

■ Ciepło „ucieka” z domu przez ściany (q_s), dach (q_w), okna (q_o), kanały wentylacyjne (q_v) i podłogę (q_p)

Izolować czy grzać

Pompa ciepła a technologia domu

Skrót myślowy: „pompa ciepła to droga inwestycja, za to oszczędza się na taniej „produkcji” ciepła, zatem im więcej ciepła trzeba wytworzyć, tym większe będą oszczędności”. Stąd pozornie słuszny wniosek – pompa ciepła jest rozwiązaniem opłacalnym tylko w domach „energożernihych”, czyli pozbawionych dobrej izolacji cieplnej. Pokażemy, że jest to wniosek bałamutny i lepiej nie myśleć na skrót.

Oto znamienny przykład myślenia „zdroworozsądkowego” (forum www.budujemydom.pl):

„To OCZYWISTOŚĆ, że im dom gorzej izolowany, im większe rachunki za ogrzewanie, tym okres zwrotu inwestycji w pompę ciepła i całą infrastrukturę jest krótszy i na odwrót – w miarę poprawy izolacji cieplnej rachunki za ogrzewanie są coraz mniejsze i zwrot kosztów inwestycji wydłuża się w nieskończoność”.

Oczywiście, w technologiach z „wycynową” termoizolacją, parametry domu zbliżają się do standardów domu pasywnego i niejako z definicji zbędne staje się jakiegokolwiek ogrzewanie. Ale taka technologia kosztuje nie mniej niż instalacja pompy ciepła, a i funkcje pompy ciepła nie ograniczają się tylko do ogrzewania pomieszczeń.

W starannie ocieplonych domach (ściany – 15 cm styropianu, dach – 25 cm weł-

ny, posadzka na gruncie – 15 cm styropianu, okna – 1,3 W/(m²·K), a także rekuperator) zapotrzebowanie na energię cieplną wynosi 70–80 kWh/m² na rok, co jest z grubsza równoważne mocy grzewczej 40 W/m² przy założeniu, że system grzewczy pracuje ok. 2000 godzin w roku. To bardzo dobry wynik. Poprawa tego wyniku jest oczywiście możliwa, ale nie osiągnie się jej za darmo. Aby osiągnąć parametry domu energooszczędnego (ok. 40 kWh/m² rok), trzeba zainwestować dodatkowo w grubsze warstwy materiałów termoizolacyjnych i w wyższy standard ciepłochronności okien. Na forach internetowych przeciwnicy pomp ciepła, zachwalając izolowanie zamiast grzania, „lekką ręką” dają np. 50 cm styropianu w ścianach, czyli cztery razy grubiej niż w technologii standardowej. A przecież w domu 150 m² oznacza to wzrost wydatku na styropian o 15 000 zł, a także – co nie bez znaczenia – „wchłonięcie” pod budynek dodatkowych 20 m² działki. Nic nie ma za darmo. Dla domu 150 m² poprawę termoizolacji z poziomu standardowego (70–80 kWh/m² rok) do poziomu domu energooszczędnego (30–60 kWh/m² rok) można osią-

PATRONI CYKLU

gnąć kosztem dodatkowych 30 000–40 000 zł na większe ilości materiałów termoizolacyjnych, lepszą stolarkę otworową i rekuperator. Domu energooszczędnego nie należy mylić z pasywnym, który wymagałby dalszej dwukrotnej poprawy ciepłochronności do poziomu <math>< 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ rok}</math>.

Dobra termoizolacja jest konieczna

Dobra termoizolacyjność budynku nie tylko nie jest przeciwwskazaniem do stosowania pompy ciepła, ale jest niezbędnym warunkiem skuteczności ogrzewania pompą ciepła. Wynika to z elementarnych praw fizyki. Otóż pompa ciepła powinna współpracować z niskotemperaturowym ogrzewaniem podłogowym. Jest intuicyjnie zrozumiałe, że przy niewielkiej różnicy temperatur powierzchni grzewczej (podłogi, która na powierzchni ma zaledwie 24°C) i powietrza w pomieszczeniu (ok. 20°C) strumień ciepła oddawanego przez podłogę do wnętrza domu Q jest słaby, inaczej mówiąc, moc grzewcza jest niewielka. Wobec tego, aby w ogóle można było nagrzać pomieszczenie do odpowiedniej temperatury, potrzebny jest długi czas i małe wartości strumieni ciepła uciekającego przez podłogę do gruntu q_p , przez ściany q_s , przez okna i drzwi q_o , przez dach q_d oraz przez kanały wentylacyjne q_w . Zatem dom musi mieć dobrą izolację cieplną i odzysk ciepła w systemie wentylacji mechanicznej (rekuperator).

Duża pojemność cieplna

Celowe jest również zapewnienie dużej pojemności cieplnej wnętrza domu i dużej pojemności cieplnej wylewki grzejnej ogrzewania podłogowego. Może to być osiągnięte przez zastosowanie ścian wewnętrznych z materiałów o dużej gęstości (pełna cegła ceramiczna lub silikatowa, beton i inne) i masywnej płyty fundamentowej, izolowanej termicznie od ziemi, spełniającej równocześnie rolę wylewki grzejnej.

Wbrew często głośzonym poglądom, duża pojemność termiczna nie powoduje strat ciepła. Jest bardzo korzystna, ponieważ zapewnia stabilność termiczną wnętrza domu

nięte przez zastosowanie ścian wewnętrznych z materiałów o dużej gęstości (pełna cegła ceramiczna lub silikatowa, beton i inne) i masywnej płyty fundamentowej, izolowanej termicznie od ziemi, spełniającej równocześnie rolę wylewki grzejnej.

Termiczna stała czasowa dobrze zbudowanego domu może wynosić nawet kilka do kilkunastu dni. W takim domu nagle wy-

Przykładowe domy z warszawskiego osiedla Klaudyna

Warto się przyjrzeć doświadczeniom zebranym w osiedlu domów z pompami ciepła woda-woda. Są to domy wolno stojące lub bliźniaki o zwartej bryle. Podstawowe dane domów: powierzchnia użytkowa ok. 230 m² z garażem (2×230 m² dla bliźniaków), ściany dwuwarstwowe (gazobeton i izolacja termiczna 15 cm), izolacja dachów 25 cm, dobre okna.



Domy były budowane na izolowanych termicznie od podłoża płytach fundamentowych o grubości ok. 25 cm z dodatkową wylewką grzejną o grubości 10 cm, w której wykonano ogrzewanie podłogowe. Domy te zostały też wyposażone w wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła (rekuperator) bądź z gruntowym wymiennikiem ciepła. Przeprowadzone pomiary wykazały, że domy charakteryzują się izolacyjnością ok. 5–6 K/kW, co oznacza, że dla zapewnienia komfortu cieplnego przy temperaturze otoczenia –20°C średnia moc cieplna systemu grzewczego powinna wynosić ok. 7–8 kW. Stałe termiczne wylewki grzejnych wynoszą ok. 12 godzin, domu jako całości ponad tydzień. Dobrze zaprojektowane ogrzewanie podłogowe umożliwiało uzyskanie warunków komfortu cieplnego (temperatura powietrza 20–21°C) przy temperaturze wody w rurach grzejnych poniżej 30°C (najczęściej 27–28°C). Maksymalny dobowy czas pracy wynosi ok. 16 godzin, latem dobowy czas pracy spada poniżej 1 godziny. W domach tych zastosowano pompy ciepła o średniej mocy ok. 9 kW (warunki 27°C/4°C). Moc pobierana przez pompę i urządzenia towarzyszące (pompowanie wody ze studni i pompa obiegowa instalacji grzewczej) wynosi ok. 1,65 kW. W ciągu roku pompa ciepła pracuje ok. 1800–2200 godzin, dostarczając 16 000–20 000 kWh energii cieplnej. Roczne zużycie energii elektrycznej na zasilanie instalacji z pompą ciepła wynosi ok. 3000–3600 kWh, w większości w drugiej taryfie. Przyjmując średnią cenę energii elektrycznej 0,35 zł/kWh, roczny koszt ogrzewania i przygotowania c.w.u. wynosi ok. 1200 zł. Miesięczny koszt ogrzewania w najchłodniejszych miesiącach roku dochodził do ok. 200 zł. Nieco większy był koszt ogrzewania w domach ze ścianami jednowarstwowymi (o grubości 45 cm), a także w domach, w których zastosowano hydrofor wspólny dla wody użytkowej i zasilania pompy ciepła.

dzielanie ciepła, np. przez promieniowanie słoneczne, dobowe, a nawet kilkunastu dni zmiany temperatury zewnętrznej, powoduje jedynie niewielkie zmiany temperatury. Nie bez znaczenia jest również, że tak zbudowany dom nie wymaga klimatyzacji w lecie (w klimacie polskim, który – mijamy nadzie-

ję – nie zmieni się wkrótce w subtropikalny).

Szczególne znaczenie ma duża pojemność termiczna wylewki grzejnej. Wylewka o dużej pojemności, wykonana z materiału o wysokim przewodnictwie cieplnym (beton), dobrze odbiera i magazynuje ciepło przekazywane przez niskotemperaturowy czynnik grzewczy. Zapobiega to fluktuacjom temperatury w czasie kolejnych cykli włączeń

i wyłączeń pompy ciepła. Należy tu podkreślić, iż termiczna stała czasowa nawet dość masywnej wylewki grzejnej dla transportu ciepła do wnętrza domu jest dużo krótsza (kilka do kilkunastu godzin) niż stała czasowa domu jako całości. Wynika to z wysokiego przewodnictwa cieplnego płyty grzejnej (10 W/(m²·K)), głównie przez promieniowanie termiczne do wnętrza domu. Przy wylewce o dużej pojemności cieplnej możliwe jest ogrzewanie jedynie w czasie nocnej taryfy energii elektrycznej, bez zauważalnych fluktuacji odczuwalnej temperatury.

Zatem im lepsza termoizolacja i większa pojemność cieplna budynku, w szczególności duża pojemność cieplna wylewki podłogowej, tym mniejsza może być moc zainstalowanej pompy ciepła i mniejsze będą rachunki za prąd pobierany głównie w czasie tańszej taryfy.

Podsumowanie

Przedstawione argumenty wskazują, że optymalna konstrukcja i technologia domu powinny zapewniać:

Standard termoizolacji	Zapotrzebowanie na ciepło	Moc pompy ciepła	Funkcje pompy ciepła
tradycyjny dom współczesny	70–120 kWh/m ² rok	7–12 kW	80% grzania pomieszczeń 20% c.w.u.
dom energooszczędny	30–60 kWh/m ² rok	3–7 kW	50% grzania pomieszczeń 50% c.w.u.
dom pasywny	<15 kWh/m ² rok	2–3 kW	70% c.w.u. 30% klimatyzacja

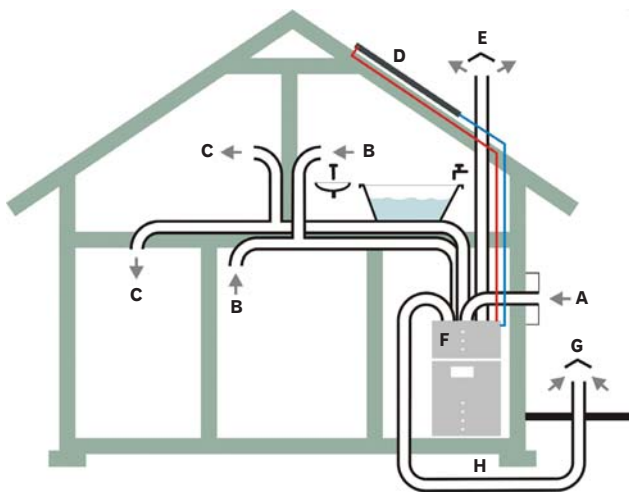
coraz lepsza termoizolacja

2 Zastosowanie pomp ciepła w domach o coraz lepszej termoizolacji

- bardzo dobrą izolacyjność cieplną;
- dużą pojemność termiczną domu i dużą bezwładność cieplną (dużą termiczną stałą czasową);
- dużą pojemność i bezwładność cieplną wylewki grzejnej.

Te warunki spełniają domy murowane z masywnymi ścianami i grubą warstwą izolacji

cieplnej. Nie oznacza to jednak dyskwalifikacji technologii szkieletowych. Charakteryzują się one bardzo dobrą izolacją cieplną, ale ich pojemność cieplna i bezwładność cieplna są niewielkie. Przy zastosowaniu ogrzewania podłogowego z masywną wylewką wystąpi niedopasowanie dużej pojemności i bezwładności cieplnej wylewki z małą pojemnością



- A – dostarczanie świeżego powietrza do domu
- B – wylot powietrza z pomieszczeń
- C – dostarczanie świeżego powietrza do pomieszczeń przez system wentylacji
- D – kolektory solarne (opcjonalnie) do grzania c.w.u.
- E – wylot powietrza po odzyskaniu ciepła
- F – pompa ciepła
- G – wlot powietrza do pompy ciepła przez wstępne podgrzanie w GWC
- H – gruntowy wymiennik ciepła (GWC)

3 Schemat zintegrowanego systemu z pompą ciepła w domu pasywnym

DOM Z POMPĄ CIEPŁĄ

W naszym rocznym cyklu poradnikowym dotychczas opublikowaliśmy 5 artykułów:

- BD 1–2/09 Dlaczego pompa ciepła – Europa i Polska w liczbach
- BD 3/09 Wybór dolnego źródła. Najważniejsza decyzja
- BD 4/09 Źródło górne – jakie wybrać?
- BD 5/09 Wybieramy pompę ciepła – przegląd oferty rynkowej
- BD 6/09 Ciepła woda (c.w.u.) w systemie z pompą ciepła
- BD 7–8/09 Pompa ciepła w klimatyzacji. Chłodzenie i rekuperacja
- BD 9/09 Pompa ciepła a technologia domu. Izolować czy grzać

W kolejnych tegorocznych wydaniach „Budujemy Dom” opublikujemy następujące artykuły:

- BD 10/09 Eksploatacja i konserwacja systemu z pompą ciepła
- BD 11–12/09 Wymiana kotła c.o. na pompę ciepła – modernizacja ogrzewania

i bezwładnością cieplną domu. Szybkie zmiany warunków termicznych w domu nie zostaną zamortyzowane przez akumulację ciepłą murów, a reakcja źródła ciepła (ogrzewania podłogowego w masywnej wylewce), będzie przebiegała z dużą zwłoką. W domu o takiej technologii warto pomyśleć o ogrzewaniu (a w lecie chłodzeniu) powietrzem z zastosowaniem klimakonwektorów.

Ogrzewanie pompą ciepła można również zastosować w domu z bali, a podłoga niekoniecznie musi być pokryta posadzką z płytek ceramicznych (najlepsze ze względu na dobre przewodzenie ciepła). Możliwe jest zastosowanie nawet posadzki drewnianej.

A jak sytuacja wygląda w domach energooszczędnych lub pasywnych?

Czy stosowanie coraz lepszej termoizolacji i innych rozwiązań energooszczędnych w budowie domu eliminuje sens stosowania pomp ciepła? Otóż nie. Zmieniają się tylko funkcje i maleje moc p.c. **2**. W standardowym, dobrze izolowanym domu dla 4 osób roczne zużycie energii cieplnej na ogrzewanie wynosi ok. 20 000 kWh (odpowiada normie 40 W/m²), natomiast do wytwarzania c.w.u. potrzeba ok. 4000 kWh. Jeśli zastosujemy intensywne energooszczędne rozwiązania i dla przykładu zmniejszymy 5-krotnie zużycie energii cieplnej na potrzeby ogrzewania, to nadal pozostają pewne potrzeby energetyczne, tj. 4000 kWh (ogrzewanie) + 4000 kWh (c.w.u.) = 8000 kWh

Sumaryczne potrzeby energetyczne maleją i względny udział energii zużywanej na c.w.u. staje się coraz większy, ale nadal racjonalnym rozwiązaniem jest zastosowanie p.c., tyle że o mniejszej mocy i przeznaczonej do innych funkcji. Dla domów energooszczędnych i pasywnych wystarcza p.c. o mocy 2–5 kW, przy czym preferuje się rozwiązania nazywane „integrated heat pump systems”, w których p.c. spełnia integralnie wiele funkcji: wytwarzanie c.w.u., dogrzewanie pomieszczeń ciepłem odzyskiwanym z powietrza wylotowego (rekuperacja), wentylacja z osuszaniem **3**. Ten rodzaj pomp ciepła jest uważany za jeden z najbardziej perspektywicznych kierunków rozwoju branży pomp ciepła. Są opracowywane nowe generacje p.c. do takich zastosowań, które przy małych mocach (2–5 kW) uzyskują wysokie temperatury 70–80°C (ważne dla c.w.u.) przy bardzo dobrej efektywności. Za najbardziej perspektywiczne do tych zastosowań uznaje się p.c., w których czynnikiem termodynamicznym jest CO₂. **4**