

Pompy ciepła w istniejących budynkach



Poradnik PORT PC

- efekty badań monitoringowych
- z termomodernizacją lub bez
- budynki jedno- i wielorodzinne
- porównanie kosztów ogrzewania
- możliwości technologiczne
- instalacje hybrydowe



Spis treści

1	Wprowadzenie	1
2	Temperatura zasilania systemu grzewczego – maksymalna i faktyczna	2
3	Pompa ciepła bez termomodernizacji budynku?	4
4	Wyniki programów monitoringowych powietrznych i gruntowych pomp ciepła.....	6
5	Jak często włączają się grzałki elektryczne pomp ciepła?	8
6	Pompa ciepła w domu bez termomodernizacji – dwa przykłady	10
7	Ocena ekologiczna działania pomp ciepła w istniejących budynkach	12
8	Ocena ekonomiczna: eksploatacja pompy ciepła a kotła gazowego.....	14
9	Czy warto czekać z inwestycją na dalszy rozwój technologii?	16
10	Układy hybrydowe: czy łączyć pompę ciepła z innym źródłem ciepła?	18
11	Konieczność stosowania pomp ciepła w budynkach wielorodzinnych.....	20
12	Więcej odwagi, by postawić na właściwą technologię! – Podsumowanie	22
	Literatura uzupełniająca i źródła	25



Wydawca: Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC), Kraków, czerwiec 2021 r.

Autor poradnika: dr inż. Marek Miara

Redakcja: Joanna Jania

Projekt graficzny i łamanie: medianova Jacek Gacukowicz

Poradnik powstał na podstawie bloga autora w 12 odcinkach "Pompy ciepła w istniejących budynkach", publikowanego cyklicznie wiosną br. na stronie www.portpc.pl.

Wprowadzenie

Czy pompy ciepła nadają się wyłącznie dla budynków nowych lub w pełni termomodernizowanych? – Choć stwierdzenie to jest często powtarzane, istnieje wiele dowodów, by uznać je za nieprawdziwe. Całe szczęście, można by powiedzieć, bo to właśnie istniejące budynki przesądzą o osiągnięciu neutralności klimatycznej systemów grzewczych, tak koniecznej dla przyszłości.



Fot. Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.

Systemy grzewcze nieoparte na paliwach kopalnych należą wciąż do zdecydowanej mniejszości. Ta sytuacja musi ulec w najbliższych dekadach diametralnej zmianie. Nadrzędnym celem w ogrzewnictwie jest stosowanie rozwiązań niepowodujących emisji dwutlenku węgla. Pompy ciepła, zarówno w rozwiązaniach indywidualnych, jak i sieciowych, są technologią kluczową dla spełnienia tego celu.

Z każdym kolejnym opracowaniem, scenariuszem czy prognozą jasno mówiącymi o bardzo ważnej lub nawet decydującej roli pomp ciepła w dekarbonizacji systemów grzewczych, pojawiają się również pytania:

- *W jaki sposób pompy ciepła mogą być stosowane w istniejących budynkach?*
- *Czy są one w stanie zapewnić wymagane wysokie temperatury zasilania układów grzewczych w przypadku zastosowania systemu opartego na grzejnikach?*
- *Co z ich efektywnością w tego typu budynkach?*
- *Czy można uznać działanie pomp ciepła w budynkach istniejących/starszych za ekologiczne?*

Nasz poradnik „Pompy ciepła w istniejących budynkach” powstał w celu rzetelnej odpowiedzi na powyższe pytania. Głównym założeniem jego inicjatorów i autora jest dogłębne przeanalizowanie, czy fakty popierają panujące przekonania dotyczące omawianego tematu, a w konsekwencji – dostarczenie wiedzy niezbędnej do podejmowania decyzji w kierunku neutralności klimatycznej w sektorze grzewczym.

Poradnik bazuje na wiedzy i doświadczeniu zebranym podczas 20 lat badań nad pompami ciepła w niemieckim Instytucie Fraunhofera ISE. W tym

czasie przebadano m.in. około 300 rzeczywistych instalacji pomp ciepła w budynkach jednorodzinnych różnych klas energetycznych. W szczególności projekty z ostatnich lat poświęcone były budynkom starszym. Udowodniono, że również tam pompy ciepła są w stanie zapewnić wymagany komfort termiczny mieszkańców, jednocześnie pracując z efektywnością pozwalającą uzyskiwać korzyści ekologiczne w stosunku do instalacji na paliwa kopalne.

! Uzyskane wyniki z tych 20-letnich badań w sposób jednoznaczny wskazują na możliwość celowego stosowania pomp ciepła w budynkach niepoddanych termomodernizacji lub poddanych jej jedynie w sposób częściowy.

Z pewnością znalezienie odpowiednich rozwiązań oraz ich implementacja w praktyce będzie w niektórych przypadkach pewnym wyzwaniem. Nie znaczy to jednak, że należy generalnie poddawać w wątpliwość sensowność stosowania pomp ciepła w istniejących budynkach. Również, bez wątpienia, instalacja pomp ciepła powinna w przyszłości przebiegać szybciej i łatwiej, a działające systemy pracować z coraz większą efektywnością – zapewni to lepsze efekty zarówno w obszarze ekologii, jak i ekonomii. Cała branża pomp ciepła pracuje obecnie dokładnie w tym kierunku.

! Inaczej mówiąc, nie powinniśmy dalej czekać, lecz stosować rozwiązanie technologicznie dojrzałe, ekonomicznie sensowne, a zarazem decydująco wspierające dekarbonizację sektora grzewczego.

W kolejnych rozdziałach naszego poradnika omówiony zostanie szereg powszechnie znanych argumentów przeciw stosowaniu pomp ciepła wraz z analizą badań i pomiarów zaprzeczających tym często utartym przekonaniom. Wszyscy zainteresowani dalszym zgłębianiem tematu, na końcu poradnika znajdują literaturę uzupełniającą prezentowane treści.

Jako autor poradnika życzę wszystkim Czytelnikom przyjemnej lektury! ■

Temperatura zasilania systemu grzewczego – maksymalna i faktyczna

Czy pompy ciepła są w stanie zapewnić wystarczająco wysoką temperaturę w systemie grzewczym budynku? – Zastanówmy się nad aspektem, który często podawany jako wykluczający stosowanie pomp ciepła w starszych budynkach. Przy okazji sprawdzimy, dlaczego maksymalna wymagana temperatura zasilania nie decyduje o efektywności.



Fot. Shutterstock

dla urządzeń osiągających ponad 100°C. Na rynku dostępne są również urządzenia osiągające temperaturę 75°C, jak na przykład pompy ciepła z naturalnym czynnikiem roboczym, propanem.

! Tak więc na pierwsze pytanie można odpowiedzieć twierdząco. Dostępne obecnie na rynku pompy ciepła są w stanie (w większości przypadków) zapewnić bez udziału dodatkowych grzałek elektrycznych wymagane temperatury systemu grzewczego w istniejących budynkach.

Faktyczna wymagana temperatura zasilania

W dyskusji dotyczącej zastosowania pomp ciepła w istniejących budynkach głównym argumentem przeciwko nim jest wysoka temperatura zasilania systemu grzewczego. Ma ona prowadzić do niskiej efektywności pomp ciepła, a w konsekwencji – być parametrem wykluczającym sensowność stosowania tych urządzeń. W tym kontekście, aby rzetelnie przeanalizować temat, należy odpowiedzieć na dwa pytania:

– *Czy pompy ciepła są generalnie w stanie zapewnić wymaganą temperaturę czynnika grzewczego w instalacjach budynków istniejących?*

– *Jak wysoka jest ta temperatura w rzeczywistości?*

Maksymalna uzyskiwana temperatura bez użycia grzałki

Odpowiedź na pierwsze postawione pytanie zależy od wielu technicznych aspektów, między innymi od tego, jaki czynnik roboczy zastosowano w pompie ciepła oraz jaka jest charakterystyka jej kompresora. Ogólnie można powiedzieć, że standardowe pompy ciepła osiągają bez problemów temperatury z zakresu od 55 do 60°C. Przy czym jest to oszacowanie raczej konserwatywne. Tak zwane „wysokotemperaturowe” pompy ciepła osiągają bowiem temperatury z przedziału od 65 do 70°C – warto wspomnieć, że użyte tu określenie „wysokotemperaturowe” zarezerwowane jest do zastosowań przemysłowych pomp ciepła,

Sprawdźmy teraz, jak faktycznie przedstawia się efektywność pomp ciepła pracujących w starszych budynkach oraz, jakie są rzeczywiste potrzeby, jeśli chodzi o temperaturę na zasilaniu instalacji w takich budynkach. Podstawą naszych rozważań będą wyniki uzyskane podczas wieloletniego projektu monitoringowego pomp ciepła w istniejących domach jednorodzinnych w Niemczech, przeprowadzonego przez Instytut Fraunhofera ISE.

Przede wszystkim wyniki te wykazały stosunkowo wysokie średnie wartości efektywności badanych pomp ciepła. Dla wielu osób, nie tylko tych sceptycznie nastawionych, mogą być one nawet pewnym zaskoczeniem. Ale przy analizie danych zebranych podczas realizacji projektu monitoringowego na badaczy czekała jeszcze jedna niespodzianka – stosunkowo niskie średnie wartości temperatury zasilania systemu grzewczego.

Po dogłębnej analizie zostały również „znajdowane” oczekiwane i przez wiele osób uważane za „konieczne” – wysokie temperatury zasilania. Jednakże jedynie podczas najzimniejszych dni w roku i tylko w przypadku nielicznych instalacji. Liczba tych dni była tak mała, że efektywność pomp ciepła w tych momentach miała niewielkie znaczenie dla ich średniej efektywności rocznej. Nawet w przypadku budynków, które nie zostały poddane termomodernizacji, wyposażonych w konwencjonalne grzejniki, rzeczywista wymagana temperatura zasilania wynosiła około 55°C. Jednocześnie była ona wystarczająca

dla zapewnienia pożądanego komfortu termicznego mieszkańców.

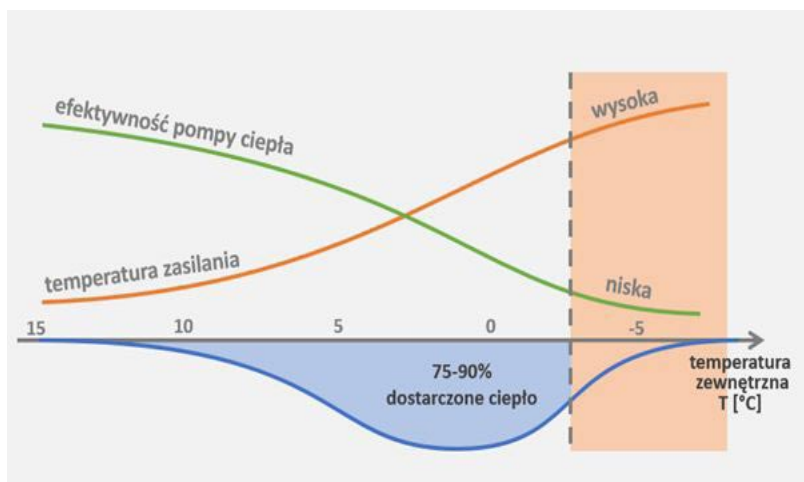
Skąd tak dobra efektywność?

Opisywany fenomen można wyjaśnić na podstawie zaprezentowanej grafiki (rys. 1). Generalnie, im niższa jest temperatura zewnętrzna (oś pozioma na rys. 1), tym wyższa jest temperatura zasilania systemu grzewczego (linia pomarańczowa) i tym niższa efektywność pompy ciepła (linia zielona). Decydującym parametrem dla średniej (rocznej) efektywności pompy ciepła jest to, kiedy, czyli przy jakich temperaturach zewnętrznych, dostarczane jest ciepło na cele grzewcze (niebieska powierzchnia). W zależności od wielu czynników, głównie od stanu energetycznego budynku oraz strefy klimatycznej, od 75 do 90% dostarczanej energii cieplnej „wytwarzana” jest podczas umiarkowanie niskich temperatur zewnętrznych. To z kolei ma wpływ na stosunkowo niskie temperatury zasilania systemu grzewczego, a w konsekwencji – na dobrą efektywność pomp ciepła.

Można zatem stwierdzić, że pompy ciepła są w stanie w większości przypadków zapewnić wymagane temperatury zasilania również przy niskich temperaturach zewnętrznych. Ponadto decydującą dla średniej efektywności instalacji z pompą ciepła nie jest najwyższa, lecz średnia wymagana temperatura zasilania. Te dwa fakty pozwalają na stwierdzenie, że pompy ciepła są w stanie skutecznie dostarczyć wymagane ciepło również w budynkach starszych, pracując jednocześnie z akceptowalną efektywnością.

Kolejne programy monitoringowe

Opisywane wnioski potwierdza program monitoringowy przeprowadzony w Szwajcarii. Również



Rys. 1. Zależności między temperaturą zewnętrzną, temperaturą zasilania układu grzewczego i efektywnością pomp ciepła. Źródło: © Fraunhofer ISE

w tym projekcie badano pompy ciepła, między innymi w budynkach starszych o różnym poziomie termomodernizacji. Podobnie jak w przypadku niemieckiego projektu, także w badaniach szwajcarskich maksymalne temperatury na zasilaniu instalacji w budynkach niewyposażonych w ogrzewanie podłogowe osiągały wartość około 55°C. Centralnym wnioskiem autorów tych badań jest stwierdzenie, że:

Poprawnie zaplanowane i zainstalowane instalacje z pompami ciepła są w stanie w sposób efektywny zastąpić systemy grzewcze oparte na paliwach kopalnych.

Na koniec warto dodać, jak dużą wartością byłoby przeprowadzenie podobnego projektu monitoringowego również w Polsce. Zapewniłoby to nie tylko uwzględnienie polskich warunków pogodowych oraz polskiej charakterystyki budynków, ale również pozwoliłoby na niezależną ocenę i analizę urządzeń dostępnych w Polsce, w tym pomp ciepła polskich producentów. ■



3

Pompa ciepła bez termomodernizacji budynku?

Spróbujmy teraz odpowiedzieć na kolejne istotne pytania: Czy wymagana jest uprzednia termomodernizacja budynku przed instalacją pompy ciepła? Czy da się zapewnić dzięki pompie ciepła przyjemny komfort cieplny w istniejących budynkach? Jak będzie działać pompa ciepła, jeśli po jej instalacji dokonamy termomodernizacji?

Oczywiste jest, że im mniejsze zapotrzebowanie na energię cieplną wystarczającą do zapewnienia komfortowej temperatury pomieszczeń w budynku, tym lepiej. Z tego względu wszelkie działania termomodernizacyjne zmniejszające to zapotrzebowanie, są działaniami sensownymi i pożądanymi. Dotyczy to wszystkich systemów grzewczych, nie tylko pomp ciepła. Nie zmienia to jednak faktu, iż termomodernizacja często nie jest warunkiem koniecznym dla zainstalowania systemu grzewczego bazującego na pompie ciepła.



Fot. Shutterstock

Na początek – skuteczne i proste działania

Pełna lub częściowa termomodernizacja budynku i działających w nim instalacji nie jest czasami z różnych powodów krótkoterminowo możliwa. Na szczęście, nie jest ona również niezbędna, aby rozważyć instalację pompy ciepła. Oczywiście, z perspektywy efektywności pompy ciepła, im mniejsze straty ciepła występują dla danego budynku, tym lepiej. Zarówno portfel mieszkańców, jak i ekologia zbiegają profity przy możliwie niskim zapotrzebowaniu na energię grzewczą.

Decydującym aspektem przy podejmowaniu decyzji o ogrzewaniu z pompą ciepła w istniejącym budynku są wymagane temperatury systemu grzewczego

(omówione dokładnie w poprzedniej części poradnika). Trzeba jednak pamiętać, że w wielu przypadkach starsze systemy grzewcze, a w szczególności grzejniki, są z założenia (takie były kiedyś tendencje) znacząco przewymiarowane. Daje to możliwość obniżenia temperatury zasilania przy wymianie źródła ogrzewania na pompę ciepła, a co za tym idzie – daje możliwość zwiększenia przyszłej efektywności pompy ciepła.

Kolejną kwestią, która powinna być uwzględniona, gdy rozpatrujemy możliwość obniżenia temperatury na zasilaniu, są ewentualne mniejsze lub większe zabiegi termomodernizacyjne, na przykład wymiana stolarki okiennej. W wielu przypadkach, w starszych budynkach dokonywano podczas ich wieloletniej eksploatacji tego typu działań. Często są one wystarczające, aby zapewnić poprawną pracę pompy ciepła.

Warto również wspomnieć o stosunkowo łatwych do zrealizowania i relatywnie tanich sposobach, które wspomagają efektywność pomp ciepła w istniejących budynkach. Może to być na przykład wymiana pojedynczych grzejników na tak zwane grzejniki niskotemperaturowe. Nowoczesne grzejniki są w stanie przy znacznie niższej temperaturze zasilania przekazać do pomieszczeń tą samą ilość ciepła co urządzenia tradycyjne.

Tego typu proste działania mogą być pierwszym krokiem w długoterminowym procesie termomodernizacyjnym. Każdy kolejny krok będzie polepszał nie tylko energooszczędność budynku, ale i efektywność pompy ciepła.

Nie tylko ogrzewanie płaszczyznowe

Jednym z największych przesądów dotyczących pomp ciepła jest twierdzenie, że mogą one efektywnie współpracować jedynie z ogrzewaniem płaszczyznowym, a więc podłogowym, sufitowym lub ściennym. Tezie tej przeczą nie tylko prawa fizyki, ale i tysiące instalacji pomp ciepła, które w sposób skuteczny i efektywny współdziałają z grzejnikami.

W badaniach monitoringowych przeprowadzonych w Instytucie Fraunhofera ISE wykazano, że jedynie

niewielka liczba badanych instalacji pomp ciepła w połączeniu z grzejnikami osiągała średnie wartości temperatury zasilania przewyższające 45°C.

! W większości przebadanych instalacji pomp ciepła w połączeniu z grzejnikami, które skutecznie i efektywnie zaopatrywały budynki w ciepło, średnie temperatury były poniżej 40°C. Jest to jedynie potwierdzeniem, że wyposażenie budynku w typowe grzejniki nie musi automatycznie prowadzić do „bardzo wysokich” temperatur zasilania.

Czy w domu uzyska się odpowiedni komfort cieplny?

Kluczowe pytanie wszystkich mieszkańców budynków dotyczy podstawowej funkcji systemu grzewczego: czy pompy ciepła są w stanie zapewnić odpowiednie temperatury pomieszczeń podczas niskich temperatur zewnętrznych? – Aby na nie odpowiedzieć, wystarczy przyjrzeć się danym zebranym w niemieckim programie monitoringowym ostatniej zimy.

Podobnie jak w Polsce, pierwsze dwa tygodnie lutego bieżącego roku należały w Niemczech do bardzo zimnych. Dzięki temu można było sprawdzić, jak „radzą sobie” w trudnych warunkach powietrzne pompy ciepła biorące udział w programie. Najnowsza analiza danych pomiarowych 20 instalacji powietrznych pomp ciepła wykazała, co następuje:

- średnia temperatura powietrza z analizowanego okresu dla wszystkich instalacji podczas ich pracy wyniosła -3,6°C (dla porównania, w ciągu ostatnich 50 lat jedynie w okresie 5 miesięcy odnotowano w Niemczech średnie temperatury zewnętrzne poniżej -3,5°C);
- średnia efektywność pomp ciepła w 17 instalacjach (trzy najlepsze instalacje w budynkach, które są po pełnej termomodernizacji, nie zostały uwzględnione) wyniosła w tym czasie 2,3, przy czym zakres wyników wynosił od 1,6 do 2,8.

Tak więc nawet w tak zimnym okresie, średnio z jednej kilowatogodziny energii elektrycznej pompy zapewniały ponad dwukrotnie więcej ciepła. Warto wspomnieć, że instalacja o najniższej efektywności pracowała w najtrudniejszych warunkach klimatycznych – średnia temperatura zewnętrzna wynosiła -10,2°C. Jedynie w przypadku pięciu instalacji zarejestrowano pracę grzałek elektrycznych. A co najważniejsze, wszystkie instalacje zapewniły pożądany komfort termiczny mieszkańców.

O tym, że pompy ciepła mogą być z powodzeniem stosowane również przy bardzo niskich temperaturach zewnętrznych, świadczy również fakt, że są one powszechnie stosowane w krajach o bardzo srogich

zimach, na przykład w Skandynawii. Na rynku pomp ciepła dostępne są produkty, które mogą pracować nawet w temperaturze -25°C bez dodatkowej grzałki elektrycznej.

Jak działa pompa ciepła po późniejszej termomodernizacji budynku?

W związku z modernizacją często zadawane są również następujące pytania:

– Co się stanie, jeśli najpierw zainstaluje się pompę ciepła, a następnie budynek zostanie poddany termomodernizacji?

– Czy pompa ciepła będzie wtedy przewymiarowana? Zasadniczym atutem pomp ciepła jest elastyczność ich działania. Późniejsza modernizacja budynku zagwarantuje przede wszystkim zwiększenie efektywności tego urządzenia. Z zasady pompy ciepła zapewniają wymagane ciepło zarówno podczas niewielkich chłódów, jak i w trakcie mroźnych zim. Oznacza to, że muszą być w stanie reagować bardzo elastycznie w całym okresie grzewczym. Dlatego przewymiarowanie (poza skrajnymi przypadkami) nie stanowi większego problemu technicznego.

! Warto także pamiętać, że technologia inwerterowa stosowana w pompach ciepła, która stała się już niemal standardem, umożliwi regulację mocy cieplnej pompy ciepła i dzięki temu – elastyczną reakcję na zmieniające się zapotrzebowanie, przy jednoczesnym zachowaniu dobrej efektywności.

Ważny jest dobry fachowiec

Jednoznacznie można więc powiedzieć, że pompy ciepła mogą być sensownie stosowane również w istniejących budynkach. Mimo iż z zasady zawsze lepiej najpierw przeprowadzić termomodernizację, a dopiero w drugim kroku wymienić instalację grzewczą, nie jest to absolutnie konieczne dla zainstalowania pompy ciepła. W większości przypadków dobre efekty można uzyskać instalując pompę ciepła również w budynkach bez wcześniejszej termomodernizacji lub jedynie z termomodernizacją częściową. Już w tej chwili istnieją firmy instalatorskie specjalizujące się w takich przypadkach. A w przyszłości musi się ich pojawić znacznie więcej. Rynek z pewnością będzie ich potrzebował!

Co to jednak znaczy, że pompy ciepła mogą być „sensownie stosowane”? – Dwa najważniejsze kryteria oceny to ekologia i ekonomia. Oba aspekty będą rozpatrywane w dalszych rozdziałach poradnika, a w następnym przyjrzemy się jeszcze bliżej wynikom badań monitoringowych pomp ciepła w istniejących domach. ■

4

Wyniki programów monitoringowych powietrznych i gruntowych pomp ciepła

Jak dobrze działają pompy ciepła w istniejących budynkach? – Na to pytanie można odpowiedzieć, biorąc pod uwagę różne kryteria. Najczęściej „jak dobrze” rozumiane jest jako: „jak efektywnie”, choć oczywiście sama efektywność nie wyczerpuje tematu. Pełnej i najbardziej wiarygodnej odpowiedzi warto szukać sprawdzając dane z pomiarów instalacji z pompami ciepła funkcjonujących w warunkach rzeczywistych.



metrów działania instalacji. A dzięki tym wskaźnikom możliwe jest oszacowanie na przykład oczekiwanych kosztów rocznych działania przyszłej instalacji.

Ostatnim sposobem wyznaczania efektywności pomp ciepła są pomiary w rzeczywistych warunkach pracy, przez określony czas (najczęściej jeden rok). I właśnie te wartości, nazywane najczęściej SPF (*Seasonal Performance Factor*), mówią o rzeczywistej efektywności uzyskanej przez konkretną instalację.

Efektywność pomp ciepła w warunkach rzeczywistych

Institut Fraunhofera ISE przebadał w ciągu ostatnich 20 lat około 300 instalacji pomp ciepła w rzeczywistych warunkach działania, obliczając jednocześnie ich efektywność. W zaprezentowanej tabeli (tab. 1) przedstawiono wyniki z dwóch projektów dotyczących istniejących budynków (w odróżnieniu od budynków nowo budowanych).

Efektywność pomp ciepła wyznaczana jest w pierwszej kolejności w laboratoriach – dla ściśle określonych warunków pracy. W ten sposób wyliczane są tak zwane współczynniki COP (*Coefficient of Performance*). Dzięki tym wartościom możliwe jest w sposób znormalizowany porównanie różnych modeli pomp ciepła między sobą. Określenie współczynników COP umożliwia również obliczenie tak zwanych sezonowych współczynników efektywności (SCOP), przy użyciu konkretnych, planowanych para-

Powody zróżnicowania wyników. Projekty te zostały przeprowadzone z około 10-letnim przesunięciem czasowym. Z tego powodu poprawę wartości średniej efektywności na przykład dla gruntowych pomp ciepła: z 3,3 na 4,1, częściowo wytłumaczyć można rozwojem technologicznym pomp ciepła. Kolejnym powodem jest odmienny standard energetyczny badanych budynków. Budynki w pierwszym projekcie w większości nie były poddane termomodernizacji, a w 90% z nich rozprzewodzenie ciepła w pomieszczeniach realizowane było poprzez grzejniki. W drugim projekcie wprowadzie wszystkie badane budynki miały pomiędzy 15 a 150 lat, ale niektóre z nich poddane były wcześniejszej częściowej lub całkowitej termomodernizacji.

Wszystkie wartości efektywności w obu projektach obliczane były z uwzględnieniem obu trybów pracy pompy ciepła – ogrzewania pomieszczeń oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. W bilansowaniu uwzględniano również energię elektryczną potrzebną do ewentualnej pracy grzałek elektrycznych.

Tabela 1. Wyniki dwóch projektów badawczych Instytutu Fraunhofera ISE w istniejących budynkach wyposażonych w powietrzne lub gruntowe pompy ciepła – efektywność instalacji określona przez wartości średnie oraz przedziały uzyskanych wartości

nazwa projektu	powietrzne PC	gruntowe PC	ilość instalacji	okres pomiarowy
Projekt 1 (WP im Gebäudebestand)	2,1 2,6 3,3	3,3 4,3	35	01.2008-12.2009
	2,2	3,3	36	
Projekt 2 (WPsmart im Bestand)	2,5 3,1 3,8 (4,6)	3,3 4,1 4,7	29	07.2018-06.2019 (najnowsze wyniki)
	(1,8)	3,3	12	

Ogólny obraz na podstawie uzyskanych wyników.

W okresie od czerwca 2018 roku do lipca 2019 roku powietrzne pompy ciepła uzyskały wartości efektywności pomiędzy 2,5 a 3,8. Wartość średnia wyniosła 3,1. Dwa najlepsze wyniki uzyskane w budynkach po pełnej termomodernizacji nie zostały uwzględnione przy obliczaniu wartości średnich. Z kolei 12 instalacji z gruntowymi pompami ciepła uzyskała wartość średnią 4,1, przy przedziale od 3,3 do 4,7. Najniższa wartość 1,8 nie została uwzględniona przy obliczaniu wartości średniej.

Uzyskane wartości wskazują na dobre działanie pomp ciepła w istniejących budynkach. Znaczenie uzyskanych wyników, zarówno pod względem ekologicznym, jak i ekonomicznym, omówione zostanie w kolejnych rozdziałach poradnika.

Efektywność a maksymalna temperatura zasilania.

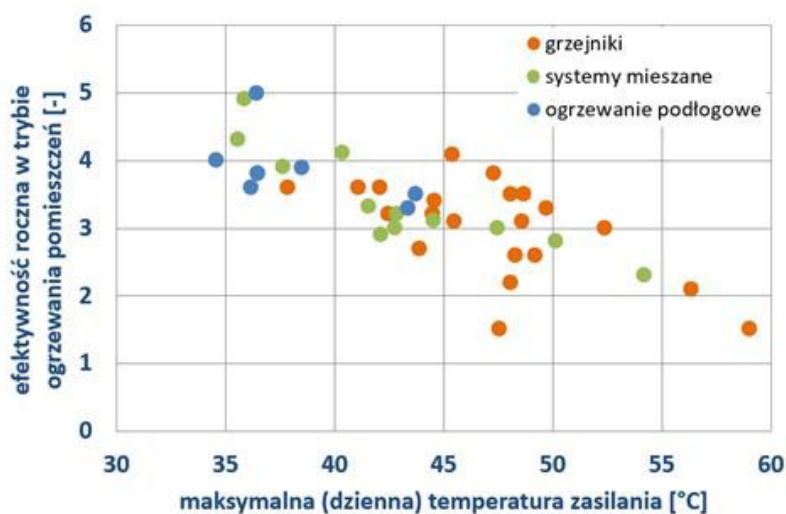
Przedstawione wcześniej wartości średnie efektywności badanych instalacji pozwalają jedynie na bardzo ogólny obraz działania pomp ciepła. Przykład bardziej dogłębnej analizy przedstawiono w zaprezentowanym diagramie (rys. 2). Przedstawia on wyniki efektywności 41 instalacji powietrznych pomp ciepła działających w trybie ogrzewania pomieszczeń. Dla każdej z instalacji przedstawiono uzyskaną efektywność w zależności od (dziennej) maksymalnej temperatury zasilania. Trzy kolory symbolizują różne systemy rozprowadzenia ciepła. Kolor pomarańczowy to budynki z grzejnikami, kolor niebieski to systemy z ogrzewaniem podłogowym, a zielony symbolizuje układy mieszane.

W pierwszej kolejności rozpoznać można generalną zależność – im niższa temperatura zasilania, tym wyższa efektywność. Zasady teoretyczne zostały więc potwierdzone w praktyce. Potwierdzone zostało również drugie ogólne twierdzenie – systemy grzewcze z ogrzewaniem podłogowym osiągają tendencyjnie wyższą efektywność niż systemy z grzejnikami. Interesujący jest jednak fakt, że widoczny rozkład nie jest jednoznaczny. Większość wyników leży pomiędzy wartościami efektywności 3,0 i 4,0. Wartość średnia wszystkich instalacji to 3,3. Zarówno systemy z grzejnikami, jak i te z ogrzewaniem podłogowym uzyskały podobne wartości. Inaczej patrząc, siedem instalacji z grzejnikami pracujących z podobnymi temperaturami zasilania na poziomie około 48°C uzyskało efektywność pomiędzy 1,5 i 3,8. Jest to bardzo duży rozstrzał wskazujący na inne wpływy na efektywność niż jedynie temperatura zasilania.

Przykładowo dwie instalacje, które uzyskały „podejrzenie” niską efektywność – około 1,5, to pompy ciepła starszej daty, mające jednocześnie niskie wartości współczynników COP. Decydującym aspektem w tych dwóch przypadkach były jednak błędy pro-

jektowe i instalacyjne, które spowodowały w konsekwencji wadliwe działanie pompy ciepła i duży udział grzałek elektrycznych.

Przedstawione wyniki wskazują na to, że temperatura zasilania nie jest aspektem decydującym o efektywności pomp ciepła. Jest to pocieszające dla instalacji, w których stosunkowo wysoka temperatura zasilania jest niezbędna. Również w tych instalacjach możliwe jest uzyskanie dobrej efektywności.



Rys. 2. Roczne wartości średnie efektywności 41 powietrznych pomp ciepła z różnymi systemami rozprowadzenia ciepła

Wyniki wskazują jednak również na to, że sam system niskotemperaturowy z ogrzewaniem podłogowym nie jest gwarantem uzyskania wysokiej efektywności. W obu przypadkach niezbędne jest fachowe i poprawne planowanie, instalacja i uruchomienie instalacji z pompą ciepła. To ono zadecyduje o tym, jak efektywnie będzie działał dany system.

Dobre wyniki już dziś

Wyniki badań potwierdzają, że pompy ciepła jako urządzenia grzewcze mogą dobrze działać również w istniejących budynkach. Korzyści ekologiczne oraz ekonomiczne wynikające z ich stosowania zostaną omówione dokładniej w kolejnych rozdziałach. Badane urządzenia działały najczęściej bez problemów technicznych. Usterki zdarzały się bardzo rzadko. Na korzyść instalacji z pompami ciepła przemawia również to, że w ostatnich latach zaobserwować można intensywny rozwój technologiczny tych urządzeń, który będzie z pewnością kontynuowany dzięki innowacyjnym rozwiązaniom. Podsumowując należy powiedzieć, że wyniki uzyskiwane przez pompy ciepła już dziś należy uznać za (co najmniej) dobre.

Jak często włączają się grzałki elektryczne pomp ciepła?

Jaki jest udział pracy grzałek elektrycznych w zaopatrzeniu w energię cieplną budynku z pompą ciepła? Jak bardzo zmniejsza się efektywność pracy pomp ciepła w wyniku działania takiej grzałki? – To kolejne tematy, którym warto poświęcić trochę uwagi, by uporać się z niekonięcznie prawdziwymi, utartymi przekonaniem.

Systemy grzewcze bazujące na pompach ciepła wyposażone są najczęściej w grzałki elektryczne. Przejmują one funkcje grzewcze – całkowicie lub równoległe z pompą ciepła – od momentu przekroczenia określonej temperatury zewnętrznej, na przykład -5°C . Moment ten nazywany jest punktem biwalentnym. Dzięki takiemu „wsparciu” możliwe jest ograniczenie maksymalnej koniecznej mocy grzewczej powietrznych pomp ciepła.



Rys. 3. Dom w Saksonii, Niemcy, z pompą ciepła typu solanka-woda. Więcej informacji o projekcie <https://bit.ly/3ccrtum>

Warto zauważyć, że jest to nie tylko pozytywne pod względem ekonomicznym, ale pozwala również na lepsze działanie pompy ciepła w warunkach wyższych temperatur zewnętrznych. Zbyt duża rozbieżność pomiędzy mocą grzewczą pompy ciepła a zapotrzebowaniem budynku na ciepło skutkuje bowiem częstymi przerwami pracy sprężarki (kluczowego elementu pompy ciepła), co może negatywnie odbić się na długości jej życia. Jednak w przypadku tak zwanych inwerterowych pomp ciepła, potrafiących dopasowywać płynnie swoją moc grzewczą do panujących warunków działania, problem ten znacznie maleje.

Grzałka elektryczna – fakty przeczą mitom

W porównaniu z pompą ciepła grzałka elektryczna ma znacznie niższą efektywność. Zakłada się, że grzałki są w stanie zamienić jedną jednostkę

energii elektrycznej w jedną jednostkę energii cieplnej. Pompy ciepła dostarczają najczęściej od trzech do czterech jednostek ciepła z jednej jednostki energii elektrycznej, są więc od trzech do czterech razy bardziej efektywne niż grzałki elektryczne.

Oczywiste jest zatem, że jeśli grzałka elektryczna działa w systemie grzewczym z pompą ciepła zbyt często, to negatywne skutki mają wyraźny wpływ zarówno na koszty działania instalacji, jak i na jej bilans ekologiczny. Szeroko rozpowszechniony przesąd przeciw pompom ciepła mówi o częstej pracy grzałek i związanym z tym niebezpieczeństwie „eksplozowania” kosztów eksploatacyjnych. Jednak badania monitoringowe pomp ciepła w sposób jednoznaczny przeczą tej tezie.

Wyniki monitoringu blisko 270 instalacji

Grafika przedstawiona na rys. 4 obrazuje wyniki przekrojowej analizy pracy 266 pomp ciepła w rzeczywistych warunkach działania. 117 powietrznych oraz 149 gruntowych pomp ciepła brało udział w czterech projektach monitoringowych w okresie 15 ostatnich lat w Niemczech. Dwa z tych projektów przeprowadzone były w budynkach nowych, dwa – w istniejących budynkach (starszych).

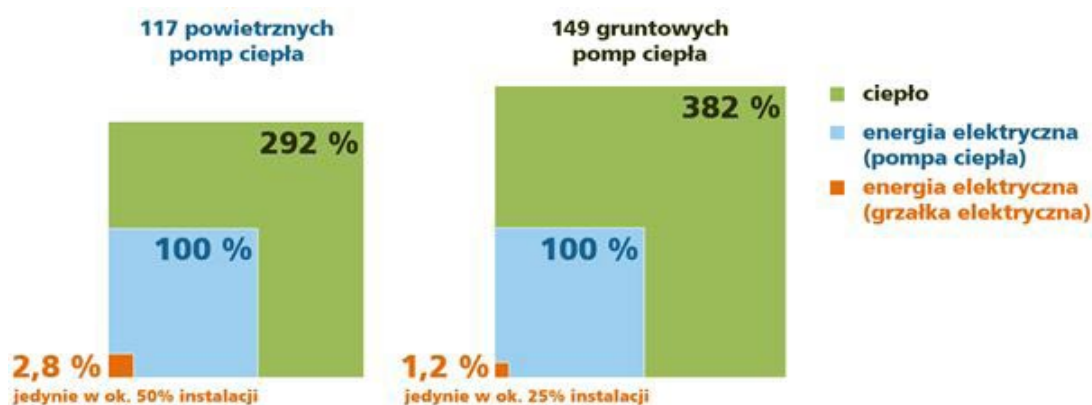
Wyniki pomiarów wykonywanych podczas tych projektów pokazały, że:

- w przypadku powietrznych pomp ciepła, ze 100% energii elektrycznej (niebieska powierzchnia na rys. 4) uzyskano 292% energii cieplnej (zielona powierzchnia);
- w przypadku gruntowych pomp ciepła, ze 100% energii elektrycznej (niebieska powierzchnia na rys. 4) uzyskano 382% energii cieplnej (zielona powierzchnia).

Odpowiada to wartościom sezonowej efektywności badanych pomp ciepła odpowiednio na poziomie:

- 2,9 dla powietrznych pomp ciepła,
- 3,8 dla gruntowych pomp ciepła.

Kolor pomarańczowy na rys. 4 symbolizuje energię elektryczną konieczną do pracy grzałki elektrycznej. Warto zauważyć, że wartości te są bardzo niskie.



Rys. 4. Efektywność pracy 266 pomp ciepła, które były analizowane w rzeczywistych warunkach działania, przy uwzględnieniu zużycia energii przez grzałki elektryczne. Dane zebrano na podstawie czterech projektów monitoringowych przeprowadzonych w Niemczech w okresie ostatnich 15 lat

Udział pracy grzałki – powietrzne pompy ciepła.

Jak pokazały pomiary, udział energii elektrycznej zużytej przez grzałki w powietrznych pompach ciepła wyniósł średnio jedynie 2,8%, przy czym w około połowie wszystkich instalacji nie zanotowano jakiegokolwiek pracy grzałek (bez względu na rodzaj budynków). Ponadto – jeśli spojrzymy na dane z ostatnio przeprowadzonego projektu pomp ciepła w istniejących budynkach (najmłodszego z tych czterech) – to udział grzałek elektrycznych dla powietrznych pomp ciepła wyniósł jedynie 1,9%. Większe wartości zanotowano jedynie z powodu błędnych ustawień instalacji albo nielicznych usterek pomp ciepła lub też w trybie zwalczania Legionelii w wodzie użytkowej.

Udział pracy grzałki – gruntowe pompy ciepła.

W grupie gruntowych pomp ciepła udział grzałek w zużyciu energii elektrycznej był jeszcze mniejszy niż w grupie powietrznych pomp ciepła i wyniósł średnio dla wszystkich instalacji 1,2%. W około 75% instalacji nie odnotowano jakiegokolwiek pracy grzałek. Prawdopodobnie tak dobre wyniki nie są zaskoczeniem dla fachowców, ponieważ w systemach gruntowych pomp ciepła grzałki elektryczne spełniają jedynie rolę zabezpieczającą w przypadku usterek pomp ciepła.

Ile faktycznie kosztuje praca grzałek?

Udział grzałek elektrycznych, w które wyposażane są pompy ciepła, w dostarczaniu energii cieplnej jest więc bardzo niewielki. Ale jakie są koszty związane z ich działaniem? – Zależy jest to oczywiście od wielu czynników. Przykładowe rozliczenie przeprowadzono dla następujących uwarunkowań:

- dom o powierzchni grzewczej 150 m²,
- pompa ciepła działająca z efektywnością 3,0,
- cena energii elektrycznej na poziomie 60 groszy za kilowatogodzinę.

Przy takich założeniach udział grzałki elektrycznej w ogrzewaniu – na poziomie 1% ogólnego zużycia energii elektrycznej przez pompę ciepła, będzie kosztował rocznie:

- w domu niepoddanym termomodernizacji, o zapotrzebowaniu energetycznym 150 kWh na m² i rok – dokładnie 90 zł;
- w przypadku budynków nowych, o zapotrzebowaniu 50 kWh na m² i rok – jedynie 30 zł.

Zarówno teoria, jak i praktyka są ze sobą zgodne – w przypadku poprawnie zaplanowanych oraz wykonanych instalacji pomp ciepła, grzałki elektryczne odgrywają jedynie marginalną rolę, a ich udział w całkowitym zużyciu energii elektrycznej nie powinien przekraczać 3%. Większy udział wskazuje na możliwości optymalizacji danej instalacji. Inaczej mówiąc, grzałki elektryczne w poprawnie działających instalacjach pomp ciepła nie mają znaczącego wpływu ani na efektywność tych instalacji, ani na koszty ich działania.



6

Pompa ciepła w domu bez termomodernizacji – dwa przykłady

Dotychczasowe rozdziały poradnika poświęcone były podstawowym aspektom działania pomp ciepła w istniejących budynkach oraz wartościom średnim uzyskanym podczas badań monitoringowych. W kolejnym – przedstawione zostaną dwa konkretne przykłady działania pomp ciepła w budynkach zasadniczo niepoddanych termomodernizacji.



Fot. Pixabay

dwóch domów, o których nie można powiedzieć, że są „dobrymi” przykładami pod względem energetycznym. Jednocześnie są to reprezentatywne przykłady budynków niepoddanych pełnej termomodernizacji, a pomimo tego zainstalowane w nich pompy ciepła osiągają dobre wyniki.

Oba budynki nie należą do najmłodszych. Jeden z nich wybudowany został przed 48 latami, drugi – przed 84 latami. Geograficznie oba usytuowane są w dwóch najzimniejszych strefach klimatycznych w Niemczech. W obydwu zainstalowane zostały pompy ciepła, a żaden z nich nie ma instalacji ogrzewania podłogowego, lecz grzejniki.

Przykład pierwszy

Nie ma to jak dobry przykład. Ale jaki przykład jest „dobry” w kontekście pomp ciepła w istniejących budynkach? – W znaczeniu „wzorowy” musiałby to być budynek poddany pełnej termomodernizacji. Jednakże taki dom nie stanowi dla pompy ciepła specjalnego wyzwania. W budynkach po pełnej termomodernizacji (czyli w stanie, do którego długoterminowo powinny dążyć wszystkie budynki) pompy ciepła pracują z podobną efektywnością jak w budynkach nowo budowanych, a więc bardzo dobrą. W tej części przedstawione zostaną zatem przykłady


W starszym z przedstawionych domów (rys. 5), czyli tym liczącym sobie 84 lata, nie przeprowadzono znaczących prac termomodernizacyjnych. Ani ściany zewnętrzne, ani dach czy piwnica nie zostały docieplone od momentu budowy, a więc od 1937 r. Wymienione zostały jedynie okna i odpowiadają one obecnym standardom termicznym. Nie dziwi więc bardzo wysokie zapotrzebowanie na energię cieplną. W roku, w którym dokonano pomiarów, do ogrzania domu niezbędne było dostarczenie 207 kWh energii na m² i rok.

Podczas wymiany źródła ciepła w budynku, razem z wykonaniem instalacji powietrznej pompy ciepła, wymieniono również grzejniki. Zainstalowano tak



rok budowy	1937 (84 lat)
zapotrzebowanie na energię cieplną	około 210 kWh na m ² i rok
stan energetyczny	bardzo zły, nieznaczna termomodernizacja wymienione okna oraz grzejniki
system grzewczy	powietrzna pompa ciepła z grzejnikami
efektywność pompy ciepła	3,0

Rys. 5. Pierwszy z przykładowych budynków – choć charakteryzuje się wysokim zapotrzebowaniem na energię cieplną i nie wykonano w nim istotnych prac termomodernizacyjnych, to zainstalowana pompa ciepła powietrze-woda pracuje z dobrą efektywnością

	rok budowy	1973 (48 lat)
	zapotrzebowanie na energię ciepłą	około 100 kWh/(m ² a)
	stan energetyczny	przeciętny, dach docieplony przed 30 latami, brak innych zmian
	system grzewczy	gruntowa pompa ciepła z grzejnikami
	efektywność pompy ciepła	3,7

Rys. 6. Drugi z przykładowych, starszych budynków, w którym bez istotnej termomodernizacji od 10 lat funkcjonuje z dobrym efektem gruntuwa pompa ciepła

zwane grzejniki konwektorowe z wymuszonym przepływem powietrza. Grzejniki tego typu umożliwiają znaczne obniżenie niezbędnej temperatury zasilania systemu grzewczego. Jest to rozwiązanie szczególnie korzystne dla uzyskania wysokiej efektywności pompy ciepła.

Biorąc pod uwagę wysokie zapotrzebowanie na energię grzewczą budynku, zainstalowana powietrzna pompa ciepła uzyskała bardzo dobrą efektywność – na poziomie 3,0. Udział dodatkowej grzałki elektrycznej był marginalny i nie przekroczył 1% całego zużycia energii elektrycznej.

Warto wspomnieć, że przed wymianą systemu grzewczego, dom ten ogrzewany był bezpośrednio grzejnikami elektrycznymi. Wymiana na pompę ciepła, przy jednoczesnym braku ingerencji w strukturę domu, przyniosła znaczące korzyści zarówno finansowe, jak również ekologiczne.

Przykład drugi

W drugim z naszych przykładowych domów (rys. 6), liczącym sobie blisko 50 lat, gruntuwa pompa ciepła z sondami pionowymi zastąpiła przed ponad 10 latami kocioł grzewczy na olej opałowy. Zarówno ściany, jak i okna budynku pozostają w oryginalnym stanie, a więc ich stan termiczny nie zmienił się od początku użytkowania domu. Jedyne działania służące poprawie stanu energetycznego wykonano przed około 30 latami – został wówczas docieplony dach.

Srednie zapotrzebowanie na energię ciepłą tego domu w latach, w których wykonywane były pomiary, wyniosło około 100 kWh na m² i na rok – jest tym samym trochę niższe od średniego zapotrzebowania na energię ciepłą budynków w Niemczech. System grzewczy oparty na pompie ciepła został opomiarowany przed około 10 latami. Pomimo faktu, iż średnia temperatura zasilania w tym systemie ma drugie najwyższe wartości wśród grupy przebadanych gruntuowych pomp ciepła i wynosi około 45°C, to średnia efektywność pompy ciepła

od lat kształtuje się na poziomie 3,7, z bardzo niewielkimi odchyłami w poszczególnych latach. Jak w przypadku większości gruntuowych pomp ciepła, tak i w tej instalacji nie stwierdzono pracy grzałki elektrycznej.

Dodajmy jeszcze, że w pomieszczeniach zainstalowane są standardowe grzejniki płaskie i nie zostały one wymienione podczas wykonywania nowego systemu grzewczego opartego na gruntuwej pompie ciepła. Powierzchnia ogrzewana budynku wynosi 170 m². Zgodnie ze słowami właściciela domu, całkowite miesięczne koszty energii elektrycznej zarówno dla pracy pompy ciepła, jak i wszystkich innych urządzeń elektrycznych wynoszą około 120 euro. Biorąc pod uwagę, że w Niemczech jest blisko dwukrotnie wyższa cena energii elektrycznej niż w naszym kraju, w warunkach polskich koszty te wynosiłyby około 270 zł.

Co potwierdzają przedstawione przykłady?

Oba przedstawione przykłady wskazują wyraźnie, że pompy ciepła są w stanie uzyskiwać dobrą efektywność w budynkach poddanych jedynie niewielkim zabiegom termomodernizacyjnym. W obu przypadkach można śmiało mówić o standardowych instalacjach. Oba domy są reprezentatywne dla dużej liczby podobnych obiektów, zarówno pod względem architektonicznym, fizyki budowli, jak i zastosowanych rozwiązań pomp ciepła.

W przypadku pierwszego z prezentowanych domów widać wyraźnie, jak duży pozytywny wpływ na uzyskane wyniki ma przeprowadzenie celowych (wymiana grzejników z tradycyjnych na tzw. konwektorowe), a zarazem niezbyt kosztownych zmian systemu grzewczego.

! **Wiele innych przykładów opisanych w raporcie końcowym niemieckiego projektu monitoringowego (➡), daje szeroki obraz działania pomp ciepła w istniejących budynkach.** ■

Ocena ekologiczna działania pomp ciepła w istniejących budynkach

Czy pompy ciepła w istniejących budynkach działają w sposób przyjazny środowisku i na ile ekologiczna jest ich praca? – Są to jedne z kluczowych pytań, które należy postawić w powiązaniu z rolą pomp ciepła w systemie energetycznym przyszłości.

Aby złagodzić skutki zmian klimatycznych, niezbędna jest drastyczna redukcja emisji dwutlenku węgla. W ramach „Europejskiego Zielonego Ładu” (*European Green Deal*) zaostrożono w ostatnim czasie cele redukcji dwutlenku węgla do roku 2030: z 40% do 55%. Celem nadrzędnym jest neutralność klimatyczna do roku 2050. Wiele krajów zaostroża zatem swoje plany do roku 2030, by ten cel udało się zrealizować. Na przykład w Niemczech planuje się zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 65% do roku 2030. Plany te potwierdzone zostały przez zdecydowaną większość krajów na szczycie klimatycznym w kwietniu tego roku, gdzie brak jednoznacznej polskiej deklaracji w kwestii neutralności klimatycznej odebrany został co najmniej jako niezrozumiały.

Dekarbonizacja sektora ogrzewania budynków jest jednym z podstawowych założeń, by osiągnąć cele redukcyjne. W tym celu konieczne jest działanie na dwóch frontach:

- po pierwsze, należy wzmocnić zabiegi termomodernizujące budynki, redukując przez to zapotrzebowanie na energię cieplną;
- po drugie, dokonać możliwie szybkiej transformacji technologii ogrzewania budynków na takie, które zapewniają znaczne ograniczenie emisji CO₂, a w perspektywie neutralność klimatyczną.

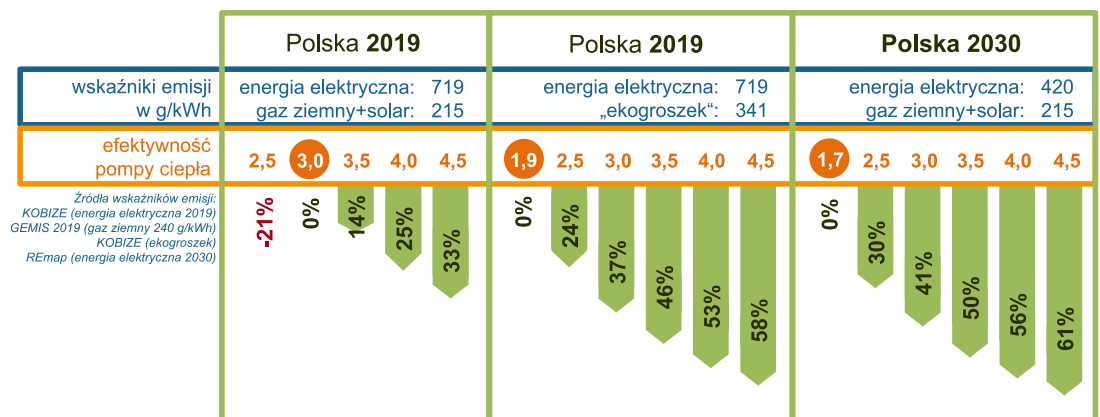
Rola pomp ciepła w dekarbonizacji

Pompy ciepła są dojrzałą technologią, która już dziś zastąpić może w większości przypadków systemy grzewcze bazujące na kopalnych źródłach energii, takich jak gaz ziemny, olej opałowy czy węgiel. Z tego powodu, pompy ciepła uważane są za centralny element przyszłościowego, neutralnego klimatycznie systemu energetycznego.

! **Jak duża jest redukcja emisji dwutlenku węgla dzięki zastosowaniu pomp ciepła? – Zależy to od dwóch współczynników: intensywności emisyjnej energii elektrycznej oraz efektywności pompy ciepła.**

Intensywność emisyjna energii elektrycznej

Wartość tego wskaźnika mówi, w jak „czysty” sposób wyprodukowana została energia elektryczna, czyli ile gram dwutlenku węgla wyemitowane zostało do atmosfery przy produkcji jednej kilowatogodziny prądu. Wskaźnik ten jest wartością dynamiczną, zależy od pory roku lub nawet dnia oraz obszaru geograficznego. W obliczeniach używa się najczęściej jego średniej wartości rocznej.



Redukcja emisji CO₂ w porównaniu z kotłem gazowym* oraz kotłem na „ekogroszek”

*sprawność kotła 90%, udział wsparcia kolektorów słonecznych dla c.w.u. 70%

Rys. 7. Porównanie redukcji emisji CO₂; pompa ciepła a inne technologie grzewcze (kocioł gazowy o sprawności 90%, wspomagany w 70% kolektorami słonecznymi przy produkcji c.w.u., oraz kocioł węglowy na tzw. ekogroszek). Stan wg wskaźników emisji dla Polski za 2019 r. i prognozowanych na 2030 r.

Zgodnie ze statystyką Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), wskaźnik emisji dla odbiorców końcowych energii elektrycznej wyniósł w Polsce w 2019 roku 719 g CO₂/kWh. Wartość ta maleje co roku, wraz ze wzrostem udziału odnawialnych źródeł energii w wytwarzaniu energii elektrycznej oraz wzrostem efektywności elektrowni. Dla porównania:

- w Niemczech wartość wskaźnika emisji dla odbiorców końcowych energii elektrycznej wynosi obecnie 401 g CO₂/kWh (w 2020 r. po raz pierwszy udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej przekroczył 50%),
- wartość średnia tego wskaźnika dla krajów EU28 znajduje się poniżej 300 g CO₂/kWh.

Pompy ciepła a inne technologie – porównanie redukcji emisji CO₂

Grafika zaprezentowana na rys. 7 obrazuje redukcję emisji dwutlenku węgla dzięki zastosowaniu pomp ciepła – w zależności od ich efektywności, w porównaniu z kotłem gazowym (o sprawności 90%) oraz kotłem węglowym zasilanym tzw. ekogroszkiem. W przypadku kotła gazowego produkcja ciepłej wody użytkowej realizowana jest w 70% przez termiczny kolektor słoneczny. Analizę przeprowadzono dla obecnego stanu wskaźników emisji (Polska 2019) oraz stanu przewidywanego w roku 2030.

Porównanie z kotłem gazowym wspomaganym kolektorami. Biorąc pod uwagę dane z roku 2019 i w porównaniu z kotłem gazowym wspomaganym termicznym kolektorem solarnym, pompa ciepła przyczynia się pozytywnie do redukcji emisji CO₂, jeśli jej efektywność jest na poziomie 3,0 lub wyższej.

Warto wspomnieć, że jeżeli założymy udział energii elektrycznej pochodzącej z własnej instalacji fotowoltaicznej na poziomie 20%, pozytywne efekty redukcji emisji CO₂ uzyskiwane są już od efektywności pompy ciepła 2,4.

Porównanie z kotłem na tzw. ekogroszek. Kolejne porównanie redukcji emisji przeprowadzono dla pomp ciepła oraz kotłów spalających węgiel pod postacią „ekogroszku”. W tym przypadku pozytywne efekty redukcji emisji uzyskiwane są już od efektywności pompy ciepła na poziomie 1,9. Uwzględniając wyniki pomiarów monitoringowych (opisane w rozdziale „Wyniki programów monitoringowych powietrznych i gruntowych pomp ciepła”) – w których powietrzne pompy ciepła uzyskały wartości średnie efektywności na poziomie 3,1, natomiast gruntowe pompy ciepła 4,1 – redukcja emisji dwutlenku węgla w porównaniu z kotłem węglowym wynosi co najmniej 40%. Szczególnie w porównaniu z tego typu kotłami pompy ciepła redukują jeszcze jeden znaczący pro-

blem – lokalną emisję zanieczyszczeń pyłowych, popularnie zwanych smogiem.

Założenia na 2030 rok. Ostatnie z porównań przeprowadzone zostało dla wartości wskaźnika emisji energii elektrycznej w 2030 roku. Według przewidywań Komisji Europejskiej i „Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej – IRENA”, zawartych w REMAP 2030, wartości wskaźnika dla Polski osiągną wówczas poziom 420 g CO₂/kWh. Przy takich emisjach, nawet w porównaniu z kotłem gazowym, redukcja CO₂ będzie możliwa już dla pomp ciepła działających z efektywnością 1,7, a więc dla wszystkich poprawnie działających instalacji.

Istotne zależności. Przedstawiona grafika uwypukla jeszcze jeden aspekt. Im wyższa jest efektywność pomp ciepła lub im niższe są wartości wskaźników emisji energii elektrycznej, tym wolniej wzrasta potencjał redukcji CO₂. Wyróżając ten efekt w liczbach – wzrost efektywności pompy ciepła w roku 2030, z wartości 2,5 na 3,5 (a więc o 1,0), powoduje wzrost redukcji o 20%. Taki sam wzrost efektywności, ale z wartości 3,5 na 4,5, oznacza jedynie wzrost redukcji o 11%. Jednocześnie same wartości redukcji są już na bardzo wysokim poziomie.

Nie należy jednak zapominać, że wraz ze wzrostem efektywności pomp ciepła maleje zapotrzebowanie na energię elektryczną, co zarówno pod względem kosztów dla użytkowników końcowych, jak i pod względem generalnej konieczności oszczędzania energii jest bardzo ważnym aspektem.

! Inaczej mówiąc, z czysto ekologicznej perspektywy efektywność pomp ciepła będzie z czasem maleć po początkowym szybkim wzroście ekologicznego zysku. Nie oznacza to jednak, że kwestia efektywności nie pozostanie ważna pod względem ekonomicznym.

Pompy ciepła, ekologia i przyszłość

Podsumowując, należy stwierdzić, że stosowanie pomp ciepła prowadzić będzie do znacznej redukcji emisji dwutlenku węgla w porównaniu z technologiami bazującymi na tak zwanych kopalnych źródłach energii, jak gaz ziemny czy węgiel. Zwiększenie udziału energii odnawialnej w krajowej produkcji energii elektrycznej będzie ten trend znacząco pogłębiać. Już teraz, w bilansie indywidualnym, pompy ciepła osiągały znacznie lepsze wyniki ekologiczne niż kotły gazowe wspierane kolektorami słonecznymi, jeśli uwzględnimy produkcję prądu z własnej instalacji fotowoltaicznej. Wyniki efektywności pomp ciepła uzyskane w projektach monitoringowych pokazują, że urządzenia te działają w sposób ekologiczny, zarówno w budynkach nowo budowanych, jak i istniejących. ■

8

Ocena ekonomiczna: eksploatacja pompy ciepła a kotła gazowego

Bez względu na walory ekologiczne danej technologii, ma ona szansę na powodzenie, jeśli jest ekonomicznie korzystna dla jej użytkowników. Mówiąc krótko, musi się po prostu opłacać. Przyjrzyjmy się zatem aspektowi opłacalności ogrzewania budynku pompą ciepła w porównaniu z kotłem gazowym.

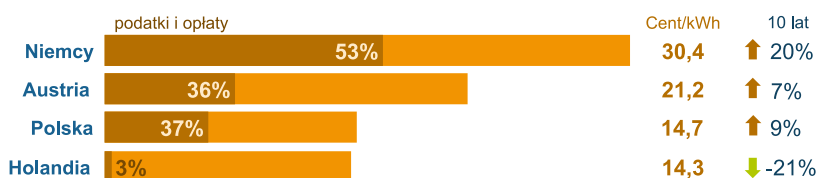
Całościowa ocena ekonomiczna, uwzględniająca zarówno koszty inwestycyjne, jak i bieżące, jest kompleksowa, a jej wyniki zależą od wielu parametrów. Pompy ciepła są obecnie droższe niż np. kotły gazowe, jednakże różnica w cenie zmienia się w zależności od modelu i jakości urządzeń. Biorąc pod uwagę szybki wzrost liczby produkowanych pomp ciepła, można liczyć na obniżenie ich cen w niedalekiej przyszłości.

Dodatkowym elementem utrudniającym całościowe porównanie ekonomiczne są różnego rodzaju dofinansowania, które często niwelują większe koszty inwestycyjne. Trudno się więc dziwić, że dla użytkowników indywidualnych najbardziej wymierne są koszty eksploatacyjne. I właśnie ten temat teraz przybliżę.

Nierówny punkt wyjścia

W przypadku elektrycznych pomp ciepła cena prądu jest decydująca dla oceny kosztów eksploatacyjnych. Jak różna może być cena energii w poszczególnych krajach – zarówno wartość absolutna, jak i udział podatków i opłat – pokazuje grafika na rys. 8.

Zgodnie z danymi „Eurostatu”, urzędu statystycznego Unii Europejskiej, najwyższe ceny energii elektrycznej dla odbiorców indywidualnych są obecnie w Niemczech. Również udział podatków i opłat w całkowitej cenie energii jest w tym kraju na bardzo wysokim poziomie. W dodatku ceny energii elektrycznej wzrosły tam w ciągu ostatnich 10 lat o 20%. Głównym powodem takiego stanu rzeczy jest fakt, że koszty zmian systemu energetycznego (*Energie-wende*) ponosi właśnie energia elektryczna, a nie gaz ziemny czy olej opałowy. Średnia cena energii elektrycznej w Unii Europejskiej wynosi 21 centów



Rys. 8. Ceny energii elektrycznej dla odbiorców indywidualnych przy uwzględnieniu podatków i innych opłat w roku 2020 (źródło: Eurostat 2021, <https://strom-report.de/strompreise-europa/>)

za kilowatogodzinę i taką właśnie cenę płać odbiorcy indywidualni w Austrii. Cena w Polsce to około połowy ceny niemieckiej – 14,7 centów. W ciągu ostatnich 10 lat cena energii elektrycznej w Polsce wzrosła o 9%. Podobna cena jest również w Holandii, lecz tam, dzięki konsekwentnemu obniżaniu podatków, cena energii elektrycznej w tym samym czasie spadła o ponad 20%.

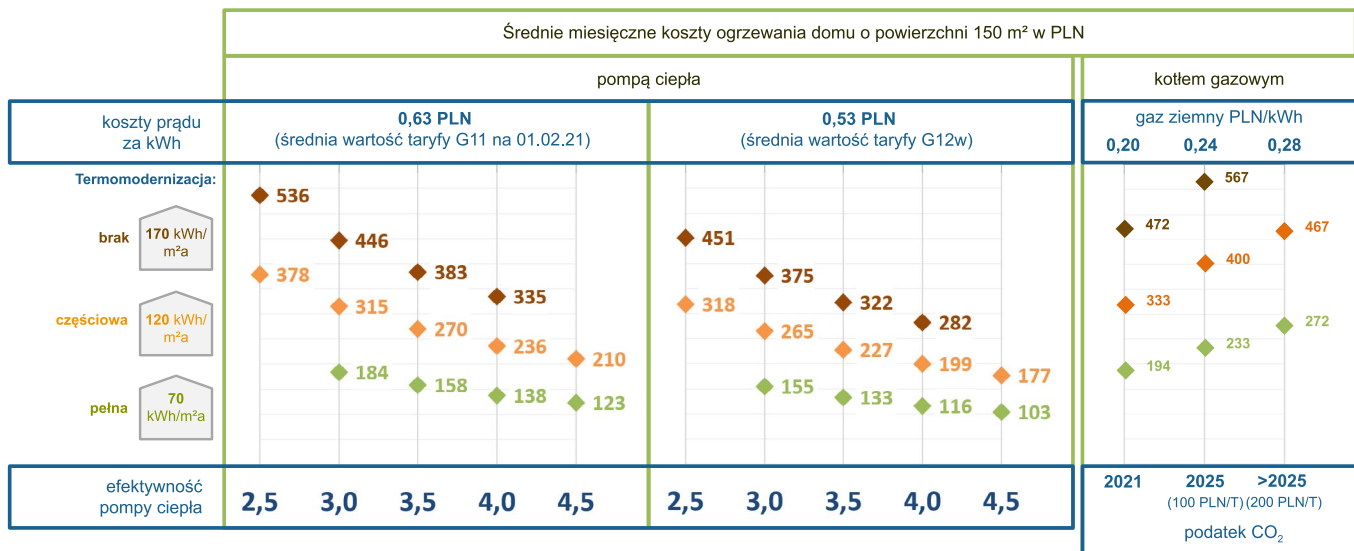
Porównanie miesięcznych kosztów

Pomijając cenę prądu, na wysokość kosztów eksploatacyjnych pompy ciepła mają wpływ również inne parametry. Oczywiście, decydujące są tutaj standard energetyczny budynku oraz jego powierzchnia grzewcza. Inaczej mówiąc, ilość energii grzewczej potrzebnej do ogrzania budynku. Kolejnym ważnym faktorem jest efektywność pompy ciepła. Podobnie jak w przypadku innych technologii, decydujące są oczywiście koszty paliw przez nie wykorzystywanych.

Założenia do obliczeń. Grafika na rys. 9 obrazuje miesięczne koszty ogrzewania budynku o powierzchni grzewczej 150 m² – z rozróżnieniem na pompę ciepła oraz kocioł na gaz ziemny. W celu uproszczenia obliczeń, ogrzewanie ciepłej wody użytkowej pominięto. Założono różny standard energetyczny budynku: budynek bez termomodernizacji oraz z częściową lub całkowitą termomodernizacją, odpowiednio o zapotrzebowaniu na energię cieplną na poziomie 170, 120 oraz 70 kWh na m² i rok.

W przypadku pompy ciepła uwzględniono średnie koszty dla taryfy G11 (stała cena prądu przez całą dobę) w wysokości 0,63 zł oraz sugerowanej dla pomp ciepła taryfy G12w (tzw. weekendowej). Miesięczne koszty przedstawione zostały w zależności od efektywności pompy ciepła.

W przypadku cen gazu ziemnego uwzględniono cenę aktualną oraz cenę uwzględniającą możliwy podatek za emisję dwutlenku węgla. Wartości tego podatku odnoszą się do ustawowych cen w Niemczech, przesunięte są jednak czasowo. Dla 2025 r. przyjęto do obliczeń podatek 100 zł za tonę CO₂ (w Niemczech wartość 25 euro obowiązuje już od br.) oraz 200 zł za tonę CO₂ po 2025 r. (w Niem-



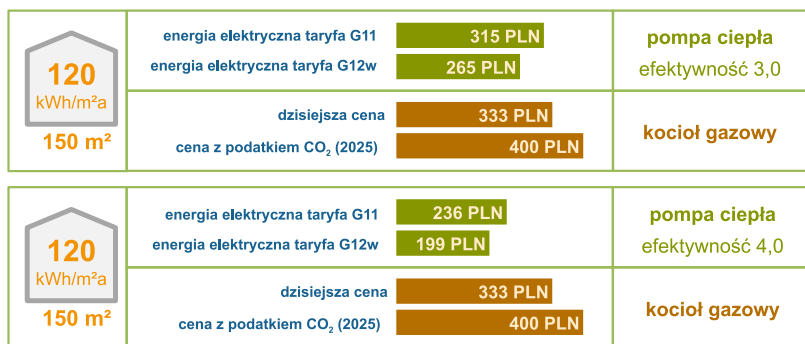
Rys. 9. Porównanie średnich miesięcznych kosztów ogrzewania domu pompą ciepła i kotłem gazowym

czek 55 euro obowiązywać będzie już od 2025 r., natomiast w latach późniejszych prognozowany jest podatek co najmniej 100 euro za tonę CO₂). Przy obliczeniach dla kotła gazowego uwzględniono jego efektywność na poziomie 90%.

Co wykazało porównanie kosztów? Przede wszystkim jednoznacznie widoczna jest rola efektywności pompy ciepła. Na przykład średnie miesięczne koszty dla pompy ciepła o efektywności 3,0 (wartość reprezentatywna dla powietrznej pompy ciepła), pracującej w budynku niepoddanym termomodernizacji i przy korzystaniu z taryfy G11, wynoszą 446 zł. Dla tego samego przypadku, ale przy efektywności pompy ciepła 4,0 (średnia wartość dla gruntowych pomp ciepła), koszty te są o ponad 100 zł niższe i wynoszą 335 zł. W obu przypadkach koszty ogrzewania pompą ciepła są niższe od kosztów ogrzewania kotłem gazowym.

Uwzględniając dzisiejsze ceny, ogrzewanie pompą ciepła jest bardziej ekonomiczne od ogrzewania kotłem gazowym, jeśli pompa ciepła osiąga efektywność większą niż 3,0. Jeśli uwzględniona zostanie taryfa dedykowana pompom ciepła (G12w), oszczędności wobec kotła gazowego wynoszą dla tej efektywności już około 100 zł miesięcznie. Podobny lub nawet lepszy efekt uzyskać można dzięki połączeniu pompy ciepła z instalacją fotowoltaiczną. Zmiany cen gazu ziemnego, np. na skutek dodatkowego podatku za emisję CO₂, jedynie tę tendencję pogłębiają.

Grafika na rys. 10 przedstawia w sposób uproszczony omawiane porównanie. Zredukowano ją jedynie do jednego typu domu (poddanego częściowej termomodernizacji) oraz do dwóch wielkości efektywności pomp ciepła. Miesięczne koszty eksploatacyjne policzone zostały dla pomp ciepła o efektywności 3,0 oraz 4,0. W obu przypadkach jasno widoczne są



Rys. 10. Porównanie kosztów ogrzewania domu po częściowej termomodernizacji pompą ciepła i kotłem gazowym zależnie od efektywności pompy ciepła oraz ceny paliw

korzyści ekonomiczne uzyskiwane dzięki tej technologii. Optymalizacja ceny energii elektrycznej (poprzez wybór taryfy lub własną instalację fotowoltaiczną) oraz prawdopodobny wzrost ceny gazu ziemnego, zwiększają korzyści po stronie ogrzewania pompą ciepła.

Powinno być jeszcze korzystniej...

Opisane w poprzednim rozdziale korzyści ekologiczne wynikające ze stosowania technologii pomp ciepła jednoznacznie pokazują, jak ważne jest możliwie szerokie jej wykorzystanie zarówno w budynkach nowo budowanych, jak i starszych. Aby przyspieszyć ten proces, niezbędne są ewidentne korzyści ekonomiczne dla użytkowników pomp ciepła. Dzięki obniżeniu cen energii elektrycznej dla tej technologii, np. przez celowe obniżenie podatków, taryfy dedykowane itp., możliwe będzie szybsze rozpowszechnienie pomp ciepła, a co za tym idzie – zbliżenie się do osiągnięcia ambitnych celów klimatycznych. ■

Czy warto czekać z inwestycją na dalszy rozwój technologii?

Przyjrzyjmy się teraz trendom w rozwoju technologicznym pomp ciepła. Krytyczne pytanie w tym kontekście brzmi: Czy powinniśmy jeszcze poczekać z instalacją pomp ciepła, aż będą na pewno gotowe do działania w istniejących budynkach?

Za postawionym pytaniem, czy warto czekać z instalacją pompy ciepła, stoją dwie kolejne kwestie do rozważenia.

– *Po pierwsze, czy technologia pomp ciepła osiągnęła już wystarczającą dojrzałość, aby ją stosować z dobrymi wynikami?*

– *Po drugie, jakie korzyści mogą płynąć z dalszego rozwoju technologicznego tych urządzeń?*

paleta pomp ciepła cechujących się różną ceną i idącą za tym często różną efektywnością. Jako podstawę do dalszych rozważań przyjęto zatem bardzo szeroką listę pomp ciepła, które zostały dopuszczone do dofinansowań na rynku niemieckim (tak zwaną listę „BAFA”). Dla wszystkich urządzeń na tej liście podano efektywność dla danego punktu pracy. Na przykład dla temperatury powietrza zewnętrznego na poziomie 2°C oraz temperatury zasilania 35°C, wartość efektywności COP dla powietrznych pomp ciepła powinna zawierać się od 3,1 aż do 4,7.

Tak wielka rozpiętość wyników w zakresie współczynnika COP pokazuje, jak zróżnicowane, jeśli chodzi o zaawansowanie technologiczne, są produkty dostępne na rynku. Wskazuje to również, jak wysoką efektywność można uzyskać przy dzisiejszym rozwoju technologicznym.

! Kolejnym krokiem rozwojowym powinno być **zatem osiągnięcie dobrej efektywności niższymi kosztami. Ten rozwój będzie naturalną konsekwencją szybko rosnącej liczby produkowanych pomp ciepła.**

I jeszcze jeden argument: Europejskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła (EHPA) podało ostatnio dane rynkowe dla 21 europejskich krajów. Według nich, w krajach tych zainstalowano już prawie 15 milionów pomp ciepła. Co roku przybywa obecnie 1,6 miliona tego typu instalacji, z tendencją szybkiego wzrostu. Niedojrzała rozwojowo technologia nie byłaby w stanie osiągnąć takich wyników.

Dopasowanie to dziś żaden problem

Czy pompy ciepła będą w przyszłości jeszcze lepiej dopasowane do istniejących budynków? – Zamiast zastanawiać się nad tą kwestią i odwlekać inwestycję, radzę przyjrzeć się obecnym realiom i już istniejącym możliwościom technologii pomp ciepła. Międzynarodowe targi ISH we Frankfurcie nad Menem zawsze są bardzo dobrym barometrem trendów technicznych. Większość producentów pomp ciepła zaprezentowało w 2021 roku rozwiązania dla istniejących budynków. Cały szereg nowych produktów



Fot. Shutterstock

Wyniki programów monitoringowych opisanych we wcześniejszych rozdziałach naszego poradnika, będących jednocześnie podstawą do ekologicznej i ekonomicznej oceny pomp ciepła, bazują na stanie technologicznym sprzed pięciu do dziesięciu lat. Już wtedy powietrzne pompy ciepła wyposażone były w większości w elektroniczne zawory rozprężne, przynoszące znaczną poprawę efektywności. Niektóre z badanych pomp ciepła miały kompresory umożliwiające regulację mocy – dzisiaj jest to już standard. Pokazuje to, jak duży rozwój technologiczny tych urządzeń obserwować można było w ostatnich latach.

Duży wybór, masowe zastosowania i spadek cen

Podobnie jak w przypadku innych dojrzałych urządzeń technicznych, na rynku dostępna jest cała

działa w oparciu o przyjazne środowisku czynniki robocze, które często „przy okazji” umożliwiają również wyższe temperatury zasilania. Przykładem może być propan, dzięki któremu pompy ciepła mogą zapewnić temperaturę zasilania systemu grzewczego na poziomie 75°C. Widać więc wyraźnie, że nie jest już problem dobrotę odpowiedniego produktu, nawet dla budynków wymagających wysokiej temperatury zasilania (patrz: rozdział „Temperatura zasilania systemu grzewczego”).

I kolejna istotna sprawa – przed 20-30 latami głównym zadaniem branży było przekonanie potencjalnych użytkowników, że pompy ciepła w ogóle działają. Jeszcze około 10 lat temu następnym krokiem było udowodnienie, że pompy ciepła są w stanie pracować z wysoką efektywnością. Obecnie, jeśli tylko instalacja została poprawnie zaprojektowana i zainstalowana, jest to łatwe do osiągnięcia. Coraz mniejsze znaczenie ma zatem samo urządzenie, ponieważ musi się ono mieścić w określonych kryteriach i odpowiadać aktualnemu poziomowi zaawansowania technologii, przez co rośnie znaczenie poprawnej instalacji.

Warto jednak zauważyć, że obecne struktury i procesy działania rynku nie są jeszcze przygotowane, aby instalować konieczną dla spełnienia celów klimatycznych liczbę pomp ciepła. Dotyczy to nie tylko Polski, lecz wielu innych krajów. Coraz częściej klienci skarżą się na problemy z uzyskaniem oferty oraz na odległe terminy instalacyjne. Im wyraźniejsze są sygnały ze strony polityków i instytucji rządowych polecające i wspierające instalacje pomp ciepła, tym większe wyzwania czekają na branżę pomp ciepła.

Możliwe kierunki rozwoju technologii pomp ciepła

Rozwój technologiczny pomp ciepła odpowiada obecnie zróżnicowanym potrzebom odbiorców końcowych i nie skupia się na jednym celu. Próba kategoryzacji potrzeb i celów rozwojowych w tym zakresie podjęta została w ramach międzynarodowego projektu Annex 55 CCB (👉). Jako cztery możliwe zasadnicze cele rozwojowe, odpowiadające zróżnicowanym potrzebom klientów, wskazano (rys. 11):

- optymalizację ceny pomp ciepła,
- maksymalną elastyczność działania i komunikację,
- redukcję rozmiaru urządzeń,
- tworzenie wariantów „luksusowych” pomp ciepła.

Optymalizacja ceny. Pierwszy kierunek rozwojowy „optymalizacja ceny” nakierowany jest na stworzenie produktu masowego. Produkty z tej grupy nie będą miały może doskonałych wartości efektywności, ale za to atrakcyjną cenę.



Rys. 11. Cztery możliwe cele rozwojowe w zakresie technologii pomp ciepła określone w ramach międzynarodowego projektu Annex 55 CCB

Maksymalna elastyczność działania i komunikacja. Drugi kierunek to maksymalizacja elastyczności działania pompy ciepła oraz jej zdolności do „komunikowania” się ze światem zewnętrznym. Dotyczy to zarówno możliwości reagowania na chwilowe warunki systemu energetycznego, jak i optymalizacji w obrębie danego (inteligentnego) obiektu.

Redukcja rozmiaru urządzeń. Kolejny kierunek to uzyskanie możliwie kompaktowych urządzeń. W zależności od rynków lub sytuacji mieszkaniowych, ten aspekt często okazuje się decydującym przy podejmowaniu przez klientów decyzji o nowym systemie grzewczym.

Wariant „luksusowy”. Ostatni kierunek, niebędący szczegółowo zdefiniowanym, to „luksusowy” wariant produktów. W tym przypadku aspekty takie jak kompaktowość czy możliwie niska cena nie będą prawdopodobnie odgrywać znaczącej roli. Za to cenione będzie zaawansowanie technologiczne, maksymalna efektywność czy choćby wygląd (design) urządzenia.

Nie ma powodów, by czekać...

Podsumowując, można jasno powiedzieć, że z punktu widzenia klientów końcowych, nie ma powodów, aby czekać na dalszy rozwój technologiczny pomp ciepła przed zdecydowaniem się na wykorzystanie tej technologii w swoim domu. Na rynku dostępna jest cała paleta produktów, zaspokajająca indywidualne wymagania.

Oczywiście, jest prawdopodobne, że w przyszłości pompy ciepła będzie można łatwiej, a co za tym idzie – szybciej zainstalować. Może będą one mogły również samodzielnie optymalizować swoją pracę. Jednakże nie zmienia to faktu, że nie będą one „znacznie lepiej pasujące” do zastosowań, zarówno w budynkach nowych, jak i istniejących. ■

Układy hybrydowe: czy łączyć pompę ciepła z innym źródłem ciepła?

Przyjrzyjmy się teraz tzw. systemom hybrydowym. W tym kontekście warto odpowiedzieć na pytania: czy opłaca się łączenie pomp ciepła z innymi technologiami grzewczymi, na przykład z kotłami gazowymi, oraz w jakich sytuacjach można by rozważać układ hybrydowy?

Przed zastanowieniem się nad sensownością stosowania systemów hybrydowych trzeba wyjaśnić kilka zasadniczych pojęć. Najprostsza forma instalacji pompy ciepła to tzw. system monowalentny. W tym przypadku całe ciepło niezbędne do ogrzania budynku i dostarczenia ciepłej wody użytkowej zapewniane jest wyłącznie dzięki pompie ciepła. Choć wiele systemów działa właśnie w taki sposób, większość instalacji wyposażona jest w dodatkową grzałkę elektryczną. Ponieważ zarówno grzałka, jak i pompa ciepła używają tego samego nośnika energii (prądu), tego typu systemy noszą nazwę „monoenergetycznych”.

Czym jest system hybrydowy?

W przypadku, gdy oprócz pompy ciepła w systemie grzewczym pracuje inny generator ciepła, na przykład piec gazowy lub olejowy, mówimy o tzw. systemach biwalentnych. Pojęciem „hybrydowy” określane są najczęściej systemy, w których dwa agregaty grzewcze stanowią jedno urządzenie, lub co najmniej posiadają wspólną jednostkę sterującą.

Na rynku dostępne są zarówno urządzenia z dominującą pompą ciepła dodatkowo wyposażoną w niewielki mocowo, „szczytowy” kocioł grzewczy, jak i kotły gazowe lub olejowe o mocy grzewczej zdecydowanie większej niż dodatkowa, niewielka pompa ciepła.

Kiedy system hybrydowy jest brany pod uwagę?

Duże zapotrzebowanie na ciepło. Pierwszym z powodów, aby rozważać instalację systemu hybrydowego mogłoby być duże zapotrzebowanie na energię grzewczą danego domu i związaną z tym niezbędną moc grzewczą. Gdyby pompa ciepła nie była w stanie zapewnić odpowiedniej ilości ciepła w każdych warunkach, należałoby „wesprzeć” ją dodatkowym urządzeniem grzewczym. Jednak przy odpowiednim doborze pompy ciepła, opisana sytuacja jest w domach jednorodzinnych mało prawdopodobna. Wyniki badań monitoringowych dobitnie wskazują, że pompy ciepła są w stanie dostarczyć odpowiednią ilość ciepła nawet w przypadku bardzo niskich temperatur zewnętrznych: albo pokrywając

całe zapotrzebowanie autonomicznie, albo z niewielkim udziałem grzałek elektrycznych (patrz rozdział: „Temperatura zasilania systemu grzewczego” oraz „Jak często włączają się grzałki elektryczne pomp ciepła?”). Problem zbyt małej mocy cieplnej występować może w przypadku większych budynków wielorodzinnych, ze względu na limitujące źródło ciepła.

Aspekt ekologiczny. Drugim z powodów uwzględnienia systemu hybrydowego mógłby być aspekt ekologiczny. Wraz z obniżaniem się temperatury zewnętrznej, maleje efektywność pomp ciepła. Poniżej pewnej wartości, w połączeniu z energią elektryczną, której produkcja bazuje na kopalnych źródłach energii, użycie kotła gazowego może powodować mniejszą emisję dwutlenku węgla niż zastosowanie pompy ciepła. Temat ten omówiony został w rozdziale „Ocena ekologiczna działania pomp ciepła w istniejących budynkach”.

Aspekt ekonomiczny. Trzecim z możliwych powodów jest ekonomia. Efektywność pompy ciepła, zależna od temperatury zewnętrznej, jest decydująca dla chwilowych kosztów eksploatacyjnych instalacji. Poniżej pewnej wartości może być bardziej opłacalne chwilowe grzanie kotłem gazowym, a nie pompą ciepła.

Ekologia i ekonomia – sprawdzamy wartości graniczne

Dwa ostatnie wymienione aspekty, które mogą przemawiać za układem hybrydowym, czyli ekologia i ekonomia, zależne są zarówno od efektywności pompy ciepła, jak też od innych parametrów. W przypadku ekologii, a więc dążenia do możliwie najmniejszej emisji dwutlenku węgla, są to wskaźniki emisji energii elektrycznej. Natomiast w przypadku ekonomii, dominującym parametrem jest cena energii elektrycznej, względnie gazu ziemnego.

Grafika na rys. 12 wskazuje, od jakiej temperatury zewnętrznej korzystniejsze jest działanie pompy ciepła lub kotła gazowego z obu perspektyw, ekologicznej oraz ekonomicznej. Obok przedstawionych na grafice wartości „temperatur granicznych”, poniżej

których korzystniej jest ogrzewać kotłem gazowym niż pompą ciepła, pokazano również procentowy udział energii grzewczej pokrywanej przez pompę ciepła w okresie, kiedy ma ona przewagę nad kotłem gazowym.

Założenia do obliczeń. Podstawą do obliczeń jest rozkład energii grzewczej przypadający na każdy stopień temperatury zewnętrznej oraz powietrzna pompa ciepła o efektywności COP 3,7 w punkcie pracy A2/W35. Dodam, że przyjętą wartość należy uznać raczej za konserwatywną. Na rynku dostępne są produkty osiągające w tym samym punkcie pomiarowym efektywność od 3,1 do 4,7.

Jako system rozprowadzenia ciepła zostały uwzględnione grzejniki i odpowiednio do nich przyjęto temperatury zasilania systemu grzewczego.

Aspekt ekologiczny stosowania urządzeń hybrydowych. Jak pokazuje grafika, gdy np. weźmie się pod uwagę ekologię oraz dane wyjściowe dla roku 2019, pompa ciepła pokrywa korzystniej 71% energii grzewczej, a kocioł gazowy pracuje korzystniej poniżej temperatury 0°C. Ma to związek ze wskaźnikami emisji energii elektrycznej. Wraz ze wzrostem udziału energii odnawialnej przy produkcji energii elektrycznej zakładanym w kolejnych latach, wskaźniki te będą miały coraz mniejsze wartości, a granica opłacalności ekologicznej pomp ciepła będzie się przesuwać. I tak po roku 2025 szacowane wskaźniki emisji będą prawdopodobnie poniżej wartości 550 g CO₂ na kWh. Przy takich wartościach temperatura graniczna to -8°C, a pompa ciepła pokrywa korzystniej (w aspekcie ekologicznym) już 97% energii cieplnej. Tendencja ta będzie się dalej pogłębiać wraz z upływem czasu.

Aspekt ekonomiczny stosowania urządzeń hybrydowych. Perspektywa ekonomiczna uzależniona jest od cen energii elektrycznej i gazu ziemnego. Dokładnie temat ten omówiony został w rozdziale „Ocena ekonomiczna: eksploatacja pompy ciepła a kotły gazowe”. Uwzględniając obecne średnie ceny energii elektrycznej oraz gazu ziemnego, odpowiednio na poziomie 0,6 oraz 0,2 zł, temperatura graniczna wynosi -3°C, a pompa ciepła pokrywa korzystniej od kotła gazowego (pod względem ekonomicznym) blisko 90% zapotrzebowania na ciepło. Zakładając wzrost cen gazu ziemnego do poziomu 0,28 zł, na przykład poprzez stopniowe wprowadzanie podatku od emisji CO₂, temperatura graniczna spadnie do -14°C, a co za tym idzie, praca pompy ciepła stanie się bardziej opłacalna już w 100 procentach. Pełne porównanie ekonomiczne powinno zawierać również koszty inwestycyjne, nieuwzględnione w omówionych przykładach. Można jednak założyć, że różnice w cenach urządzeń hybrydowych oraz

	Polska 2019		Polska > 2025	
	Poniżej tej temperatury bardziej opłacalne jest użycie kotła gazowego	Udział energii grzewczej pokrywany korzystniej przez pompę ciepła	Poniżej tej temperatury bardziej opłacalne jest użycie kotła gazowego	Udział energii grzewczej pokrywany korzystniej przez pompę ciepła
CO₂ (ekologia)	0°C	71%	-8°C	97%
koszty (ekonomia)	-3°C	87%	-14°C	100%
	wskaźniki emisji (g/kWh): prąd 719, gaz ziem., + solar 215 koszty (PLN za kWh): prąd 0,60, gaz ziemny 0,20		wskaźniki emisji (g/kWh): prąd ~550, gaz ziem., + solar 215 koszty (PLN za kWh): prąd 0,60, gaz ziemny 0,28	

Założenia dla systemu grzewczego:
COP (efektywność) pompy ciepła w punkcie (A2/W35) 3,7
efektywność kotła gazowego 90%
grzejniki, krzywa grzewcza 0,9 (55°C przy -15°C)

Rys. 12. Porównanie korzyści ekonomicznych (koszty) i ekologicznych (redukcja emisji CO₂) przy korzystaniu z pompy ciepła lub kotła gazowego. Wartości graniczne temperatury zewnętrznej są zależne m.in. od wskaźników emisji i ceny paliw w Polsce

samodzielnych pomp ciepła nie powinny wypadać negatywnie dla tych drugich.

Posumowanie analizy. Przedstawione obliczenia pokazują wyraźnie niewielkie korzyści ze stosowania urządzeń hybrydowych – zarówno pod względem ekologicznym, jak i ekonomicznym. Bilans ekologiczny będzie poprawiał się dla samodzielnych pomp ciepła z roku na rok, wraz ze wzrastającym udziałem energii ze źródeł odnawialnych przy wytwarzaniu energii elektrycznej wykorzystywanej do zasilania tych urządzeń.

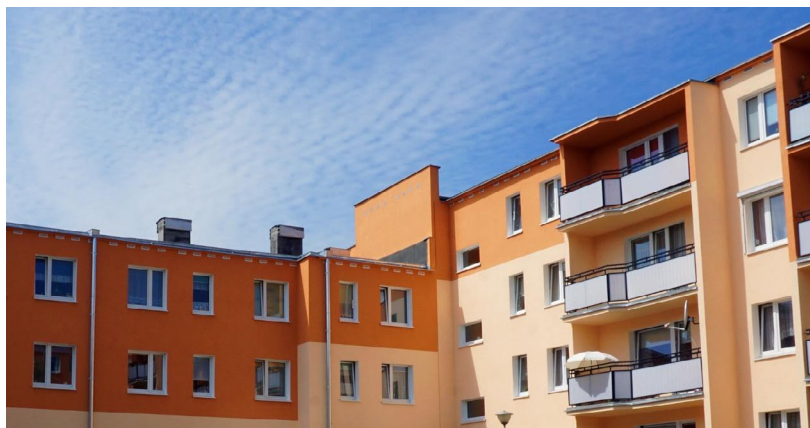
Z ekonomicznego punktu widzenia już teraz trudno uzasadnić stosowanie instalacji hybrydowych. Zmniejszenie ceny energii elektrycznej, na przykład poprzez stosowanie taryf dedykowanych pompom ciepła lub własną instalację fotowoltaiczną, przy jednoczesnym prawdopodobnym wzroście cen gazu ziemnego w przyszłości, tym bardziej stawia instalacje hybrydowe pod znakiem zapytania.

Pozytywny przykład stosowania instalacji hybrydowych

Ciekawym przykładem pokazującym, że w specyficznych warunkach stosowanie instalacji hybrydowych w istniejących budynkach może mieć zarówno ekonomiczne, jak i ekologiczne uzasadnienie, jest model wykorzystywany w Holandii. Do istniejących instalacji z kotłami gazowymi instalowane są tam – jako dodatkowe urządzenia („add-on”) – pompy ciepła niewielkiej mocy. Te, zarówno niewielkie gabarytowo, jak i niedrogie urządzenia, wykorzystują jako źródło ciepła powietrze wydmuchiwane z pomieszczeń. Jest to możliwe dzięki faktowi, że większość domów w Holandii wyposażonych jest w mechaniczne systemy wentylacyjne. W połączeniu z niskimi cenami energii elektrycznej, użytkownicy tego typu układów hybrydowych mogą znacznie obniżyć koszty ogrzewania przy jednoczesnych niewielkich nakładach inwestycyjnych. ■

Konieczność stosowania pomp ciepła w budynkach wielorodzinnych

Dziś pompy ciepła są stosowane przede wszystkim w budynkach jednorodzinnych. Czy jednak można upowszechnić tę technologię także w budynkach wielorodzinnych – nie tylko nowych, ale również istniejących? Jakie wyzwania niesie to za sobą? Czy mamy przykłady takich zastosowań i jakie są możliwe rozwiązania?



Fot. Pixabay

Pompy ciepła znajdują wiele zastosowań. Sektor ogrzewania budynków mieszkalnych jest najlepiej znanym obszarem ich zastosowania, ale pompy ciepła wykorzystywane są również w przemyśle, urządzeniach gospodarstwa domowego czy choćby pojazdach elektrycznych.

Wracając jednak do budynków, obecnie pompy ciepła stosowane są przede wszystkim w domach jednorodzinnych. Budynki te stanowią, łącznie z „bliźniakami” i „szeregówkami”, około 90% wszystkich domów mieszkalnych w Polsce. Mimo że budynki wielorodzinne stanowią znaczną mniejszość, to znajduje się w nich przeszło 60% wszystkich lokali mieszkalnych.

! Przytoczona statystyka jasno wskazuje, jak ważne dla osiągnięcia celów klimatycznych jest zastosowanie pomp ciepła w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych, zarówno tych nowo budowanych, jak i istniejących.

Z jakimi wyzwaniami powinniśmy się liczyć?

Pompy ciepła mogą być stosowane z powodzeniem również w budynkach wielorodzinnych. Potwierdzają to liczne przykłady, zarówno w europejskich, jak i azjatyckich miastach oraz w różnorodnych strefach klimatycznych. Jednak wyzwania, jakie niesie za sobą instalacja pomp ciepła w budynkach wielorodzinnych, są zdecydowanie bardziej kompleksowe

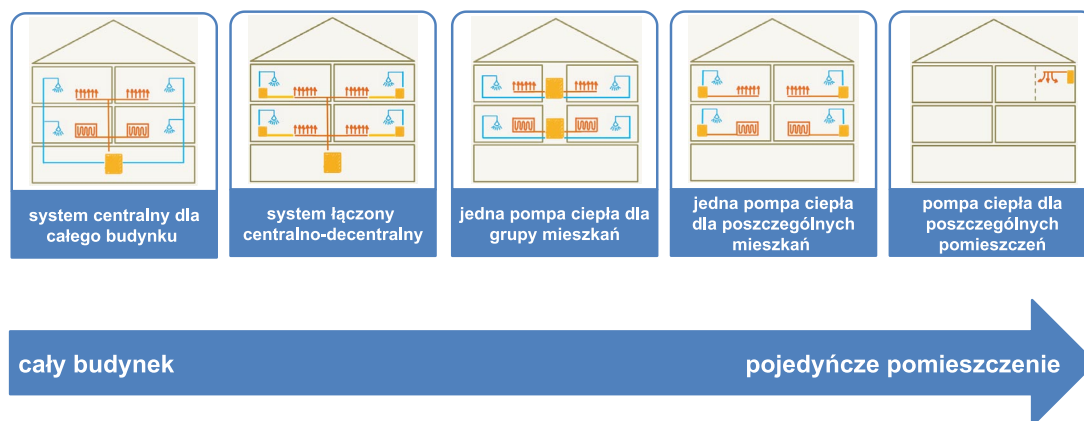
niż w przypadku budynków jednorodzinnych. Przeszkodami mogą być zarówno kwestie administracyjne, jak i techniczne.

Bariery administracyjne i logistyczne. Przykładowo: bardziej skomplikowana jest struktura własności budynków wielorodzinnych. Mogą one należeć do miasta, spółdzielni mieszkaniowych lub właścicieli prywatnych. Zróżnicowane pobudki tychże właścicieli prowadzą często do decyzji, które nie są optymalne pod względem ochrony klimatu. Inną barierą logistyczną może być na przykład duża liczba mieszkań (oraz mieszkańców) i związane z tym trudności podczas przeprowadzania termomodernizacji zarówno powłok budynku, jak i systemu grzewczego.

Bariery techniczne. Również z technicznego punktu widzenia zastosowanie pomp ciepła w budynkach wielorodzinnych niesie ze sobą pewne wyzwania. Na przykład temperatury systemu grzewczego muszą być wyższe (szczególnie w rozwiązaniach centralnych), ze względu na straty ciepła przy jego rozprowadzeniu, wyższe w porównaniu z budynkami jednorodzinnymi. To samo dotyczy układu ciepłej wody użytkowej. Większe jest również zapotrzebowanie na ciepło, a więc także sama moc grzewcza musi być większa. W efekcie stawiane są inne wymagania dotyczące źródeł ciepła, a co za tym idzie – rosną ograniczenia, na przykład związane z niewystarczającym miejscem do montażu urządzeń.

Możliwe rozwiązania

Na wymienione wcześniej wyzwania można jednak znaleźć odpowiedź dzięki wielu już istniejącym rozwiązaniom technicznym, chociaż wybór tego „właściwego” rozwiązania – ze względu na mnogość dostępnych opcji – nie zawsze jest łatwy. Na przykład problem z zapewnieniem odpowiednio wysokiej temperatury ciepłej wody użytkowej, niezbędnej dla zwalczania bakterii Legionella, można rozwiązać poprzez: zastosowanie systemów decentralnych, układów stacji „świeżej wody” czy też technologii ultrafiltracji.



Rys. 13. Podstawowy podział „rodzin” rozwiązań, które można wykorzystać w budynkach wielorodzinnych zasilanych w zakresie energii cieplnej przez pompę/pompy ciepła – pogrupowania dokonano w ramach międzynarodowego projektu „Annex 50 – Pompy ciepła w budynkach wielorodzinnych”

Przydatne pogrupowanie dostępnych opcji.

Do zachowania dobrej orientacji wśród wielości opcji, a co za tym idzie – podjęcia właściwej decyzji, przydaje się możliwie prosta klasyfikacja dostępnych rozwiązań.

Przedstawiony na rysunku 13 podstawowy podział rozwiązań, które można wykorzystać w budynkach wielorodzinnych zasilanych w zakresie energii cieplnej przez pompę/pompy ciepła, jest wynikiem międzynarodowego projektu „Annex 50 – Pompy ciepła w budynkach wielorodzinnych” (<https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/>). Projekt ten jest realizowany w ramach prac „Międzynarodowej Agencji Energii IEA”. Oczywiście, znaczne uproszczenie zaproponowanego podziału prowadzi w sposób naturalny do niekompletności, ułatwia jednak przejrzyste pogrupowanie istniejących rozwiązań. Wynikiem jest pięć „rodzin rozwiązań” zastosowania pomp ciepła w budynkach wielorodzinnych, które kolejno zostały określone jako:

- system centralny dla całego budynku,
- system łączony centralno-decentralny,
- jedna pompa ciepła dla grupy mieszkań,
- jedna pompa ciepła dla poszczególnych mieszkań,
- pompa ciepła dla poszczególnych pomieszczeń.

Możliwe rozwiązania sklasyfikowane są wzdłuż linii biegnącej od punktu: „cały budynek” do: „pojedyncze pomieszczenie”. Dokładny opis przedstawionych grup oraz dodatkowe rozwiązania w ramach każdej z „rodzin” rozwiązań znajdują się obecnie w przygotowaniu i będą dostępne w ciągu najbliższych miesięcy jako interaktywne narzędzie na stronie internetowej projektu Annex 50.

Zrealizowane instalacje – baza danych z różnych krajów

Również w ramach wspomnianego projektu Annex 50, zbudowana została baza danych zrealizowanych instalacji z różnych europejskich krajów. Grafika

na rysunku 14 przedstawia wycinek strony internetowej (<https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/>) z interaktywną mapą, na której symbolicznie zaznaczono zebrane przykłady budynków wielorodzinnych z zainstalowanymi pompami ciepła. Szczególnie ciekawe są znajdujące się w bazie przykłady instalacji pomp ciepła w budynkach istniejących, często niepoddanych termomodernizacji.

! Baza danych, która powstała w ramach projektu Annex 50, poszerzana jest w sposób ciągły o nowe przykłady. Stanowi to możliwość pokazania również polskich realizacji. Wszelkie zainteresowane tą możliwością osoby proszone są o kontakt z autorem poradnika.



Rys. 14. Interaktywna mapa stworzona w ramach projektu Annex 50. Symbolicznie zaznaczono na niej przykłady budynków wielorodzinnych z zainstalowanymi pompami ciepła zebrane z różnych krajów europejskich

Więcej odwagi, by postawić na właściwą technologię! – Podsumowanie

Jak zapewnić większy udział pomp ciepła w istniejących budynkach? Jakie argumenty formułować, by przekonać niezdecydowanych? I o co zadbać, by oferta była kompleksowa, a rozwój rynku zrównoważony?



Fot. Shutterstock

Znaki są jednoznaczne. Koszt bezczynności będzie coraz większy. Musimy działać szybko, aby sprostać tym wyzwaniom. – To słowa prezydenta USA Joe Bidena, wygłoszone wiosną tego roku na otwarciu szczytu klimatycznego. Zdanie to dotyczyło szerszego kontekstu, ale opisuje również sytuację koniecznych zmian w sektorze ogrzewania budynków. Aby osiągnąć ustalone cele klimatyczne, a w dalszej perspektywie neutralność klimatyczną, należy możliwie szeroko stosować dostępne rozwiązania, zbliżające nas do osiągnięcia tych celów. Pompy ciepła są w tym kontekście technologią kluczową.

Potencjał do wykorzystania

60% budynków mieszkalnych w Polsce jest starszych niż 40 lat. W wielu europejskich krajach odsetek ten jest jeszcze wyższy. Obrazuje to, jak ważna jest właściwa strategia energetyczna dla istniejących budynków. Jeśli to tylko możliwe, w pierwszej kolejności powinno zostać zredukowane zapotrzebowanie energetyczne budynku. Długoterminowo jest to konieczne, tak, czy inaczej.

Zdarza się jednak, że z wymianą systemu grzewczego budynku nie można czekać na wcześniejszą jego termomodernizację. Ten fakt często używany jest jako argument przeciwko pompom ciepła. Nasz poradnik udowadnia, bazując na wynikach badań, że założenie to jest błędne. Pompy ciepła nie tylko można, ale i trzeba stosować w istniejących budynkach. Przemawiają za tym zarówno względy ekologiczne, jak i ekonomiczne.

To, co najważniejsze

Na początek to, co najważniejsze dla użytkowników – pompy ciepła są w stanie dostarczyć wymagane ciepło nawet podczas bardzo zimnych dni (patrz rozdział 2). Jednocześnie przeprowadzone analizy

pokazują, że decydującą dla średniej efektywności instalacji z pompą ciepła nie jest najwyższa, lecz średnia wymagana temperatura zasilania. Te dwa fakty pozwalają na stwierdzenie, że pompy ciepła są w stanie skutecznie dostarczać wymagane ciepło również w budynkach starszych, pracując jednocześnie z akceptowalną efektywnością.

Duże efekty małych kroków. Warto również wspomnieć o stosunkowo łatwych do zrealizowania i relatywnie tanich sposobach, które wspomagają efektywność pomp ciepła w istniejących budynkach. Może to być np. wymiana grzejników na tzw. niskotemperaturowe. Nowoczesne grzejniki są w stanie przekazać do pomieszczeń tą samą ilość ciepła, jednocześnie wymagając znacznie niższej temperatury zasilania. Tego typu proste działania mogą być pierwszym krokiem w długoterminowym procesie termomodernizacyjnym. Każdy kolejny krok będzie polepszał energooszczędność budynku i efektywność pompy ciepła.

Badania monitoringowe przeczą przesądom.

Zaprezentowane w poradniku wyniki badań monitoringowych, przeprowadzonych na ponad 300 instalacjach pomp ciepła w ostatnich 20 latach przez Instytut Fraunhofera ISE, wyraźnie przeczą tezie, że pompy ciepła mogą pracować jedynie w systemach z ogrzewaniem powierzchniowym. Przeczą temu nie tylko prawa fizyki, ale i tysiące instalacji pomp ciepła, które w sposób skuteczny i efektywny współdziałają z grzejnikami. Jedynie niewielka liczba badanych instalacji pomp ciepła w połączeniu z grzejnikami osiągała średnie wartości temperatury zasilania ponad 45°C. Kolejnym, często powtarzaniem przesądem przeciwko pompom ciepła jest rzekoma konieczność częstej pracy grzałek elektrycznych i związana z tym, potencjalna „eksplozja” kosztów ogrzewania. Wyniki badań również temu przeczą jednoznacznie (rozdział 5). Zarówno teoria, jak i praktyka są ze sobą zgodne

– w przypadku poprawnie zaplanowanych oraz wykonanych instalacji pomp ciepła, grzałki elektryczne odgrywają jedynie marginalną rolę, a ich udział w całkowitym zużyciu energii elektrycznej nie powinien przekraczać 3%; często jest to nie więcej niż 1%. Większy udział wskazuje na możliwości optymalizacji instalacji. Inaczej mówiąc: grzałki elektryczne w poprawnie działających instalacjach pomp ciepła nie mają znaczącego wpływu ani na efektywność tych instalacji, ani na koszty ich działania.

Stały przyrost efektów ekologicznych i ekonomicznych. Ocena ekologiczna pokazuje, że stosowanie pomp ciepła prowadzić będzie do znacznej redukcji emisji CO₂ w porównaniu z technologiami bazującymi na tzw. kopalnych źródłach energii, jak gaz ziemny czy węgiel (rozdział 7). Zwiększenie udziału OZE w krajowej produkcji energii elektrycznej będzie ten trend znacząco pogłębiać. Już teraz, w bilansie indywidualnym, pompy ciepła osiągają znacznie lepsze wyniki ekologiczne niż kotły gazowe wspierane kolektorami słonecznymi, jeśli uwzględni się produkcję prądu z własnej instalacji PV. Wyniki efektywności pomp ciepła uzyskane w projektach monitoringowych pokazują, że działają one w sposób ekologiczny zarówno w budynkach nowo budowanych, jak i istniejących.

Bez względu na ekologiczność danej technologii, ma ona szansę na powodzenie, jeśli jest ekonomicznie korzystna dla użytkowników. Uwzględniając dzisiejsze ceny, ogrzewanie pompą ciepła jest bardziej ekonomiczne od ogrzewania kotłem gazowym, jeśli pompa ciepła osiąga efektywność większą niż 3,0. Jeżeli dodatkowo zostanie uwzględniona taryfa dedykowana pompom ciepła (G12w), oszczędności wobec kotła gazowego wynoszą dla tej efektywności już około 100 zł miesięcznie. Podobny lub nawet większy efekt uzyskać można dzięki połączeniu pompy ciepła z instalacją fotowoltaiczną. Wzrost cen gazu ziemnego, na przykład na skutek dodatkowego podatku za emisję CO₂, jedynie tę tendencję pogłębi.

Można zatem jasno powiedzieć, że z punktu widzenia klientów końcowych, nie ma powodów, aby czekać na dalszy rozwój technologiczny pomp ciepła przed zdecydowaniem się na tę technologię. Na rynku dostępna jest cała paleta produktów, zaspokajająca indywidualne wymagania.

A więc jest to możliwe, na co zatem czekamy?

Z technicznego punktu widzenia nie ma wielu powodów, aby nie instalować pomp ciepła w istniejących budynkach już dzisiaj. Z pewnością znalezienie odpowiedniego rozwiązania w niektórych przypadkach będzie trudniejsze niż w innych, ale nie zmienia

to faktu, że pompy ciepła pracują poprawnie zarówno w budynkach nowych, jak i istniejących. Niestety, wiedza ta nie jest jeszcze szeroko rozpowszechniona wśród najważniejszych grup zawodowych, a więc architektów, doradców energetycznych, projektantów oraz instalatorów.

Ostatnie trzy miesiące, w których na stronie PORT PC ukazywały się kolejne odcinki naszego poradnika w postaci blogów, były okazją do wielu rozmów z właścicielami domów pragnących wymienić swój dotychczasowy system grzewczy. Schemat tych rozmów często się powtarzał: inwestorzy byli przekonani do technologii pomp ciepła, ale mieli duże problemy ze znalezieniem fachowców chcących lub potrafiących zainstalować pompę ciepła w istniejącym budynku. Stan ten należy uznać za godny pożałowania. Aby go zmienić, zmiany muszą dokonać się na wielu poziomach.

Kierunki rozwoju technologicznego

Rozwój technologiczny powinien pójść w kierunku szerszej palety produktów dedykowanych istniejącym budynkom. Konieczne są ustandaryzowane kompleksowe rozwiązania, które zapewnią szybko i możliwie niedrogą instalację. Obok takich kierunków dalszego rozwoju jak: optymalizacja efektywności, obniżanie poziomu hałasu czy przejście na czynniki robocze przyjazne środowisku naturalnemu, to właśnie redukcja kosztów powinna znaleźć się wśród priorytetów rozwojowych. Koszty inwestycyjne są obecnie, niestety, częstym kryterium wykluczającym pompy ciepła w procesie decyzyjnym.

Kolejnym ważnym aspektem jest uproszczenie procesu instalacyjnego pomp ciepła. Pomogą w tym zapewne narzędzia i metody powiązane z cyfryzacją oraz zastosowaniem sztucznej inteligencji.

Zadbajmy o kompleksowość działań

Właściwie na wszystkich rynkach, kluczowym aspektem nie będzie technologia sama w sobie, ale dostępność siły fachowej. Rozwiązanie tego problemu wymaga działań na wielu płaszczyznach i należy podejść do tego długoterminowo. Już teraz konieczna jest odpowiednia oferta edukacyjna oraz szkoleniowa.

Z kolei poziom instytucjonalny odpowiedzialny jest za wysyłanie odpowiednich impulsów. Stosunek cen kopalnych źródeł energii do energii elektrycznej musi ulec zmianie w celu promowania odpowiednich rozwiązań technologicznych. Przykładem takiego działania może być wprowadzony w Niemczech podatek od emisji CO₂, podrażający użycie gazu ziemnego czy oleju opałowego. W przyszłości nie obejdzie się również bez ustawowych zakazów niektórych technologii. ■

Od autora:



Celem poradnika „Pompy ciepła w istniejących budynkach” było odpowiedzenie na najważniejsze pytania związane z takim właśnie zastosowaniem pomp ciepła oraz obalenie często powtarzanych w tym zakresie przesądów – w oparciu o fakty i doświadczenie zebrane w Instytucie Fraunhofera ISE przeze mnie i cały zespół jego pracowników w trakcie wielu lat naszej pracy naukowej. A wszystko to po to, aby dać odpowiednią podstawę do podejmowania decyzji zmierzających

do neutralności klimatycznej w ogrzewaniu budynków. Jako autor mam nadzieję, że sprostalem tym ambicjom. Jednocześnie dziękuję wszystkim Czytelnikom za poświęcony czas oraz wiele rozmów i pozytywnych reakcji.

Życzę też wszystkim mającym wpływ na rodzaj ogrzewania budynków więcej odwagi w stawianiu na technologię, która już gotowa jest do szerokiego wykorzystania. Cytując słowa z początku podsumowania, powtórzę: „Musimy działać szybko, aby sprostać tym wyzwaniom.”

Marek Miara

O autorze:

Dr inż. Marek Miara, absolwent Politechniki Wrocławskiej oraz Uniwersytetu w Kassel, gdzie w 2014 r. obronił tytuł doktora z zakresu oceny efektywności pomp ciepła. Długoletni pracownik Instytutu Fraunhofera ISE z siedzibą główną we Freiburgu w Niemczech. Obecnie koordynuje tam wszelkie działania związane z tematem pomp ciepła. Uczestnik wielu niemieckich i międzynarodowych projektów naukowo-badawczych. Przewodzi m.in. międzynarodowemu projektowi „Heat Pumps in Multi-Family Buildings” (Annex 50) w ramach IEA Heat Pump Technologies Programm. Zasiadał w wielu gremiach opracowujących wytyczne VDI (Verband Deutscher Ingenieure). Jest członkiem zarządu niemieckiego „Towarzystwa Chłodu i Technik Klimatyzacyjnych” DKV e.V., członkiem zarządu „Europejskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła” (EHPA) oraz aktywnym członkiem Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC). Autor wielu publikacji naukowych z zakresu pomp ciepła oraz budownictwa energooszczędnego. Prelegent oraz organizator licznych konferencji.

Literatura uzupełniająca i źródła

Opracowania i scenariusze z rynku niemieckiego

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität <https://www.stiftung-klima.de/de/themen/klimaneutralitaet/>

Fraunhofer ISE 2020: Wege zu einem klimaneutralen. Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem.pdf>

Ausfelder et al. (Hrsg.): Sektorkopplung – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems (Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft), München 2017. ISBN: 978-3-9817048-9-1 https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/PDFs/ESYS_Analyse_Sektorkopplung.pdf

Raporty z projektów

Günther et al., Fraunhofer ISE (2020) Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „WPsmart im Bestand“ https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf

Prinzing et al, OST – Ostschweizer Fachhochschule 2020: Bericht „Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen Heizsaison 2019/20“ https://www.ost.ch/fileadmin/dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/ies/wpz/sonstige_wichtige_dokumente/2020_jahresbericht_feldmessungen.pdf

Projekty dla budynków wielorodzinnych

Międzynarodowy projekt „Annex 50 – Pompy ciepła w budynkach wielorodzinnych“:
<https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/>

Interaktywna mapa z przykładami budynków wielorodzinnych z zainstalowanymi pompami ciepła: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/>

Zapoznaj się z innymi publikacjami PORT PC i POBE

Poradniki POBE:

- ▶ „Dom bez rachunków”



- ▶ „Poradnik inwestora – ulga termomodernizacyjna”



<http://bit.ly/PoradnikDomBezRachunkow>

<http://bit.ly/PoradnikUlgaTermo>

- ▶ „Jak spełnić wymagania, jakim powinny odpowiadać budynki od 2021 r.?”



- ▶ „Boom dla „zielonych” i cyfrowych technologii w budownictwie – nowe cele polityki klimatycznej UE do 2030 r.”



<http://bit.ly/PoradnikWT2021>

<http://bit.ly/PoradnikZielonyLad>

Wytyczne projektowania, wykonania i odbioru instalacji z pompami ciepła dostępne w w sklepie PORT PC: <https://portpc.pl/sklep/>

- Część 1: Dolne źródła ciepła.
- Część 2: Skrócona metoda obliczania rocznego współczynnika efektywności pomp ciepła.
- Część 3: Uproszczona metoda obliczania rocznego współczynnika efektywności grzewczej i rocznego współczynnika wykorzystania instalacji z sorpcyjną pompą ciepła.
- Część 4: Zapobieganie szkodom w systemach grzewczych, w których nośnikiem ciepła jest woda (cz.1).
- Część 5: Zapobieganie szkodom w systemach grzewczych, w których nośnikiem jest ciepła woda (cz.2).
- Część 6: Efektywność ekonomiczna instalacji technicznych w budynkach.
- Część 7: Wytyczne projektowania, doboru, montażu i uruchomienia instalacji z pompami ciepła w budynkach jednorodzinnych i wielorodzinnych.
- Część 8: Systemy hydrauliczne w instalacjach grzewczych i chłodzących budynków. Układy hydrauliczne.

