

Pompa ciepła jest idealnym rozwiązaniem dla domu bardzo odległego od sieci gazowej



foto. Anna Olszewska-Krysztofiak

# taniej się nie da

## ogrzewanie pompą ciepła

Odwiedziliśmy około setki domów z ogrzewaniem pompą ciepła.

Koszty ogrzewania domu i c.w.u. wynoszą zwykle od 1000 zł do 2000 zł na rok. Tanio i wygodnie. Tylko w kilku domach gospodarze narzekają. Jednak ich problemy wynikają zwykle z błędnych decyzji inwestorów.

■ **Wiesław Marciniak**

**N**a co mi taki eksperyment? – pyta nasz Czytelnik. Inny pisze, że chętnie by zastosował pompę ciepła, ale nie jest pewny, czy dowierci się do cieplej wody (myli mu się pompa ciepła z ogrzewaniem geotermalnym). A jeszcze inny ma pompę ciepła i jest bardzo zadowolony, ale sąsiad podejrzewa go, że tak naprawdę grzeje prądem. Wokół pomp ciepła narosło wiele nieporozumień. Dodajmy jeszcze szkodliwy pogląd, lansowany przez niektórych „propagatorów” prasowych, że pompa ciepła – i owszem – tanio grzeje, ale jest bardzo drogą inwestycją. Straszy się często czytelników kosztami inwestycyjnymi rzędu 60 000 zł – 80 000 zł, które nie zwrócą się nawet po 20 latach. Wobec tak licznych nieporo-

zumień i przekłamań poświęcimy ten artykuł wyjaśnieniu tych spraw, które **inwestor koniecznie musi rozumieć**, aby podjąć właściwe decyzje „systemowe”. Jak się okaże są to decyzje dotyczące nie tylko wyboru właściwych rozwiązań systemu ogrzewania i c.w.u., ale również konstrukcji i technologii domu. Ograniczymy się do zagadnień praktycznych, mających oparcie w doświadczeniu zdobytym na dziesiątkach konkretnych realizacji domów ogrzewanych pompą ciepła.

### **D**LACZEGO POMPA CIEPŁA?

Odpowiedź jest prosta – bo to najtańsze ogrzewanie. Koszty ogrzewania i c.w.u. dla domu 200 m<sup>2</sup> wynoszą około 1000 zł/rok, jeśli zastosowano właściwe rozwiązania (nawet dla nieoptymalnych rozwiązań rzadko kiedy osiągają 2000 zł/rok). To niewiele w porównaniu z kwotami 3000-4000 zł/rok dla ogrzewania gazem lub olejem (a ich cena ciągle rośnie!), albo co najmniej 6000 zł/rok dla ogrzewania prądem. No tak, ale ile trzeba zainwestować, żeby tak tanio ogrzewać dom? Porównajmy opłacalność ogrzewania pompą ciepła z najbardziej popularnym ogrzewaniem gazowym. Na eksploatacji oszczędzamy ok. 2000 zł/rok. A jak wygląda porównanie kosztów inwestycji? Zasadnicze składniki kosztów inwestycyjnych dla systemu z pompą ciepła to:

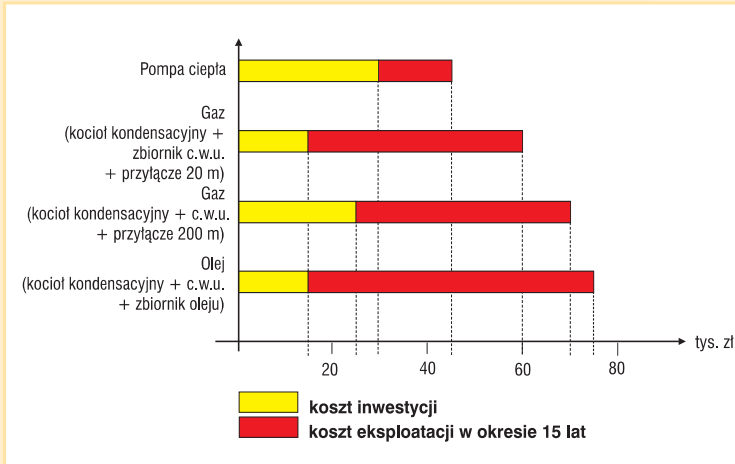
- pompa ciepła
- zbiornik c.w.u.
- tzw. dolne źródło

Pompa ciepła o mocy 7-10 kW, wystarczającej dla domu ok. 200 m<sup>2</sup>, kosztuje ok. 15 000 zł. Za zbiornik c.w.u. zapłacimy 2000-6000 zł, a za dolne źródło od 3000 do 15 000 zł, w zależności od rodzaju systemu. Koszt pozostałych części tzw. węzła (pompy obiegowe, armatura instalacyjna) i jego montażu wynosi 5000 zł do 8000 zł i jest porównywalny z analogiczną pozycją kosztową ogrzewania gazowego. Zatem pozostaje nam porównać koszt trzech zasadniczych elementów (pompa ciepła + zbiornik c.w.u. + dolne źródło) dla systemu z pompą ciepła z kosztem innych trzech elementów (kocioł + zbiornik c.w.u. + przyłącze) dla ogrzewania gazowego. W pierwszym przypadku otrzymujemy kwotę 20 000-36 000 zł. W drugim zaś wiele zależy od rodzaju wybranego kotła i rozwiązania c.w.u. (od 4000 zł do 12 000 zł), a przede wszystkim od długości przyłącza; koszt przyłącza gazowego wynosi od 5000 zł dla kilkunastu metrów do 12 000 zł dla dwustu metrów.

Zatem całkowity koszt inwestycji w system z pompą ciepła wynosi 25 000-44 000 zł i może być o 10 000-20 000 zł wyższy niż dla systemu ogrzewania gazowego, ale też mogą to być wydatki porównywalne, jeśli w ogrzewaniu gazowym wybierzemy drogi kocioł kondensacyjny i długość przyłącza gazowego będzie znaczna. Zatem wydatki inwestycyjne na system z pompą ciepła mogą być porównywalne z wydatkami na ogrzewanie gazowe, a w najgorszym razie będą o 10 000 zł do 20 000 zł większe i zwrócą się po 5-10 latach w wyniku oszczędności ok. 2000 zł/rok na eksploatacji. Do analogicznych wniosków prowadzi porównanie z ogrzewaniem olejowym, gdzie koszt trzech podstawowych składników systemu z pompą ciepła (pompa ciepła + zbiornik c.w.u. + dolne źródło) należy porównać z kosztem dwu składników ogrzewania olejowego (kocioł + zbiornik oleju). Na wykresie 1 porównujemy koszty sumaryczne (inwestycyjne + eksploatacyjne) po 15 latach eksploatacji, dla kilku różnych systemów ogrzewania. Bardziej szczegółowo koszty inwestycyjne omawiamy w ramce pt. *Porównanie kosztorysów ofertowych na końcu artykułu*.

## JAK TO DZIAŁA?

Sposób działania ogrzewania pompą ciepła różni się zasadniczo od ogrzewania kotłem. W kotle (gazowym, olejowym, elektrycznym) ciepło powstaje w wyniku przemiany energii „uwięzionej” w paliwie. Płacimy za paliwo, którego energia (chemiczna, elektryczna) zamieniana jest w kotle na ciepło. W przypadku pompy ciepła źródłem ciepła używanego do ogrzewania domu jest grunt, woda lub powietrze, czyli energia cieplna pochodząca od słońca, która akumuluje się w gruncie na naszej działce w ilości nieograniczonej i za darmo. No, za darmo tylko w lecie, gdy powietrze nagrzewa się do temperatury wyższej niż temperatura wewnątrz budynku, czyli w domu jest ciepłutko (niekiedy za bardzo), bo ciepło bez żadnej ludzkiej ingerencji płynie od wyższej temperatury do niższej. Chodzi jednak o to, żeby ogrzewać dom w zimie, pobierając ciepło np. z wody gruntowej, która ma temperaturę 10°C. Zwykle pompowanie wody gruntowej o temperaturze 10°C do domowej instalacji grzewczej (kaloryfery lub rury ogrzewania podłogowego) mogłoby tylko wychłodzić pomieszczenia do tejże temperatury. A chcemy mieć w pomieszczeniach 20°C. Powstaje więc problem jak spowodować przepływ ciepła „pod górkę”, czyli ze źródła o niższej temperaturze do odbiornika energii o wyższej temperaturze.



1 Porównanie sumarycznych kosztów (inwestycyjnych i eksploatacyjnych) dla różnych systemów ogrzewania po 15 latach eksploatacji

Wywołuje to skojarzenie z pompowaniem ciepła (z dołu do góry w sensie wzrostu temperatury).

Nie jest to trudne. Codziennie doświadczamy praktycznego działania takiego pompowania ciepła w naszej lodówce czy zamrażarce. Z wnętrza lodówki, a ściślej z produktów żywnościowych w niej umieszczonych, jest „wypompowywane” ciepło i oddawane do pomieszczenia na zewnątrz lodówki, czyli **lodówka grzeje ciepłe pomieszczenie zabierając ciepło z jej chłodnego wnętrza**. Wyobraźmy sobie teraz, że do wnętrza lodówki wpływa w ciągłym obiegu woda ze studni o temperaturze 10°C i po schłodzeniu w lodówce do 5°C wypływa z tejże lodówki, a następnie jest „zrzucana” do innej studni. Zatem cały czas woda dostarcza do wnętrza lodówki ciepło, które jest z niej zabierane i oddawane na zewnątrz lodówki – do pomieszczenia. Tak właśnie (co do fizycznej zasady) działa pompa ciepła. Żeby mogła działać, musi być zasilana prądem elektrycznym.

Zatem w tym systemie ogrzewania płacimy za prąd, który nie jest bezpośrednio źródłem ciepła, ale służy tylko do „pom-

## Współczynnik COP bez nadinterpretacji

COP jest nazywany współczynnikiem efektywności lub sprawności, a te nazwy rodzą pokusę niewłaściwych interpretacji (przykładowy cytat z literatury fachowej): „Współczynnik efektywności COP osiąga zazwyczaj wartość od 3 do 4,5. Trzeba tu podkreślić, że współczynnik efektywności tradycyjnych systemów grzewczych przyjmuje wartości od 0,5 do 0,99. Spośród dostępnych w handlu urządzeń grzewczych, pompy ciepła mają najwyższą sprawność”.

Otóż *sprawność* kotła nie ma fizycznie nic wspólnego ze *sprawnością* pompy ciepła. W fizyce sprawność ma zawsze wartość mniejszą od 1, gdyż nie istnieje perpetuum mobile. Przetwarzając energię z jednej postaci w inną (np. energię chemiczną paliwa w ciepło) nigdy nie otrzymamy więcej energii na wyjściu niż było jej na wejściu tego procesu. Natomiast w pompie ciepła energia cieplna otrzymywana na wyjściu nie pochodzi z dostarczanej energii elektrycznej, lecz jest pobierana z innego źródła (wody, gruntu, powietrza). Dlatego lepiej byłoby nazywać COP wzmocnieniem niż sprawnością, aby nie kusilo do porównywania rzeczy nieporównywalnych. Pompy ciepła nie potrzebują takiej „trikowej” propagandy, że niby są 5-10 razy „sprawniejsze” niż np. kotły gazowe.

powania” darmowego ciepła ze źródła naturalnego (gruntu, wody, powietrza), nazywanego **źródłem dolnym** do domowej instalacji grzewczej, nazywanej **źródłem górnym**. Najważniejszą sprawą jest przepompowanie jak największej ilości energii cieplnej  $Q$  przy jak najmniejszym zużyciu energii elektrycznej  $Q_e$ , czyli osiągnięcie jak największej sprawności pompowania ciepła, określanej współczynnikiem **COP** (ang. *Coefficient of Performance*):

$$COP = Q/Q_e$$

W wielu publikacjach pisze się, że **współczynnik sprawności (efektywności) COP** osiąga wartość 4, chociaż w rzeczywistości może osiągać wartości w przedziale od 2 do 8. Od czego to zależy? Intuicja podpowiada nam, że pompowanie ciepła „pod górkę” jest tym łatwiejsze im niższa jest górka. A więc sprawność pompowania ciepła powinna być tym większa im mniejsza jest różnica temperatur między odbiornikiem (źródłem górnym) i źródłem ciepła (źródłem dolnym). To intuicyjnie wyczuwane prawo ma swój ścisły zapis w postaci prostego wzoru:

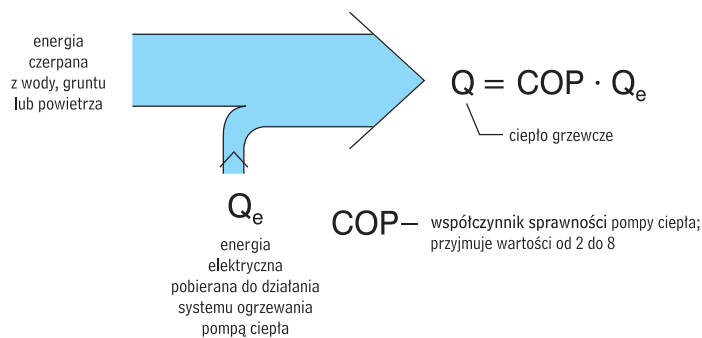
$$COP = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot \eta_p + 1$$

Gdzie  $T_1$  i  $T_2$  są wyrażonymi w kelwinach temperaturami źródła i odbiornika ciepła, a  $\eta_p$  jest wewnętrzną sprawnością agregatu pompy ciepła i wynosi ponad 0,5.

Jedynka w tym wzorze odpowiada energii cieplnej pochodzącej wprost ze strat energii elektrycznej pobieranej przez pompę ciepła (związanej z pracą agregatu sprężarkowego) **2**.

Z analizy wzoru na COP wynika, że największe korzyści ze stosowania pompy ciepła uzyskujemy przy niskotemperaturowym ogrzewaniu podłogowym (ok. 28-30°C) i zastosowaniu wody gruntowej jako dolnego źródła ciepła (ok. 10°C). W tej konfiguracji mianownik ( $T_2 - T_1$ ) przyjmuje najmniejsze wartości (ok. 20 K), czyli współczynnik COP osiąga wartości największe, rzędu 8.

**Zdecydowanie należy odradzić stosowanie ogrzewania pompą ciepła wraz z kaloryferami lub z systemem mieszanym kaloryferowo-podłogowym.** Minimalna temperatura źródła gór-



**2** Ogólna zasada działania systemu ogrzewania z pompą ciepła

## Ogrzewanie domu pompą ciepła daje największe korzyści ekonomiczne, gdy zdecydujemy się na zastosowanie w całym domu niskotemperaturowego ogrzewania podłogowego

nego (c.o. z kaloryferami) wynosi wówczas 50°C i współczynnik COP spada do wartości ok. 4. Jeśli ponadto dolnym źródłem będzie nie woda gruntowa (ok. 10°C) lecz solanka w kolektorze gruntowym (ok. 0°C), to współczynnik COP spada do jeszcze niższych wartości 2,5-3. Przepada w ten sposób podstawowy walor pompy ciepła, jakim są niskie koszty ogrzewania, a ponadto kaloryfery o niskiej temperaturze pracy (50°C) muszą być dość potężnych rozmiarów. Zatem ogrzewanie domu pompą ciepła daje największe korzyści ekonomiczne, gdy zdecydujemy się na zastosowanie w całym domu niskotemperaturowego ogrzewania podłogowego.

### >> Schemat działania pompy ciepła

Działanie pompy ciepła polega na cyklicznej zmianie stanu fizycznego czynnika (najczęściej jest to freon) krążącego w obiegu termodynamicznym – sprężanie, skraplanie, rozprężanie, parowanie. Sprężarka zasilana prądem elektrycznym spręża parę freonu, w wyniku tego wzrasta temperatura tej pary. W skraplaczu para ulega skropleniu oddając swoje ciepło wodzie krążącej w instalacji ogrzewania. Następnie ciekły i sprężony freon przepływa przez zawór rozprężny i w procesie rozprężania następuje jego gwałtowne ochłodzenie. Zimny freon, przepływając pod niskim ciśnieniem przez parownik ogrzewa się pobierając ciepło od czynnika roboczego (wody lub solanki) dolnego źródła. W wyniku ogrzania freon odparowuje, para jest zasysana przez sprężarkę i cały cykl się powtarza.

Najogólniej można mówić o podwójnej wymianie ciepła związanej z dwiema przemianami fazowymi czynnika krążącego w agregacie sprężarkowym (freonu). Najpierw z dolnego źródła (a ściślej z wody gruntowej lub solanki) pobierane jest ciepło potrzebne do odparowania freonu (ciepło parowania), a następnie freon oddaje do instalacji grzewczej ciepło skraplania.

