm³/rok. Przy cenie oleju opałowego lekkiego 3,15 zł/dm³ koszty eksploatacyjne

ogrzewania budynku i podgrzewu c.w.u. wyniosą 11 069 zł/rok. Otrzymane wyniki przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Prosty okres zwrotu nakładów inwestycyjnych w analizowanych wariantach

Najdłuższym okresem zwrotu nakładów inwestycyjnych wyróżnia się wariant II, w którym zastosowano pompę ciepła solanka/woda z wymiennikiem gruntowym pionowym. Najszybciej zwrócą się nakłady na pompę ciepła solanka/woda z wymiennikiem poziomym.

Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy wynika, że nakłady inwestycyjne, jakie trzeba ponieść na źródło ciepła z pompą ciepła, są zróżnicowane w zależności od rodzaju dolnego źródła ciepła: wymiennik gruntowy poziomy, sondy gruntowe pionowe czy powietrze. Układy te przewyższają ceną nakłady inwestycyjne w przypadku kotłowni na paliwa konwencjonalne. Wariant I to koszt 72 060 zł, wariant II – 83 220 zł, wariant III – 66 600 zł. Mimo wysokich kosztów inwestycyjnych pompa ciepła może być alternatywnym rozwiązaniem tam, gdzie nie ma dostępu do sieci gazowej, a inwestor chciałby mieć kotłownię bezobsługową.

W sensie ekonomicznym inwestycja z pompą ciepła będzie opłacalna wszędzie tam, gdzie mamy drogie paliwo konwencjonalne, np. olej opałowy lekki, gaz płynny czy prąd elektryczny. W zależności od wybranej technologii czas zwrotu nakładów poszczególnych wariantów wynosi ok. 10,7 lat dla wariantu I, 12 lat dla wariantu II i 10,5 roku dla wariantu III, w porównaniu do ogrzewania budynku

za pomocą oleju opałowego lekkiego. Porównując tańsze paliwa, np. węgiel czy drewno opałowe, inwestycja będzie nieopłacalna.

Oszczędności roczne z tytułu zamiany kotłowni węglowej na kotłownię z pompą ciepła będą wynosiły: dla wariantu I – 572 zł, wariantu II – 783 zł, a wariantu III – 167 zł, przy założeniu, że koszt zakupu tony węgla grubego wynosi 850 zł brutto. Czas zwrotu inwestycji jest dłuższy niż żywotność pompy ciepła, którą producenci określają na 25 lat. Jednak obowiązujące od stycznia 2017 nowe wymagania warunków technicznych w zakresie energooszczędności dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych określają maksymalny poziom energii pierwotnej EP na 95 kWh/(m² rok). W typowych budynkach jednorodzinnych z wentylacją grawitacyjną nie uda się spełnić tego wymogu, stosując kocioł węglowy.

Przy rosnących cenach paliw konwencjonalnych, np. oleju lekkiego, gazu ziemnego i gazu płynnego, kotłownie wykorzystujące odnawialne źródła energii będą się stawały konkurencyjne w stosunku do tradycyjnie stosowanych rozwiązań. Uwzględnienie możliwości uzyskania dotacji do instalacji wykorzystujących rozważane koncepcje zaopatrzenia w ciepło powoduje wyrównanie szans i konkurencyjność pod względem wymaganych nakładów inwestycyjnych w stosunku do tradycyjnych, pozornie tańszych źródeł ciepła.

Praca statutowa S/WBiŚ/4/2014

dr inż. Joanna Piotrowska-Woroniak

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej

mgr inż. Bartosz Baranowski

absolwent Politechniki Białostockiej

Literatura

1. Baranowski B., *Analiza techniczno-ekonomiczna wyboru pomp ciepła w celu zabezpieczenia potrzeb cieplnych w budynku jednorodzinym zlokalizowanym w miejscowości Żuki k. Białegostoku*, praca dyplomowa, promotor: dr inż. Joanna Piotrowska-Woroniak, Politechnika Białostocka.
2. Purgał P., Orman Ł., *Korzystanie z odnawialnych źródeł energii*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2012.
3. Lachman P. red., *Wytyczne projektowania, wykonania i odbioru instalacji z pompami ciepła. Cz.1. Dolne źródła do pomp ciepła*, PORT PC, Kraków 2013.
4. Piotrowska-Woroniak J., Załuska W., Woroniak G., *Analiza pracy poziomego gruntowego wymiennika ciepła współpracującego z pompą ciepła typu solanka-woda*, „Instal” nr 10/2015, s. 26–32.
5. Piotrowska-Woroniak J., *Badanie rozkładu temperatur w pionowym gruntowym wymienniku ciepła podczas pracy pompy ciepła w północno-wschodniej Polsce*, „Instal” nr 6/2016, s. 9–18.



POMPY CIEPŁA PCCO

Najwyższe standardy w standardzie

EKONTROL

DIAGNOSTYKA

Zdalny nadzór pracy
z automatyczną diagnostyką



5 lat gwarancji
bez płatnych przeglądów



Najwyższe klasy
efektywności energetycznej

KOLEKTORY SŁONECZNE POMPY CIEPŁA FOTOWOLTAIKA

tel. +48 (32) 214 17 10, GSM: +48 723 232 232, web: www.hewalex.pl, e-mail: hewalex@hewalex.pl

HEWALEX – EKONTROL diagnostyka Bezcenna pewność, że wszystko jest w porządku

W branży samochodowej od wielu lat standardem są konwertery i programatory pozwalające osobie serwisującej podłączyć się do komputera samochodu. Coraz częściej w przypadku nowych samochodów marki premium słyszymy o „samochodzie podłączonym cały czas do Internetu”, który w sposób zdalny sprawdza nastawy i osiągi pracy najważniejszych podzespołów. Jedną z najbardziej wyrazistych firm, która oparła dużą część swoich badań wdrożeniowo-laboratoryjnych na systemie zbierania informacji o zachowaniach pojazdu w trakcie rzeczywistej pracy jest rozpalająca wyobraźnię Tesla.

W przypadku urządzeń grzewczych tylko najbardziej zaawansowane technologicznie rozwiązania nadążają za segmentem motoryzacji. Najlepsi producenci pomp ciepła inwestują duże środki w autodiagnostykę urządzeń w celu polepszenia jakości pracy, zwiększenia bezawaryjności oraz poprawienia interakcji z konsumentem użytkującym produkt.

Przy porównaniu produktów warto zwrócić uwagę na to, co producent urządzenia rozumie przez pojęcie autodiagnostyka – najczęściej będzie to zbiór pytań do użytkownika lub instalatora w celu samodzielnego zdiagnozowania problemu. Dla innych producentów autodiagnostyka oznacza urządzenie pracujące najczęściej wspólnie z serwerem i operujące na bazach danych parametrów historycznych oraz prognozowanych danych. Ze względu na dużą potrzebną moc obliczeniową oraz pamięć potrzebną do archiwizacji danych, oraz dynamikę wprowadzanych zmian systemy tego typu prawie zawsze powiązane są z serwerem firmy dostarczającej oprogramowanie do urządzenia.

Jeszcze niedawno urządzenia chłodnicze wymagały do diagnozy wykwalifikowanych osób z dużym doświadczeniem w dziedzinie chłodnictwa. Za pomocą odczytu ciśnienia parowania i skraplania, sprawdzenia parametrów temperaturowych po stronie układu chłodniczego oraz dolnego i górnego źródła, a także parametrów zasilania sprężarki i przepływów – doświadczona osoba mogła wyciągnąć wnioski z zachowania urządzenia i postawić diagnozę poprawnej bądź niepoprawnej pracy.

Wyobraźmy sobie teraz, że pompa ciepła otrzymuje rzeczywisty status SMART. Staje się urządzeniem w wielu sytuacjach umiejącym samodzielnie kontrolować parametry pracy. Zaletą, która jest ponad standardową obsługę wykwalifikowanego operatora układów chłodniczych jest czas. 24 godziny na dobę, siedem dni w tygodniu i 365 dni w roku. Diagnostyka urządzenia trwa cały czas. W przypadku awarii zgłasza ją w zależności od stopnia skomplikowania za pomocą SMS-a, e-maila,

standardowego komunikatu w panelu sterującym lub samodzielnie wprowadza elementy optymalizujące pracę. Z założenia może współpracować bezpośrednio z klientem, firmą wykonującą instalację czy działem technicznym producenta.

Nawet najbardziej wykwalifikowany człowiek może porównać jednocześnie kilkanaście parametrów w jednym punkcie czasu, ewentualnie poczekać i porównać spisane wcześniej parametry z następnymi odczytanymi. Nie trzeba nikogo przekonywać, że gdy widoczny jest cały proces (zbiór wielu punktów następujących po sobie) oraz pełna historia pracy, będzie to znaczne ułatwienie w diagnozowaniu i sprawdzeniu poprawności działania urządzenia oraz wprowadzaniu odpowiednich modyfikacji. Idąc dalej, na serwerze można wprowadzać operacje obliczeniowe, które będą wykonywały się w tle, wyszukiwały i powiadamiały o instalacjach pracujących poza dopuszczalną normą. Oczywiście nie oznacza to, że wykwalifikowani specjaliści znikną – diagnostyka pozwoli im na oszczędność czasu i energii w celu poprawnego zdiagnozowania układu.

Pompy ciepła PCCO SPLIT marki HEWALEX do ogrzewania i chłodzenia domu oraz podgrzewania ciepłej wody użytkowej to urządzenia cechujące się wysoką efektywnością energetyczną, niskimi kosztami eksploatacji, maksymalnym poziomem komfortu i bezpieczeństwa użytkowania oraz poszanowaniem środowiska naturalnego.

Dzięki innowacyjnej, jedynej tego rodzaju na rynku funkcji EKONTROL Diagnostyka, właściciel takiej pompy ciepła może czuć się jeszcze bardziej komfortowo i bezpiecznie. Wszystko dzięki stałej opiece technicznej producenta i automatycznej diagnostyce pracy urządzenia.

Pompy ciepła to złożone urządzenia elektryczne i cieplne wyposażone w szereg komponentów po stronie obiegu chłodniczego i grzewczego, dlatego warto być pewnym poprawnej pracy urządzenia.

Diagnostyka pracy obejmuje:

- 54 dane pomiarowe (temperatury, ciśnienia, przepływy),
- 2400 pomiarów dziennie,
- raport z analizą pracy pompy ciepła.

Co zyskuje się dzięki EKONTROL Diagnostyka?

- Analiza parametrów pracy pozwala znacznie wcześniej uzyskać informacje o ewentualnych nieprawidłowościach w pracy pompy ciepła.
- Automatyczna diagnostyka pozwala wprowadzić korekty nastaw sterownika pompy ciepła – samodzielnie lub z pomocą serwisu fabrycznego Hewalex.



- Automatyczna diagnostyka skraca czas pracy serwisanta, obniżając koszty czynności naprawczych i przeglądowych.

Jak funkcjonuje system automatycznej diagnostyki ze wsparciem serwisu fabrycznego Hewalex?

Dostarczany standardowo wraz z pompą ciepła PCCO modem EKO-LAN umożliwia zdalną obsługę urządzenia za pomocą systemu EKONTROL Diagnostyka dokonujący automatycznej analizy i oceny parametrów roboczych. Raporty z pracy pompy ciepła przesyłane są do jej właściciela. Dodatkowo udzielane może być zdalne wsparcie dla zmian nastaw sterownika, a także organizowana wizyta serwisowa w celu podjęcia czynności naprawczych.



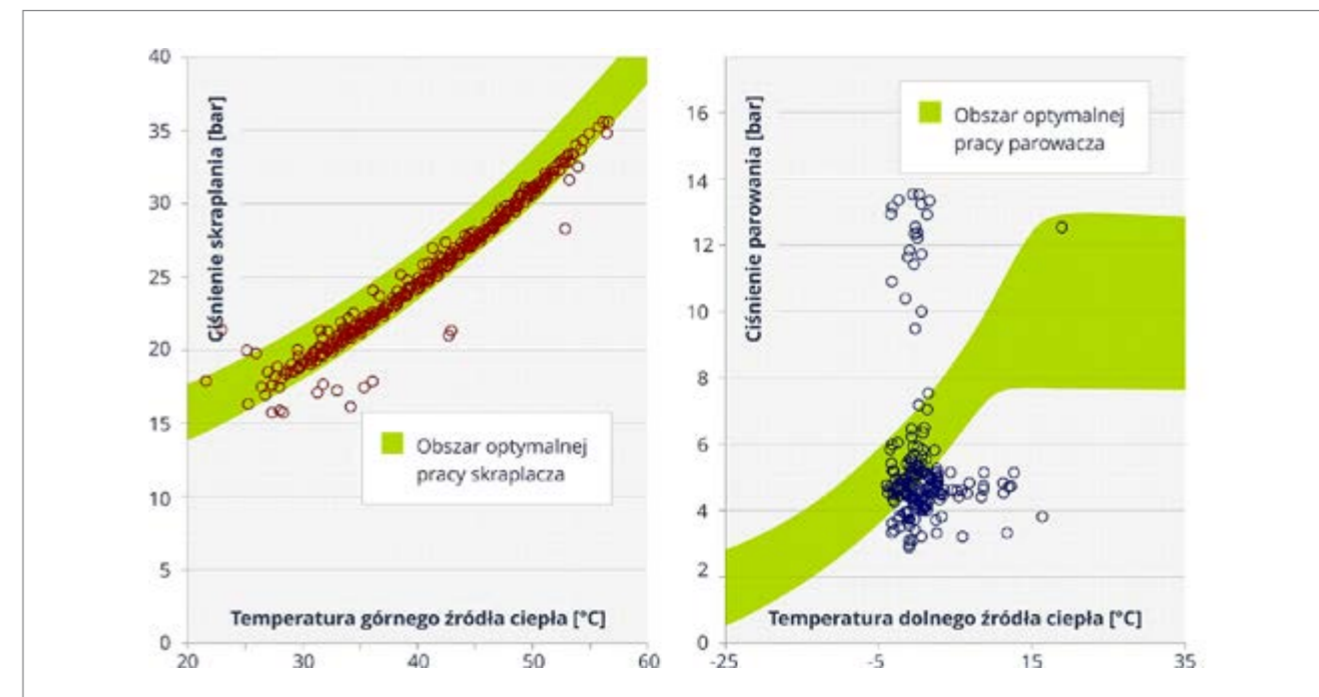
Stały monitoring obszarów optymalnej eksploatacji pompy ciepła

Raport z diagnostyką pracy pompy ciepła przedstawia m.in. wykresy ciśnienia i temperatury w obiegu chłodniczym w obrębie skraplacza i parowacza. Większa część chwilowych punktów pracy pompy ciepła musi się znajdować w zalecanym obszarze, aby uznać ją za odpowiednią.

Znaczne i częste odstępstwa od obszaru optymalnej pracy zostaną wykazane w raporcie wraz z zaleceniami serwisowymi. Możliwymi niedomaganiem może być np. zbyt mała lub duża ilość czynnika chłodniczego, zanieczyszczenie lub nadmierne obładanie parowacza, czy zanieczyszczenie skraplacza po stronie wody grzewczej.

EKONTROL i aplikacja mobilna

System EKONTROL jest platformą w której możliwy jest mobilny dostęp do urządzenia zarówno z poziomu przeglądarki, jak i aplikacji na telefon (iOS, Android).



Podstawowe funkcje systemu EKONTROL:

- Podgląd – zdalny stanów pracy oraz temperatur roboczych.
- Nastawa – zdalna parametrów pracy monitorowanej instalacji.
- Alarmy o ewentualnych nieprawidłowościach w pracy urządzenia.
- Statystyki pracy do wglądu jako tabele lub wykresy.



Firma Hewalex zajmuje wiodącą pozycję na rynku polskim w zakresie sprzedaży kolektorów słonecznych, komponentów instalacji solarnych, fotowoltaiki oraz pomp ciepła. Według raportów Instytutu Energetyki Odnawialnej IEO monitorującego polski rynek kolektorów słonecznych i przekazującego dane krajowe dla raportów Europejskiej Federacji Przemysłu Energetyki Słonecznej ESTIF, firma Hewalex zajmuje 1 miejsce sprzedaży kolektorów słonecznych. Produkty firmy Hewalex są znane w większości krajów europejskich, zajmując w niektórych znaczący udział rynkowy. Według najnowszego raportu Solrico z maja 2019 r., firma znajduje się w TOP10 światowych największych producentów kolektorów płaskich.

HEWALEX SP. Z O.O.
43-502 Czechowice-Dziedzice, ul. Słowackiego 33
tel. 32 214 17 10
hewalex@hewalex.pl, www.hewalex.pl

HEWALEX

Powietrzne pompy ciepła w ciekawych zastosowaniach

Powietrzne pompy ciepła o różnych rozwiązaniach i wielkościach zyskują coraz większe uznanie klientów w Europie, i to nie tylko inwestorów budujących nowe domy jednorodzinne. Urządzenia te są najłatwiejsze w montażu spośród wszystkich pomp ciepła i uniwersalne pod względem lokalizacji – powietrze jest wszak dostępne wszędzie.



Fot. Vaillant

Powietrzne pompy ciepła znajdują zastosowanie przede wszystkim w domach jednorodzinnych, gdzie pojawiają się jako odpowiedź na oczekiwania właściciela w zakresie obniżenia rachunków za energię. Firma Nibe podaje przykład domu o powierzchni 170 m² dla czteroosobowej rodziny, w którym ogrzewanie elektryczne pochłaniało 27 tys. kWh energii, przy całkowitym zużyciu 33 tys. kWh. Kiedy przyszedł czas na wybór nowego rozwiązania grzewczego, zdecydowano się na pompę ciepła powietrze/woda typu split do przygotowania c.w.u. oraz zasilenia klimakonwektorów na każdym piętrze (pozostawiono kilka grzejników elektrycznych jako rezerwę na wypadek wyjątkowo

niskiej temperatury). Po wymianie systemu grzewczego zużycie energii na cele grzewcze spadło trzykrotnie – do 9 kWh rocznie (tylko opcja grzania, bez chłodzenia latem).

Stare domy, nowoczesne pompy

W Wielkiej Brytanii można znaleźć szereg ciekawych przykładów instalacji powietrznej pompy ciepła do ogrzewania, chłodzenia i produkcji c.w.u. w domach liczących 100 (i więcej) lat. Ich właściciele często nie chcą ingerować w instalację grzewczą – ze względów ekonomicznych, konstrukcji budynku czy jego wartości historycznej. W zależności od skali remontu powietrzna pompa ciepła może się stać elementem hybrydowego systemu grzewczego, w którym współpracuje z istniejącym (lub wymienionym) kotłem, np. olejowym.

Dofinansowanie w brytyjskim systemie Renewable Heat Incentive – przykład dla pompy ciepła powietrze/woda o COP 3,15 zamontowanej w domu z 1920 roku o pow. 98 m²

Oprac. Vaillant

Energia zużyta na ogrzewanie [kWh]	Energia zużyta przez pompę ciepła [kWh]	Energia zapewniona przez pompę ciepła [kWh]	Wartość dotacji [£]
9695	3077,77 (9695/3,15)	6617,23	490,99 (6617,23x0,0742)

Dodatkową motywacją dla właścicieli jest możliwość dofinansowania takiej inwestycji. Powietrze w Wielkiej Brytanii traktowane jest jako odnawialne źródło ciepła, instalacje z wykorzystaniem powietrznej pompy ciepła są więc objęte programem Renewable Heat Incentive (RHI). Jest to program prowadzony przez Ofgem (Office of Gas and Electricity Markets) – rządową niezależną agencję zajmującą się rynkiem gazu i elektryczności. Instalacje zakwalifikowane do programu otrzymują przez 7 lat dofinansowanie o wartości szacowanej na podstawie rzeczywistego wykorzystania OZE. Kwotę dofinansowania wyznacza się w oparciu o pomiary dokonywane za pomocą zarejestrowanego miernika energii elektrycznej, z uwzględnieniem zużycia energii przez pompę ciepła (w oparciu o COP określony przez instalatora systemu) – za 1 kWh energii uzyskanej z pompy ciepła określona została stawka w wysokości 0,0742 funta.

Firma Vaillant przeprowadziła symulację dotacji uzyskanej z RHI dla typowego domu szeregowego z 1920 roku (98 m², dwa piętra). W budynku zastosowano system hybrydowy – pompę ciepła powietrze/woda Vaillant aroTHERM 5 kW (rozwiązanie zewnętrzne wymagające montażu w domu modułu hydraulicznego i sterownika) oraz kocioł ecoTEC Plus 31 kW combi. Co ważne,



Fot. Störlein

dotacja dotyczy tylko energii uzyskanej dzięki pompie ciepła (bez uwzględnienia energii z kotła), dlatego musi ona mieć osobny licznik elektryczny. COP pompy określono na 3,15.

Właściciele Mosswood Cottage – domku w hrabstwie Yorkshire pochodzącego z końca XIX wieku – zmagali się z mało wydajnym rozwiązaniem grzewczym, jakim był kocioł olejowy. Chcieli jednocześnie uniknąć ingerencji w zastosowany w domu system grzewczy (np. montaż ogrzewania podłogowego). Dzięki propozycji przygotowanej przez lokalną firmę Solarwall, specjalizującą się w energii dla domów, zdecydowali się na stworzenie systemu hybrydowego. Istniejący kocioł olejowy został połączony z nową zewnętrzną pompą ciepła powietrze/woda aroTHERM 11 kW z oferty firmy Vaillant. Ważnymi elementami systemu stały się też moduł wymiennika oraz zbiornik buforowy 40 l. Zgodnie z oczekiwaniem gospodarzy zachowano istniejącą instalację grzewczą, wymieniając tylko jeden grzejnik. Kluczowym elementem systemu hybrydowego jest system sterowania urządzeniami grzewczymi zapewniający najwyższą efektywność energetyczną poprzez maksymalne wykorzystanie powietrza jako źródła energii odnawialnej. Umożliwia to inteligentny system wyboru taryfy triVAI – sterownik VRC470 oblicza, które źródło (pompa ciepła czy kocioł) jest w danym momencie rozwiązaniem najbardziej efektywnym.

Zastosowanie systemu hybrydowego w przypadku tej nieruchomości ma przynieść (w odniesieniu do systemu bez pompy ciepła) ok. 1600 euro oszczędności rocznie oraz (dzięki programowi Renewable Heat Incentive) dodatkowy zysk wynoszący ponad 11 tys. euro w ciągu 7 lat.

Dom pasywny z pompą ciepła w roli głównej

Powietrzna pompa ciepła może też odegrać znaczącą rolę jako część systemu ogrzewania domu pasywnego – dzięki połączeniu zalet pompy ciepła ze szczelnością powietrzną budynku i zastosowaniu ogrzewania niskotemperaturowego wodnego i powietrznego oszczędności energii są szczególnie widoczne. Duńska marka Nilan (a właściwie jej irlandzki oddział) zaproponowała rozwiązanie, w którym zewnętrzna powietrzna pompa ciepła została zintegrowana z systemem wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła – dzięki temu może ona wykorzystać dodatkową energię z powietrza wylotowego z rekuperatora. Bazą jest urządzenie Compact P Air 9, zastosowano je np. w certyfikowanym domu pasywnym (167 m², N50 = 0,56, zapotrzebowanie na ciepło wynoszące 15 kWh/m²/rok = 10 W/m²) w południowo-zachodniej Irlandii na terenie wiejskim.



Fot. Heliotherm

W budynku funkcjonuje system ogrzewania powietrznego zapewniający stałą temperaturę 20°C. Temperatura c.w.u. (z gwarancją stałej dostępności) wynosi 52°C – jej przygotowanie i dostępność wspiera zbiornik c.w.u. o objętości 180 l. Z systemem zintegrowany jest także płaski kolektor słoneczny 4,12 m² ze zbiornikiem buforowym 300 l. Całość wspierana jest przez dodatkową gruntową pompę ciepła (2 kW), pracującą wyłącznie w trybie zimowym i zasilającą powietrzne ogrzewanie podpodłogowe zamontowane w łazienkach i przedpokojach.

W 2012 roku pompy ciepła miały wskaźniki COP wynoszące odpowiednio 3,4 dla pompy powietrze/powietrze i 2,3 dla pompy powietrze/woda. Dla przedstawionych wcześniej założonych parametrów (temperatura powietrza wewnętrznego 20°C i temperatura c.w.u. 52°C) całkowite zużycie energii przez pompę ciepła, wentylatory centrali rekuperacyjnej i solarną pompę obiegową wynosi 1200 kWh/rok (koszt 220 euro). W lokalnych warunkach dla tego obiektu przynosi to ok. 1100 euro oszczędności rocznie w porównaniu do konwencjonalnego kotła olejowego. Porównując koszty instalacji (ok. 2,8 tys. euro za kocioł i ok. 8,75 tys. euro za pompę ciepła), zwrot kosztów instalacji szacuje się na 2,5 roku.

Nowe domy u naszych sąsiadów

Przykładem realizacji w nowym budynku wielorodzinnym (z siedmioma mieszkaniami) jest obiekt zbudowany w 2015 r. w niemieckim Erlabrunn. Zastosowano w nim pompy ciepła powietrze/woda Heliotherm HP20L-M-WEB. W budynku o powierzchni użytkowej 530 m² zastosowano niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe oraz ściennie. Do przygotowania c.w.u. zamontowano zasobnik wody ciepłej o pojemności 850 l oraz zasobnik świeżej wody użytkowej o pojemności 2000 l. Roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną na cele ogrzewania wynosi tylko 6150 kWh, a uwzględniając zapotrzebowanie na c.w.u., budynek zużywa łącznie 9270 kWh. Pompa wytwarza rocznie na cele c.o. i c.w.u. ok. 40 000 kWh, co daje JAZ na poziomie 4,23.

JAZ (niem. *Jahresarbeitszahl*) to stosowany powszechnie w Niemczech roczny współczynnik efektywności energetycznej, wskazujący na stosunek wyprowadzonej z urządzenia energii cieplnej do doprowadzonej energii elektrycznej w ciągu roku, odniesiony do konkretnej instalacji i budynku. Im wyższy JAZ, tym wyższa rzeczywista sprawność energetyczna instalacji z pompą ciepła. Wartość 4,23 oznacza, że do obiegu grzewczego obiektu przekazana została energia cieplna stanowiąca ponad czterokrotność pobranej energii elektrycznej.

Innym przykładem nowego budynku z powietrzną pompą ciepła jest dom jednorodzinny o powierzchni 220 m² zbudowany w Bad Goisem w Austrii. Zastosowano w nim niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe, a w łazienkach dodatkowe grzejniki łazienkowe. Energię dostarcza pompa ciepła Heliotherm HP12L-M-BC-80 typu split z pełną modulacją, przygotowaniem c.w.u. oraz

zdalnym nadzorem. Dom użytkuje rodzina dwuosobowa. Roczne koszty ogrzewania wynoszą ok. 550 euro, tj. ok. 2400 zł, co nie jest wygórowaną kwotą za ogrzewanie tak dużej powierzchni.

Świadomy wybór

Powietrzne pompy ciepła są coraz chętniej wybierane jako rozwiązanie mające obniżyć koszty energii przez inwestorów remontujących obiekty – także tych, dla których barierą mogłyby się stać koszty inwestycyjne. Wynika to przede wszystkim z rachunku ekonomicznego. Zakup powietrznej pompy ciepła może się zwrócić w ciągu kilku lat – zależnie od warunków wyjściowych i założeń przyjętych do obliczeń (np. uwzględnienie wymiany kotła albo remontu izolacji budynku) może to być od 1,5 do 7 lat, co przy żywotności systemów opartych na pompie ciepła, szacowanych na 25 lat, jest już dla właścicieli opłacalne. Z takiego założenia wyszło m.in. stowarzyszenie mieszkaniowe Armii Zbawienia w hrabstwie Essex, w którego budynkach zastosowano powietrzne pompy ciepła Mitsubishi Ecodan wraz ze zbiornikami c.w.u. Remont każdego domu został zaplanowany indywidualnie, np. w części budynków zastosowano system hybrydowy, łącząc pompę ciepła z istniejącym źródłem ogrzewania.

Powietrzne pompy ciepła są także coraz chętniej wybierane dla rozwiązań o nieco większej skali, np. hoteli czy niewielkich budynków użyteczności publicznej.

Powietrzne pompy ciepła w hotelu

Elegancki, czterogwiazdkowy hotel The Riverside Park Hotel w Irlandii jest obiektem bogato wyposażonym w urządzenia, których eksploatacja przekłada się na wysokie zapotrzebowanie na ogrzewanie i c.w.u. – m.in. basen, basen z atrakcjami dla dzieci, jacuzzi czy węzły sanitarne w pokojach wyposażone w wanny i urządzenia do hydromasażu. W lutym 2017 roku całkowicie wymieniono system grzewczy. Właściciele obiektu oczekiwali ochrony przed niepewnymi cenami energii pochodzącej z paliw kopalnych, tzn. przed jej nieprzewidywalnie zmiennymi kosztami. Rozwiązanie miało być też przyjazne środowisku, jednocześnie spełniając wysokie wymagania dotyczące produkcji c.w.u. oraz ogrzewania przestrzennego – dla obiektu hotelowego, centrum wypoczynkowego, basenu oraz jacuzzi. Całość wymagała zainstalowania rozwiązania o wydajności grzewczej 180 kW.

Projekt i montaż instalacji wykonała miejscowa firma GS Renewables, stosując:

- trzy powietrzne pompy ciepła o wydajności grzewczej 60 kW każda (razem 180 kW),
- zbiornik c.w.u. 200 l,
- zbiornik buforowy 1000 l,
- tytanowy wymiennik ciepła dla basenu,

- glikolowy system chłodzenia piwa ze zintegrowanym odzyskiem ciepła odpadowego do przygotowania c.w.u.

Do ogrzewania zastosowano niskotemperaturowe grzejniki, które mogą być zasilane wodą grzewczą o temperaturze 40°C. Hotel obsługuje 110 grzejników Dimplex SmartRads. Zastosowanie wody grzewczej o niskiej temperaturze znacząco wpływa na zmniejszenie zapotrzebowania na energię. Uzupełnieniem systemu jest zdalny monitoring pracy pomp ciepła (dane dostępne przez 24 h w przeglądarce sieciowej).

Ekobudynki użyteczności publicznej

Małe budynki użyteczności publicznej – szpitale, domy opieki, punkty organizacji pożytku publicznego – również wykorzystują powietrzne pompy ciepła. Mogą być one stosowane do produkcji c.w.u. lub do obsługi całego systemu (ogrzewanie i produkcja c.w.u.).

W domu opieki w Yorkshire dwie pompy monoblokowe Mitsubishi Ecodan 14 kW zamontowane są ok. 70 m od maszynowni i połączone z nią zagłębionymi w ziemi rurami preizolowanymi. W maszynowni znajdują się dwa zbiorniki wstępne (500 l), każdy zasilany przez jedną pompę ciepła i zapewniający przygotowanie wody o temperaturze 50°C. Wstępnie podgrzana woda przekazywana jest do właściwego zbiornika, magazynującego wodę o temperaturze 60°C (ogrzewanie gazowe). Jak wskazuje projektant i wykonawca instalacji, miejscowa firma Geowarmth, zbiorniki wstępne c.w.u. pozwalają na optymalne wykorzystanie potencjału powietrznych pomp ciepła w przygotowywaniu c.w.u. – większość potrzebnej energii pochodzi z odnawialnego źródła ciepła, a zapewniając temperaturę c.w.u. w wysokości 50°C, pompy ciepła pracują optymalnie.



Fot. Dimplex

Jeśli pompa ciepła ma zasilać także ogrzewanie, stosuje się najczęściej rozwiązanie monoblokowe w parze z wodnym ogrzewaniem podłogowym. Pięć pomp ciepła Mitsubishi Ecodan 14 kW zasila ogrzewanie podłogowe w szpitalu w Middlesbrough, a w domu opieki w Newcastle pracuje monoblokowa pompa zewnętrzna Dimplex 25 kW.

Rozwiązanie zapewniające zarówno c.w.u., jak i ogrzewanie pojawiło się także w budynku będącym centrum informacji onkologicznej (Family Cancer Information & Support Centre), stanowiącym część szpitala uniwersyteckiego Norfolk & Norwich University Hospital. Jest to nowoczesny, dobrze zaizolowany budynek o powierzchni 250 m². Wybór pompy ciepła powietrze/woda (do zasilania centrali wentylacyjno-klimatyzacyjnej i instalacji c.w.u.) podyktowany został nie tylko oszczędnością energii, ale i ograniczonym miejscem – zarówno wokół obiektu (niemożność instalacji wymiennika gruntowego), jak i w samej maszynie. Lokalna firma SIG Management zaproponowała pompę ciepła Atria firmy Thermia. Jej stosowanie przez 25 lat ma przynieść ok. 27–28 tys. euro oszczędności (w porównaniu do kotła olejowego o sprawności 75% i przy założeniu kosztów energii elektrycznej 7 pensów za kWh, a oleju – 3 pensy/kWh).

Pompa ciepła zasila wodne ogrzewanie podłogowe, a bezpieczeństwo dostaw c.w.u. ma zapewnić zintegrowany zbiornik 180 l, oznaczony jako TWS. Jest on wyposażony w ciekawe rozwiązanie techniczne, opracowane i przebadane we współpracy z politechniką w Sztokholmie. Wbudowany mały zbiornik wewnętrzny z podgrzewanym płynem niezamarzającym zapewnia zautomatyzowane, cykliczne rozmrażanie zewnętrznego wymiennika ciepła.

Rosnące zainteresowanie inwestorów powietrznymi pompami ciepła wynika z połączenia dwóch cech – oszczędności związanych z mniejszym zużyciem energii i nieinwazyjnego montażu, co jest ważne zarówno w przypadku remontu, jak i ograniczonego miejsca przy budowie nowego obiektu. Ogrzewanie, przygotowanie c.w.u., system hybrydowy, współpraca z różnymi systemami ogrzewania i wentylacji – wiele zastosowań pomp powietrznych wraz z rosnącą świadomością ekologiczną na pewno przysporzy tym urządzeniom kolejnych zwolenników.

Joanna Ryńska

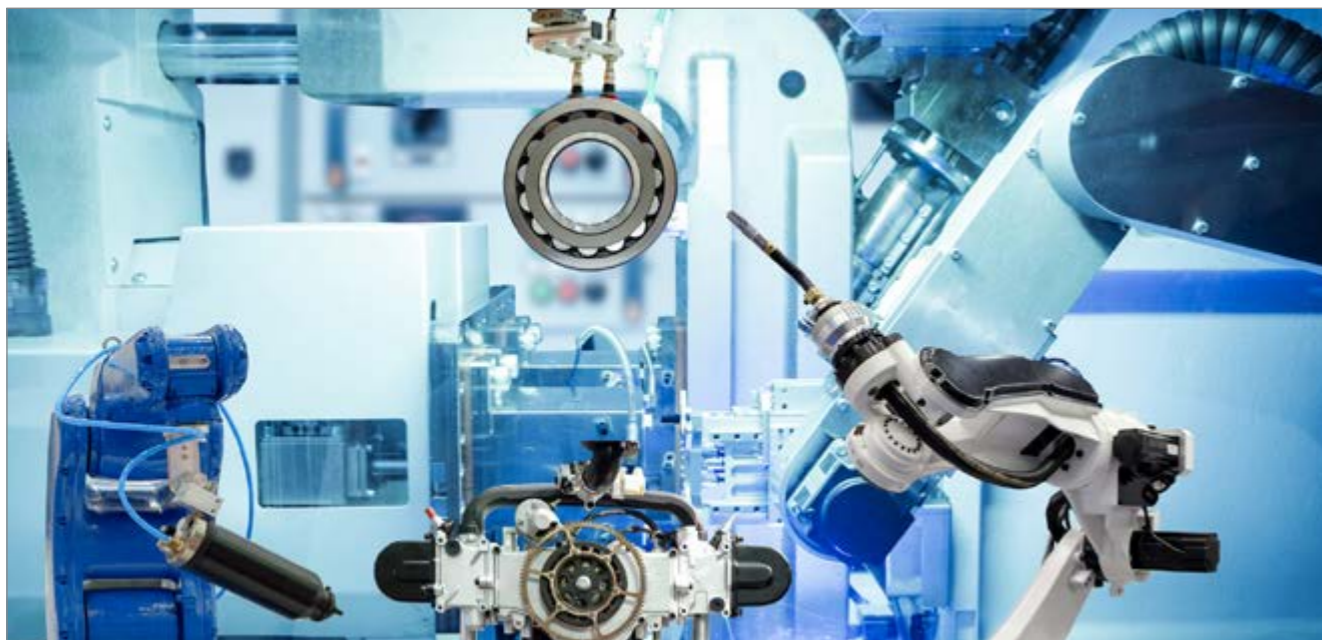
Tylko teraz
roczny dostęp
do wszystkich treści płatnych

98 zł

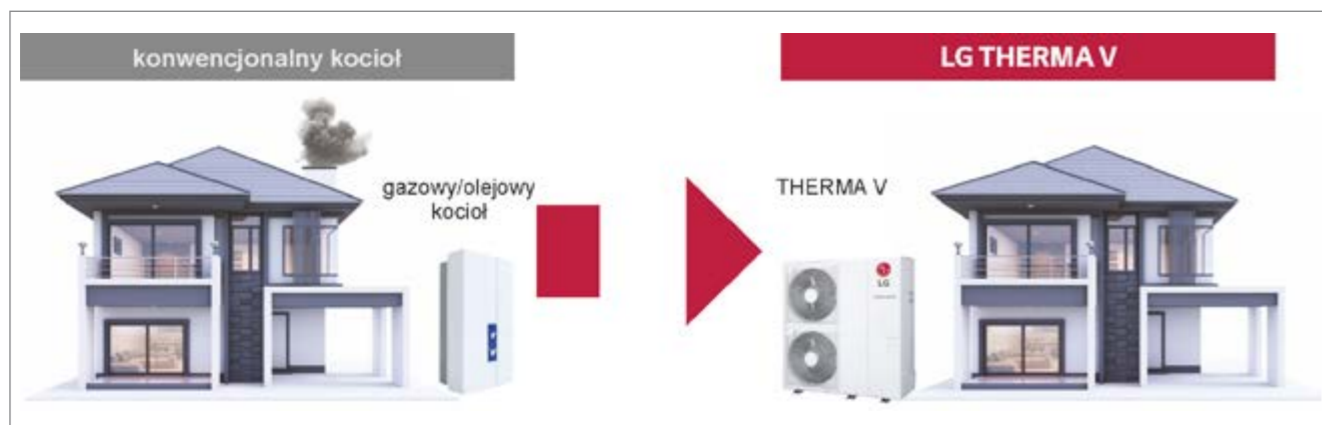
wydawniczy.pl/rynek-instalacyjny/36-dostep-roczny.html

Technologia pompy ciepła

Przez długi czas konwencjonalne systemy grzewcze do ogrzewania budynku używały paliw stałych, ciekłych czy gazowych. W takich konwencjonalnych systemach grzewczych pomijano aspekty środowiskowe, takie jak zużycie paliw kopalnych i zanieczyszczenie środowiska.



W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie tymi przyjaznymi dla środowiska urządzeniami – żeby sprostać wymaganiom rynku – producenci stale rozwijają technologię pomp ciepła, aby wytwarzać najbardziej wydajne i przyjazne dla środowiska systemy w branży. Portfolio produktów grzewczych LG – jako wiodącego dostawcy systemów HVAC – obejmuje szeroką gamę wysoce energooszczędnych i zaawansowanych systemów energii odnawialnej. Nasza misja to zapewnienie właściwego rozwiązania grzewczego dla każdego wymagania i każdego budynku.

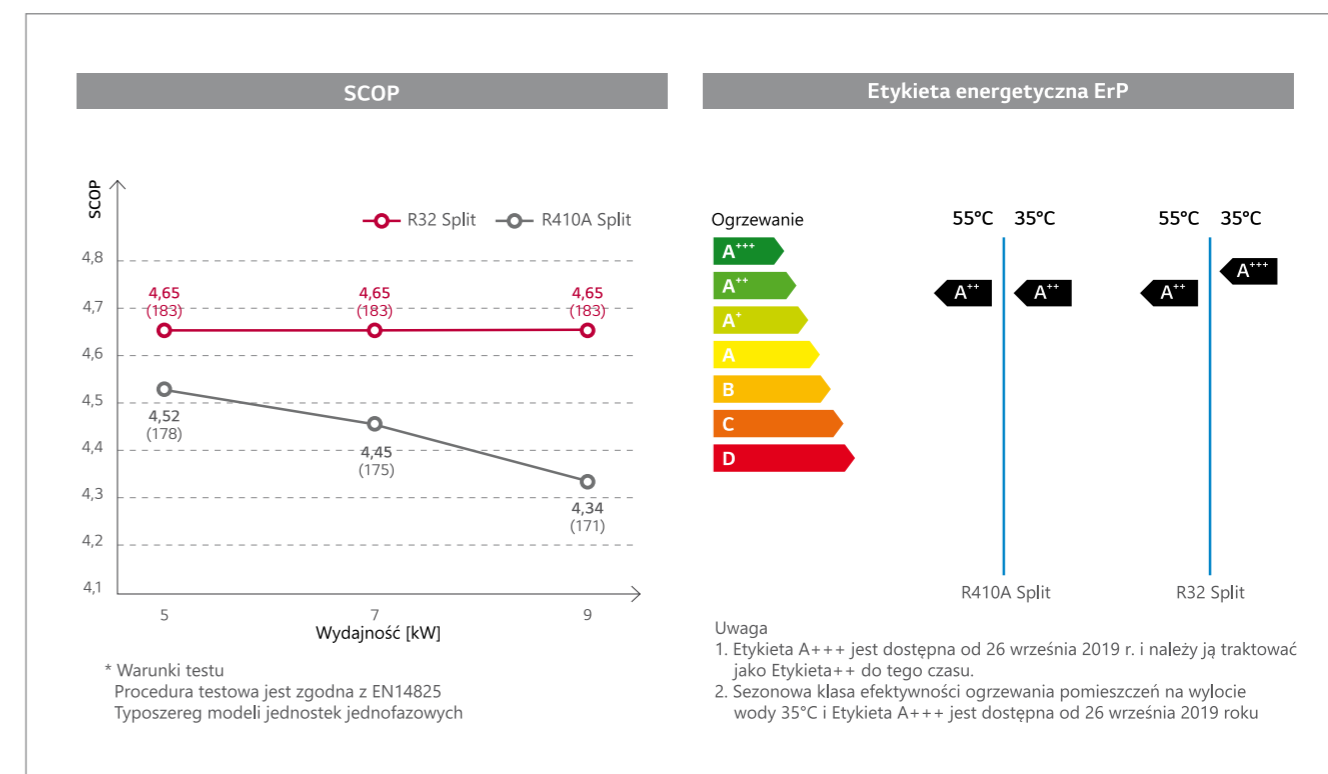


Pompa ciepła to urządzenie, które przekształca energię z powietrza, ziemi i wody w ciepło do celów użytkowych. Ta transformacja odbywa się poprzez zaawansowany cykl chłodniczy. Innymi słowy, odnosi się do techniki przenoszenia ciepła z odnawialnych źródeł energii, takich jak powietrze. Energia potrzebna do wytworzenia niezbędnego ciepła – w porównaniu do kotłów wykorzystujących konwencjonalne paliwa kopalne, gaz czy olej – wynosi jedną czwartą, a pozostałe trzy czwarte wykorzystywane jest z energii odnawialnej.

Rozwiązanie grzewcze LG zapewnia bardziej ekologiczny i energooszczędny system dla Twojego domu i biura dzięki ciągłym badaniom i rozwojowi zielonych technologii, takich jak czynnik chłodniczy R32 i sprężarka spiralna R1.

Budownictwo mieszkaniowe

Rozwiązanie ogrzewania mieszkaniowego LG może jednocześnie pokrywać zapotrzebowanie na centralne ogrzewanie i ciepłą wodę użytkową w domu. W porównaniu z konwencjonalnym systemem kotłowym jest bardziej wydajny i redukuje emisję CO₂ w miarę użytkowania energii odnawialnej z powietrza zewnętrznego. Co więcej, te rozwiązania grzewcze można łączyć z inteligentnymi rozwiązaniami sterującymi, LG SmartThinQ™.

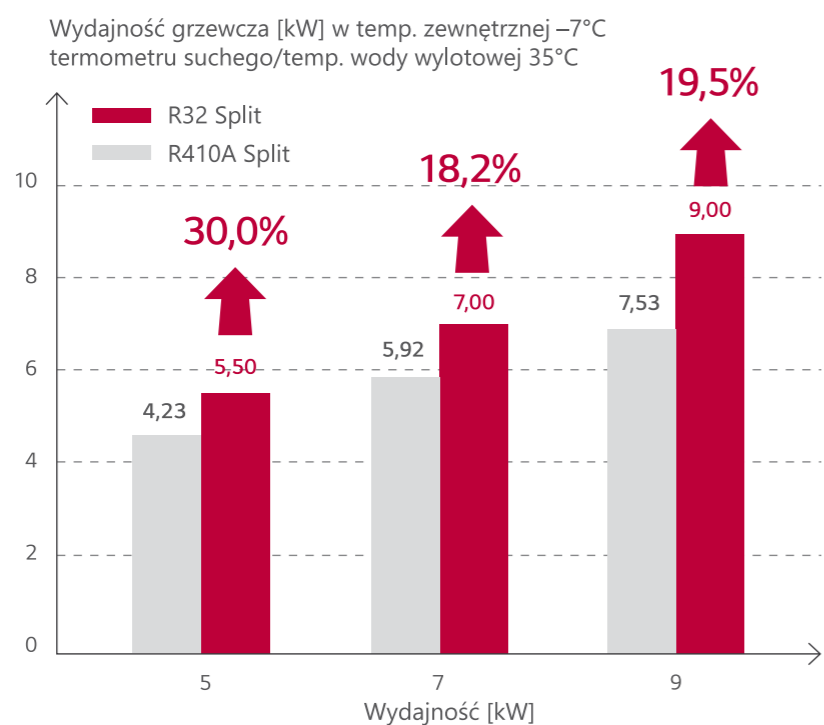
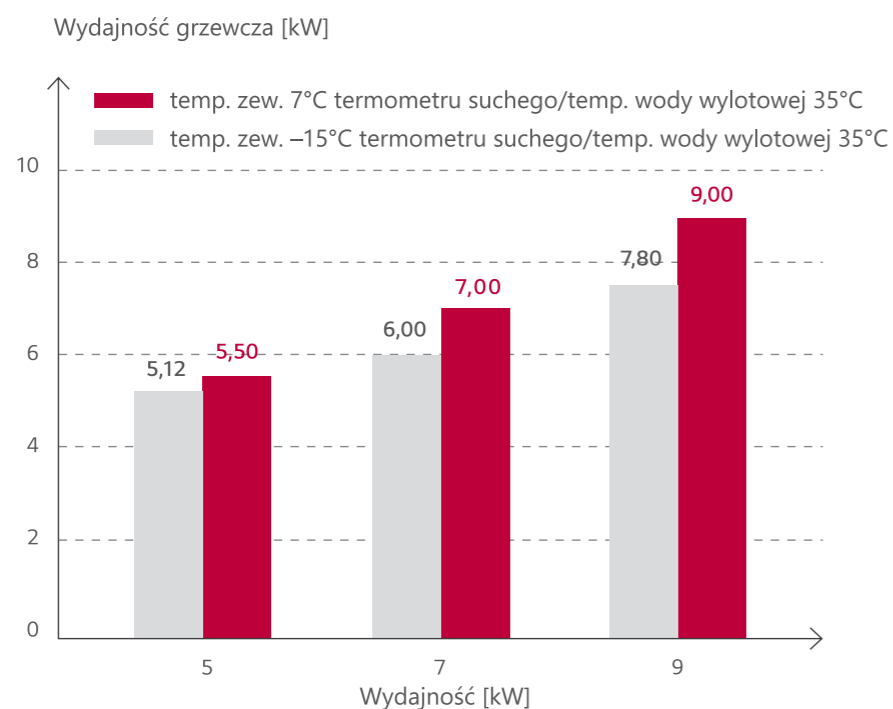


W roku 2019 LG Electronics wprowadziło na rynek nową pompę ciepła Therma V Split na ekologiczny czynnik R32. Urządzenie to charakteryzuje się przede wszystkim:

- wysoką wydajnością ogrzewania nawet w niskiej temperaturze,
- szerokim zakresem pracy,
- zmniejszonym poziomem hałasu.

Zaawansowana technologia pozwala jeszcze bardziej ułatwić użytkowanie poprzez zastosowanie:

- sterownika z intuicyjnym interfejsem,



- własnego rozwiązania Wi-Fi (SmartThinQ™),
- monitorowania informacji o zużyciu energii.

Koncepcja Split hydro box

THERMA V typu Split hydro box konstrukcyjnie jest rozdzielona i instalowana wewnątrz i na zewnątrz budynku. Te dwie jednostki są połączone orurowaniem wypełnionym czynnikiem chłodniczym, a elementy po stronie wodnej, takie jak naczynie wzbiorcze, wymiennik ciepła czy pompa wodna, znajdują się w jednostce wewnętrznej. Ponadto, wszystkie podzespoły wodne związane z ogrzewaniem znajdują się wewnątrz budynku, dzięki czemu nie trzeba martwić się o problemy związane z zamarzaniem niezależnie od zewnętrznej temperatury otoczenia.

Wysoka wydajność ogrzewania nawet w niskiej temperaturze

R32 Split zapewnia doskonałą wydajność ogrzewania – szczególnie w niskiej temperaturze otoczenia. Wydajność grzewcza przy temperaturze zewnętrznej -7°C DB jest taka sama, jak nominalna, a wydajność przy temperaturze zewnętrznej -15°C DB wynosi około 85% nominalnej. Efektywność ogrzewania R32 Split w niskiej temperaturze otoczenia została zwiększona o ponad 18% w porównaniu ze Splitem R410A.

Kluczowe parametry i porównanie do poprzedniego modelu (na R410A)

	R32	R410A
Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego	675	2088
Mniejsza ilość czynnika	20% LESS	HIGH
Większa wydajność systemu	Systemy R32 zużywają również mniej czynnika chłodniczego na kilowat dostarczonej wydajności	
Skład	jeden składnik	mieszanina
Wysoka wydajność	Wysokie współczynniki sprężania czynnika chłodniczego prowadzą do wysokiej wydajności w porównaniu z istniejącym czynnikiem chłodniczym R22 i R410A	

Nowa jednostka Therma V Split R32 posiada niski potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP – Global Warming Potential)

Wysoka efektywność energetyczna

Dyrektywa w sprawie etykiet energetycznych jest kluczowym czynnikiem wyboru urządzenia grzewczego na europejskim rynku ogrzewania. Typ R32 Split ma oznaczenie etykiety energetycznej A+++ w rozporządzeniu dotyczącym etykietowania energetycznego ErP.

Szeroki zakres działania

Dzięki temperaturze wody wylotowej mogącej osiągać do 65°C, gama grzejników średniotemperaturowych może być w pełni wykorzystana. W rezultacie pompa ciepła R32 Split ma wysoką konkurencyjność zarówno w przypadku wymiany obecnego źródła ogrzewania, jak i zastosowania nowego systemu.

Jakub Lejman

Product Engineer Air Solution

LG Electronics Polska Sp. z o.o.
Wołoska 22, 02-675 Warszawa
infolinia: 801 005 154
www: <https://www.lg.com/pl>



CIEPŁO TU I TERAZ

Pompa ciepła **LG THERMA V** zapewnia ogrzewanie oraz chłodzenie pomieszczeń, a także ciepłą wodę użytkową w każdych warunkach pogodowych.



Ogrzewanie budynków gruntową pompą ciepła

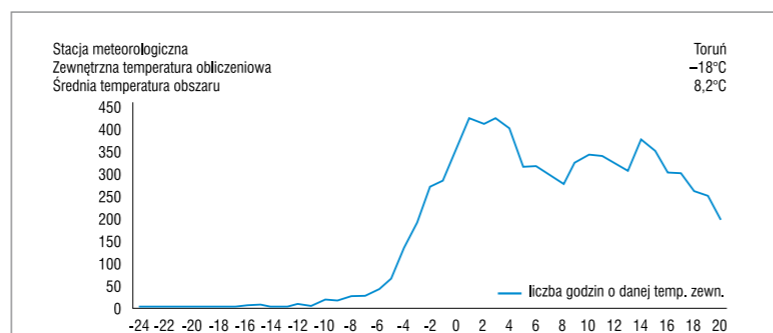
Analizę techniczno-ekonomiczną zastosowania gruntowej pompy ciepła przeprowadzono na przykładzie wolno stojącego budynku mieszkalnego o powierzchni użytkowej 160 m², znajdującego się w Toruniu, w II strefie klimatycznej. Szczytowe zapotrzebowanie na moc grzewczą dla tego obiektu wynosi 8 kW, a dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową to 200 dm³, co daje roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania pomieszczeń oraz przygotowania c.w.u. równe 23 379,7 kWh.

Podstawowe informacje

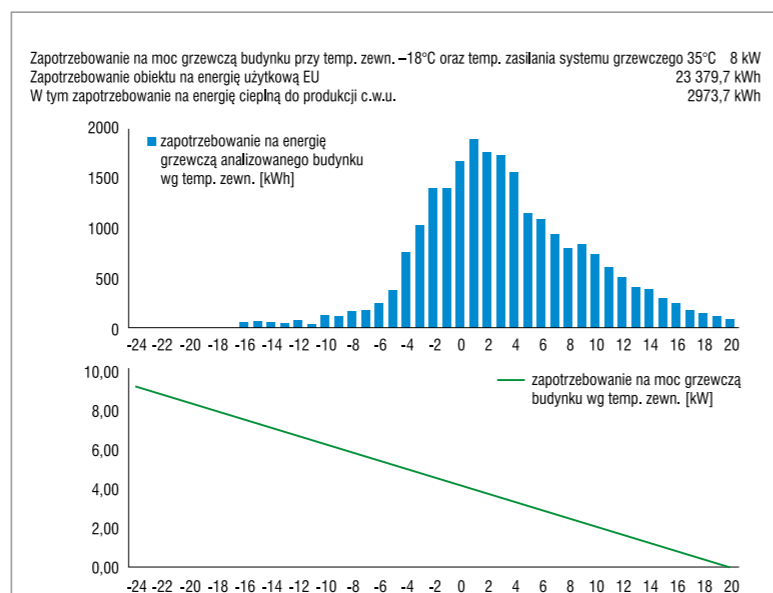
Liczbę godzin o danej temperaturze zewnętrznej dla stacji meteorologicznej Toruń według danych meteorologicznych NFOŚiGW z okresu 30 lat zobrazowano na rys. 1. Zapotrzebowanie na maksymalną moc grzewczą analizowanego budynku znajdującego się w II strefie klimatycznej dla temperatury obliczeniowej -18°C wynosi 8 kW (rys. 2). Praca urządzenia grzewczego z tą mocą będzie występowała sporadycznie, ponieważ liczba godzin występowania tej temperatury jest minimalna (rys. 1), a co się z tym wiąże, również zapotrzebowanie na energię grzewczą (rys. 2). Największe zapotrzebowanie na energię grzewczą występuje przy temperaturze zewnętrznej ok. 1°C – wynosi ono wtedy ok. 4 kW.

Analiza systemu grzewczego

Do analizy systemu grzewczego opartego na gruntowej pompie ciepła dla opisywanego obiektu dobrano pompę ciepła model SIK 8TES o mocy grzewczej $Q = 7,8 \text{ kW}$ i współczynniku $COP = 4,8$ przy B0/W35 wg EN-PN 14511,



Rys. 1. Liczba godzin o danej temperaturze zewnętrznej dla stacji meteorologicznej Toruń



Rys. 2. Zapotrzebowanie na moc i energię grzewczą budynku w zależności od temperatury zewnętrznej wg danych stacji meteorologicznej Toruń

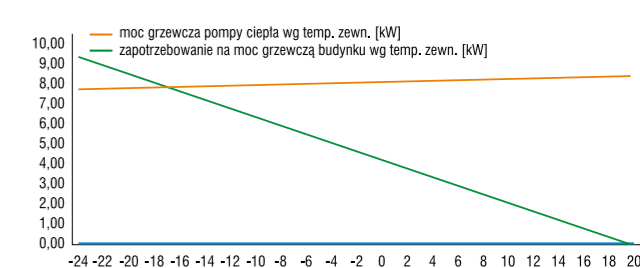
występującą w pakiecie Design Plus, pracującą w systemie monowalentnym. Głównymi elementami tego pakietu są: gruntowa pompa ciepła SIK 8TES (1), zbiornik buforowy PSP 100E o pojemności 100 l (2) do zabudowy pod pompą ciepła oraz zasobnik c.w.u. WWSP 442E o pojemności 400 l (3) do zabudowy obok pompy ciepła (obydwa zbiorniki utrzymane w stylistyce pompy ciepła).

Pompa ciepła pracuje samodzielnie w całym zakresie temperatury zewnętrznej ze względu na stabilną temperaturę dolnego źródła ciepła, którym jest grunt. Przy temperaturze obliczeniowej dla II strefy klimatycznej moc grzewcza uzyskana z pompy ciepła wynosi 7,8 kW (rys. 3).

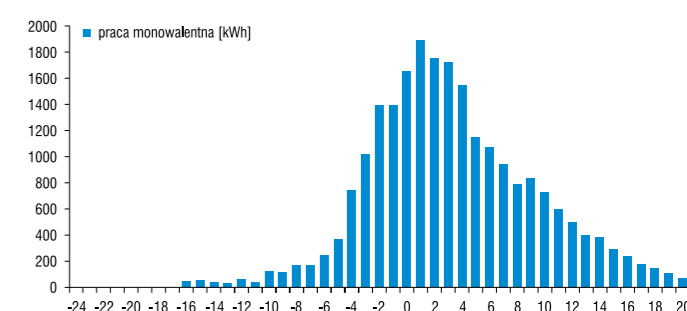
Pod względem energetycznym największy udział pracy gruntowej pompy ciepła przypada przy temperaturze zewnętrznej ok. 1°C, natomiast najmniejszy przy temperaturze obliczeniowej II strefy klimatycznej (rys. 4). Dystrybucja ciepła w analizowanym budynku odbywa się za pomocą płaszczyznowego systemu ogrzewania (ogrzewanie podłogowe) pracującego według krzywej grzewczej, gdzie temperatura zasilania systemu grzewczego zależy od temperatury zewnętrznej (rys. 5). Maksymalna temperatura zasilania przy -18°C wynosi 35°C.

Gruntowa pompa ciepła typu SIK 8TES pozwala uzyskać dla ogrzewania oraz podgrzewu wody użytkowej średnioroczny współczynnik SCOP 4,86 (rys. 6). Przy założeniu ceny energii elektrycznej brutto w wysokości 0,62 zł roczne koszty eksploatacyjne opisywanego systemu grzewczego wynoszą 2765,59 zł (rys. 7).

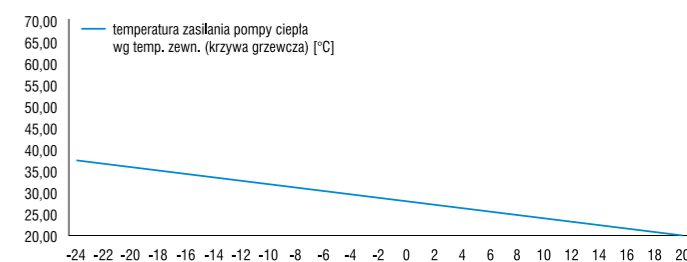
Koszty eksploatacyjne zależą w znacznym stopniu od systemu ogrzewania budynku, ponieważ współczynnik COP pompy ciepła jest uzależniony przede wszystkim od temperatury zasilania systemu (rys. 8). Ze względu na to inne koszty eksploatacyjne występują przy ogrzewaniu płaszczyznowym czy grzejnikowym, gdzie temperatura zasilania zależy od temperatury



Rys. 3. Moc grzewcza gruntowej pompy ciepła SIK 8TES a zapotrzebowanie na moc grzewczą budynku w zależności od temperatury zewnętrznej

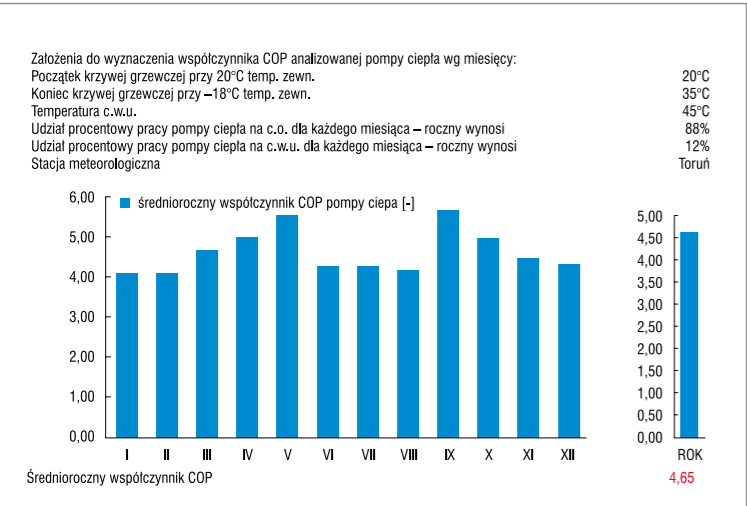


Rys. 4. Praca gruntowej pompy ciepła SIK 8TES w zależności od zapotrzebowania analizowanego budynku na energię wg temperatury zewnętrznej

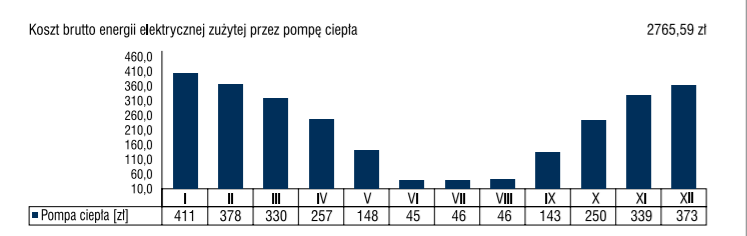


Rys. 5. Temperatura zasilania systemu ogrzewania płaszczyznowego w zależności od temperatury zewnętrznej analizowanego budynku

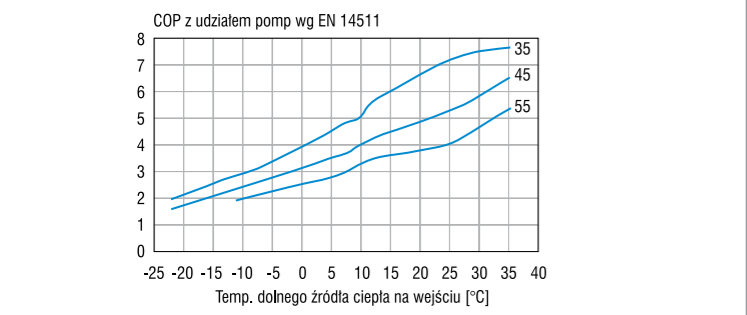
Gruntowa pompa ciepła



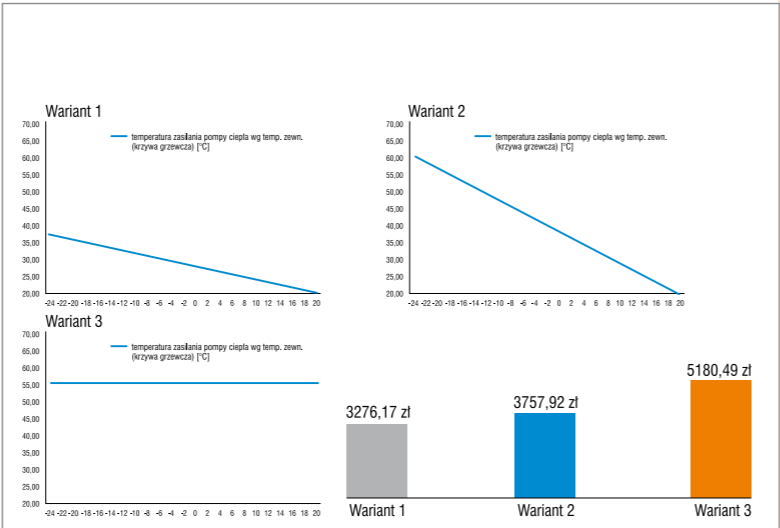
Rys. 6. Średniomiesięczny współczynnik SCOP systemu grzewczego opartego na gruntowej pompie ciepła SIK 8TES dla analizowanego budynku



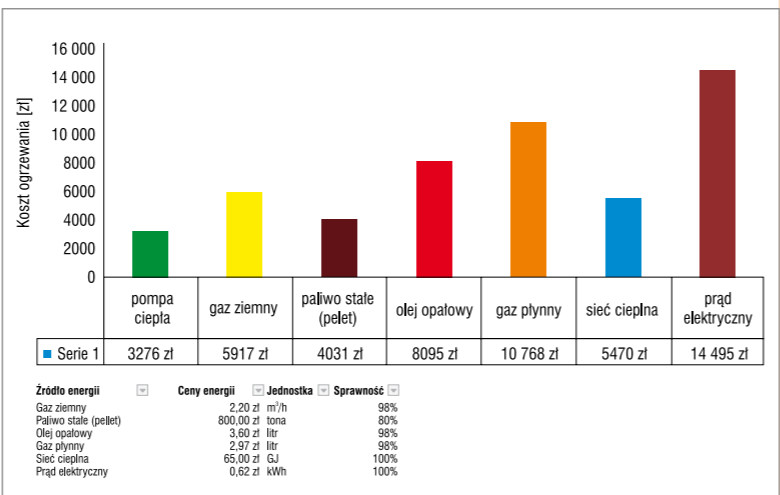
Rys. 7. Koszty eksploatacyjne systemu grzewczego opartego na gruntowej pompie ciepła SIK 8TES dla analizowanego budynku



Rys. 8. Współczynnik COP analizowanej pompy ciepła SIK 8TES w zależności od temperatury zasilania systemu grzewczego oraz temperatury zewnętrznej



Rys. 9. Temperatura zasilania systemu grzewczego w zależności od temperatury zewnętrznej oraz systemu dystrybucji ciepła oraz koszty eksploatacyjne. Wariant 1 – ogrzewanie płaszczynowe, gdzie temperatura zasilania zależy od temperatury zewnętrznej (maks. wartość 35°C); Wariant 2 – ogrzewanie grzejnikowe, gdzie temperatura zasilania zależy od temperatury zewnętrznej (maks. wartość 55°C); Wariant 3 – ogrzewanie grzejnikowe, stała temperatura zasilania 55°C w całym zakresie temperatury zewnętrznej



Rys. 10. Koszty eksploatacyjne analizowanego obiektu ogrzewanego gruntową pompą ciepła SIK 8TES w odniesieniu do innych systemów grzewczych

temperaturze zasilania. W porównaniu do innych systemów grzewczych gruntowa pompa ciepła model SIK 8TES dla analizowanego obiektu generuje najniższe koszty eksploatacyjne (rys. 10).

* * *

Uwaga: przy koszcie ogrzewania paliwem stałym nie uwzględniono ceny bieżącej obsługi oraz magazynowania paliwa

Adam Koniszewski
Dimplex

zewnętrznej (krzywa grzewcza), a inne, gdy pompa ciepła będzie pracowała stałotemperaturowo (rys. 9).

Pompa ciepła stwarza możliwość uzyskania niskich kosztów eksploatacyjnych, ale to, czy je osiągniemy, zależy od projektowanego systemu grzewczego. Dlatego system oparty na pompie ciepła należy projektować w taki sposób, aby urządzenie to pracowało przy możliwie najniższej

ZAJRZYJ NA rynekinstalacyjny.pl

Polecamy publikacje w portalu:

- 01 Przegląd „Wentylatory”
- 02 Przegląd „Aplikacje mobilne i programy wspierające projektowanie”
- 03 Przegląd „Systemy kominowe”

Racjonalne koszty, czyli dom energooszczędny z pompą ciepła

Wznoszenie domu energooszczędnego wiąże się z poniesieniem nieco wyższych kosztów budowy, niż domu o standardowych parametrach. Jednak przy odpowiednim doborze materiałów i technologii, można uzyskać dobrą relację nakładów inwestycyjnych do parametrów obiektu. Z czasem poniesione w fazie budowy wydatki, będą zrekompensowane przez niższe koszty eksploatacyjne, a do obniżenia comiesięcznego rachunku za ogrzewanie może przyczynić się zastosowanie pompy ciepła.



Fot. De Dietrich

Inwestorzy, którzy zdecydowali się na budowę domu, zwykle starają się maksymalnie ograniczać koszty inwestycyjne, zapominając o jego przyszłym użytkowaniu. Obecnie coraz więcej osób zdaje sobie jednak sprawę, że decydując się na nowoczesne technologie, materiały i urządzenia, można wpłynąć na comiesięczne wydatki związane z jego utrzymaniem. Budowa domu energooszczędnego przy odpowiednim doborze poszczególnych elementów w perspektywie kolejnych lat z pew-

nością się opłaci. W domu energooszczędnym, poza dopasowaniem projektu czy zastosowaniem materiałów o wysokich parametrach, równie istotna jest nowoczesna instalacja grzewcza.

Dom energooszczędny – koszty inwestycyjne

Wśród wielu osób panuje przeświadczenie, że budowa domów energooszczędnych wymaga bardzo dużych nakładów finansowych. Nie są one jednak tak wysokie, jak mogłoby się wydawać. Wprowadzenie nowych Warunków Technicznych w 2014 roku, jakim odpowiadają budynki i ich usytuowanie, zastrzegających minimalne wartości parametrów wpływających na energochłonność budynków (kolejny etap zastrzegający miał miejsce w 2017 roku) sprawiło, że różnica w kosztach budowy domu standardowego, a energooszczędnego spadła do kilku procent. Należy także wspomnieć, że kolejny etap obostrzeń, czyli początek obowiązywania nowych przepisów zacznie się już 1 stycznia 2021 roku (WT 2021).

W przypadku domów energooszczędnych każdy z zastosowanych elementów ma na celu ograniczenie strat ciepła do otoczenia, co wiąże się z zastosowaniem materiałów budowlanych o wysokich parametrach oraz warstwy termoizolacji o odpowiedniej grubości. Skutecznie izolujące przegrody nie wymagają stosowania skomplikowanych technologii, a wydatki poniesione na zakup dodatkowego ocieplenia nie są wysokie, dzięki czemu w przyszłości możemy znacznie ograniczyć późniejsze koszty utrzymania domu. Uwagę skierować należy też na odpowiednie okna o wysokich parametrach termoizolacyjnych oraz technologie zastosowane wewnątrz obiektu. W tak przygotowanych warunkach doskonale odnajdą się nowoczesne i ekologiczne pompy ciepła, jako źródło ogrzewania w obiekcie.

Ogrzewanie w domu energooszczędnym

Instalacje grzewcze w domu energooszczędnym muszą charakteryzować się wysoką sprawnością. Charakterystyka przegród budowlanych powoduje, że moc grzewcza zamontowanych urządzeń odpowiedzialnych za komfort cieplny w budynku nie musi być duża. Bardzo dobra termoizolacja, a co za tym idzie, ograniczone straty ciepła do otoczenia sprawiają, że idealnym rozwiązaniem będzie zastosowanie urządzeń korzystających z odnawialnych źródeł energii, takich jak pompy ciepła. Wykorzystują one darmową energię z gruntu lub powietrza, wpływając na obniżenie kosztów użytkowania domu.



Gruntowa pompa ciepła GSHP B200

Fot. De Dietrich

Ograniczenie kosztów nie polega tylko na korzystaniu z naturalnej energii, ale także m.in. z braku konieczności wykonania przyłącza gazowego, budowy komina spalinowego, a także specjalnego pomieszczenia kotłowni. Niektóre z urządzeń, np. gruntowa pompa ciepła GSHP firmy De Dietrich, oprócz standardowego wykorzystania do celów centralnego ogrzewania i podgrzania ciepłej wody użytkowej, umożliwiają także chłodzenie pomieszczeń dzięki funkcji chłodzenia aktywnego w standardzie. Poza tym pompy ciepła dają niezależność od wahających się na rynku cen nośników energii i przede wszystkim niskie koszty eksploatacyjne. Duża część użytkowników zwraca również uwagę na ich ekologiczne i ekonomiczne działanie – zasilane energią elektryczną, zużywają znacznie mniej prądu, niż dostarczają ciepła do budynku. Znaczna część energii cieplnej, bo aż ok. 80%, czerpana jest ze źródeł odnawialnych, co daje redukcję kosztów ogrzewania nawet do 70% w porównaniu do instalacji tradycyjnych. Pompy ciepła gwarantują też większą estetykę i oszczędność miejsca. Wszystko dlatego, że najefektywniej pracują w połączeniu z niskotemperaturowym systemem grzewczym tj. ogrzewaniem podłogowym i ściennym, eliminując konieczność montażu nieestetycznych grzejników.

* * *

O MARCE DE DIETRICH:

De Dietrich to jedna z najstarszych marek w branży grzewczej na świecie. W 2009 roku, po połączeniu grupy De Dietrich Remeha i Baxi Group, powstało trzecie co wielkości przedsiębiorstwo w Europie w dziedzinie innowacyjnych rozwiązań klimatycznych, wytwarzania ciepłej wody i usług pod nazwą BDR THERMEA.

Marka koncentruje się na zapewnieniu swoim Klientom wysokiego komfortu, oszczędności energii oraz ograniczeniu emisji substancji szkodliwych do środowiska.

Więcej informacji: www.dedietrich.pl

BDR Thermea Poland Sp. z o. o.
ul. Północna 15-19, 54-105 Wrocław
e-mail: biuro@dedietrich.pl
tel. +48 71 71 27 400
www.dedietrich.pl



Facebook

Prężnie działający profil gromadzący sympatyków RI



Konferencje

Efektywna platforma wymiany praktycznej wiedzy i doświadczeń

Rynekinstalacyjny.pl

Popularny portal branżowy umożliwia natychmiastowy dostęp do wiarygodnych informacji – m.in. wszystkich publikacji RI od 2008 r.

Biblioteka RI

Wydania specjalne w formie dodatków do gazety – bezpłatne dla prenumeratorów RI



INSTALACJE:

grzewcze
wentylacyjne
klimatyzacyjne
wod-kan

Magazyn

Specjalistyczny miesięcznik informacyjno-techniczny, punktowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W numerze m.in: artykuły techniczne, porady specjalistów, opisy projektów, nowości techniczne



e-Newsletter

Aktualności dotyczące rynku instalacyjnego, wywiady, nowości produktowe, informacje o szkoleniach, konferencjach i targach

TV instalacje

Telewizja branżowa: wywiady, filmy poradnikowe, relacje z wydarzeń

Seria „i”

Poradniki instalacyjne przygotowywane przez praktyków i specjalistów

Przyczyny i skutki przeciążenia dolnego źródła gruntowej pompy ciepła

Stabilna temperatura gruntu na głębokości poniżej 15 m gwarantuje wydajną i ekonomiczną eksploatację gruntowych pomp ciepła. Wymaga to jednak szczególnej uwagi na etapie projektowania i wykonywania wymienników. Ważny jest zatem świadomy wybór wykonawcy z doświadczeniem oraz aktualną wiedzą wiertniczo-geologiczną. Końcowym ogniwem determinującym poprawną pracę układu jest jego eksploatacja, która w dużej mierze zależy od świadomości właściciela instalacji.

Gruntowe pompy ciepła umożliwiają wykorzystanie energii cieplnej zawartej w płytkich warstwach skorupy ziemskiej. Płytką geotermia stanowi wszechobecne, nieograniczone źródło czystej energii wykorzystujące zaabsorbowaną przez grunt energię słoneczną oraz geotermalną. Prawidłowo zaprojektowane, wykonane i eksploatowane systemy gruntowych pomp ciepła charakteryzują się długim czasem eksploatacji i jej niskimi kosztami – w porównaniu do klasycznych systemów ogrzewania i chłodzenia. Ponadto nie generują niskiej emisji, a w połączeniu z ogniwami fotowoltaicznymi możliwe jest całkowite wyeliminowanie emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Pomimo tych zalet rynek gruntowych pomp ciepła w Polsce jest wciąż stosunkowo niewielki (w 2019 roku 5380 instalacji GPC wg PORT PC [1]), głównie ze względu na wysokie koszty inwestycyjne. Duże przyrosty sprzedaży mają natomiast powietrzne pompy ciepła.

Najbardziej rozpowszechnioną technologią pozyskiwania energii zawartej w gruncie są sondy pionowe, zwykle o konstrukcji w kształcie litery U. Sondy mają zazwyczaj długość od 30 do 200 m, a przestrzeń między rurą i gruntem wypełnia się materiałem na bazie bentonitu o wysokiej przewodności cieplnej, co zapewnia odpowiednią wymianę ciepła między sondą a gruntem oraz zmniejsza ryzyko zanieczyszczenia wód gruntowych czynnikiem roboczym. Najpopularniejszym czynnikiem roboczym jest 15-proc. roztwór glikolu propylenowego – w praktyce rzadko stosuje się inne czynniki [2].

Stabilna temperatura gruntu na głębokości poniżej 15 m gwarantuje wydajną i ekonomiczną eksploatację. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że systemy takie wymagają szczególnej uwagi na etapie projektowania. Praktyka inżynierska w procesie projektowania gruntowego wymiennika ciepła opiera się na wykorzystaniu wskaźników jednostkowego uzysku ciepła z gruntu dla założonej litologii skał na terenie realizacji zadania projektowego. W przypadku dużych instalacji (powyżej 10 odwiertów) przeprowadza się proces dokładniejszej analizy gruntu, wykonuje odwiert pilotażowy, a nawet test odpowiedzi termicznej (TRT). Żadna z tych metod nie daje pewności co

do występujących na danym terenie parametrów geofizycznych, jednak zdecydowanie poprawia dokładność przy projektowaniu gruntowego wymiennika ciepła [3].

Na końcowe efekty energetyczne i ekonomiczne eksploatacji systemu nie wpływają jednak tylko założenia projektowe. W celu zapewnienia dobrych warunków transportu ciepła w odwiercie niezbędne jest również zachowanie jak najwyższej jakości jego wykonania. Według analizy przeprowadzonej na Uniwersytecie w Siegen wiele firm wiertniczych zastrzega sobie prawo do zmiany istniejących planów, np. dzieląc odwiert na kilka mniejszych, jeżeli ze względu na problemy mechaniczne niemożliwe jest osiągnięcie jego planowanej głębokości. W wielu przypadkach zaniechano nawet dalszego wykonywania odwiertu i zamontowano wymiennik ciepła bez ponownej kalkulacji jego wielkości. Z obserwacji dokonanych przez naukowców z Siegen można wnioskować, że proces kontroli jakości wykonania oraz zachowania wytycznych projektu w przypadku instalacji gruntowych wymienników ciepła jest niewystarczający [4].

Właściwe wykonanie gruntowego wymiennika ciepła zapewnia utrzymanie wysokiego poziomu wymiany ciepła pomiędzy U-rurą i ścianą odwiertu, ochronę warstwy wodonośnej oraz wydajną i ekonomiczną eksploatację. Istotny jest zatem świadomy wybór wykonawcy z doświadczeniem i aktualną wiedzą wiertniczo-geologiczną. Końcowym ogniwem determinującym poprawną pracę układu jest jego eksploatacja, która zależy w dużej mierze od świadomości właściciela instalacji. Tej problematyki dotyczy niniejszy artykuł.

Eksploatacja gruntowej pompy ciepła

Analiza pracy instalacji grzewczej z gruntową pompą ciepła

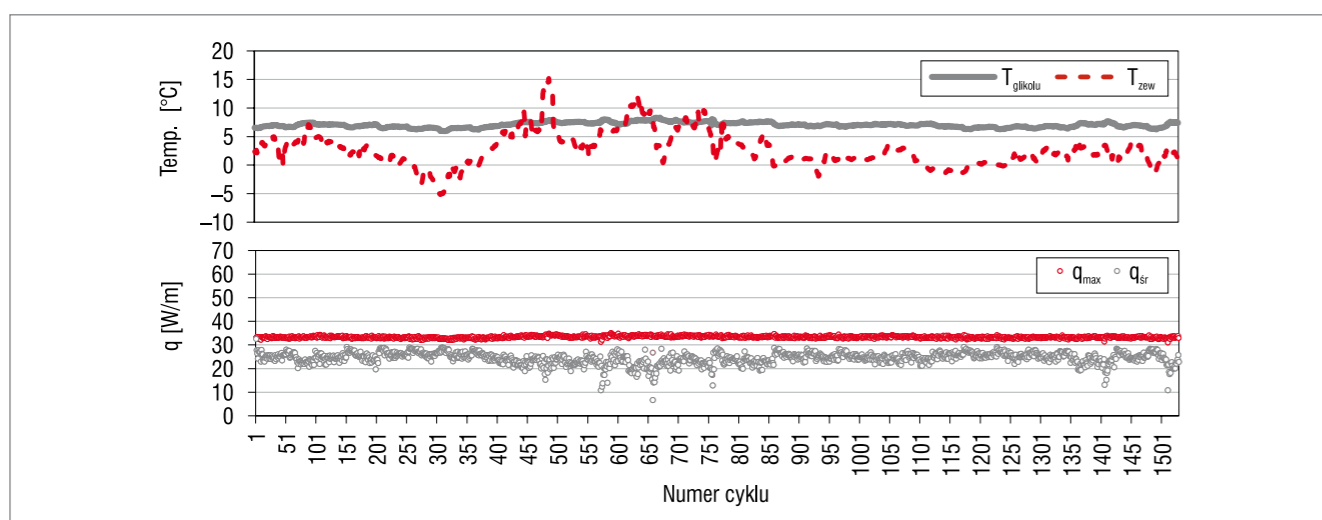
W przypadku pomp ciepła solanka/woda to dolne źródło ciepła jest elementem wymagającym szczególnej uwagi, nie tylko podczas projektowania i wykonywania, ale również eksploatacji systemu. W trakcie sezonu grzewczego w wyniku zmian zapotrzebowania na energię grzewczą zmienia się również temperatura dolnego źródła ciepła, co może znacząco wpływać na efektywność energetyczną pompy ciepła.

Metody pozyskiwania danych do projektowania gruntowych wymienników pomp ciepła przedstawione zostały w poprzednich artykułach [3, 5]. Opisano w nich również skutki przyjęcia niewłaściwych danych do wykonania projektu dolnego źródła ciepła. Niniejszy artykuł ma na celu przybliżenie skutków niewłaściwej eksploatacji gruntowego wymiennika ciepła dla pompy ciepła glikol/woda. Interesujące wyniki dotyczące rzeczywistych skutków przeciążenia dolnego źródła ciepła w instalacji grzewczej zawarto w pracach [6, 7]. Opisana w nich instalacja dolnego źródła pompy ciepła, na której prowadzono pomiary, składa się z pięciu odwiertów o głębokości 78 m każdy. Przeprowadzono testy eksploatacji wymiennika ciepła pod różnym obciążeniem: monitorowano pracę

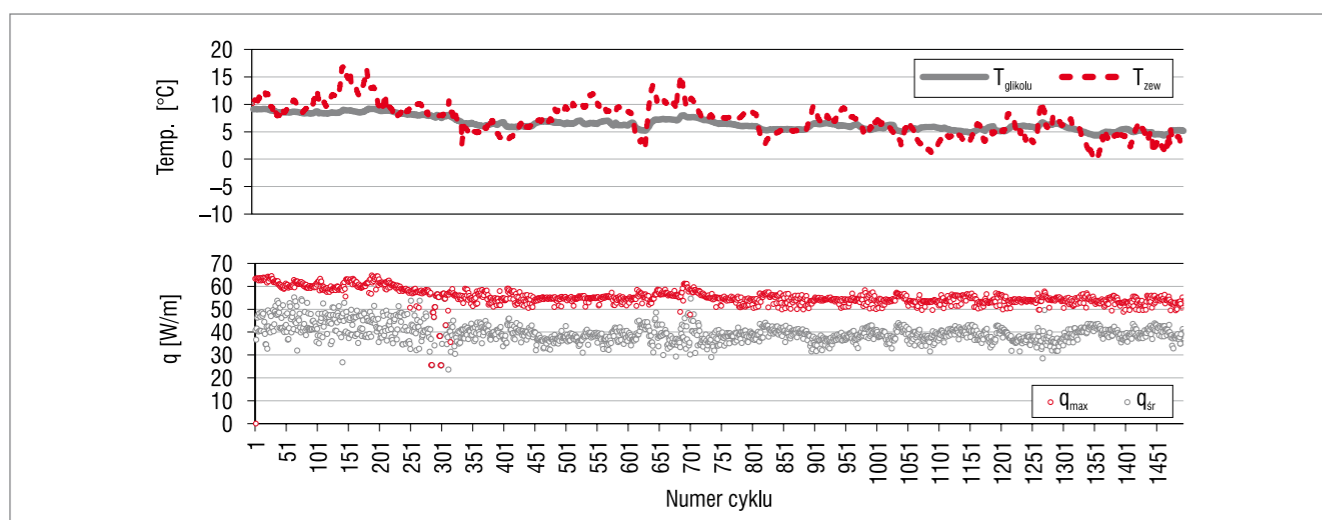
układu na wszystkich pięciu odwiertach (niższe jednostkowe obciążenie gruntu), a następnie pracę układu na trzech odwiertach (wyższe jednostkowe obciążenie gruntu). Wyniki eksperymentu istotne dla opisywanego w niniejszym artykule problemu przedstawiono na rys. 1 i 2. Bardziej szczegółową analizę danych przedstawiono w artykule [6].

Na rys. 1 przedstawiono stabilną pracę jednego z pięciu odwiertów w styczniu 2015 roku, w trakcie sezonu grzewczego, gdy temperatury powietrza zewnętrznego (T_{zew}) zmieniały się od -5 do 15°C . W takich warunkach maksymalny jednostkowy uzysk ciepła z gruntu w odwiercie wyniósł średnio dla całego miesiąca $q_{max} = 35 \text{ W/mb}$, a średni ok. $q_{sr} = 24 \text{ W/mb}$.

Na rys. 2 przedstawiono pracę instalacji dociążonej, tj. zasilanej trzema odwiertami, w ostatnim tygodniu października i trzech tygodniach listopada 2017 r. Temperatura powietrza zewnętrznego (T_{zew}) wynosiła w tym okresie od 0 do 17°C . Maksymalny jednostkowy uzysk ciepła z gruntu



Rys. 1. Parametry pracy jednego z odwiertów w trakcie pracy układu z pięcioma odwiertami (niższe obciążenie jednostkowe gruntu)



Rys. 2. Parametry pracy jednego z odwiertów w trakcie pracy układu z trzema odwiertami (wyższe obciążenie jednostkowe gruntu)

w odwiercie wynosił dla badanego okresu średnio $q_{max} = 65 \text{ W/mb}$, a średni ok. $q_{sr} = 40 \text{ W/mb}$. Założyć można, że pomimo relatywnie wysokich temperatur długoterminowe utrzymanie współczynnika jednostkowego uzysku ciepła z gruntu na poziomie $60\text{--}70 \text{ W/mb}$ jest w przypadku tej instalacji niemożliwe. Praca tak dociążonego systemu skutkuje spadkiem temperatury czynnika roboczego o 5 K w trakcie stosunkowo ciepłego miesiąca. W przypadku współpracy układu z pięcioma odwiertami tak znaczny spadek temperatury glikolu nie został zarejestrowany.

Test w warunkach wzmożonego obciążenia układu prowadzono przez ponad trzy miesiące – od września do połowy grudnia. W grudniu, kiedy temperatura powietrza zewnętrznego obniżyła się, podjęto decyzję o zakończeniu testu ze względu na bardzo niskie temperatury czynnika roboczego, spadające poniżej 0°C . Dalsza eksploatacja dociążonego źródła mogłaby skutkować znacznym wychłodzeniem gruntu wokół wymiennika, a tym samym spadkiem efektywności pracy pompy ciepła w całym sezonie grzewczym. Badania te skłoniły autorów do przeprowadzenia dalszych analiz w formie symulacji, których przebieg i wyniki opisano w kolejnym punkcie.

Różne scenariusze pracy dolnego źródła pompy ciepła

Jednym ze skrajnych przykładów niewłaściwego wykorzystania instalacji centralnego ogrzewania z gruntową pompą ciepła jest próba osuszania budynku przy użyciu energii pobieranej z gruntowego wymiennika ciepła. W nowo powstałych obiektach istnieje duży problem z wilgocią wynikającą z odparowania wody zawartej w mieszaninach betonu używanych m.in. do wylania posadzek. Inwestorzy, chcąc przyspieszyć proces osuszania budynku, decydują się na uruchomienie źródła ciepła i „wyrzwanie” budynku. Instalacja pracuje wówczas przez wiele godzin z dużym obciążeniem wynikającym m.in. z częstego lub ciągłego przewietrzania. Efektem pracy przeciążonego dolnego źródła ciepła może być nawet zamarznięcie wymiennika. Dodatkowo negatywne efekty przeciążenia dolnego źródła mogą zostać wzmocnione w wyniku niewłaściwych założeń projektowych lub ograniczania kosztów inwestycyjnych, skutkujących zaprojektowaniem/wykonaniem zbyt małego wymiennika dla danych parametrów gruntu.

Dla zobrazowania potencjalnych skutków przeciążenia dolnego źródła gruntowej pompy ciepła posłużono się przykładem instalacji grzewczej w typowym nowo budowanym domu jednorodzinnym zlokalizowanym na Dolnym Śląsku. Projektowe obciążenie cieplne tego obiektu to $7,2 \text{ kW}$, a roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania wynosi $13\,410 \text{ kWh/rok}$ (w standardowym sezonie grzewczym). Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania (Q_{bud}) w każdym z wariantów obliczono zgodnie z PN-EN 13790 i przedstawiono w tabeli 1. W celu obserwacji zachowania wymiennika dolnego źródła ciepła wykonano symulację pracy układu dla trzech przykładowych sytuacji mogących wystąpić w rzeczywistej instalacji grzewczej. Autorzy przeprowadzili analizę zmian temperatury czynnika roboczego w dolnym źródle dla statystycznego sezonu grzewczego,

okresowego przeciążenia dolnego źródła ciepła (mroźny miesiąc zimowy) oraz dla pierwszego roku pracy instalacji, kiedy na skutek procesów osuszania zapotrzebowanie budynku na energię grzewczą jest znacznie wyższe.

Wariant 1 (W1): Praca instalacji grzewczej w typowym sezonie grzewczym. Przyjęto temperatury zewnętrzne zgodne z przebiegiem sezonu statystycznego dla najbliższej stacji meteorologicznej.

Wariant 2 (W2): Praca instalacji w sezonie grzewczym z dłuższym okresem o znacząco obniżonej temperaturze powietrza zewnętrznego. W celu zachowania wiarygodności wyników posłużono się archiwalnymi meteorologicznymi danymi pomiarowymi. Do analiz przyjęto rzeczywiste temperatury powietrza zewnętrznego występujące w tej lokalizacji przez 13 dni w styczniu 2013 r. Średnia temperatura zewnętrzna wynosiła w tym okresie $-6,9^{\circ}\text{C}$, a chwilowa nawet -13°C , co w perspektywie całego miesiąca przekłada się na dodatkową ciągłą pracę pompy ciepła z maksymalną mocą przez ok. 40 godzin. Dla pozostałej części sezonu grzewczego przyjęto warunki jak w wariantcie 1.

Wariant 3 (W3): Symulacja pracy instalacji w pierwszym sezonie grzewczym po wybudowaniu budynku. Wariant zakłada użycie pompy ciepła do wspomaganie jego osuszania. Według źródeł literaturowych [8] w celu utrzymania wewnątrz komfortu termicznego dom w takim stanie potrzebuje od 40 do nawet 100% więcej energii cieplnej. Wariant 3 zakłada wystąpienie wzrostu zapotrzebowania o dodatkowe 50% energii cieplnej w stosunku do wariantu 1.

Wariant 4 (W4): Sytuacja tożsama z wariantem 3, zakłada jednak wystąpienie wzrostu zapotrzebowania o dodatkowe 100% energii cieplnej w stosunku do wariantu 1.

Dane wejściowe do symulacji dla poszczególnych wariantów pracy instalacji zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie parametrów pracy gruntowego wymiennika ciepła w poszczególnych wariantach przyjętych do analizy

Miesiąc	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
Wariant 1									
T_{zew} [$^{\circ}\text{C}$]	12,7	8,1	1,7	-1,4	-0,6	-1,6	4,5	7,3	13,8
Q_{bud} [kWh/miesiąc]	203	975	2181	2812	2620	2407	1402	706	73
Wariant 2									
T_{zew} [$^{\circ}\text{C}$]	12,7	8,1	1,7	-1,4	-5,3	-1,6	4,5	7,3	13,8
Q_{bud} [kWh/miesiąc]	203	975	2181	2812	3374	2407	1402	706	73
Wariant 3									
T_{zew} [$^{\circ}\text{C}$]	12,7	8,1	1,7	-1,4	-0,6	-1,6	4,5	7,3	13,8
Q_{bud} [kWh/miesiąc]	305	1463	3272	4218	3930	3611	2103	1059	110
Wzrost zapotrzebowania	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Wariant 4									
T_{zew} [$^{\circ}\text{C}$]	12,7	8,1	1,7	-1,4	-0,6	-1,6	4,5	7,3	13,8
Q_{bud} [kWh/miesiąc]	406	1950	4362	5624	5240	4814	2804	1412	146
Wzrost zapotrzebowania	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Analiza pracy dolnego źródła

Analizę pracy wykonano dla opisanych powyżej czterech wariantów obciążenia gruntowej pompy ciepła oraz dla trzech wielkości dolnego źródła. Różnica wielkości dolnego źródła pompy ciepła może wynikać z szerokiego zakresu jednostkowego uzysku ciepła z tego samego rodzaju gruntu możliwego do przyjęcia przez projektanta.

Przykład 1 (P1): Analiza dla założenia jednostkowego uzysku ciepła z gruntu wynoszącego **50 W/mb**. Jest to górna wartość jednostkowego uzysku ciepła dla gruntu średniowilgotnego, którą może przyjąć projektant, kierując się wytycznymi zawartymi w poradnikach dla projektantów. Warunek ten spełnią dwie sondy w kształcie litery U o długości 80 m z założeniem strefy martwej w górnej części wymiennika.

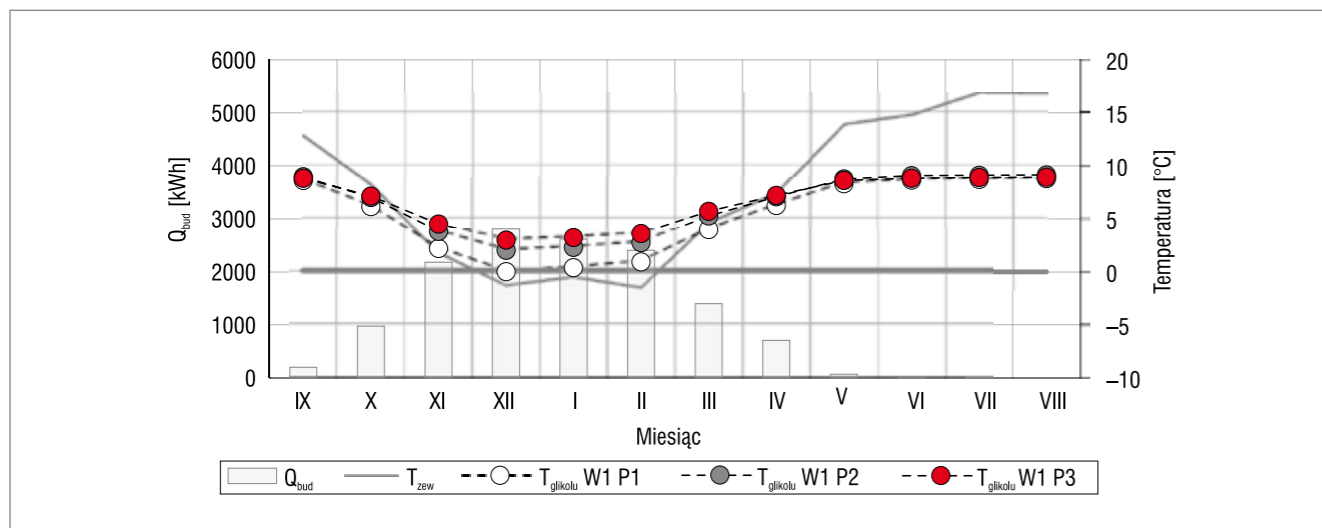
Przykład 2 (P2): Analiza dla założenia jednostkowego uzysku ciepła z gruntu wynoszącego **40 W/mb**. Jest to średnia wartość jednostkowego uzysku ciepła dla gruntu średniowilgotnego, którą może przyjąć projektant, kierując się wytycznymi zawartymi w poradnikach dla projektantów. Warunek ten spełnią dwie sondy w kształcie litery U o długości 100 m z założeniem strefy martwej w górnej części wymiennika.

Przykład 3 (P3): Analiza dla założenia jednostkowego uzysku ciepła z gruntu wynoszącego **30 W/mb**. Jest to dolna wartość jednostkowego uzysku ciepła dla gruntu średniowilgotnego, którą może przyjąć projektant, kierując się wytycznymi zawartymi w poradnikach dla projektantów. Warunek ten spełnią trzy sondy w kształcie litery U o długości 80 m z założeniem strefy martwej w górnej części wymiennika.

Wszystkie analizy przeprowadzono, korzystając z oprogramowania Earth Energy Designer [9]. Przyjęto następujące parametry gruntu: współczynnik przewodności cieplnej $2,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$; pojemność cieplna $2,16 \text{ MJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$; temperatura powierzchni gruntu $8,3^{\circ}\text{C}$. Odpowiadają one wybranej lokalizacji instalacji (woj. dolnośląskie) oraz parametrom gruntu średniowilgotnego. Jako początek sezonu grzewczego przyjęto wrzesień. Wynikiem przeprowadzonych symulacji jest średnia wartość temperatury glikolu ($T_{glikolu}$) na koniec każdego miesiąca w pierwszym roku eksploatacji.

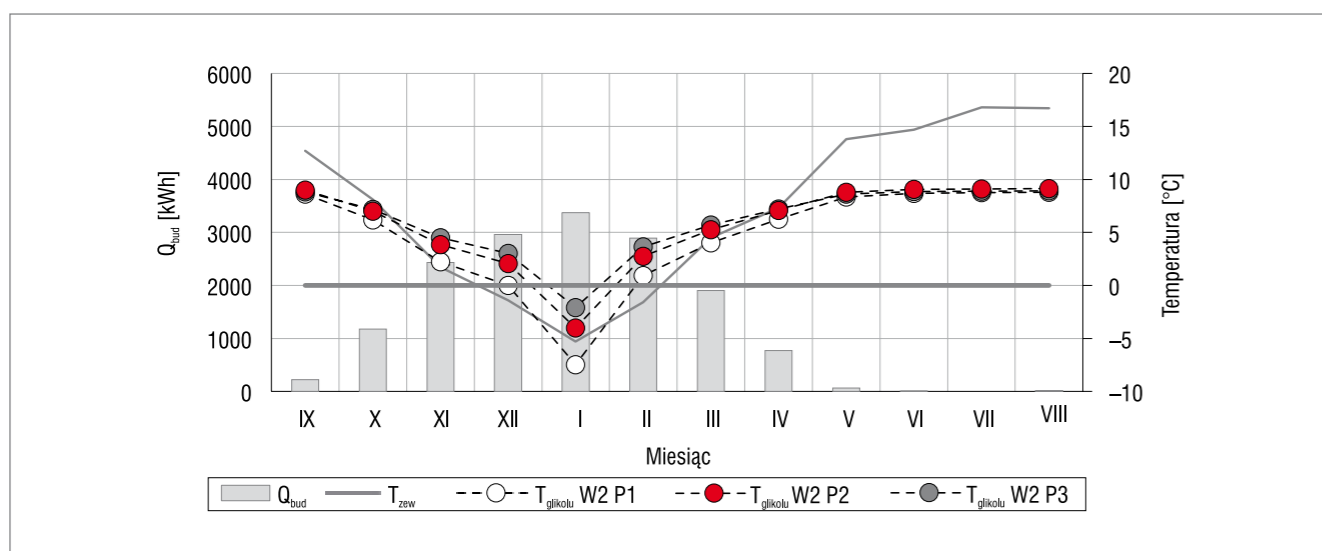
Na rys. 3 przedstawiono parametry pracy instalacji grzewczej w pierwszym roku eksploatacji pod obciążeniem standardowym (W1) dla wszystkich analizowanych wielkości wymienników dolnego źródła (P1, P2 oraz P3). Analiza zmian temperatury glikolu w instalacji pozwala zaobserwować znaczące różnice między najmniejszym (P1) a największym dolnym źródłem ciepła (P3). W miesiącach charakteryzujących się stosunkowo niską średnią temperaturą powietrza zewnętrznego (a zatem wysokim zapotrzebowaniem na energię do ogrzewania) temperatura glikolu dla wymiennika P1 spada nieco poniżej 0°C . Choć nie spowoduje to awaryjnego wyłączenia pompy ciepła, prawdopodobnie będzie miało niekorzystny wpływ na długofalową pracę instalacji oraz na wartość SCOP (sezonowy współczynnik efektywności energetycznej) pompy ciepła. W przypadku większych

wymienników (P2 i P3) temperatura glikolu dla miesięcy o najwyższym zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania wynosi ok. 4°C, gwarantując prawidłową pracę układu z wysoką efektywnością energetyczną.



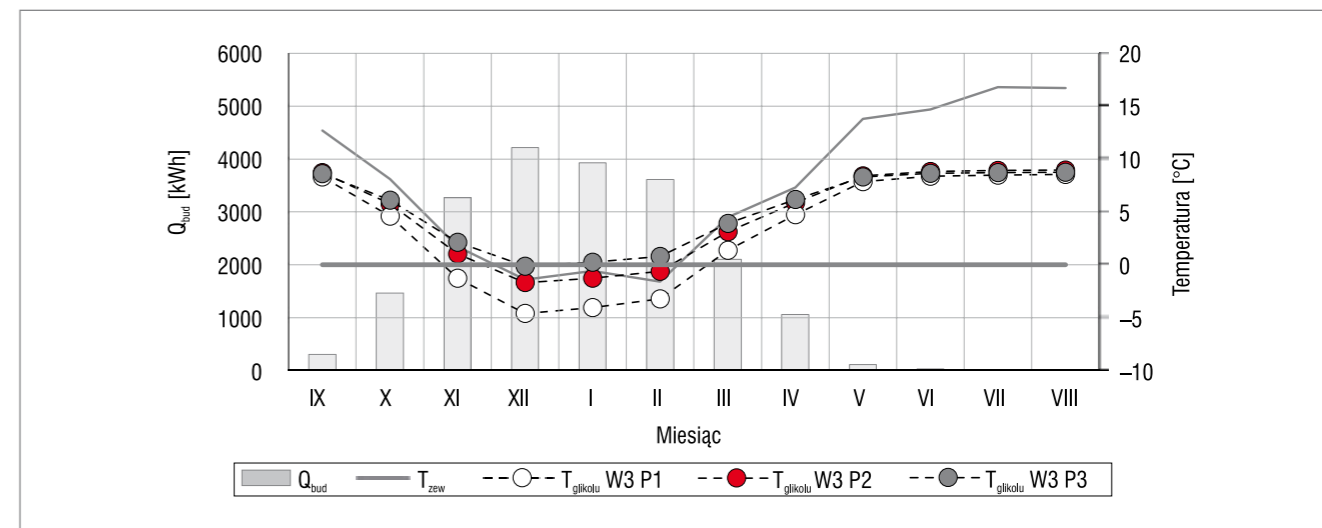
Rys. 3. Wyniki symulacji pracy instalacji w wariantcie W1 (P1-P3)

Drugi z analizowanych wariantów eksploatacji dolnego źródła (W2) miał na celu zaobserwowanie skutków dłuższego okresu występowania bardzo niskich temperatur zewnętrznych. Jak pokazano na rys. 4, w przypadku pracy instalacji z obciążeniem szczytowym występującym przez 40 h w jednym miesiącu w roku (styczniu) temperatura glikolu uległa znaczącemu obniżeniu. Dla najmniejszego wymiennika (P1) zaobserwowano spadek nawet poniżej -7°C , co spowoduje awaryjne wyłączenie pompy ciepła. W przypadku większych wymienników (P2 oraz P3) spadek również jest zauważalny, jednak osiągnięta temperatura pozwala na ciągłą stabilną pracę układu. Po ustąpieniu niesprzyjających warunków pogodowych (w dalszej części sezonu grzewczego) grunt stosunkowo



Rys. 4. Wyniki symulacji pracy instalacji w wariantcie W2 (P1-P3)

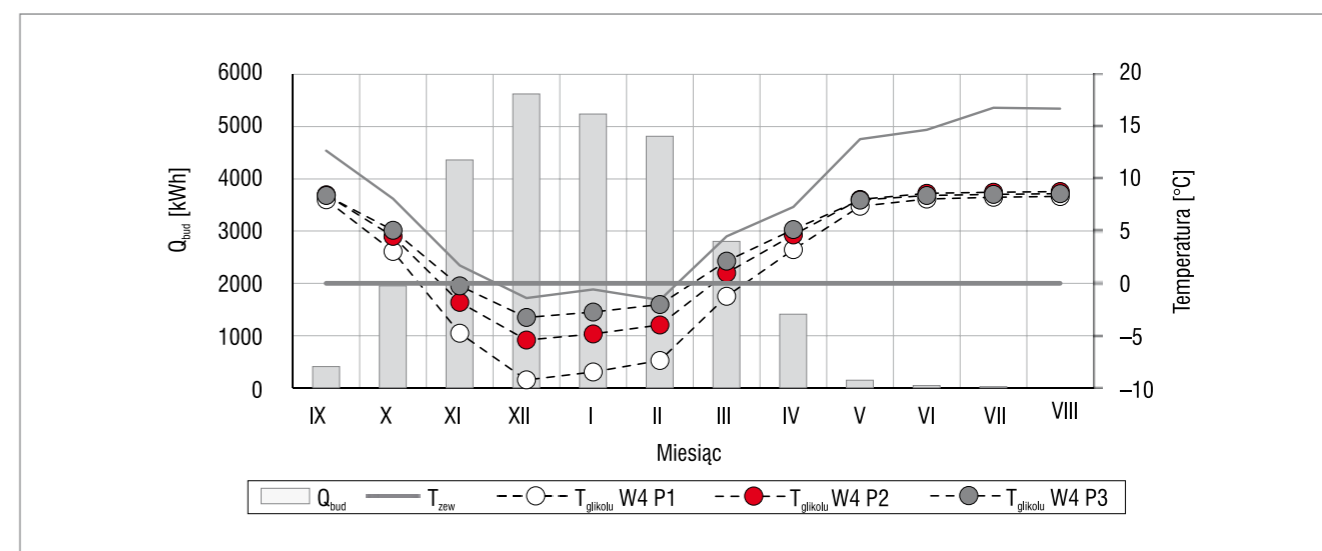
szybko powraca do równowagi, mimo wciąż wysokiego zapotrzebowania na energię do ogrzewania. Temperatura glikolu już na koniec kolejnego miesiąca wynosi ok. 4°C, co pozwala na efektywną pracę pompy ciepła.



Rys. 5. Wyniki symulacji pracy instalacji w wariantcie W3 (P1-P3)

Skrajnym przypadkiem obciążenia gruntowego wymiennika ciepła jest pierwszy rok eksploatacji instalacji uruchomionej tuż po zakończeniu budowy, przed właściwym osuszeniem przegród budynku. Na rys. 5 oraz 6 przedstawiono wartości temperatury glikolu w dolnym źródle pompy ciepła wynikające z jej pracy przy zwiększonym o odpowiednio 50 i 100% zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania.

Tak wysokie w stosunku do warunków projektowych przeciążenie spowoduje szybki spadek temperatury glikolu w odwiertach. Dla zapotrzebowania zwiększonego o 50% większe wymienniki P2 i P3 zostają stosunkowo mocno wychłodzone, gwarantują jednak stabilną pracę pompy ciepła



Rys. 6. Wyniki symulacji pracy instalacji w wariantcie W4 (P1-P3)

w okresie całego sezonu grzewczego. Wymiennik P1 niemal osiąga temperaturę wyłączenia pompy ciepła, dlatego jego eksploatacja byłaby w takim przypadku zagrożona. W razie przeciążenia wymiennika o 100% w stosunku do standardowego sezonu grzewczego symulacje wykazują bardzo mocne wychłodzenie gruntu dla wymienników P1 i P2. Ewentualna dalsza eksploatacja powodowałaby postępujące wychłodzenie gruntu wokół wymiennika i groziła jego całkowitym zamrożeniem. Jedynie w przypadku konfiguracji z najdłuższym wymiennikiem P3 możliwe jest uzyskanie wymaganej energii grzewczej bez zagrożenia dla dalszego funkcjonowania instalacji. Należy się jednak spodziewać, że osiągnięte zostaną niskie temperatury glikolu (znacznie poniżej 0°C), które utrzymywać się będą przez cały sezon grzewczy. Spowoduje to w konsekwencji znaczący spadek efektywności energetycznej urządzenia, co w przypadku zwiększonego zapotrzebowania na energię do ogrzewania budynku skutkować będzie relatywnie wysokimi kosztami eksploatacji systemu grzewczego.

Wnioski

Pompy ciepła glikol/woda to pewne, stabilne i bezpieczne źródło energii grzewczej dla budynków. Należy podkreślić, że dobrze zaprojektowany gruntowy wymiennik ciepła pracuje stabilnie niezależnie od poziomu temperatury powietrza zewnętrznego, zapewniając przy tym wysoką wydajność i efektywność energetyczną systemu. Dzięki dodatkowemu połączeniu układu pompy ciepła z instalacją fotowoltaiczną możliwe jest stworzenie systemu grzewczego nie tylko przyjaznego dla środowiska naturalnego, ale również prawie niegenerującego kosztów eksploatacyjnych.

Jednak, jak wykazano w artykule, niewłaściwie zaprojektowana lub eksploatowana instalacja może prowadzić do destabilizacji systemu, a w konsekwencji do wzrostu kosztów eksploatacji, a nawet awarii dolnego źródła. Krótkotrwałe przeciążenie prawidłowo zaprojektowanej instalacji pompy ciepła (rozumiane jako występowanie przez około miesiąc skrajnie niskich temperatur powietrza zewnętrznego) nie niesie za sobą większych konsekwencji. Długotrwałe przeciążenie instalacji dolnego źródła pompy ciepła (rozumiane jako zwiększenie zapotrzebowania na energię w całym sezonie grzewczym od 50 do 100% – sytuacja ta może wystąpić w przypadku próby osuszenia budynku z wykorzystaniem tej instalacji) może mieć negatywne i znaczące konsekwencje.

Faktyczny spadek temperatury glikolu uzależniony jest od rzeczywistej wydajności cieplnej gruntu i poziomu przeciążenia. Dla większych wymienników może to być spadek temperatury glikolu jedynie nieco poniżej 0°C. W przypadku instalacji zaprojektowanej dla jednostkowego uzysku ciepła przekraczającego rzeczywiste możliwości gruntu eksploatacja pompy ciepła ze zwiększonym obciążeniem może prowadzić do spadku temperatury glikolu poniżej bezpiecznej temperatury pracy.

Skutki długotrwałego przeciążenia gruntu mogą być długofalowe i kosztowne. Powrót gruntu do równowagi może trwać kilka tygodni, a nawet miesięcy.

Właściwe projektowanie, oparte nie tylko na założeniach, ale również na analizie pracy dolnego źródła, staranne wykonanie oraz świadome użytkowanie instalacji pompy ciepła pozwolą na długoletnią, bezproblemową eksploatację i utrzymanie wysokiej efektywności systemu.

mgr inż. Ewelina Stefanowicz, mgr inż. Krzysztof Piechurski

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska

Literatura

1. *Pompy ciepła*, raport rynkowy PORT PC, 2019.
2. Stefanowicz Ewelina, Piechurski Krzysztof, Szulgowska-Zgrzywa Małgorzata, *Czynniki robocze stosowane w dolnych źródłach gruntowych pomp ciepła*, „Rynek Instalacyjny” nr 10/2017, s. 24–28, rynekinstalacyjny.pl.
3. Stefanowicz Ewelina, Piechurski Krzysztof, *Metody wyznaczania parametrów gruntu do projektowania pionowych wymienników dla pomp ciepła solanka/woda*, „Rynek Instalacyjny” nr 6/2018, s. 24–28, rynekinstalacyjny.pl.
4. *Research Project: Drilling techniques for the installation of ground source heat exchangers and development of tools for technology and economic planning*, Universität Siegen, 2010.
5. Stefanowicz Ewelina, Szulgowska-Zgrzywa Małgorzata, *Konfiguracja odwiertów oraz obciążenie cieplne i chłodnicze obiektu a parametry pracy dolnego źródła pompy ciepła glikol/woda*, „Rynek Instalacyjny” nr 3/2017, s. 84–89, rynekinstalacyjny.pl.
6. Fidorów-Kaprawy Natalia, Stefanowicz Ewelina, *Analysis of the power extraction rate change for boreholes in time and in different heat load conditions*, E3S Web of Conferences, 2019.
7. Fidorów-Kaprawy Natalia, Stefanowicz Ewelina, Mazurek Wojciech, Szulgowska-Zgrzywa Małgorzata, Bryszewska-Mazurek Anna, *The analysis of the differences between the results of the thermal response test and the data from the operation of the brine-to-water heat pump's vertical exchanger*, E3S Web of Conferences, 2017.
8. Lachman Paweł, *Nadmierne koszty ogrzewania w niedostatecznie wysuszonych nowych budynkach*, „Instal Reporter” nr 3/2012.
9. BLOCON, *Earth Energy Designer*, Stockholm 2015.

Sekrety monoblokowej powietrznej pompy ciepła

Inwestorzy indywidualni przekonani do energooszczędnego i proekologicznego źródła ciepła, jakim jest pompa ciepła powietrze/woda, stają przed decyzją o tym, jakie rozwiązanie konstrukcyjne zastosować. Praktycznym, bezpiecznym i łatwym w montażu wyborem jest pompa ciepła monoblokowa – kompletne i kompaktowe rozwiązanie przeznaczone do montażu na zewnątrz.

Monoblokowa pompa ciepła stanowi całość, wyprodukowaną i zmontowaną w jednej fabryce. Wszystkie elementy – wentylator, parownik, sprężarka, zawór rozprężny oraz skraplacz – zamyka się fabrycznie w jednym urządzeniu. Podobnie, układ chłodniczy zostaje napełniony czynnikiem roboczym w fabryce. Tak przygotowane, hermetycznie zamknięte urządzenie poddawane jest serii rygorystycznych testów.



Wśród monoblokowych pomp ciepła pojawił się ostatnio **monoblok HPA-O 8 CS Plus flex Set**, który dla inwestorów ceniących niezawodność, skuteczność i energooszczędność źródła ciepła przygotowała firma Stiebel Eltron. Oto krótki przewodnik po monoblokowych sekretach...

Do klienta trafia gotowa do montażu pompa ciepła, przeznaczona do ustawienia na zewnątrz bez dodatkowych prac instalacyjnych (np. prowadzenie przewodów chłodniczych). Jest to rozwiązanie przyjazne zarówno dla instalatora, jak i użytkownika – montaż odbywa się szybko i sprawnie, a eksploatacja jest bezkolizyjna i bezpieczna. Nad montażem czuwają eksperci Stiebel Eltron, producent zapewnia także serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.

Monoblok, choć kompaktowy i niewymagający dodatkowych prac montażowych, jest pełnoprawną pompą ciepła. Może zapewnić ogrzewanie wodne (temperatura wody zasilającej nawet do 55°C, co pozwala na współpracę z grzejnikami ściennymi), przygotowanie ciepłej wody użytkowej oraz chłodzenie latem, pod warunkiem dostępności odpowiedniej funkcji. Potrafi także współpracować z kolektorami słonecznymi. Wszystkim tym procesom towarzyszą poważne oszczędności energii.

W nowoczesnych monoblokach, a więc i w rozwiązaniu Stiebel Eltron, stosuje się technologię inwerterową – płynną i wydajną regulację prędkości obrotowej silnika sprężarek i wentylatorów.

Dzięki temu pompa ciepła dostosowuje się do bieżącego zapotrzebowania na ciepło i jest zarówno skuteczna w niskiej temperaturze zewnętrznej, jak i energooszczędna – klasa efektywności energetycznej wynosi A++, także przy najtrudniejszych parametrach pracy, czyli temperaturze zasilania wynoszącej 55°C i niskiej temperaturze powietrza na zewnątrz.

Monoblok jest pompą ciepła „dobrosąsiedzką”, ze względu na małe rozmiary i niski poziom mocy akustycznej (tylko 50 dB). Można umieścić ją nawet w wąskich przestrzeniach między budynkami – nie będzie uciążliwa ani dla mieszkańców, ani dla sąsiadów.

Monoblok spełnia wymogi dla urządzeń, które mogą być dofinansowane z rządowego programu zakupu lub wymiany nowoczesnych źródeł ciepła Czyste Powietrze. Należy też do wyrobów, których zakup i montaż objęty jest termomodernizacyjną ulgą podatkową. Warto więc mieć go na uwadze nie tylko podczas budowy nowego, energooszczędnego domu, ale też podczas gruntownego remontu instalacji grzewczej i wymiany źródła ciepła.

MONOBLOK:
Odkryj sekret
powietrznej
pompy ciepła.



STIEBEL ELTRON

Jak sprawdza się monoblok w polskich warunkach? Poznaj doświadczenia inwestora i wykonawcy! Monoblok Stiebel Eltron dostępny jest bez długiego czasu oczekiwania, a renoma i doświadczenie producenta zapewnia wysoką jakość urządzenia.

STIEBEL ELTRON Polska Sp. z o.o.
ul. Działkowa 2, 02-234 Warszawa
tel. 22 609 20 30, fax 22 609 20 29
e-mail: stiebel@stiebel-eltron.pl

STIEBEL ELTRON

Pompy ciepła – nietypowe realizacje

W Polsce powstaje coraz więcej ciekawych instalacji, w których istotną funkcję pełnią pompy ciepła. Poniżej przedstawiono dwie realizacje – o ile dom w Rybniku można traktować jako dokładną wskazówkę, to rozwiązania zastosowane w domu pod Krakowem będą raczej inspiracją do osiągnięcia statusu budynku niskoenergetycznego, a nawet zero- i plusenergetycznego. W artykule opisano jedynie fragment instalacji w domu Galia i rozwiązania te mają charakter eksperymentalny. Przez lata optymalizowano je jednak, w różnych konfiguracjach, pod względem inwestycyjnym i eksploatacyjnym, zastosowano też w innych budynkach, gdzie się sprawdzają.

Budynek usługowo-handlowy w Rybniku

W Rybniku firma projektowo-budowlana Wodmetal zbudowała energooszczędny budynek z funkcją usługowo-handlową o zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania 13 kWh/m²/rok. Budynek wykorzystuje energię promieniowania słonecznego oraz ciepło użytkowników i urządzeń, a dogrzewany jest jedynie powietrzem wentylacyjnym. Znajdują się w nim: pracownia projektowa, sala konferencyjna, pomieszczenia badawcze oraz część pokazowa z urządzeniami i elementami budownictwa niskoenergetycznego i pasywnego.

W budynku zastosowano pompy ciepła, kolektory słoneczne, centralę wentylacyjną z rekuperatorem oraz gruntowy wymiennik ciepła. Pompy ciepła zamontowano na kanale wylotowym odprowadzającym powietrze z centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła. Ten pomysł jest coraz częściej rozważany przez projektantów, gdyż usuwane powietrze po przejściu przez wymienniki centrali może mieć wysoką temperaturę, która w odniesieniu do temperatury zewnętrznej ma stosunkowo niewielkie wahania – od 2°C przy -20°C do 13°C przy 10°C na zewnątrz. Są to zatem temperatury zapewniające efektywną pracę pomp ciepła typu powietrze/woda.

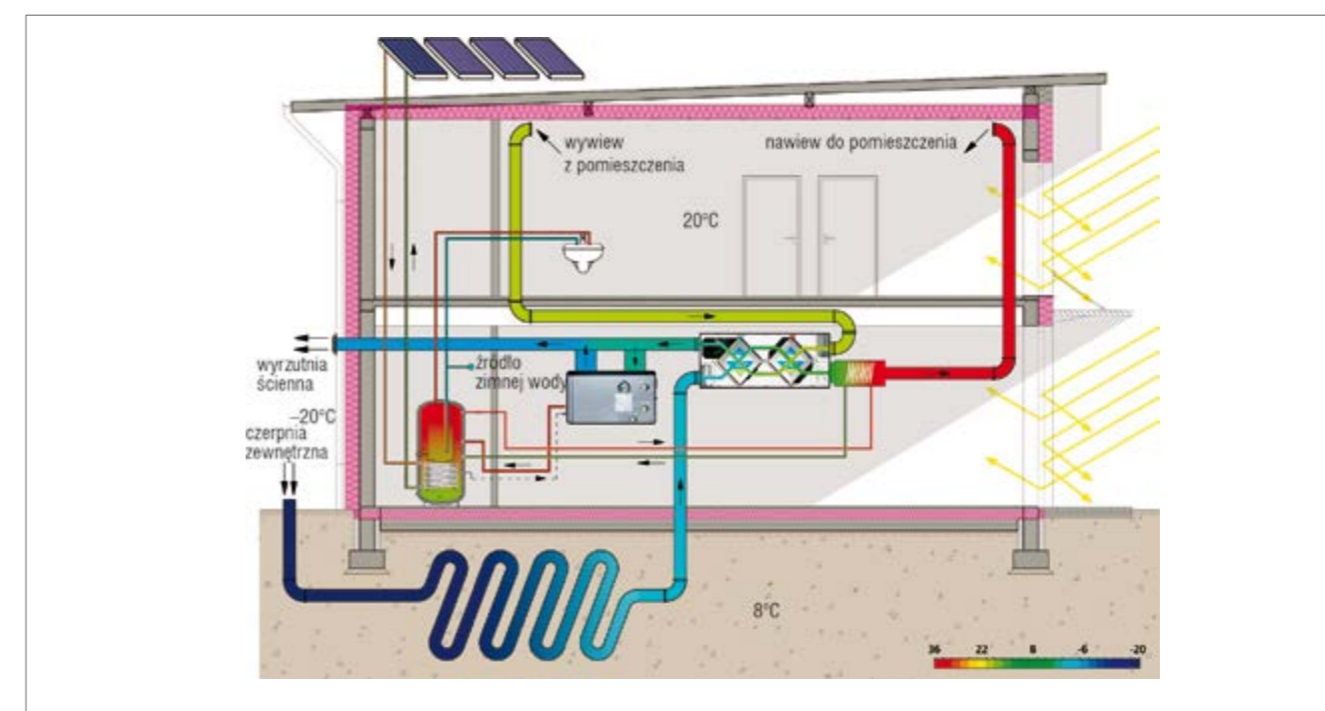
Wentylację, dogrzewanie oraz chłodzenie budynku realizuje instalacja wentylacyjna. Powietrze do układu trafia poprzez gruntowy wymiennik ciepła wykonany z przewodów PP z powłoką antibakteryjną umieszczony w gruncie pod budynkiem na głębokości poniżej 1,5 m. Jego wydajność dobrano tak, by temperatura powietrza wchodzącego do centrali nie spadała poniżej 0°C dla temperatury obliczeniowej -20°C. Zimą powietrze czerpie energię z gruntu, a latem chłód, jednocześnie regenerując wymiennik. Powietrze, zanim trafi do centrali, jest filtrowane. W instalacji zastosowano centralę wentylacyjną z dwoma wymiennikami krzyżowymi, która może pracować w zakresie całej wydajności ze sprawnością odzysku ciepła 77–91%, co umożliwia podniesienie temperatury

powietrza z 0 do 17°C przy temp. zewnętrznej -20°C. W instalacji zastosowano także by-pass pozwalający omijać wymienniki, tak by w okresie letnim chłodzić budynek powietrzem przechodzącym tylko przez wymiennik gruntowy.

Za centralą umieszczono kanałową nagrzewnicę wodną o parametrach pracy 60/45°C, która w razie potrzeby może dogrzewać powietrze energią czerpaną z zasobnika o pojemności 350 l, pełniącego funkcje podgrzewacza ciepłej wody użytkowej i zasobnika buforowego dla potrzeb grzewczych. Jest to dwukomorowy zbiornik biwalentny zasilany przez pompę ciepła i kolektory słoneczne. Kolektory zasilają – poprzez węzownicę znajdującą się u dołu – część zewnętrzną, a umiejscowiony u góry zbiornik o pojemności 100 l jest podgrzewany na zasadzie zasobnika płaszczonego – przez otaczającą go ciepłą wodę. Z kolei ciepła woda z pompy ciepła trafia do górnej części zasobnika.

W instalacji zastosowano kanałową pompę ciepła powietrze/woda o mocy 3,8 kW, która przeznaczona jest do przygotowywania ciepłej wody użytkowej. Ponieważ budynek ma niskie zapotrzebowanie na energię, pompa może produkować ciepło nie tylko na potrzeby c.w.u., ale też ogrzewania, i stanowić główne źródło energii w okresie zimowym. Kiedy temperatury zewnętrzne są dodatnie, pompa ciepła dostarcza energię na potrzeby c.w.u. razem z kolektorami. W instalacji zamontowano cztery kolektory płaskie, które w okresie zimowym, przy sprzyjających warunkach, wspomagają ogrzewanie powietrza wentylacyjnego, a ich podstawowym zadaniem jest dostarczanie energii dla przygotowywania c.w.u.

Instalacje w budynku zostały opomiarowane, a w internecie znaleźć można aplikację pozwalającą obserwować ich pracę (www.wodmetaldom.pl). Można też na bieżąco śledzić stan licznika



Rys. 1. Schemat ideowy instalacji w budynku w Rybniku

Rys. Wodmetal



Rys. 2. Wizualizacja budynku w Rybniku



Rys. 3. Przykładowe dane z panelu, które można śledzić online

Rys. Wodmetal

energii elektrycznej. Zamontowano dziewięć czujników temperatury, która jest wyświetlana online w czasie rzeczywistym. W ten sposób można sprawdzić, z jaką sprawnością działa np. wymiennik gruntowy lub rekuperator.

Pompy ciepła w domu Galia

W doświadczalnym domu Galia pod Krakowem z inteligentnym systemem zarządzania budynkiem BMS Unihome [2, 3, 4] zastosowano trzy pompy ciepła. Jedna z nich służy do przygotowania c.w.u., druga zaś do podgrzewania lub chłodzenia powietrza wentylacyjnego po przejściu przez wymiennik (rekuperator) w centrali wentylacyjnej. Ta pierwsza to pompa split typu powietrze/woda. Dolnym źródłem ciepła jest dla niej powietrze wywiewane z budynku, które zanim trafiło do wymiennika pompy, przeszło przez rekuperator w centrali wentylacyjnej, a następnie przez wymiennik stanowiący dolne źródło w pompie ciepła powietrze/powietrze. Górnym źródłem dla pompy powietrze/woda jest buforowy zasobnik c.w.u. Nawet po przejściu przez rekuperator i wymiennik pompy powietrze ma taką temperaturę, że z powodzeniem może korzystać z niego następną pompą do podgrzewania c.w.u. Woda w zasobniku jest też podgrzewana lub dogrzewana alternatywnie lub jednocześnie przez kolektory albo grzałki elektryczne zasilane z ogniw PV w zależności od tego, co jest w danej chwili najbardziej ekonomiczne. Latem układ korzysta dodatkowo z tego, że jedna pompa schładza powietrze wentylacyjne i ma sporo ciepła do przekazania pompie podgrzewającej c.w.u.

Druga to pompa kanałowa typu powietrze/powietrze, dla której dolnym źródłem jest wywiewane powietrze wentylacyjne, które przeszło przez wymiennik (rekuperator) w centrali, a górnym wymiennik ciepła umieszczony w nawiewnym kanale wentylacyjnym za centralą z rekuperatorem.

Zadaniem tego wymiennika jest podgrzewanie lub schładzanie powietrza po rekuperacji, w zależności od potrzeb.

Obie pompy mogą być zasilane energią elektryczną produkowaną w ogniwach fotowoltaicznych lub przez przydomowy generator napędzany energią wiatru. O tym, czym są w danej chwili zasilane pompy, decyduje BMS, kierując się ekonomią.

Ponadto w układzie wentylacji powietrze zewnętrzne, zanim trafi do wymiennika (rekuperatora) w centrali, jest – jeśli potrzeba – dogrzewane przez nagrzewnicę kanałową zasilaną ciepłą wodą, pochodzącą np. z systemu paneli solarnych lub kominka. Takie rozwiązanie to o 70% niższy koszt eksploatacyjny niż przy zastosowaniu standardowego układu z grzałką elektryczną chroniącą rekuperator przed zamrażaniem. System BMS analizuje pracę rekuperatora i w razie potrzeby uruchamia procedurę zapobiegania zamrażaniu. Zautomatyzowanie tego procesu pozwala na wczesne wykrycie i zapobieganie szronieniu.

W okresach przejściowych, gdy nie jest wymagana pełna moc chłodnicza, do obniżenia temperatury w domu Galia BMS nie włącza pompy ciepła do c.w.u., tylko korzysta z możliwości schładzania powietrza wentylacyjnego przez wymiennik kanałowy podłączony do dolnego źródła trzeciej pompy ciepła – typu solanka/woda. Można wówczas uzyskać parametry powietrza i komfort porównywalny z instalacją z centralą klimatyzacyjną. Koszt eksploatacji takiego systemu chłodzenia latem budynku o kubaturze ok. 1000 m³ wyniósł ok. 35 zł miesięcznie, przy znikomych kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych w stosunku do kosztu centrali klimatyzacyjnej. Pewnych problemów mogą przysporzyć wymiary wymienników, które montuje się w pomieszczeniach technicznych budynku w pobliżu centrali. Sterowanie mocą chłodniczą tej instalacji odbywa się w ramach BMS poprzez regulację przepływu czynnika chłodzącego przez pompę obiegową, w połączeniu z regulacją nastawienia pomieszczeń (żaluzje z kontrolą położenia lameli) oraz kontrolą otwarcia okien i drzwi w budynku.

W trakcie eksploatacji okazało się, że dobierając odpowiednie parametry pracy pomp ciepła, nad czym czuwa system zarządzania budynkiem, można bez problemu osiągnąć COP od 2 do 4, w zależności od warunków zewnętrznych. Atutem jest możliwość zasilania układu pomp ciepła z paneli PV, co sprawia, że emisja CO₂ takiego układu spada prawie do zera i czyni pompy rzeczywiście zero-emisyjnymi urządzeniami.

Waldemar Joniec

Literatura

1. www.wodmetaldom.pl.
2. Biskupski J., *Inteligentny budynek mieszkalny*, „Rynek Instalacyjny” nr 1/2009.
3. Biskupski J., *Inteligentny system wentylacji z rekuperacją*, „Rynek Instalacyjny” nr 4/2009.
4. Biskupski J., *Inteligentny budynek. Zarządzanie wentylacją w domu zautomatyzowanym*, „Rynek Instalacyjny” nr 3/2012.

Science City w Hönggerbergu – innowacyjna koncepcja ogrzewania i chłodzenia

W 150. rocznicę istnienia Politechniki Federalnej w Zurychu (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich – ETH) rozpoczęto nowatorski projekt kampusu o nazwie Science City. Celem była budowa miasteczka studenckiego w oparciu o zasady zrównoważonego rozwoju.

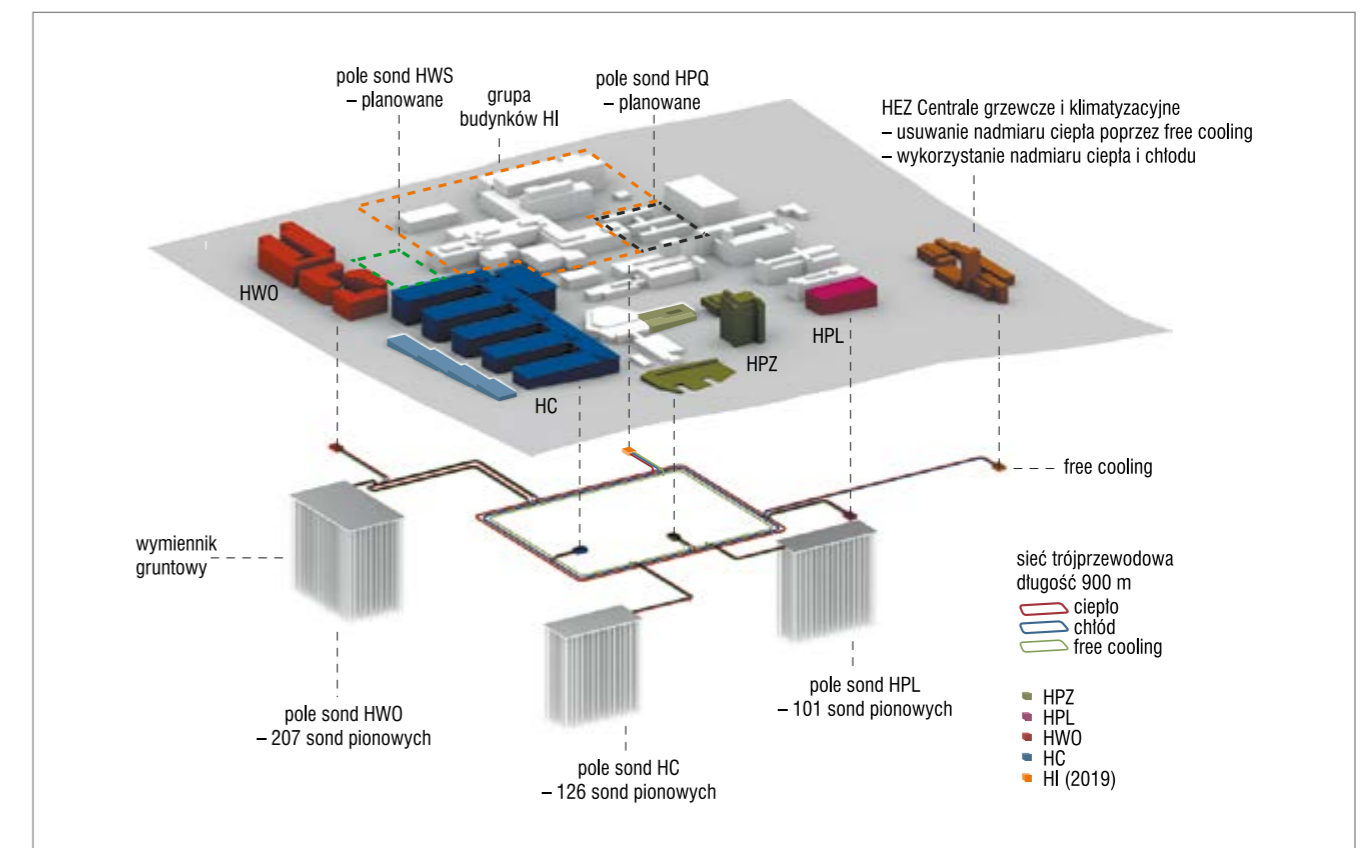
Kampus Science City leży na obrzeżach Zurychu. Przeznaczony jest dla ponad 10 tys. studentów, nauczycieli i pracowników, a jego roczne zapotrzebowanie na energię ma wynosić w 2025 roku 28 450 MWh na energię cieplną i 26 200 MWh na chłodzenie. Inwestycję rozłożono na kilka etapów – pierwszy zakończono w 2013 roku, kolejny w 2015, dalsze prace wciąż trwają. W kampusie zastosowano rozwiązanie, zgodnie z którym znaczna część energii do ogrzewania i chłodzenia budynków edukacyjnych i laboratoriów oraz mieszkalnych (akademików) czerpana jest z gruntu i w nim magazynowana. Latem ciepło jest gromadzone, a zimą odzyskiwane. Gruntowe podziemne zasobniki ciepła to zespoły pionowych sond sięgających 200 m w głąb ziemi. Na koniec 2015 roku wykonano 431 sond (docelowo ma ich być 800) o łącznej długości 86 km.



Ogrzewanie i chłodzenie będzie realizowane z wykorzystaniem pomp ciepła i lokalnej sieci cieplnej o strukturze pierścieniowej i długości docelowej 1,5 km. Zaplanowano pięć pomp ciepła typu woda/woda o łącznej mocy 5,5 MW. Lokalną sieć tworzy instalacja trójprzewodowa z niez izolowanych rur PE 100 SDR 11 \varnothing 560. Są to dwa przewody pracujące na potrzeby dostarczania ciepła i chłodu, natomiast trzeci przewód łączy zasobniki gruntowe oraz poszczególne klastry energetyczne. Ta lokalna wewnętrzna sieć pierścieniowa umożliwia zarządzanie przepływami energii w wielu kierunkach. Ciepło z chłodzenia budynków oraz laboratoriów kierowane jest do gruntu i tym samym regenerowany jest zasobnik. W okresie grzewczym ciepło z gruntu czerpane jest do ogrzewania w zależności od aktualnych potrzeb.

Modułowy układ energetycznej sieci lokalnej zaprojektowano tak, żeby można go było rozbudowywać i elastycznie adaptować do zmieniających się potrzeb oraz pobierać i przekazywać energię do sąsiednich klastrów. Przykładowo jeśli w danym klastrze wymagane jest ogrzewanie, energia może być dostarczona za pomocą sieci z innego klastra, a jeśli ciepło odpadowe nie może być wykorzystane w budynkach, w których powstaje, albo w innych klastrach, trafia do gruntowych zasobników w celu późniejszego wykorzystania i regeneracji/ładowania zasobnika.

Temperatura przewodu grzewczego transportującego wodę do zasobników zmienia się w zakresie od 8 do 22°C, przy czym przewód zimny zawsze jest chłodniejszy o 4 K, tak aby uzyskać niski poziom temperatury (8/4°C) pod koniec okresu grzewczego i zmaksymalizować wydajność chłodzenia



latem. Z kolei pod koniec lata – podczas regeneracji składowania podziemnego – sieć ma najwyższe temperatury (22/18°C), co pozwala pompom ciepła dostarczyć wymaganą ilość ciepła do ogrzewania w sezonie grzewczym. Dzięki trzeciemu przewodowi poziom temperatury w sieci może być korygowany w górę lub w dół także za pomocą wież chłodniczych (dry coolerów).



Najbardziej wydajnym sposobem zaopatrzenia w energię jest działanie autonomiczne, które nie wymaga jej transportu w sieci lokalnej (m.in. długie przewody i podziemne zasobniki). Chłód z pomp ciepła może być wykorzystany bezpośrednio do chłodzenia. Jeśli występują nadwyżka czy deficyt ciepła, są one konsumowane lub kompensowane przez sieć lokalną i zasobniki gruntowe. Optymalny tryb pracy jest definiowany przez stałe bilansowanie energetyczne w klastrach i jest to priorytetem w systemie sterowania. Zaletą koncepcji zdecentralizowanego korzystania z energii (jak najwięcej na miejscu) jest to, że system jest aktywny tylko wtedy, gdy wystąpi zapotrzebowanie na energię z sieci lokalnej. W przypadku braku takiego zapotrzebowania i gdy nie ma ciepła odpadowego, woda w przewodach sieci wewnętrznej nie jest pompowana.

Po pierwszych dwóch latach eksploatacji systemu i dokładnym opomiarowaniu dwóch istniejących klastrów wyniki są zachęcające. Zapotrzebowanie na ciepło użytkowe dostarczane za pomocą sieci wewnętrznej zostało pokryte w 75%, a może być pokryte w 90%, docelowo nawet w 100%. System w dużym stopniu korzysta z free coolingu. Pokrycie zapotrzebowania na chłód można z czasem (w miarę przybywania nowych klastrów) zwiększyć dzięki wykorzystaniu sieci wewnętrznej lub chłodzenia bezpośredniego za pomocą pomp ciepła. W przyszłości możliwe będzie pełne pokrycie zapotrzebowania na chłód z sieci wewnętrznej.

Przygotowanie c.w.u. (65°C) jest zdecentralizowane (realizowane lokalnie w poszczególnych budynkach) i woda jest podgrzewana w zasobnikach elektrycznych lub ciepłem z sieci miejskiej (wysoka temperatura). W układzie grzewczym zastosowano ogrzewanie niskotemperaturowe – nowe budynki zasilane są wodą grzewczą o temperaturze 30°, a modernizowane 35°C. System chłodzenia laboratoriów ma pracować docelowo na parametrach 12/16°C.

Projekt jest w trakcie realizacji, przybywają nowe klastry i centra, rozbudowywana jest sieć. Docelowo sieć wewnętrzna ma pozwolić na niemal całkowite pokrycie zapotrzebowania systemu ogrzewania i chłodzenia. Jeśli w koncepcję energetyczną zostaną włączeni inni konsumenci (np. budynki mieszkalne) lub dostawcy ciepła odpadowego (np. nowe centrum danych), na nowo obliczany będzie całkowity bilans energetyczny i integrowany cały system.

Koszt inwestycji według stanu na 2015 rok wyniósł 37 mln franków szwajcarskich – 12,1 mln kosztowały sondy gruntowe, 5,8 mln sieć, a 18,2 mln instalacje i urządzenia grzewcze oraz chłodzące. Amortyzacja sieci i zasobnika szacowana jest na 50 lat, a urządzeń i instalacji na lat 20.

Oprac. wj na podst. mat. ETH

Pompy ciepła – przegląd innowacyjnych rozwiązań

Na świecie nie brakuje przykładów ciekawych zastosowań pomp ciepła na skalę większą niż ogrzewanie domu jednorodzinnego. Budowane instalacje pokazują, jak szerokie są możliwości pozyskiwania ciepła. Przykłady z Norwegii, która ma duże zasoby gazu ziemnego, sugerują, że warto szukać rozwiązań niewykorzystujących paliw kopalnych. Z kolei realizacje z USA i Niemiec wskazują, że ciepło może mieć wiele źródeł.

Europejskie zagłębienie pomp ciepła z olbrzymim potencjałem to Norwegia. Kraj ten ma możliwości szerokiego zastosowania pomp ciepła dla większych instalacji – jako serca komunalnych sieci ciepłowniczych. Większość przytoczonych norweskich przykładów opiera się na jednym źródle dolnym. Rosnąca skala zastosowania pokazuje, jak ważny dla rozwoju wielkopowierzchniowych instalacji z pompami ciepła jest dobry wybór dolnych źródeł. Z kolei przykłady z Ameryki i Niemiec wskazują, jak zagospodarować posiadane zasoby, traktowane często po macoszemu. W technice pomp ciepła bardzo ważne jest także stosowanie alternatywnych czynników chłodniczych – dobre przykłady płyną znów z Norwegii, wspieranej przez uznanych producentów pomp ciepła ze Szwajcarii i Wielkiej Brytanii. Przegląd ciekawych rozwiązań pomp ciepła zamyka (nieprzypadkowo) nieco mniej spektakularny przykład norweskiego kampusu studenckiego, obrazujący, jakie miejsce zajmują pompy ciepła w tzw. zrównoważonym projektowaniu.

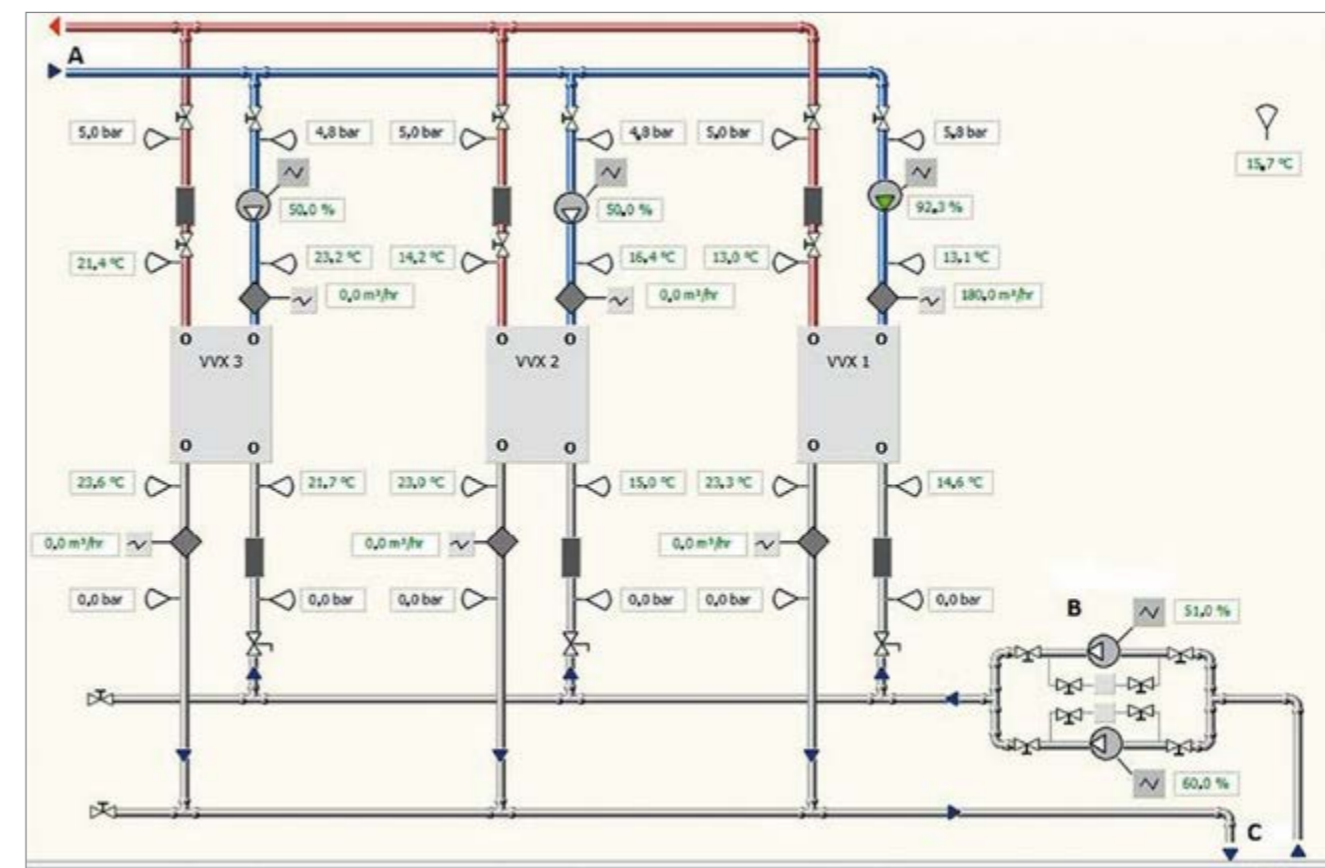
Fiordy – symbol Norwegii i dolnego źródła

Eid to gmina w południowo-wschodniej Norwegii położona nad malowniczym fiordem Nordfjorden, który wciną się w ląd niemal na granicy Morza Norweskiego i Morza Północnego. Szósty pod względem długości (106 km) norweski fiord ma w okolicy Eid głębokość ok. 50 m. Woda zachowuje całoroczną temperaturę 4–12°C. Dzięki temu Nordfjorden zapewnia potencjał ok. 5 TWh energii, które można za pomocą pomp ciepła z zyskiem wydobyć.

Pierwsza taka pełnowymiarowa instalacja działa właśnie w Eid – w 2018 roku obchodzi 12. rocznicę powstania. Z dna fiordu woda pobierana jest za pomocą węża PVC o średnicy 600 mm z wydatkiem 546 m³/h do niewielkiej (50 m²) maszynowni na brzegu, skrywającej wymiennik ciepła. W wymienniku tym ciepło z wody morskiej przekazywane jest do zamkniętej pętli wody słodkiej, a stamtąd do odbiorców, wśród których są gospodarstwa domowe, firmy i organizacje.

Woda kierowana z morza do wymiennika ma 8°C. Przekazuje ciepło do zamkniętego obiegu wody słodkiej (rury o maksymalnej średnicy 315 mm), a cyrkulacja w dużym stopniu odbywa się grawitacyjnie. Woda płynąca z wymiennika do odbiorców ma 6,5°C – dzięki temu rury nie są izolowane (m.in. dlatego, że część z nich położona jest 1 m pod ziemią). Każdy odbiorca ma zamontowaną pompę ciepła (woda/woda lub woda/powietrze). Po oddaniu energii w pompie ciepła schłodzona woda kierowana jest na powrót do centralnego wymiennika – ma wówczas temperaturę 1,5°C (rys. 1).

Ponad dekada doświadczeń pozwala wyciągnąć wiele wniosków na temat opłacalności tego systemu. Szczególnie korzystna jest stała temperatura wody w fiordzie – pozwala to oszacować koszt produkcji energii z bardzo małym błędem. Obecnie w sieci wykorzystującej ok. 63% wstępnie zaprojektowanej wydajności znajduje się 90 tys. m² budynków, wyposażonych łącznie w 53 pompy: opera, szkoła średnia, łazienka przyhotelowa oraz budynki mieszkalne. System pokrywa ok. 90% zapotrzebowania odbiorców na energię cieplną i chłod. Oszczędności energii u użytkowników sięgają 30–50% w porównaniu do energii pozyskiwanej tradycyjnie. Dwóch największych odbiorców, opera i szkoła średnia, zużywa rocznie na 1 m² ok. 98 kWh pochodzących z systemu miejskiego (średnia dla

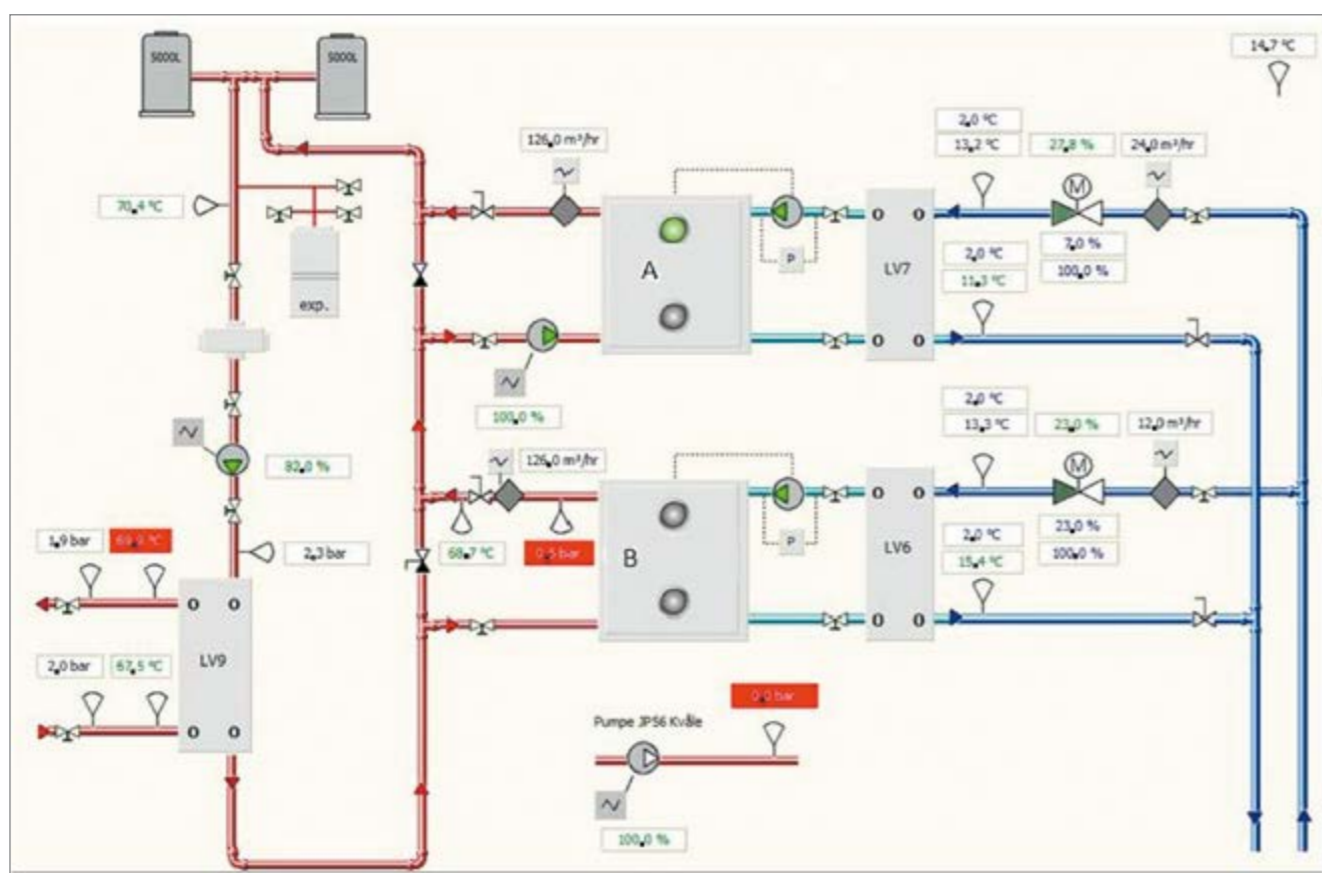


Rys. 1. System wymiany ciepła na lądzie. W dolnej części (szare rurki) woda morska jest pompowana z fiordu do wymienników ciepła (VVX 1, VVX 2 i VVX 3) i z powrotem do morza (C). Zimna woda (2–3°C) wraca od klientów (niebieskie rurki), a ogrzana woda o temperaturze 6–8°C (czerwone rurki) jest pompowana do odbiorców (A)

Rys. Sognekraft AS

podobnych budynków w Norwegii to 140 kWh/m²). Miejskowy szpital przez wiele lat był najbardziej efektywną energetycznie placówką tego typu w Norwegii.

Komunalna sieć ciepłownicza Eid stała się wzorem dla innych gmin leżących nad fiordami. Z doświadczeń tych skorzystano m.in. w Songdal. W instalacji powstałej w 2017 roku zdecydowano się wykorzystać pompy ciepła umieszczone centralnie w maszynowni, zamiast u każdego odbiorcy – do nich trafia już przygotowana woda grzewcza (do instalacji grzejnikowych i do podgrzania powietrza w instalacjach ogrzewania nadmuchowego) i c.w.u (rys. 2). Rozwiązanie takie obniża jednostkowy koszt wytworzenia energii dla odbiorcy. Doświadczenia z Eid wskazują jednak także, że nie wszyscy odbiorcy potrafią optymalnie wykorzystać swoją pompę ciepła.



Rys. 2. Schemat wymiany ciepła w instalacji w Songdal

Rys. Sognekraft AS

Od fiordu do nowych czynników

Pozostając w Norwegii, przenieśmy się na półwysep Fornebu (na zachód od Oslo), na osiedle Rolfsbukta. Tereny te, traktowane m.in. jako zaplecze mieszkaniowe stolicy Norwegii, rozwijają się bardzo szybko, co przekłada się na wzrost zapotrzebowania na moc grzewczą i chłodniczą dostarczaną przez sieć komunalną. Jest ona oparta na pompach ciepła, włączanych kolejno w 1998, 2001 i 2006 roku. W 2012 roku w sieci pojawiły się urządzenia (fot. 1), dla których dolnym źródłem jest woda

z fiordu Lysakerfjorden, pobierana z głębokości ok. 30 m, w odległości 400 m od brzegu. Najciekawsze jest rozwiązanie techniczne samych pomp – jest to pierwsza na świecie instalacja pomp ciepła z zastosowaniem czynnika R1234ze.

Data rozpoczęcia prac jest o tyle ważna, że czynniki z grupy HFO były wtedy jeszcze raczej ciekawostką techniczną niż pełnoprawnym rozwiązaniem. Formalnie nie istniała jeszcze klasa palności A2L (czynniki chłodnicze lekko palne). Inwestor, Oslofjord Varmer, poprosił o oszacowanie ryzyka w znanej jednostce certyfikacyjnej Det Norske Veritas (dziś część DNV GL). Ostateczną decyzję podjęto po pięciu miesiącach badań poza obiektem. Stwierdzono, że konieczne są dodatkowe środki ostrożności – wentylacja pożarowa maszynowni musiała spełnić wymogi ATEX 94/9/CE, zainstalowano też automatyczne odcinanie zasilania w przypadku wycieku czynnika chłodniczego. Sama pompa ciepła została przygotowana na zamówienie przez szwajcarską firmę Friothers. W projekcie uwzględniono fakt, że jeśli Norske Veritas zakwestionuje użycie czynnika R1234ze, konieczna będzie wymiana na R134a. Projekt obejmował więc zarówno wyższe ciśnienia robocze (zapas na ewentualną wymianę na czynnik R134a), jak i wyższy przepływ objętościowy (odpowiedni dla R1234ze).



Fot. 1. Widok instalacji i pomp ciepła w Fornebu na osiedlu Rolfsbukta
Fot. Friothers

Maszynownia zlokalizowana jest w samodzielnym pomieszczeniu o wymiarach 60x12 m na poziomie -2 (z dostępem z hotelowego parkingu). Pracują tu dwie pompy Unitop 43/28, każda o wydajności 8 (grzanie) i 10 (chłodzenie) MW. W trybie zimowym przygotowywana jest woda grzewcza o temperaturze 75°C (COP = 4,4), a jednocześnie na potrzeby chłodzenia miejskiego woda lodowa. Przy niskim zapotrzebowaniu na chłód ciepło niskotemperaturowe pozyskiwane jest z wody morskiej poprzez pośrednie wymienniki ciepła. W trybie letnim sprężarki pracują równolegle, z wykorzystaniem chłodzenia pośredniego wodą morską, wytwarzając wodę lodową o temperaturze 2,5°C.

Uzupełniająco w maszynowni znajdują się dwa kotły na biopaliwo (olej) o całkowitej wydajności 20 MW – ich zadaniem jest pokrycie mocy szczytowej, służą też jako urządzenia zapasowe. Zatem maksymalna wydajność instalacji to 36 MW ciepła i 20 MW chłodu.

35 km na południowy zachód od Fornebu znajduje się miejscowość Drammen. W 2010 roku tamtejsze miejskie przedsiębiorstwo ciepłownicze stanęło przed wyzwaniem zwiększenia wydajności sieci – postawiono na rozwiązania zrównoważone. Zaplanowano zastosowanie pomp ciepła z wodą z fiordu (8°C), ale również eliminację czynników z grupy HFC. W trakcie przetargu wyłoniono brytyjską

firmę Star Renewable Energy (znaną m.in. z dostaw dla sieci marketów Tesco i Asda), która zaproponowała zastosowanie jako czynnika chłodniczego amoniaku.

Nie tylko to wyróżnia sieć komunalną w Drammen. Otóż przygotowuje się w niej wodę grzewczą o temperaturze 90°C, co umożliwia zasilanie budynków zarówno nowych, jak i starszych, np. korzystających z wysokotemperaturowych kotłów gazowych. Uzyskano COP 3,05 – wartość wyższą, niż wcześniej zakładano.

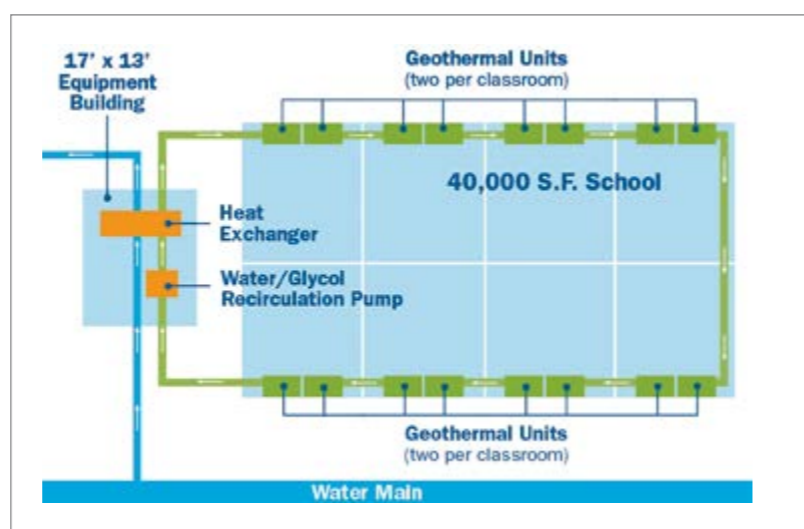
W pompie ciepła zastosowany został dwustopniowy system amoniakalny. Woda pochodząca z fiordu podgrzewa ciekły amoniak pod ciśnieniem 4 barów do 2°C. Po przejściu w stan gazowy ciśnienie zwiększa się do 50 barów, dzięki czemu gazowy amoniak podgrzewa się do 120°C, oddając ciepło wodzie sieciowej, która na wejściu do instalacji ma 90°C. Amoniak na skutek schłodzenia przechodzi ponownie w stan ciekły i proces wymiany ciepła rozpoczyna się ponownie.

Wydajność grzewcza układu pomp ciepła (w jego skład wchodzi trzy urządzenia) wynosi 13,2 MW. Ciepło wytwarzane dzięki pompom ciepła pokrywa ok. 75% rocznego zapotrzebowania miasta. Co ważne, w Norwegii energia elektryczna jest tania, szczególnie w porównaniu do wytwarzania ciepła z biomasy czy gazu. Zastosowanie pomp ciepła jest więc tam rozwiązaniem opłacalnym, o wysokim zwrocie z inwestycji – omawiana sieć już po czterech latach przynosi oszczędności, zarówno finansowe, jak i emisji węgla.

Wykorzystać to, co mamy

Norwegia jest krajem naturalnie predysponowanym do korzystania z pomp ciepła, choćby dzięki ogólnej dostępności dolnego źródła ciepła i niskim cenom energii elektrycznej. Nie wszyscy jednak mają takie szczęście – ale są inwestorzy i projektanci, którzy umieją korzystać z tego, co mają na miejscu.

Kierującemu się takim podejściem amerykańskiemu konsorcjum Bosch Thermotechnology i American Water Company udało się w pilotażowym (2014–2015) projekcie pomp ciepła dla szkoły podstawowej Williama L. Buccka w Valley Stream (stan Nowy Jork) zaoszczędzić ok. 600 tys. dol. na kosztach inwestycyjnych. Było to możliwe dzięki wyeliminowaniu kosztów przygotowania ponad 100 odwiertów, z których miałyby pochodzić woda gruntowa do obsługi pomp ciepła. Jednocześnie



Rys. 3. Schemat instalacji z pompami ciepła w szkole w Valley Stream
Rys. Bosch Thermotechnology Corp.

w pełni wykorzystano dobrodziejstwa pompy ciepła woda/powietrze (w tym przypadku 40 tys. dol. rocznych oszczędności na ogrzewaniu i zwiększenie komfortu pracy dzięki chłodzeniu latem i w okresach przejściowych).

Partnerzy stworzyli unikatowy w odniesieniu do ponad 1000 szkolnych instalacji pomp ciepła na terenie USA system, oparty na pompach ciepła typu woda/powietrze (rys. 3). Odwierty wyeliminowano dzięki zastosowaniu innowacyjnego wymiennika ciepła. Konstrukcja wymiennika, odpowiednia dla przemysłu spożywczego (m.in. podwójna ścianka), zapewnia brak kontaktu między wodą użytkową a pętlą geotermalną. Pozyskuje on energię na cele grzewcze z wody użytkowej pochodzącej z instalacji wodociągowo-kanalizacyjnej obsługującej szkołę (w trybie chłodzenia woda użytkowa jest nośnikiem ciepła odprowadzanego z klas). Dzięki recyrkulacji wody użytkowej wykorzystanie zakumulowanej w niej energii może być jeszcze bardziej efektywne.

W trybie grzewczym woda użytkowa o temperaturze zbliżonej do wody gruntowej kierowana jest do mieszczącej się w piwnicach szkolnych pompowni. Tam ciepło przekazywane jest na wymienniku płytowym do pętli geotermalnej zawierającej roztwór woda/glikol. Pętla ta stanowi dolne źródło dla ok. 40 pomp woda/powietrze, pracujących w urządzeniach ogrzewania/chłodzenia nadmuchowego zlokalizowanych w klasach. W każdej klasie mieści się konsola typu Bosch CA (fot. 2) z własnym wentylatorem o regulowanej prędkości, natomiast większe powierzchnie otwarte (stołówka, sala gimnastyczna) są klimatyzowane za pomocą jednostek sufitowych woda/powietrze EC Large Capacity. W trybie chłodzenia do pętli geotermalnej przekazywane są zyski ciepła z pomieszczeń szkolnych. Zakumulowane ciepło jest następnie przekazywane na wymienniku ciepła do instalacji wody użytkowej.

Jako ciekawostkę warto dodać, że prace instalacyjne trwały około pół roku – większość z nich prowadzono nocami, żeby nie przeszkadzać uczniom.

Współpraca różnych instytucji zaowocowała ciekawym rozwiązaniem także w Niemczech. Uniwersytet w Monachium i niemieckie Ministerstwo Środowiska wsparły firmę Laumer Bautechnik w Massing (Bawaria) w stworzeniu energooszczędnej instalacji grzewczej dla nowego zakładu prefabrykowanej konstrukcji betonowych. Rozwiązanie to jest oparte na pompie ciepła woda/woda na czynnik R407C, która w miesiącach zimowych jako dolne źródło wykorzystuje podziemny magazyn energii.

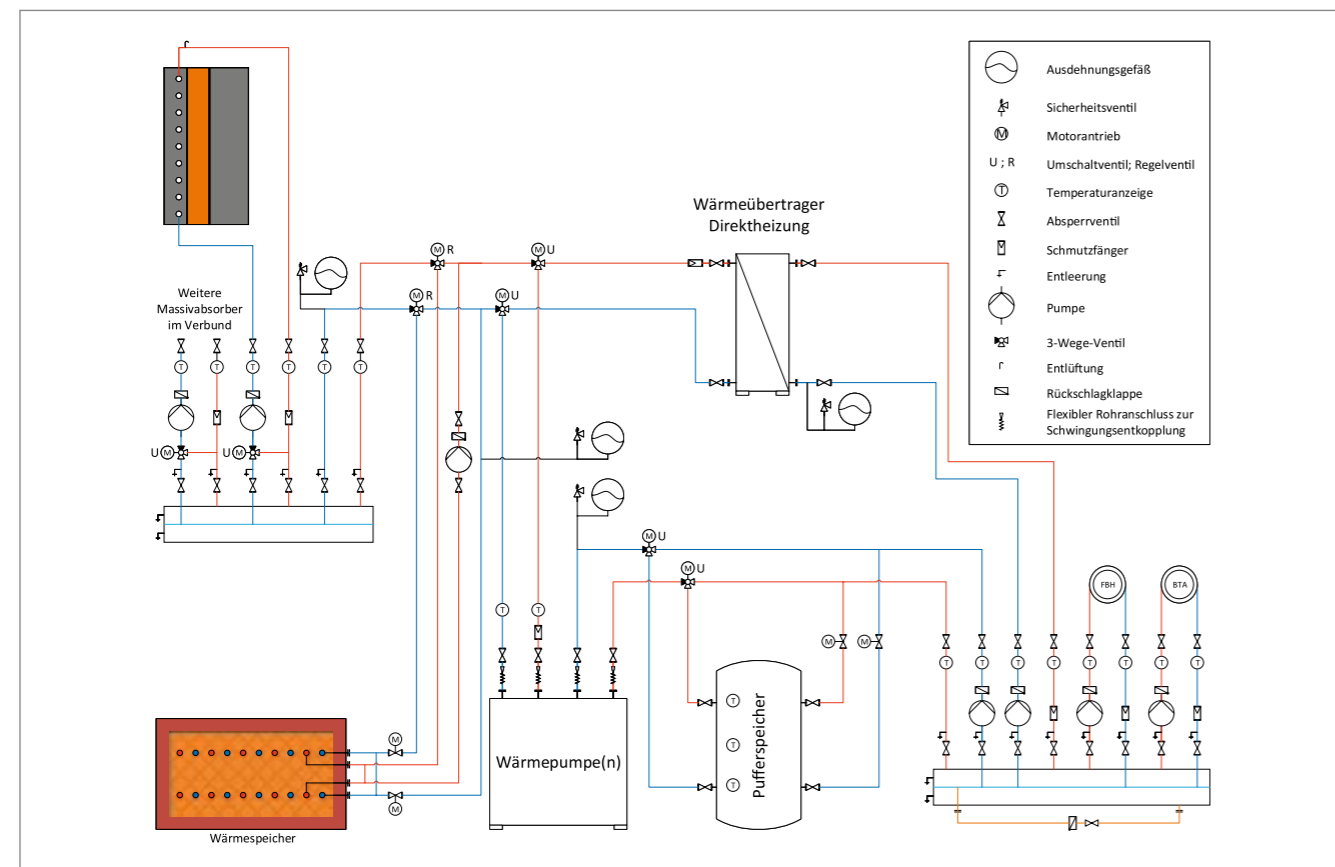


Fot. 2. Bosch CA – pompa ciepła zaprojektowana tak, aby zapewnić ogrzewanie i chłodzenie w miejscach, gdzie przestrzeń i dostęp są ograniczone. Wykorzystywana jako zdecentralizowana jednostka końcowa w budynkach szkolnych, biurowych i mieszkalnych oraz hotelach
Fot. Bosch Thermotechnology Corp.

Energia jest gromadzona przez cały rok, a jej zbiornikiem jest praktycznie cała wewnętrzna powłoka budynku (14 000 m² powierzchni zewnętrznej) – prefabrykowane ściany betonowe z zatopionymi rurami, pomalowane na czarno, by dodatkowo zwiększyć absorpcję ciepła (fot. 3). Ciepło zakumulowane przez zbiornik przekazywane jest do podziemnego magazynu energii o kubaturze 5000 m³. W magazynie tym ciepło przechowywane jest do zimy, czyli okresu zwiększonego zapotrzebowania na nie. Wówczas pompa ciepła woda/woda o wydajności grzewczej 198 kW marki Viessmann (fot. 4) korzysta z podziemnego zbiornika (alternatywnie do ciepła z gruntu) jako dolnego źródła. Pompa ciepła z dwoma obwodami chłodniczymi zasila przemysłowy system ogrzewania podłogowego obsługującego warsztat o powierzchni 4,5 tys. m² (rys. 4). Temperatura wody grzewczej wynosi 37°C i zapewnia utrzymanie w warsztacie stałej temperatury wynoszącej 15°C.



Fot. 3. Widok hali produkcyjnej Laumer Bautechnik ze ścianami prefabrykowanymi wyposażonymi w instalacje do pozyskiwania ciepła promieniowania słonecznego
Fot. Laumer Bautechnik



Rys. 4. Schemat instalacji w zakładzie konstrukcji betonowych

Rys. Laumer Bautechnik

Dzięki włączeniu magazynowania energii COP wynosi 4,8, a pompa ciepła może występować jako rozwiązanie samodzielne, zdolne pokryć także szczytowe zapotrzebowanie na ciepło.

Kampus politechniki w Trondheim

Moholt 50|50 to miasteczko studenckie politechniki (NTNU – Norwegian University of Science and Technology) w norweskim mieście Trondheim. Nazwa nawiązuje do połączenia w obszarze jednego kampusu budynków mających 50 lat z obiektami nowymi, zaprojektowanymi na kolejne 50 lat. Nowa część, zakończona w 2017 roku, składa się z sześciu wieżowców mieszkalnych (632 mieszkania studenckie), przedszkola dla dzieci studentów i kadry (1200 m²) oraz budynku rekreacyjnego.



Fot. 4. Pompy Vitocal 300 w instalacji grzewczej hali zakładu prefabrykowanych konstrukcji betonowych
Fot. Laumer Bautechnik

Nowe budynki to także największa europejska inwestycja z drewna kaszerowanego poprzecznie (cross laminated timber – CLT). Zastosowana technologia Kebony® umożliwiła wykorzystanie drewna drzew iglastych (miękkiego), które poddane działaniu alkoholu furfurylowego, zostało uszlachetnione, zyskując trwałość, twardość i stabilność wymiarową. CLT umożliwiło obniżenie emisji CO₂ o ponad połowę w porównaniu do tradycyjnej konstrukcji ze stali i betonu, a drewno Kebony® zamiast drewna z drzew tropikalnych pozwoliło zmniejszyć tzw. ślad węglowy o 15–30 razy. W to środowiskowe myślenie wpisuje się także zastosowane ogrzewanie.

System grzewczy dla kampusu to scentralizowana instalacja pomp ciepła przygotowująca ciepło dla wszystkich nowych budynków. Takie rozwiązanie zapewnia niższe koszty instalacji i łatwiejszą konserwację niż w przypadku systemu rozproszonego. Pełni ono także funkcję edukacyjną (mówimy w końcu o kampusie politechniki) – w centrum miasteczka studenckiego postawiono oszkloną z trzech stron maszynownię, wyposażoną dodatkowo w ekran telewizyjny prezentujący bieżące dane dotyczące produkcji energii (fot. 5).

Za produkcję ciepła na potrzeby systemu HVAC (centrale wentylacyjno-klimatyzacyjne w każdym budynku) oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej odpowiadają trzy pompy ciepła solanka/woda, po 84 kW każda, oraz elektryczny kocioł grzewczy traktowany jako źródło uzupełniające.



Fot. 5. Montaż przeszklonej maszynowni w centrum miasteczka studenckiego – pełni ona także funkcję edukacyjną
Fot. afgruppen.no

Zastosowane rozwiązanie – gruntowe pompy ciepła (solanka/woda) – jest w krajach nordyckich bardzo popularne. W miasteczku Moholt 50|50 jako źródło dolne wykorzystywana jest solanka z 23 otworów, z głębokości ok. 250 m. Temperatura skał macierzystych jest w przybliżeniu równa średniej temperaturze nad gruntem w danej porze roku. Wykorzystywane jest także ciepło odzyskiwane w centralach wentylacyjno-klimatyzacyjnych mieszczących się w poszczególnych budynkach, ciepło pochodzące z kolektora słonecznego na dachu przedszkola (75 m²) oraz ciepło odpadowe odzyskiwane w gruntowym wymienniku ciepła, a także pochodzące ze ścieków z natrysków i pralni.

Temperatura projektowa wody grzewczej wynosi 55°C. System przygotowania c.w.u. wyposażony jest w instalację dezynfekcyjną, która ma zabezpieczać głównie przed bakteriami *Legionella*. Zastosowano rozwiązanie firmy Apurgo – do wody wprowadza się mikroskopijne ilości jonów srebra i miedzi, dzięki czemu bakterie obecne w wodzie są unieszkodliwiane. Jony te stanowią też barierę dla dalszego wzrostu bakterii, niezależnie od temperatury magazynowanej c.w.u. – temperatura ta może być więc niższa niż próg rozwoju bakterii *Legionella*.

Joanna Ryńska

Literatura

1. Anderson R., *Heat pumps extract warmth from ice cold water*, BBC News Business, 10 marca 2015, <https://www.bbc.com/news/business-31506073> (dostęp: 15.11.2018).

2. Bosch, *Case Study – William L. Buck Elementary School*, <https://www.bosch-climate.us/about-bosch-thermotechnology/case-studies/> (dostęp: 15.11.2018).
3. EHPA, *Large scale heat pumps in Europe. 16 examples of realized and successful projects*, Bruksela, 22.10.2018, <https://www.ehpa.org> (dostęp: 15.11.2018).
4. EHPA, *Trondheim Moholt 50|50, Heat Pump City of The Year 2017*, <https://www.ehpa.org/projects/heat-pump-city-of-the-year/heat-pump-city-of-the-year-2017/> (dostęp: 15.11.2018).
5. Friothers, *Company presentation*, <https://www.friothers.com> (dostęp: 15.11.2018).
6. Friothers, *Oslo–Fornebu: Sustainable development with a district heating/cooling system using a Unitop® 28/22CY*, <https://www.friothers.com> (dostęp: 15.11.2018).
7. Friothers, *Rolfsbukta – Heating and cooling with seawater and 2x Unitop 43/28*, <https://www.friothers.com> (dostęp: 15.11.2018).
8. Idsø J., Torbjørn Å., *Water-Thermal Energy Production System: A Case Study from Norway*, „Sustainability” 2017, 9(9), 1665, <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/9/1665> (dostęp: 15.11.2018).
9. Viessmann, *Storing heat underground. Innovative energy concept with heat pump and concrete collectors*, „aktuell. The Viessmann magazine” 2/2014.
10. Walnum H.T., Fredriksen E. (SINTEF Building and Infrastructure), *THERMAL ENERGY SYSTEMS IN ZEN. Review of technologies relevant for ZEN pilots*, ZEN Report No. 3 – 2018, Wyd. SINTEF, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim 2018.
11. Wojtan L., Burkhalter F. (Friothers), *Challenges and recent developments in applications with large scale heat pumps*, 11th IEA Heat Pump Conference 2014, Montréal, 12-16.05.2014.
12. https://www.laumer.de/fileadmin/user_upload/Unternehmen/Service/Downloads/Bescheinigungen/Leitfaden_Massivabsorber.pdf.

ROBERT BOSCH SP. Z O.O.

ul. Jutrzenki 105, 02-231 Warszawa
infolinia: 801 600 801
www.junkers.pl

**DE DIETRICH SP. Z O.O.**

54-105 Wrocław, ul. Północna 15-19
tel. 71 71 27 400
biuro@dedietrich.pl, www.dedietrich.pl

**HEWALEX SP. Z O.O.**

43-502 Czechowice-Dziedzice, ul. Słowackiego 33
tel. 32 214 17 10
hewalex@hewalex.pl, www.hewalex.pl

**LG ELECTRONICS POLSKA SP. Z O. O**

Wołoska 22, 02-675 Warszawa
infolinia: 801 005 154
www: <https://www.lg.com/pl>

**STIEBEL ELTRON POLSKA SP. Z O.O.**

ul. Działkowa 2, 02-234 Warszawa
tel. 22 609 20 30, fax 22 609 20 29
e-mail: stiebel@stiebel-eltron.pl

**VAILLANT SAUNIER DUVAL SP. Z O.O.**

02-256 Warszawa, al. Krakowska 106
tel. 22 323 01 00
vaillant@vaillant.pl, www.vaillant.pl



Tu może znaleźć się Twój wpis w Katalogu firm